



Hungary
Slovakia
Romania
Ukraine



Co-financed by the
European Union

**PARTNERSHIP
WITHOUT BORDERS**

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЗАКАРПАТТЯ

Навчальний посібник



Co-financed by the
European Union

PARTNERSHIP WITHOUT BORDERS

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЗАКАРПАТТЯ

Навчальний посібник

Проект HUSKROUA/1901/6.1/0075
«Навколишнє середовище для майбутнього
через наукову освіту»



Ужгород – 2023

Рецензенти:

Дмитро Дубина – доктор біологічних наук, професор, головний науковий співробітник відділу геоботаніки та екології Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України

Світлана Гапон – докторка біологічних наук, професорка кафедри ботаніки, екології та методики навчання біології Полтавського національного педагогічного університету ім. В.Г. Короленка

Юрій Тюх – кандидат біологічних наук, заступник директора НПП «Синевир» з науково-дослідної роботи

Михайло Гайдур – кандидат педагогічних наук, заступник директора департаменту екології та природних ресурсів Закарпатської ОДА

Рекомендовано Вченою радою ДВНЗ «Ужгородський національний університет», протокол №11 від 18 грудня 2023 р.

Екологічні проблеми Закарпаття. Навчальний посібник / Н. Каблак, Я. Гасинець, Л. Фельбаба-Клушина, В. Мірутенко та ін.; за заг. ред. проф. Н. Каблак та проф. Л. Фельбаба-Клушина. – Ужгород : РІК-У, 2023. – 356+324 с.

ISBN 978-617-8276-79-9

Навчальний посібник містить наукові матеріали, які присвячені висвітленню сучасних екологічних проблем Закарпатської області. Значна увага приділена особливостям природних умов регіону. Акцент зроблено на питаннях збереження біорізноманіття в умовах змін клімату. При його написанні автори використали як аналіз літературних джерел, так і результати власних досліджень. Він буде корисний для вчителів шкіл, студентів та аспірантів вищих навчальних закладів природничого спрямування, працівників природо-заповідного фонду, представників влади.

Цей посібник підготовлений за фінансової підтримки Європейського Союзу, в рамках проекту HUSKROUA/1901/6.1/0075 «Навколишнє середовище для майбутнього через наукову освіту» (EFFUSE) Програми транскордонного співробітництва Європейського інструменту сусідства Угорщина-Словаччина-Румунія-Україна 2014-2020. Його зміст є виключною відповідальністю ГО «Інститут розвитку Карпатського регіону» і не обов'язково відображає погляди Європейського Союзу.

УДК 502+504(477.87)

Більше інформації про проєкт можна знайти за посиланнями:

<https://idcr.info/current-project.php?id=11>

<https://effuse.science.upjs.sk/index.php/uk/>

© ГО «Інститут розвитку Карпатського регіону», 2023

© ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2023

ISBN 978-617-8276-79-9

ЗМІСТ

Вступ	5
Розділ 1. Особливості географічного положення та природних умов Закарпаття	7
1.1. Орографічні та гідрографічні особливості (<i>Сабадош В.</i>)	7
1.2. Природні умови та антропогенні чинники формування гідроекологічного стану верхів'я басейну річки Тиса (<i>Лета В., Карабінюк М.</i>)	14
1.3. Гідроекологічний стан верхів'я басейну річки Тиса (<i>Лета В.</i>)	38
1.4. Характеристика сучасних кліматичних умов та прояви змін клімату (<i>Озимко Р., Карабінюк М.</i>).....	45
1.5. Ґрунти та рослинний покрив (<i>Сабадош В.</i>)	63
1.6. Територіальні фауністичні комплекси (<i>Сабадош В.</i>)	68
1.7. Ландшафтна ярусність та її особливості (<i>Карабінюк М.</i>)	73
1.8. Сучасна ландшафтна структура (<i>Карабінюк М.</i>)	82
Розділ 2. Загальна характеристика проявів екологічного дисбалансу на Закарпатті (<i>Фельбаба-Клушина Л., Каблак Н., Сивохоп Я.</i>)	91
Розділ 3. Проблеми забруднення повітря Закарпаття (<i>Вакерич М.</i>).....	95
3.1. Джерела забруднення повітря, національні проблеми їхнього збереження	95
3.2. Стан атмосферного повітря Закарпаття: головні загрози забруднення та проблеми збереження	113
Розділ 4. Проблеми забруднення водних об'єктів Закарпаття (<i>Вакерич М.</i>)	115
4.1. Джерела забруднення водних об'єктів, національні проблеми їхнього збереження	115
4.2. Водні ресурси Закарпаття: головні загрози забруднення та проблеми збереження	119
Розділ 5. Проблеми забруднення ґрунтів Закарпаття (<i>Гасинець Я.</i>)	128
5.1. Джерела забруднення та типи деградації ґрунтів, національні проблеми їхнього збереження.....	128
5.2. Ґрунтові ресурси Закарпаття: головні загрози забруднення і деградації, проблеми збереження.	143

Розділ 6. Екологічні загрози ландшафтному різноманіттю високогірних територій в Закарпатті (Карабінюк М.)	157
6.1. Генезис та еволюція високогірних ландшафтних комплексів.....	157
6.2. Вплив змін клімату на розвиток та сучасне ландшафтне різноманіття	164
6.3. Екологічні загрози та антропоізація високогірних ландшафтних комплексів	175
Розділ 7. Сучасні зміни в структурі лісового покриву Закарпаття (Фельбаба-Клушина Л., Клушин В., Мікловиш Л.)	189
7.1. Структура лісів та тенденції їхніх змін.....	189
7.2. Функціональне значення лісового покриву (гідрологічна і ґрунтозахисна роль)	193
Розділ 8. Зміни біорізноманіття Закарпаття в умовах антропогенного навантаження	199
8.1. Вплив антропогенних чинників на мікробіоту природних екосистем (Кривцова М., Савенко М.).....	199
8.2. Проблеми збереження флористичного різноманіття (Кіш Р.)...	205
8.3. Питання охорони фітоценотичного різноманіття Закарпаття (Фельбаба-Клушина Л.М., Клушин В.О., Мікловиш Л.П.).....	227
8.4. Вплив антропогенних чинників на тваринний світ (Куртяк Ф., Мателешко О.)	241
8.5. Загрози та зменшення чисельності земноводних (Куртяк Ф.)	243
8.6. Зміни у складі іхтіофауни (Куртяк Ф.)	250
8.7. Вплив антропоічних факторів на ентомофауну основних біотопів (Мателешко О.).....	253
8.8. Загрози поширення та вплив інвазійних видів (Кіш Р., Шпонтак Ю., Томенчук Д., Мірутенко В., Бесеганич І.)	262
Розділ 9. Вплив змін клімату на екосистеми Закарпаття та заходи з адаптації (Станкевич-Волосянчук О.).....	271
Розділ 10. Розвиток природних та техногенних процесів у Закарпатській області.....	286
10.1. Геолого-геоморфологічні екзогенні та техногенні процеси (Каблак Н., Ничвид М., Калинич І.).....	286
10.2. Небезпечні та стихійні метеорологічні явища (Озимко Р., Карабінюк М.).....	301
Розділ 11. Екологічна освіта	309
11.1. Особливості та місце екоосвіти у нашому житті (Вакерич М., Гасинець Я., Мірутенко В., Балаж М., Попович Г., Гютлер А.)	309
11.2. Наукова освіта щодо екологічних проблем (Слепакова І.) ...	312
Додатки.....	318

ВСТУП

Якість життя людини тісно пов'язана з навколишнім середовищем в якому вона перебуває. Негативний вплив антропогенного фактора на стан довкілля, на фоні сучасного науково-технічного прогресу, є значним і постійно посилюється. В деяких випадках потужність цього впливу перевищує за наслідками, найбільші катастрофи природного походження. Результатом такої необдуманого споживацької стратегії життя суспільства є катастрофічна екологічна ситуація в багатьох куточках нашої планети. Глобальні екологічні проблеми, зменшення відновлювальної здатності відновлюваних природних ресурсів – все це стимулює до швидкої перебудови мислення світового суспільства, формування екологічної свідомості та екологічної культури. У зв'язку з цим екологічна освіта та екологічне виховання стають новими пріоритетними напрямками науково обґрунтованої освіти.

Одним з механізмів досягнення кінцевої цілі – формування екологічно освіченого та вихованого в контексті засад сталого розвитку громадянина є реалізація наукових проектів, спрямованих на формування ойкуменічного світогляду. Одним з таких є науковий проект, що виконується в рамках Спільної операційної програми Угорщина-Словаччина-Румунія-Україна 2014-2020 «Довкілля для майбутнього через наукову освіту» (Environment For the Future by Scientific Education) – EFFUSE. Проект представляє спільну словацько-українську еколого-освітню кампанію, яка спрямована на висвітлення стану навколишнього середовища (зокрема, темпів забруднення води) та потреби захисту водних ресурсів у прикордонних регіонах (Словаччина-Україна). Партнерами проекту є Університет ім. Павла Йозефа Шафарика в Кошицях, (Кошице, Словаччина) Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет» (Ужгород, Україна) та Громадська організація «Інститут розвитку Карпатського регіону» (Ужгород, Україна). Метою проекту є підвищення рівня екологічної свідомості молоді (учнів шкіл, студентів) та громадськості шляхом створення та розповсюдження екоосвітніх матеріалів та організації екоосвітньої діяльності.

Досвід країн Європейського Союзу свідчить, що базуючись на принципах екологічної політики країни, високому рівні екологіч-

ної культури та активній позиції суспільства у природозберігаючій діяльності, можна покращити стан довкілля. Проте високий рівень екологічної культури не можливий без належного рівня екологічної освіти, що має здійснюватися на основі комплексності та безперервності. Підвищення рівня освіти суспільства на основі інтеграції знань та модернізація усього освітнього простору з елементами сталого розвитку суспільства є життєво важливим та актуальним.

Розділ 1.

ОСОБЛИВОСТІ ГЕОГРАФІЧНОГО ПОЛОЖЕННЯ ТА ПРИРОДНИХ УМОВ ЗАКАРПАТТЯ

1.1. ОРОГРАФІЧНІ ТА ГІДРОГРАФІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ (Сабадош В.)

Територія Закарпатської області – 12,8 тис. км², що становить близько 2% території України. За офіційними оцінками, чисельність населення області на січень 2022 р. складала близько 1244 тис. осіб, тобто близько 3% від населення України (Чисельність..., 2022). За показником щільності (понад 97 осіб на 1 км²) область відноситься до густо населених.

Для характеристики рельєфу, гідрографії, погодно-кліматичних умов та ґрунтів Закарпатської області у подальшому викладі використано відомості з кількох публікацій (Природа Українських Карпат, 1968; Природа Закарпатської області, 1981; Природні ..., 1987; Украинские ..., 1988; Географічна ..., 1990; Екологічний ..., 2022).

Рельєф

У межах Закарпатської області представлені рельєфи двох типів: гірські та низовинні. Більша частина області (близько 80% території) зайнята гірськими хребтами й міжгірними улоговинами та долинами і належить до Карпатської гірської країни. Близько 20% території Закарпаття лежить у межах Середньодунайської низовини (цю частину області називають у різних літературних джерелах як Закарпатською рівниною, так і Закарпатською, або Притисянською, низовиною).

Карпатська гірська країна, як досить чітко окреслений природний район земної поверхні, орографічно найчастіше поділяється на три частини: Західні Карпати, Східні (або Лісисті) Карпати та Південні Карпати (або Трансільванські Альпи). Назва Українські Карпати використовується для позначення частини Східних Карпат, що лежить у межах території України.

Карпатська дуга простягається від р. Морави в Чехії та Словаччині (на заході) до ущелини Залізні Ворота на р. Дунай на кордоні Сербії

та Румунії (ущелина відокремлює Південні Карпати від північно-західних передгір'їв Балканських гір). Довжина всієї гірської системи – близько 1500 км, ширина її дуже різна на різних ділянках: на північному заході – 240-250 км, у центральній частині – 100-120 км, а на південному сході – 350-430 км (рис. 1.1.1.). Найвищі гірські масиви – у Високих Татрах (Словаччина, г. Герлаховскі Штіт – 2655 м н.р.м.) та у Фегерашських горах (Румунія, г. Молдовяну – 2543 м н.р.м.). Найвища точка української частини Карпат – г. Говерла (2061 м н.р.м.).

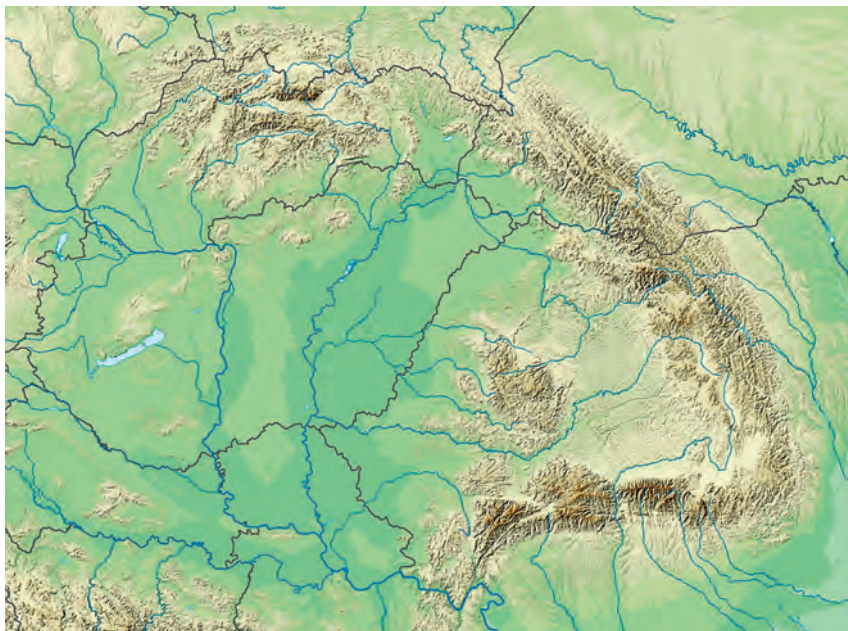


Рис. 1.1.1. Рельєф Карпат
(Carpathians relief location map. From Wikipedia)

Українські Карпати за своїм положенням у просторі простягаються з північного заходу на південний схід. У межах Закарпаття вони представлені трьома поздовжніми пасмами гірських хребтів та відокремленою гірською групою на південному сході. Основними геоморфологічними одиницями тут є: Вододільний хребет (Вододільні Карпати), Полонинський хребет (Полонинські Карпати), Вигорлат-Гутинський хребет (Вулканічні Карпати), Чорногірський масив (Чорногора, найвища вершина – г. Говерла), Рахівський (або Мармароський) масив (використовують також назви Рахівські гори, Гуцульські Альпи; найвища вершина – г. Піп Іван Мармароський – 1936 м н.р.м.). Меншими за масштабом елементами рельєфу області

виступають вулканічні острівні гори (г. Чорна гора біля м. Виногорова – 568 м н.р.м., г. Шаланка – 372 м н.р.м., горбогір'я біля м. Берегова (Берегівське дрібногір'я) – 350 м н.р.м. та біля с. Косино – 200 м н.р.м.).

Вододільні Карпати утворені Верховинським вододільним хребтом та Вододільними Горганами. Хребти Горган дуже розчленовані, вузькі, з крутими схилами і кам'янистими гребнями. В західній частині Горган виділяються гірські масиви Смерек (1425 м н.р.м.), Озерна (1500 м н.р.м.), Кам'янка (1579 м н.р.м.), Канч (1583 м н.р.м.), Стримба (1723 м н.р.м.), порізані верхів'ями річок Тереблі, Ріки, Мокрянки. Східні Горгани вищі від Західних. У них виділяються вершини: Попада (1742 м н.р.м.), Чорна Клева (1723 м н.р.м.), Буштул (1693 м н.р.м.).

Річкові долини розривають пасма Полонинського та Вигорлат-Гутинського хребтів на окремі масиви. У складі Полонинського хребта виділяють масиви Рівна (вершина – 1478 м н.р.м.), Боржава (г. Стій, 1777 м н.р.м.), Красна (г. Сигланський, 1560 м н.р.м.), Свидовець (г. Близниця, 1880 м н.р.м.). Вигорлат-Гутинський хребет поділяють на масиви Маковиця (976 м н.р.м.), Синяк (1018 м н.р.м.), Великий Діл (г. Бужора – 1085 м н.р.м.), Тупий (Великий Шолес, 878 м н.р.м.), Гутин (у межах України ділянку цього масиву називають ще Шаянськими, або Авашськими, горами; максимальні висоти тут – близько 900 м н.р.м.). Вигорлат-Гутинський хребет являє собою пасмо згаслих вулканів з рештками вулканічних конусів. Південні схили цих гір переходять у смугу передгір'їв, що збігають до Закарпатської низовини.

Важливими елементами рельєфу області є долини й улоговини майже рівнинного характеру між пасмами гірських масивів. Долина Воловецько-Міжгірської Верховини відокремлює Вододільні Карпати від Полонинських; Ясінська улоговина лежить між Чорногорою та Вододільним і Полонинським хребтами. Ці дві ділянки зниження рельєфу входять до так званої Центрально-карпатської депресії (зниження), яка охоплює і суміжні області України. Березне-Липчанська (інші назви – Цирок-Боржавська, Турянська, Завигорлатська) долина Внутрішньо-карпатської депресії відокремлює Полонинський хребет від Вигорлат-Гутинського. Тут виділяють три улоговини: Перечинську, Свалявську і Хустську. Обширна Іршавська улоговина знаходиться між вигином Вигорлат-Гутинського хребта і його південними відрогами (вулканічне пасмо Гат). Річковими долинами міжгірні депресії зв'язані з Закарпатською низовиною.

Закарпатську низовину поділяють на дві частини. Більша за площею західна частина (її ще називають Чоп-Мукачівською низовиною) має висоти від 100 до 160 м н.р.м., а східна (Солотвинська, або Хуст-Солотвинська, або Верхньотисянська, улоговина, розташована на схід від м. Хуст) у рівнинній частині має від 150 до 300 м н.р.м.

Гідрографія

Українські Карпати знаходяться на Головному європейському вододілі, звідки річки стікають у Балтійське та Чорне моря. Річкова мережа Закарпатської області належить до басейну Тиси – однієї з найбільших приток Дунаю, що несе свої води у Чорне море. На території Закарпаття знаходиться тільки верхня частина басейну р. Тиси, тут правобережні її притоки протікають переважно з північного сходу на південний захід.

Закарпатська область має щільну річкову мережу – тут протікають понад 9 тис. річок сумарною довжиною майже 20 тис. км. Середня щільність річок області (понад 1,5 км/км²) – найбільша в Україні. Довжину понад 100 км мають лише чотири річки області – Тиса, Латориця, Уж, Боржава. Понад 10 км довжини мають 152 річки. Загальна площа водного дзеркала річок, каналів, озер і ставків становить понад 15 тис. га.

За своїм режимом річки області поділяють на дві групи: гірські (їхня площа водозбору охоплює 75 % території області) та передгірно-рівнинні. Гірський режим властивий переважно для верхніх та середніх ділянок більших річок області. Наприклад, Чорна та Біла Тиси гірськими є повністю, а власне Тиса – лише на ділянці до селища Великий Бичків, річки Косівська та Шопурка – повністю гірські, а Тересва – лише до селища Дубове, Тереля – до с. Драгове, Ріка – до с. Березове, Боржава – до с. Довге, Латориця – до м. Свалява, Уж – до м. Ужгород. Нижні течії більшості річок, протікаючи по Закарпатській низовині, мають вже передгірно-рівнинний гідрологічний режим.

Річковий стік складає основну частину водних ресурсів області. Близько 60% опадів йде саме на формування річкового стоку, решта – випаровується. У середній за водністю рік з території області стікає близько 8 км³ води.

Річки області мають змішаний характер живлення – найбільша частка припадає на дощові води (близько 40% річного стоку), а на снігове та ґрунтове живлення відповідно по 30%. Водність річок істотно змінюється протягом року. Влітку переважає дощове живлення, восени – дощове й ґрунтове, зимою – талими водами, навесні – снігове і дощове. Характерною особливістю розподілу стоків є наявність паводків на річках протягом більшої частини року та нечітко вираженої весняної повені (водопілля). Протягом року можливі до 20 і більше піків підняття рівня води: найбільші – навесні внаслідок танення снігу та в червні в період рясних дощів. У середньому за рік спостерігається 8-10 паводків, з яких до 4 – з виходом на заплаву. Рівень води при цьому підвищується на 1-2 м, вода з великою швидкістю мчить з гір на рівнину, переносючи з собою гальку і навіть велике каміння.

Поверхневий стік на території рівнинної Закарпатської низовини уповільнений унаслідок невеликих перепадів висот, незначної глибини річкових долин, а тому спричиняє заболочування. Розливи супроводжуються підвищенням рівня ґрунтових вод.

У паводковий період формується 50-70% річкового стоку. Сухой пори року навіть найбільші річки Закарпаття дуже міліють (до глибини 0,8-1,2 м) і звужуються, а низовинні мають дуже повільну течію.

Для порівняння наводимо оглядову характеристику трьох великих річок області.

Притока Тиси річка *Теребля* бере початок на схилах Горган на висоті 1080 м н.р.м. Довжина річки 91 км, площа водозбору – 750 км². У верхній частині тече з півночі на південь у дуже вузькій і глибокій долині. Біля с. Синевир Теребля повертає у південно-східному напрямі і її 10-кілометрова ділянка в Центральній-карпатській депресії простягається до с. Колочава. Долина річки в цій частині має ширину до 1 км, а нижче за течією звужується до 0,3 км. Лише нижче с. Драгова і аж до впадіння в Тису долина Тереблі в Солотвинській улоговині розширюється до 2-3 км. Головні притоки Тереблі: Озерянка, Сухар і Велика Уголька.

Латориця – найбільша річка в західній частині Закарпаття. Вона бере початок на схилах Верховинського вододільного хребта поблизу Верецького перевалу на висоті близько 800 м н.р.м. Довжина Латориці в межах області – 144 км (загальна довжина – 191 км; біля м. Чопа річка перетинає кордон зі Словаччиною і впадає у р. Бодрог – праву притоку Тиси), площа водозбору – 4900 км² (загальна площа водозбору – 7860 км²). Вище від м. Сваляви долина Латориці розрізає впоперек Полонинські Карпати і тут вона вузька (до 1 км). Лише нижче селища Чинадієво річкова долина розширюється до 2-2,5 км, виходячи на Закарпатську низовину. Більшість приток припадає на верхню і середню течію Латориці. Найбільшими з них є: Віча, Свалявка, Пиня, Визниця і Стара.

У північно-західній частині Закарпатської області протікає річка *Уж*. Вона бере початок на Вододільному хребті біля Ужоцького перевалу двома витоками (Уж і Ужок) на висотах 1250 і 1000 м н.р.м. Довжина річки в межах області – 107 км (загальна довжина 133 км; біля м. Ужгород річка перетинає кордон зі Словаччиною, а там впадає у р. Лаборець – праву притоку р. Латориці), площа водозбору – 2010 км² (загальна площа водозбору – 2750 км²). У верхній течії, до селища Великого Березного, долина Ужа дуже вузька з високими крутими схилами, береги вкриті валунами. Між Великим Березним і Перечином гори знижуються і долина річки розширюється до 0,8-1,2 км. Нижче, у Вулканічних Карпатах, Уж знову перетворюється в гірську річку і

тільки біля Ужгорода з виходом на Закарпатську низовину долина його розширюється до 2-3 км.

До водної мережі області належать також озера, водосховища і ставки (на низовині важливими осередками біорізноманіття є ще й канали гідромеліоративної системи). Озер на Закарпатті небагато, площа їх незначна. За походженням улоговин виділяють льодовикові та завальні озера. Майже всі вони розміщені в гірській частині області, на висотах понад 1000 м. Найбільш відоме високогірне (980 м н.р.м.) завального типу озеро Синевир у верхів'ях р. Терембі з площею 7 га і найбільшою глибиною 24 м. У південно-східній частині області, у давньольодовикових карах (чахоподібно заглиблені форми рельєфу на схилах біля вершин гір) на Свидівці та Чорногорі також є кілька невеликих високогірних озер – Апшинець, Герешаска, Несамовите, Бребенескул, Марічейка.

Погодно-кліматичні умови

Клімат Закарпатської області помірно континентальний, пом'якшений впливами Атлантичного океану. Карпати створюють перешкоди переміщенню повітряних мас, посилюють континентальність, сприяючи більшому прогріванню повітря влітку і більшому його охолодженню взимку. Гірський рельєф зумовлює і формує дуже строкату мозаїку місцевих кліматів. Нерідко два пункти, що лежать лише за кілька кілометрів один від одного, мають досить різні погодно-кліматичні умови. Для регіону характерні гірські і долинні вітри з добовою періодичністю. Вночі, коли вершини охолоджуються швидше, ніж нижні ділянки схилів і підніжжя, холодне повітря рине в долини. Тому тут навіть за найспекотніших літніх днів майже ніколи не буває душних ночей. Зі сходом сонця повітря в долинах від нагрівання стає легшим, внаслідок чого виникає денний рух повітря вгору. Особливо помітні гірськодолинні вітри в долинах річок Уж і Латориця.

У річному ході температур по області мінімум скрізь припадає на січень, максимум – на липень. З підняттям у гори клімат стає суворішим. Тепла пора в горах на 2 місяці коротша, ніж на низовині. Середня річна температура в м. Ужгород складає 9,3°C, а в горах – лише 3°C (Турбат). Річна ізотерма 8,5°C відокремлює низовину і смугу південного передгір'я від більш холодних гірських районів. Гірська частина Закарпаття за температурними умовами ділиться по лінії річки Ріки приблизно на дві рівні частини: західну і східну. Західна частина області тепліша, тут середні річні температури становлять від 8,5 до 4,5°C. Східна частина холодніша, тут середні річні температури – від 6,5 до 3,0°C.

Річна амплітуда середніх місячних температур досягає найбільшого розмаху на Закарпатській низовині (Хуст – 25,1°C, Чоп – 23,7°C), тут континентальність клімату виявлена найбільше. У гірських улоговинах, де літо холодніше завдяки висоті й північно-східним вітрам, континентальність клімату проявляється трохи слабше.

Територія Закарпаття має достатнє зволоження. Навіть у найсухіших місцях області середня річна кількість опадів не буває менше 530-640 мм. У районах найбільшого зволоження вона досягає 1400-1600 мм у горах, 800-1000 мм у передгір'ях і 620-700 мм на низовині. Найкраще зволожені західні схили. Опадів найбільше випадає влітку (понад 60%), особливо в червні, а в горах – у липні. Взимку опадів буває небагато: від 40 до 90 мм на місяць. На рівнині половина опадів у грудні випадає у вигляді дощу, і тільки в січні встановлюється зима. Сніг на рівнині рідко коли лежить більше одного місяця. Буває, що сніг випадає і сходить за зиму по 4-5 разів, утримуючись по 10-12 днів. У горах сніг іноді випадає у червні, а на значних висотах навіть у липні.

Інформативними показниками агрокліматичних особливостей певної території виступають сума активних температур (САТ) та обсяги вологозабезпеченості за період з середньою добовою температурою понад 10°C. За характером поєднання цих параметрів у межах області досить чітко виділяються 3 райони.

Низовинний район охоплює всю Закарпатську низовину. Це дуже теплий район області. САТ тут становить 3000-3020°C, а в окремих місцях навіть 3600°C. Найтеплішим місцем є район м. Виноградова. Високу теплозабезпеченість має район с. Мужієва Берегівського району (3500-3550°). Період з температурою понад 10°C триває 180-195 днів, а з температурою понад 15°C – 120-140 днів. Безморозний період, залежно від рельєфу, триває 170-190 днів. Зволоження на півночі району достатнє, на півдні – помірне і лише в окремі роки тут буває посуха. За період з середньою добовою температурою понад 10°C буває 380-460 мм опадів, а за рік – 530-700 мм.

Передгірний район займає все передгір'я і південну частину Вигорлат-Гутинського хребта, а також Іршавську та Хустську улоговини. Рельєф цього району дуже різноманітний, тому досить різноманітні й кліматичні умови. У цілому це також теплий район, де САТ коливаються в межах 2700-3000°C. Тепловий режим Іршавської та Хустської улоговин відрізняється від передгір'я більш чіткими рисами континентальності. Період з середньою добовою температурою повітря понад 10°C у передгірному районі триває 180-185, а з температурою понад 15°C – 115-130 днів. Безморозний період триває в середньому 170-175 днів. Передгірний район належить до зони надмірного зволоження.

Гірський район займає найбільшу частину території області. Він охоплює майже весь Вигорлат-Гутинський хребет (виняток становить лише його південно-західна частина) і всю іншу гірську територію області, що лежить далі на північний схід від нього. Кліматичні умови гірського району змінюються зі збільшенням висоти над рівнем моря. Так, у січні з підняттям на кожні 100 м по вертикалі температура повітря зменшується на 0,4°C, а в липні – на 0,7°C. Долини – найтепліші місця в гірському районі. У деяких з них, зокрема на дні, південних і західних схилах, САТ досягають 2400-2470°C. Річна кількість атмосферних опадів у гірському районі складає на відкритих схилах близько 1000 мм, в улоговинах – до 800 мм. Клімат середньої зони помірно холодний. САТ коливається в межах 1000-1600°C, а період активної вегетації становить 90-100 днів. Верхня зона холодна – тривалість періоду з температурою понад 10°C становить лише 60-88 днів, САТ за цей час коливаються в межах 600-1000°C. Середня річна кількість опадів досягає 1500 мм.

1.2. ПРИРОДНІ УМОВИ ТА АНТРОПОГЕННІ ЧИННИКИ ФОРМУВАННЯ ГІДРОЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ВЕРХІВ'Я БАСЕЙНУ РІЧКИ ТИСА (Лета В., Карабінюк М.)

Річка Тиса – основна водна артерія Закарпатської області, водночас є найбільшою притокою річки Дунай (рис. 1.2.1.). Загальна довжина річки складає 966 км, з яких 265 км у межах України (Закарпатська область). Площа всього басейну Тиси складає 157,2 тис. км², в межах України – 13,8 тис. км². Стік формується на території п'яти держав: Сербія, Словаччина, Угорщина, Румунія та Україна. В межах України басейн річки Тиса займає адміністративні межі Закарпатської області, що робить басейн унікальним, а межування з сусідніми державами – транскордонним (НПУБРТ, 2012).

Особливістю української частини басейну Тиси є те, що вона розташована у верхів'ї, де формується як стік так і хімічний склад вод. Ці фактори важливо брати до уваги при проведенні різного роду досліджень, як в межах України, так і нижче за течією Тиси. Зокрема необхідно враховувати паводковий режим вод річки Тиса та її приток в межах Закарпатської області, а також те, що наявні тут вулканогенні відклади в межах розвіданих родовищ поліметалів і рудопроявів з урахуванням високої розчинності сульфатних сполук важких металів (хром, кадмій, мідь, ін.) є однією з причин підвищення їх концентрацій у поверхневих водах річково-басейнової системи Тиси в межах України.

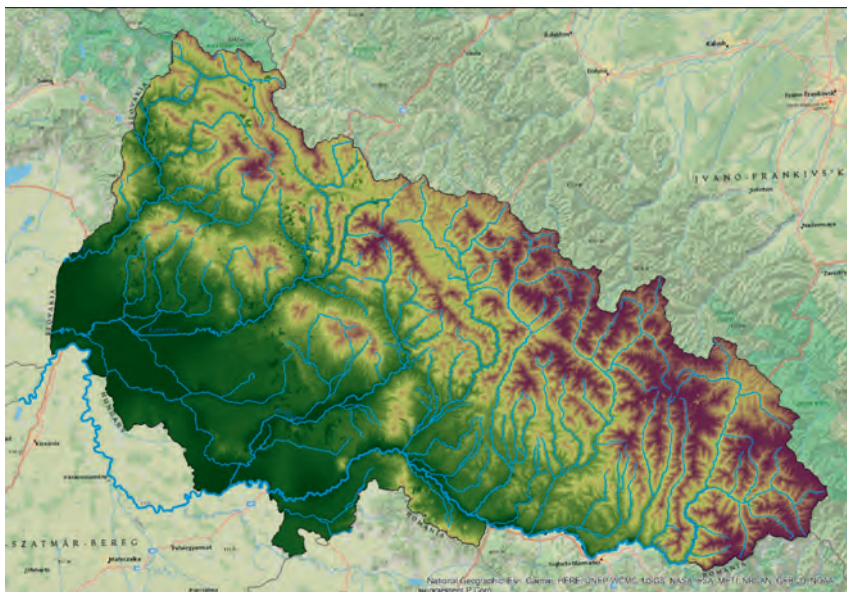


Рис. 1.2.1. Річкова мережа Закарпатської області (укладено автором)

Поверхневий стік у межах Закарпатської області формують такі праві притоки р. Тиса – Тересва, Тересля, Ріка, Боржава, що впадають у річку Тису, а також ріки Уж та Латориця. Останні впадають в річки Лаборець та Бодрог на території Словачької Республіки, а далі в р. Тиса на території Угорщини.

Транзитний поверхневий стік надходить з території Румунії, головні річки Вішеу та Іза (впадають в р. Тиса вище створу м. Тячів) та з території Словаччини, річки Улічка та Убля (впадають в р. Уж вище створу с. Зарічево).

В басейні Тиса в межах Закарпатської області налічується близько 9 426 річок і струмків сумарною довжиною понад 16,1 тис. км, а густота річкової мережі складає, в середньому, 1,7 км/км². Більшість водотоків області мають середню довжину близько 2 км, а площу водозбору – 1,2 км² й лише 152 річки довжиною понад 10 км, з яких 4 річки мають довжину понад 100 км: Тиса, Латориця, Уж, Боржава (НПУБРТ, 2012).

Українська частина басейну Тиси відноситься як до Верхньої Тиси (від витoku річки Чорна Тиса до села Бадалово, що 7 км нижче за течією гирла річки Боржава), так і Середньої Тиси (басейни річок Латориці, Ужа та самої Тиси від села Соловка до села Соломоново). Від свого витoku до остаточного виходу на територію Угорщини річка Тиса протікає або лише територією України, або утворює державний кордон з Румунією.

Загальна довжина р. Тиса в межах України складає 265 км. Від витoku річки Чорна Тиса до села Ділове Рахівського району річка Тиса протікає територією України, а далі протягом 61 км утворює державний кордон між Україною та Румунією. Нижче міста Тячів річка знову тече територією України до села Вилоч. Нижче за течією, річкою проходить державний кордон України та Угорщини на ділянці довжиною в 25 км, а нижче села Бадалово Тиса протікає угорською територією протягом 77 км. Від села Соловка до сіл Соломоново та Захонь Тиса служить кордоном. Довжина цієї ділянки складає 19 км. Нижче за течією річкою проходить державний кордон між двома європейськими державами – Словаччиною (правий берег) та Угорщиною загальною довжиною близько 5 км. Дальше річка протікає територією Угорщини та Сербії.

Представлені нижче результати аналізу та оцінки якості вод стосуються поверхневих вод верхів'я басейну річки Тиса, що включає також транскордонну ділянку річки Тиса, яка починається в селі Ділове Рахівського району у місці впадіння румунської притоки Тиси – р. Вішеу. Простягається транскордонна ділянка Тиси вздовж кордону між Україною та Румунією в межах Рахівського та Тячівського району загальною довжиною ділянки річки 64 км (НПУБРТ, 2012).

В межах України притоками Тиси в межах транскордонної ділянки є річки: Косівська та Шопурка в межах Рахівського району, Апшиця, Тересва, стр. Тячівський – у межах Тячівського району. Натомість румунськими притоками Тиси є річки: Вішеу, Іза та Сепінце. Ідентифікацію масиву поверхневих вод було здійснено українськими та румунськими фахівцями-гідрологами в рамках міжнародної співпраці басейнових управлінь водного господарства України та Румунії. В результаті спільних досліджень, було визначено усереднений показник довжини транскордонної ділянки річки Тиса, яка наразі складає 64 км.

Річка Тиса бере свій початок на висоті близько 460 м н.р.м. у результаті злиття двох гірських річок – Чорна Тиса та Біла Тиса (табл. 1.2.1.). Початок Тиси знаходиться поблизу найвищої гори в Україні міста – Рахів. Загальна площа басейну річки Тиса становить 157 186 км², що становить 19,2 % площі басейну р. Дунай, що робить її найбільшою притокою. Основна ділянка нашого дослідження належить до Верхньої Тиси та охоплює транскордонну територію в межах Рахівського району від верхів'я басейну р. Чорна Тиса до смт Великий Бичків.

Територія дослідження включає в себе весь Рахівський район та більшу частину Тячівського району Закарпатської області України. Складна морфометрія обраної території дослідження включає в себе наявність гірських масивів Чорногори та Свидівця, а також части-

ну Мармароського масиву, Ясінянську та Солотвинську улоговини. Складність гірського рельєфу території впливає також на густоту річкової мережі, яка представлена річками Чорна Тиса та Біла Тиса, злиття яких біля м. Рахів (на висоті 460 м над рівнем моря) дає початок річці Тиса. Численними є також притоки р. Тиса, найбільші з яких є р. Косівська, р. Шопурка, р. Апшиця, р. Тересва та ін. Розчленованість рельєфу зменшується від витоків р. Чорна Тиса вниз за течією. Площа території дослідження складає $\approx 3420 \text{ км}^2$, а довжина ділянки річки Тиса від м. Рахів до м. Тячів – 80 км, з яких $\approx 60 \text{ км}$ є державним кордоном між Україною та Румунією.

Таблиця 1.2.1.

Основні морфометричні параметри досліджуваних річок верхів'я річки Тиса в межах України (упорядковано за матеріалами Закарпатського обласного ЦГМ)

Річка	Довжина, км	Площа, км^2	Похил, м/км
Чорна Тиса	49	567	19
Біла Тиса	28	489	10
Тиса	80/265	3420/12777*	3.6/1.4*

* у межах території дослідження / у межах всієї Закарпатської області України

Територія досліджуваної ділянки верхів'я басейну р. Тиса характеризується значним поширення водоносних горизонтів у структурі палеогенових відкладах Української структурно-складчастої системи. Серед сланцевих товщ також значно поширені водоносні горизонти піщаників, води з яких використовуються для господарства та забору питної води. У відносно розвинутих алювіальних комплексах в річкових долинах зосереджені гідрокарбонатні води, що підживлюють річки у періоди межені та використовуються для господарських потреб. Гідрогеологічні умови території характеризуються наявністю одного четвертинного водоносного горизонту, водовміщуючими породами якого є супісок твердий з домішками гравію та гальки до 40 %. Ґрунтові води безнапірні. Живлення горизонту відбувається за рахунок інфільтрації атмосферних опадів. Рівні ґрунтових вод коливаються від 0,5 м до 4,0 м (НПУБРТ, 2012).

В умовах змін клімату вивчення сучасного стану та змін якості поверхневих вод має важливе значення, оскільки суттєво змінюються властивості природного середовища, що зумовлює зміни загалом в системі природокристування, стійкості природних ресурсів до ан-

тропогенної експлуатації, принципах збереження тощо. Територія верхів'я басейну р. Тиса характеризується інтенсивним розвитком комплексу сучасних фізико-географічних процесів, прояви та ареали поширення яких в умовах змін клімату можуть також змінюватися. З точки зору екологічної ситуації та забруднення поверхневих вод, найбільший вплив на якість води та її основні гідрохімічні показники мають такі процеси як зсуви, селі, паводки та інші. Вони впливають на значні об'єми твердого стоку (грунту) насиченого залізом (Fe), марганцем (Mn) та важкими металами міді (Cu), цинку (Zn), хрому (Cr), свинцю (Pb). Ці процеси також впливають на показники мутності, прозорості вод, вмісту біогенних речовин та кисневий режим поверхневих вод досліджуваних річок.

Гідрологічний режим річок верхів'я басейну Тиси

Витоком річки Тиса вважається витік річки Чорна Тиса, яка характеризується більшими довжиною та площею водозбору ніж річки Біла Тиса (табл. 1.2.2.). Річковий басейн цілісно приурочений до південно-західного макросхилу Українських Карпат. У результаті злиття річок Чорна Тиса та Біла Тиси вище міста Рахів відбувається збільшення водності річки Тиси, а її вузька річкова долина зорієнтована на південь до кордону з Румунією. Нижче с. Ділове на кордоні з Румунією, після впадіння з лівого берегу р. Вишеу, річка протікає у вузькій ущелині в північно-західному напрямку до смт Великий Бичків.

Таблиця 1.2.2.

Гідрографічні характеристики основних річок басейну р. Тиса (упорядковано за матеріалами Басейнового управління водних ресурсів річки Тиса)

Назва річки	Куди впадає	Відстань від гир- ла осно- вної річ- ки, км	Довжина річки, км		Площа водозбору, км ²	
			повна	в межах України	повна	в межах України
Тиса (разом з Чорною Тисою)	Дунай	1218	966	265	157186	12777
Чорна Тиса	Тиса	913.5	50	50	567	567
Біла Тиса	Тиса	913,5	26	26	489	489
Вишеу	Тиса	886,1	79,1	0	1580	0
Косівська	Тиса	876,6	43,1	43,1	157	157
Шопурка	Тиса	871,9	41,4	41,4	286	286

Іза	Тиса	856,5	80,0	0	1300	0
Сепинця	Тиса	838,5	18,0	0	149	0
Тересва	Тиса	835,4	56	56	1220	1220
Теребля	Тиса	818,1	91	91	750	750
Ріка	Тиса	793,0	92	92	1240	1240
Боржава	Тиса	729,3	106	106	1360	1360
Латориця	Бодрог	90	191	144	7860	2900
Уж	Лаборець	-	133	106	2750	2010

Чорна Тиса – один з головних водотоків Рахівського району, що неподалік міста Рахів дає початок річці Тиса. Позаяк весь басейн Чорної Тиси лежить у гірській місцевості, починаючи з гірського масиву Свидовець, звідки й бере початок річка, то й режим та будова річкової долини мають також гірський характер. Різниця між витокom та гирлом річки становить 800 м, що зумовлює наявність порогів та водоспадів вздовж всієї течії Чорної Тиси, а також швидку течію, зокрема до 1,5 м/с у період межені та до 4,5 м/с – під час проходження паводків. Долина річки V-подібна та змінює ширину від 50 м у верхів'ї до 300 м – нижче за течією, береги круті, а подекуди урвисті з висотою до 10 м (Хільчевський, 2016).

Наступним по величині допливом Тиси у межах Рахівського району є Біла Тиса. Річка бере початок на схилах Чорногори на місці злиття Стогівця та Бальзатула. Як і Чорна Тиса, Біла Тиса є типовою гірською річкою довжиною всього 28 км з вузькою слабозвивистою V-подібною долиною, річище якої рідко сягає в ширину більше 20 м. Через швидку течію високі береги часто розмиває, що потребує додаткових заходів з їх укріплення (Хільчевський, 2017).

Річка Шопурка – права притока р. Тиса, утворена злиттям Малої Шопурки та Середньої Ріки. Шопурка дещо відрізняється від інших приток Тиси, так як її долина в пониззі може бути завширшки до 300 м з розгалуженим та слабозвивистим річищем, ширина якого місцями доходить до 40 м. Схили з крутизною 20-40° у верхів'ї, дещо зменшуються вниз за течією. Вздовж течії Шопурки часто зустрічаються порожисті ділянки та острови. Важливо зауважити, що в басейні Шопурки розташовані селища Кобилецька Поляна та Великий Бичків, в яких, порівняно з іншими населеними пунктами Рахівського району, розвинена господарська діяльність (Лета, 2016).

Річка Косівська (Кісва) також є правою притокою р. Тиса. Вона тече паралельно з річкою Шопурка і так само бере початок на схилах Свидівця, що в свою чергу зумовлює гірський характер гідрологічного режиму річки та морфометричних параметрів її басейну. Долина

річки слабозвивиста, подекуди має вигляд ущелини з шириною до 4 м. Заплава у річки Косівська зустрічається лише на окремих ділянках вздовж течії (Лета, 2019).

Річка Лазецина починається у міжгір'ї Петросу й Говерли та є лівою притокою Чорної Тиси. Характер гідрологічного режиму та V-подібна будова долини дозволяє, як і в попередніх випадках, віднести річку до категорії гірських з дуже крутими схилами та швидкою течією. Русло Лазецини слабозвивисте, розгалужене та порожисте, а заплава є тільки в пониззі річки (Leta et. al. 2019).

Тиса – це головний масив поверхневих вод в межах Рахівського району і поділяється, умовно, на дві ділянки, що зумовлено різними характеристиками річкової долини та параметрами водного режиму річки. Перша ділянка починається з місця злиття Чорної Тиси та Білої Тиси та закінчується в межах селища Великий Бичків. Ця ділянка річки Тиса має гідрологічні та морфометричні параметри гірського типу. На цій ділянці Тиса тече вздовж вузької та глибокої долини у південному напрямку до місця впадіння румунської притоки Вішеу поблизу села Ділове. З цього місця з'являється широка (до 500 м) та рівна заплава річки, а також змінюється напрям течії на північно-західний. Річище Тиси слабозвивисте, подекуди порожисте, зустрічаються острови, береги висотою до 6 м, а ширина самої річки – до 40 м. Глибина річки сильно збільшується вниз за течією: від 0,5 м на перекатах у верхній течії до 5 м – на плесах. Варто також зауважити, що з села Ділове, неподалік впадіння Вішеу, починається кордон між Румунією та Україною, проведений саме по річці Тиса. Це підвищує науковий інтерес до будь яких досліджень Тиси, в тому числі гідроекологічних (Лета, 2017; НПУБРТ, 2012; Технічний звіт, 2009).

Таблиця 1.2.3.

Відомості про склад спостережень на гідрологічних постах у межах Рахівського району (упорядковано за матеріалами Закарпатського обласного ЦГМ)

№	Річка – гідропост	Періоди, за які наводяться дані з основних елементів режиму водних об'єктів			Площа водозбору км ²	Відмітка «0» графіка поста, м БС
		характерні рівні води	характерні витрати води	характерні витрати наносів		
1	Чорна Тиса – Ясіня	1947-2018	1956-2018	-	194	648,5

2	Чорна Тиса - Білин	1946-1988	1946-1988	1968-1988	540	492,12
3	Біла Тиса - Луги	1947-2018	1955-2018	-	189	602,05
4	Біла Тиса - Розтоки	1955-1988	1955-1988	1968-1988	473	482,93
5	Тиса – Рахів	1946-2018	1947-2018	1951-2017	1070	431,73
6	Тиса – Ділове	1946-1988 2010-2018	1956-1988	-	1190	345,96
7	Косівська – Косівська Поляна	1963-2018	1963-2018	-	122	406,77
8	Шопурка – Кобилецька Поляна	1947-2018	1954-2010 2017-2018	-	240	389,06
9	Тиса – Великий Бичків	1946-2018	2017-2018	-	1700	294,78

В умовах гірського рельєфу території Рахівського та Тячівського районів на формування річкового стоку Тиси та її приток визначальний вплив мають кількість опадів, геологічна будова (відсутність витриманих водоносних горизонтів, висока тріщинуватість, інфільтраційна здатність гірських порід, багато уламкового матеріалу, мала потужність ґрунтового покриву), розчленованість поверхні, велика крутизна схилів та невелика акумуляційна здатність водозборів (Гідрометеорологічні умови, 2005; Лук'янець, 2004). Як показують дослідження Лук'янець О. І. середній річний стік протягом останніх десятиліть має тенденцію до збільшення (Гідрометеорологічні умови, 2005; Лук'янець, 2004).

Характерною рисою річки Тиса та її приток у гірській частині Закарпатської області є добре виражений паводковий режим. Найпотужніші паводки в регіоні відбувається у результаті інтенсивних (зливових) дощів у період з травня по жовтень, а також під час танення снігу в зимовий період у результаті надходження теплих атлантичних повітряних мас, що супроводжується відлигами. Формування паводків також відбувається у результаті інтенсивного загального підняття температур повітря у весняний період та танення снігу, що пришвидшується значною кількістю дощових опадів (Вишневський, 2003; Водний фонд, 2007; Швебс, 2003).

Однак, часовий інтервал весняного водопілля річок верхів'я річки Тиса виділити складно через суттєві відмінності річкового ходу гідрологічного режиму та метеорологічних особливостей різних років.

Аналізуючи період 1981-2016 рр., можемо виділити деякі роки, що характеризуються чітким високим весняним водопіллям та низькими паводками (1986, 2000, 2002, 2013 рр.); незначними водопіллями та різкими паводками (1997, 1998, 2001, 2003, 2008, 2014, 2015 рр.); чергуванням протягом року однаково високих паводків (1985, 1987, 2004, 2011, 2016 рр.) (рис. 1.2.2.-1.2.4) (Лета, 2021).

Гідрологічний режим річок, який характеризується наявністю весняної повені, літньо-осінньої та зимової межені, впливає на зміну частки різних джерел живлення річок, які зумовлюють на коливання хімічного складу води. Тобто, гідрологічний режим значною мірою впливає на формування гідрохімічного режиму.

Для річок верхів'я Тиси характерною ознакою є наявність паводків через танення снігу під час зимових відлиг, часті весняні дощі, інтенсивні опади в літньо-осінній період (травень-жовтень). На гідрологічному посту Тиса – Рахів (площа водозбору 1070 км²) середня багаторічна витрата води становить 25,4 м³/с; найвища витрата води – 938 м³/с (5 березня 2001 р.); мінімальна – 1.14 м³/с (2 лютого 1963 р.) (Лета, 2021).

У періоди низької літньо-осінньої межені та незначного весняного водопілля на річці Тиса спостерігаються мінімальні рівні вод. В той же час, найбільш катастрофічні паводки також припадають на літньо-осінній період, що обумовлено інтенсивним проходженням дощів. Варто зауважити, що амплітуда коливань рівнів змінюється в діапазоні від 3,1 м до 6,8 м (Лета, 2021). Натомість рівні води на річці Тиса та її притоках впродовж зимового періоду малостійкі, що зумовлено частими відлигами та дощами.

Інтенсивне танення снігів у гірській частині Закарпатської області із періодичними дощами зумовлюють зростання рівнів річкових вод. У результаті, весняне водопілля тут відбувається у другій половині березня – на початку квітня та може проходити в декілька етапів. При високих водопіллях рівень води може підніматись на 150-200 см/добу, при низьких – 5-15 см/добу (Закарпатський обласний ЦГМ). За даними гідропоста р. Тиса (м. Рахів) за період 1950-2016 рр. зафіксований найвищий рівень вод 05.03.2001 р. становив 575 см (Закарпатський обласний ЦГМ). Весняний період характеризується підвищеними рівнями вод навіть у середні за водністю роки (Лета, 2021).

Паводки на річках басейну формуються атмосферними опадами, які тут бувають часто (165-175 днів). Однак формування паводків починається тоді, коли сума опадів перевищує 20 мм за добу. При дуже інтенсивних зливах, під час яких випадає понад 100 мм опадів, паводки набувають катастрофічного характеру. Тоді рівні води на гірських ділянках піднімаються на 2-4 м, на передгірних – на 5-6 м, а на р. Тиса – на 6,5-

9,5 м. Одночасно відбувається швидке скидання паводкових вод з гірських водотоків до річкових долин, де відбувається значне затоплення площ – смугою шириною від 15-60 м в гірській зоні, 115-500 м в передгірській зоні, а на рівнині зона затоплення збільшується до 2500 м. Значні похили місцевості зумовлюють саме швидкоплинні паводки, під час яких підйом рівнів води досягає 1,5-2,5 м за 3-4 години (Лета, 2021).

Аналіз багаторічних даних спостережень за кількістю опадів та гідрологічним режимом у басейні р. Тиса засвідчує, що найвищі підйоми рівнів та витрати води характерні для осінньо-зимових паводків (рис. 1.2.2.-1.2.4). Частка цих паводків складає в середньому 20-30% від кількості паводків, що формуються протягом року. Крім паводків змішаного походження, які мають місце в холодний період року, є паводки теплого періоду (квітень – листопад), які відбуваються унаслідок раптових сильних злив.

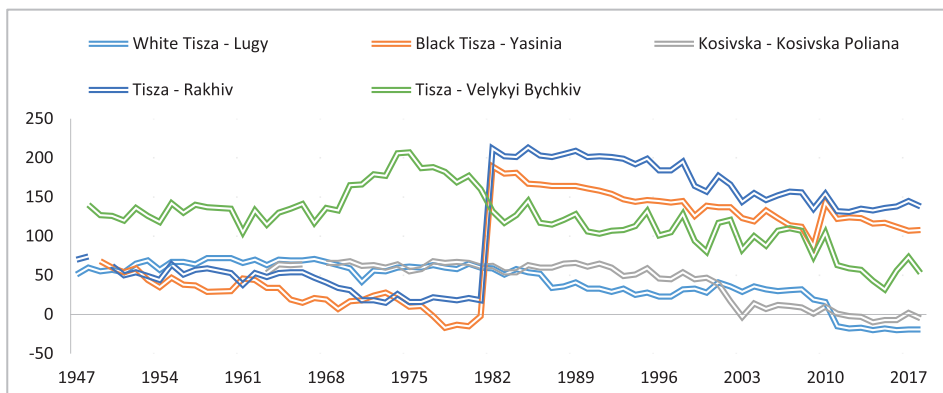


Рис. 1.2.2. Динаміка рівнів вод за середньорічними показниками, см (упорядковано за матеріалами Закарпатського обласного ЦГМ)

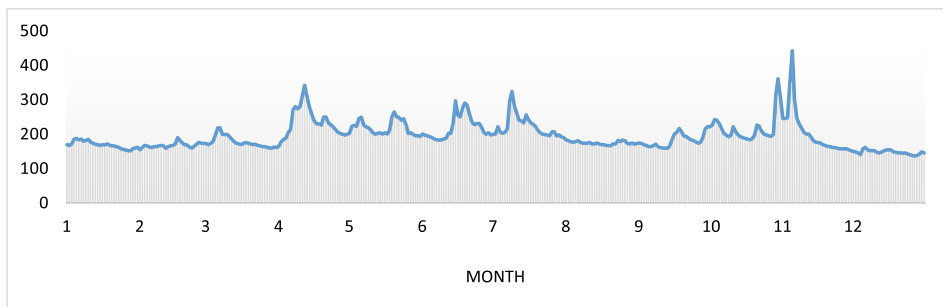


Рис. 1.2.3. Динаміка рівнів вод р. Тиса (м. Рахів) протягом 1998 р. (багатоводний рік), см (упорядковано за матеріалами Закарпатського обласного ЦГМ)

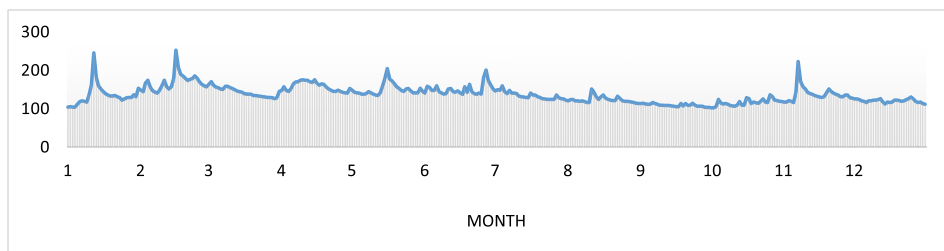


Рис. 1.2.4. Динаміка рівнів вод р. Тиса (м. Рахів) протягом 2016 р. (середній за водністю рік), см (упорядковано за матеріалами Закарпатського обласного ЦГМ)

Мінімальні витрати води спостерігаються як в теплий, так і в холодний період року. Перший мінімум фіксується у вересні-жовтні і пов'язаний з різким зменшенням опадів, другий формується в січні-лютому, коли відсутній поверхневий стік і вичерпуються запаси підземних вод. На гірських річках басейну стійка літня межень спостерігається у 20 % випадків, а стійка зимова межень – у 40 % випадків. Початок літнього меженного періоду припадає на червень – липень, закінчення цього періоду спостерігається на початку листопаду. Середня тривалість літнього меженного періоду складає 100-160 днів. Закінчення зимової межені на річках басейну припадає на лютий – березень. Середня тривалість зимового меженного періоду становить від 45 до 80 днів.

За характеристики мінімального стоку приймаються середньомісячні (30-добові періоди з найменшим стоком) та мінімальні середньодобові витрати в літньо-осінній та зимовий періоди. Мінімальні середньомісячні витрати переважно 95 % забезпеченості є розрахунковими при проектуванні гідроелектростанцій, водосховищ, ставків, а мінімальні середньодобові витрати 95 % забезпеченості – при проектуванні споруд для водопостачання населених пунктів і промислових підприємств.

Як і з показником рівнів вод, так і витрати вод мають однорідний характер рядів спостереження (рис. 1.2.5.). Незначні відмінності зумовлені різницею у кількості опадів, особливостями рельєфу та характером підстильної поверхні. За період 1946-2017 рр. найвищі витрати вод були зафіксовані під час березневої повені 2001 року з максимальним значенням 938 м³/с, в той час як середній багаторічний показник витрат становить лише 25,4 м³/с.

Найбільші середні багаторічні модулі стоку в межах досліджуваної частини басейну Тиси за період 1981-2017 рр. маємо на р. Косівська (с. Косівська Поляна) та р. Шопурка (сmt Кобилецька Поляна), що зумовлено великою кількістю опадів та висотою водозборів. Варто також відмітити збільшення середніх багаторічних значень ви-

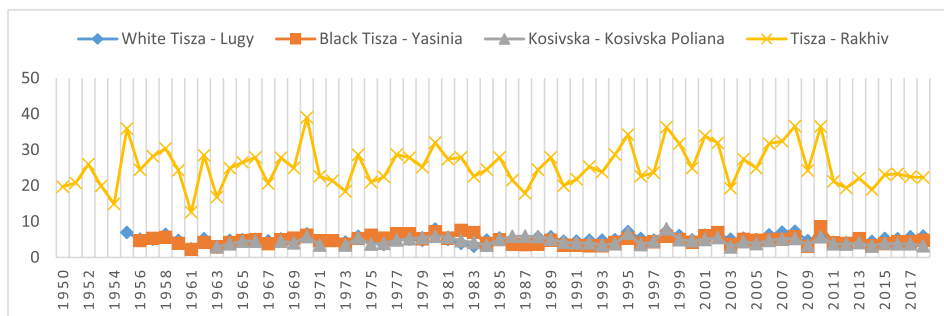
трат води та модуля стоку води у порівнянні з даними попередніх досліджень (НПУБРТ, 2012; Ободовський, 2017). Виняток становлять дані гідропостів р. Чорна Тиса (сміт Ясіня) та р. Косівська (с. Косівська Поляна), згідно яких протягом останніх десятиліть відбувається незначне зменшення середньорічних витрат води та модуля стоку.

Таблиця 1.2.4.

**Середні стокові характеристики річок верхньої частини
басейну Тиси (за період 1981-2017 рр.) (упорядковано
за матеріалами Закарпатського обласного ЦГМ)**

№	Річка - гідропост	Середні багаторічні значення	
		$Q_{\text{сеп}} \text{ м}^3/\text{с}$	$M_{\text{сеп}} \text{ л/с км}^2$
1	Чорна Тиса – сміт Ясіня	4,68	24,14
2	Чорна Тиса – с. Білин*	13,1	24,3
3	Біла Тиса – с. Луги	5,25	27,8
4	Біла Тиса – с. Розтоки*	14,5	30,7
5	Тиса – м. Рахів	26,06	24,35
6	Тиса – с. Ділове*	32,7	27,5
7	Косівська – с. Косівська Поляна	4,59	37,65
8	Шопурка – с. Кобилецька Поляна*	8,51	35,5

*-1981-1988 рр.



**Рис. 1.2.5. Динаміка витрат води за середньорічними
показниками, м³/с (упорядковано за матеріалами
Закарпатського обласного ЦГМ)**

Впродовж багатоводного 1998 року, за винятком р. Біла Тиса (с. Луги), переважає осінній стік з максимальними значеннями в листопаді. Натомість у 2016 році чітко фіксуємо вирішальну роль весняного водопілля у розподілі стоку. Змінюється також розподіл стоку між теплим та холодним періодами. Так, м'яка зима та паводки впродовж квітня 2016 року зумовили переважання стоку вод впродовж холодного періоду. Впродовж 1998 року можна чітко виділити період зимової межені з найменшими показниками стоку, в той час як у 2016 році бачимо більш рівномірний внутрішньорічний розподіл стоку (табл. 1.2.5.-1.2.6.).

Таблиця 1.2.5.

**Внутрішньорічний розподіл стоку (за місяцями 1998 р.)
річок басейну Тиси, % (упорядковано за матеріалами
Закарпатського обласного ЦГМ)**

Річка-пост	Місяці											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Тиса – м. Рахів	3,43	2,76	4,57	15,50	11,22	11,66	12,58	4,08	4,93	12,19	14,24	2,85
Чорна Тиса – смт Ясіня	2,04	2,09	2,36	16,33	13,31	11,72	11,09	5,30	7,26	12,35	13,76	2,40
Біла Тиса – с. Луги	3,20	3,21	3,58	16,08	14,71	12,60	14,55	3,57	4,31	8,27	12,60	3,33
Косівська – с. Косівська Поляна	3,36	2,88	5,09	15,24	8,82	8,26	8,95	3,40	5,15	11,53	24,43	2,89

Таблиця 1.2.6.

Внутрішньорічний розподіл стоку (за місяцями та сезонами 2016 р.) річок басейну Тиси, % (упорядковано за матеріалами Закарпатського обласного ЦГМ)

Річка-пост	Місяці											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Тиса – м. Рахів	7,93	15,97	9,72	13,03	11,44	11,19	7,43	5,11	2,67	3,83	8,46	3,22

Чорна Тиса – с.мт Ясіня	7,79	13,93	8,69	12,89	12,95	13,94	8,58	4,72	2,58	3,40	8,39	2,15
Біла Тиса – с. Луки	5,08	12,13	9,15	15,24	11,93	12,47	7,68	5,85	3,50	5,03	8,07	3,87
Косів- ська – с Ко- сівська Поляна	9,21	17,03	10,84	15,51	12,04	10,51	5,46	3,91	2,04	2,36	7,55	3,54

Руслові процеси та деформації

Важливим проявом функціонування та розвитку річкової мережі в умовах змінних зовнішніх факторів природного середовища, у тому числі й клімату, є руслові процеси – руслова ерозія, транспортування наносів та їхня акумуляція. Інтенсивний розвиток цих процесів на різних ділянках річкової долини сприяє деформації в конфігурації річкового русла, що обумовлює зміни його морфології та морфометричних параметрах. Руслові процеси в басейнах гірських річок Закарпатської області вирізняються своєрідним характером прояву, що є результатом складної геологічної та геоморфологічної будови території, особливостей гідрологічного режиму, живленням рік та іншими природними й антропогенними факторами (Гідрометеорологічні умови, 2005).

Основним фактором прояву та розвитку руслових деформацій є власне водний потік з динамічною структурою, що зумовлює розмивання русла, транспортування та акумуляцію наносів (Гідрометеорологічні умови, 2005). Водність потоку та його транспортуюча здатність залежать від режиму зволоження території. В окремих гірських регіонах Закарпаття річна кількість опадів досягає понад 2 тис. мм. Також, у періоди надходження циклонів, за добу тут може випасти двомісячна норма опадів у вигляді зливових дощів, а впродовж 2-3 діб – до 200 мм опадів. Це зумовлює виникнення швидкоплинних руйнівних паводків, тоді як на рівнинній частині – формують повені, які завдають суттєвих збитків місцевому населенню та акумулюють велику кількість річкового матеріалу. У процесі потужних паводків відбувається активне розмивання берегів та розвиток глибинної ерозії, у результаті чого деформуються русла річок та транспортується велика кількість алювіальних відкладів на нижчі гіпсометричні рівні річкової мережі. Ці процеси супроводжуються руйнуванням гідротехнічних споруд, дорожньої інфраструктури, житлових будівель, комунікацій тощо.

Найпотужніші паводки на території Закарпаття відбулися в 1998 та 2001 роках, у результаті чого на частині гірських річок області були знищені низка мостів, знесені лісові угіддя, зруйновані лінії електромереж, розмиті дороги та ін. Окрім нанесення значної економічної шкоди господарському комплексу та погіршення загальної геоекологічної ситуації в Закарпатті, високі паводки є небезпечними для населення та призводять до збільшення транспортуючої здатності водних потоків, що супроводжується розмивання берегів та днищ русла, загальними деформаціями (Карабінюк, 2021; Ободовський та ін., 2002).

На руслові процеси та деформації також впливають орографічні особливості території, оскільки круті схили гірської місцевості сприяють швидкоплинному стіканню води та формуванню високих паводків. Різкі зміни форм річкових долин та наявність стійких до ерозії гірських порід (пісковиків, гнейси, сланці тощо) зумовлюють формування у руслах рік своєрідних порогів, поперечних природних бар'єрів на шляху протікання води, що впливає на характер та розвиток руслових процесів. На прояв руслових процесів сильно впливають виходи метаморфічних порід на денну поверхню, що суттєво збільшує стійкість русла до деформації. Такі виходи твердих корінних порід на території Закарпаття спостерігаються у руслах р. Чорна Тиса, Шопурка, Косівська та ін. Скельні пасма, що розташовані поперек річкового русла можуть змінювати кінематичну силу потоку під час проходження паводків, утворюючи опори та гідравлічні стрибки (Гідрометеорологічні умови, 2005; Ободовський та ін., 2002).

Загалом, схема транспортування наносів на гірських річках Закарпатської області характеризується такою послідовністю (Ободовський та ін., 2002):

- ✓ у *верхів'ї* – активне розмивання та переміщення наносів;
- ✓ у *середній течії* – ерозійно-аккумулятивні процеси та транспортування наносів;
- ✓ у *нижній течії* – аккумулятивні процеси та меандрування.

У складній системі річкової мережі Закарпатської області на низці ділянок у русло-заплавному комплексі переважають осадові відклади.

Під впливом водного потоку на ділянках розширення річкових долин відбувається накопичення алювіальних відкладів, інтенсивність чого зростає вниз за напрямком руху води в річці. У таких місцях русло складене гальковими та гальково-валунними відкладами з гравійно-піщано-глинистою сумішшю і може розгалужуватись за умов слабкої стійкості русла до розмиву (Гідрометеорологічні умови, 2005). Такі розширення річкових долин та акумуляцію алювію для гірських річок Закарпаття найбільш притаманна на ділянках поши-

рення улоговинного рельєфу та аргілітового флішу в геологічній основі, які легко піддаються ерозійному впливу водних мас. Наприклад, у межах Ясінянської улоговини в долині р. Чорна Тиса спостерігаються нагромадження пачки гальково-валунних алювіальних відкладів майже на всій протяжності протікання через Кросненську геологічну зону із домінуванням аргілітів (рис. 1.2.6.). На виході із смт Ясіня русло р. Тиса суттєво звужується та прорізається через тверді пісковикові породи Поркулецького покриву, у результаті чого нагромаджень річкових наносів тут значно менше і річкове дно ускладнене порогами часто не перекритих алювіальний відкладами.



Рис. 1.2.6. Акумуляція алювіальних наносів у зимовий період в руслі р. Чорна Тиса в межах смт Ясіня, 2021 р. (Фото автора)

Прояв руслових деформацій в гірській частині Закарпатської області характеризується переважанням глибинної ерозії, за якої відбувається активний врізання русел річок. Про це свідчить наявність у низки басейнів (Чорна Тиса, Шопурка, Косівська, Латориця тощо) вузьких річкових долин без терасованих бортів, з кам'янистими прямими руслами з низкою порогів. В місцях розширення річкової долини та зменшення показників падіння русла появляются слабозвивисті меандри. Найактивніше просідання рівнів води можна спостерігати після проходження руйнівних паводків, що зумовлює транспорту-

вання значної кількості наносів та розвиток глибинної ерозії (Гідро-метеорологічні умови, 2005; Leta et. al., 2019).

Також важливими факторами впливу на розвиток руслових процесів у Закарпатті є прогресивний техногенний вплив у вигляді надмірного розорювання водозбірної поверхні, неправомірна розробка руслових кар'єрів та видобуток гальки, розширення забудови на ділянки заплавних та водоохоронних зон, зведення гідротехнічних споруд та ін. (Карабінюк, 2021; Ободовський, 2013, 2017).

За генезисом, річкова долина складається із декількох частин, найбільш динамічної із яких є русло та перші надзаплавні тераси (Ободовський, 2013). Геометричні особливості русла, його звивистість, ширина та ін. параметри впливають на характер річкового потоку. Детальні дослідження руслових процесів та деформацій в гірській частині Закарпаття нами проведено на прикладі р. Чорна Тиса, яка вирізняється своїм паводковим режимом та динамічністю. Відтак річка Чорна Тиса на шляху свого протікання пересікає суттєво різні в геологічному відношенні території, що впливає на морфологію русла і можливість використання гідротехнічних споруд. Найширша ділянка річкової долини в межах Ясінянської улоговини характеризується значною звивистістю, незначним трансформуванням головного русла. У цій ділянці річкової долини найбільший антропогенний вплив на річкове русло спостерігається у межах смт Ясіня, де на початку ХХІ ст. було проведено дамбування р. Чорна Тиса на майже на всій протяжності в межах центральної частини населеного пункту. При цьому особливу увагу приділили укріпленню ділянки річища на місці злиття р. Чорна Тиса із її допливом – р. Лазецина.

Вниз за течією р. Чорна Тиса орографічні особливості території і наявність крутих відрогів Чорногірського та Свидовецького масивів зумовили формування дуже вузької річкової долини на відтинку від присілку Кевелів аж до злиття із р. Біла Тиса поблизу м. Рахів. Антропогенний вплив на цю частину річкової долини, в тому числі заплаву, значно зростає. Це пов'язано із наявністю тут автомобільного шляху загальнодержавного значення Н09, для облаштування якої за останні роки було споруджено велику кількість інженерно-технічних берегоукріплюючих споруд вздовж річкової долини р. Чорна Тиса, що впливає руслові процеси та деформацію русла (рис. 1.2.7.).

Активні берегоукріплюючі споруди на р. Чорна Тиса виконують основну функцію захист берегів від розвитку активних ерозійних процесів, що порушують благоустрій території, руйнують інфраструктуру, сприяють розвитку схилів та обвалів в умовах гірського рельєфу (рис. 1.2.8.). Дамбування річки та трансформація русла на практиці часто сприяє зменшенню природної звивистості, що обу-

мовляє створення оптимальних умов для збільшення швидкості річкових мас у періоди зростання рівнів річкових вод. У результаті отримуємо більше потенційну руйнівну здатність водних мас, що пов'язано із зміною особливостей перенесення твердого матеріалу, розвитку деформацій русла та ін. Інженерно невинуватене будівництво в межах заплав сприяє штучно зумовленим утворенням акумуляційних алювіальних наносів, деформації русла та подальшої зміни річкового стоку.



Рис. 1.2.7. Антропогенне навантаження на долину та русло річки Чорна Тиса на ділянці від с. Кваси в сторону смт Ясіня (фрагмент космознімка з Google Earth)



Рис. 1.2.8. Одамбунвання та забудова низьких терас у долині р. Чорна Тиса в межах с. Кваси (фрагмент космознімка Google Earth)

З метою регулювання проходження повеней та паводків, наприклад у Рахівському районі, було зведено 14,6 км дамб та майже 18 км берегоукріплень (Лета, 2021). Така кількість гідротехнічних споруд не може забезпечити належний захист населення від наслідків проходження небезпечних гідрологічних явищ та розвитку деформацій русел річок. На території Закарпатської області у більшості басейнів річок не дотримані вимоги до прибережних захисних смуг річкових долин та ін.

Небезпечним для екологічного стану річок та руслових деформацій на території Закарпаття є захаращення русел твердими побутовими відходами. Тут спостерігається значна кількість стихійних сміттєзвалищ. Наприклад, у межах басейну р. Чорна Тиса найбільше занепокоєння викликає санкціоноване сміттєзвалище у поблизу м. Рахів, де висота шару сміття досягає до 10 м (Лета, 2021). Відсутність відмежування призводить до забруднення вод твердими побутовими відходами (ТПВ), яких у період паводків у перерізі річки Тиса можна нарахувати сотнями за хвилину, продуктами життєдіяльності, побутовою хімією тощо. Аналогічну ситуацію спостерігаємо з несанкціонованими сміттєзвалищами на берегах річок Лазещина, Боржава, Латориця, Тересва та ін. (Лета, 2021; Ободовський, 2013). Натомість, притаманне для річок Закарпаття самовільне видобування гравію зумовлює утворення неприродних заглибин та деформування русел, що сприяє порушення природного циклу ерозійно-аккумулятивних процесів в річковій системі.

Господарський вплив на поверхневі води

Господарська діяльність в межах верхів'я басейну Тиси зазнала кардинальних змін впродовж останніх століть, які знайшли відображення на рівні соціально-економічного розвитку та екологічного стану довкілля. Це стосується стрімкого розвитку добувної та обробної промисловості, галузей легкої та харчової промисловості, транспортної та соціальної інфраструктури, сільського господарства тощо. Закономірно, що господарська діяльність в межах басейну Тиси має не лише економічні, але й екологічні наслідки, одним з яких є вплив на гідроекологічні стани водотоків.

Аналіз господарської діяльності, як чинника, що впливає на гідроекологічний стан річок, передбачає вивчення територіально-галузевої структури промисловості. Унікальні природні умови та значний природно-ресурсний потенціал сьогодні зумовили розвиток деревообробної галузі та промисловості будівельних матеріалів, харчової промисловості. В окремі роки в Рахівському районі активно розвивались лісохімічна, целюлозно-паперова, легка та металообробна галузі

промисловості. Після розпаду Радянського Союзу великі промислові об'єкти занепали та, з часом, припинили діяльність, натомість почали набувати поширення малі та середні приватні підприємства.

Маршрутні обстеження річок Чорна Тиса, Біла Тиса та Тиса вздовж українсько-румунського кордону дали можливість виявити вплив на якість річкових вод сільського господарства, побутових відходів і стічних вод, стихійних сміттєзвалищ, гноєсховищ та літніх стоянок тварин у межах прибережних захисних смуг і заплавл.

Аналіз господарської діяльності в межах Рахівського та Тячівського районів дозволив виділити перелік основних підприємств та установ, чия діяльність впродовж досліджуваного періоду становила пряму чи опосередковану загрозу забруднення річкових вод Тиси чи її приток: комунальні підприємства Рахова, Кобилецької Поляни, Солотвино, Тячева; підприємства з видобутку мармуру «Трибушани» та «Білкам»; деревообробні підприємства «ВГСМ» та «Карпати», а також Великобичківський лісохімічний комбінат і Рахівська картонна фабрика; туристичний притулок «Козьмешик», курорт «Драгобрат», санаторій «Гірська Тиса» (Рахівська РДА). Окремо хочемо вказати на небезпеку забруднення вод річки Тиса на ділянці від міста Рахів твердими побутовими відходами, органічними та синтетичними речовинами, що потрапляють у річкові води з сміттєзвалища, що розташоване безпосередньо на лівому березі річки.

Популярність Рахівщини та Тячівщини у туристичній сфері щороку зростає, про що свідчить збільшення прямого залізничного сполучення із іншими регіонами України. Воно має особливе значення для розвитку як внутрішнього, так і міжнародного туризму сьогодні. Попри те, туристично-рекреаційні об'єкти, зокрема й ті, що розташовані у верхів'ї басейну річки Тиса створюють пряму небезпеку для якості поверхневих вод. Перш за все, небезпека зумовлена відсутністю централізованої системи водопостачання та водовідведення, що обумовлено несистемною забудовою відпочинкових комплексів та відсутністю моніторингу контролю за ситуацією з водокористуванням.

Лісокористування представляє непряму загрозу погіршення стану поверхневих вод, зокрема за показниками каламутності та вмісту окремих важких металів. Від так, суцільні рубки, які мають місце у верхів'ї басейну річки Тиса сприяють швидкому стіканню поверхневого стоку під час зливових дощів, що в свою чергу відображається на швидкому піднятті рівнів паводкових вод у річці Тиса та її притоках у межах досліджуваної ділянки басейну.

Орографічні та кліматичні умови Рахівського й Тячівського районів, особливості господарського освоєння та низка історичних передумов сприяли розвитку тут своєрідного натурального господарства –

скотарства (молочно-м'ясного), вівчарства, птахівництва та інших видів сільського господарства. Їхня потужність та поширення мають абсолютну перевагу над рослинництвом, розвиток якого обмежений головню своєрідними природно-географічними передумовами.



Рис. 1.2.9. Вирубка лісу в басейні р. Чорна Тиса



Рис. 1.2.10. Вирубка лісу в басейні р. Лазецина

Понад 95 % продукції тваринництва в Рахівському районі припадає на приватні підсобні та фермерські господарства. Зокрема, у

межах району розміщено 19 800 приватних підсобних та 55 фермерських господарств (Рахівська РДА). Їхнє функціонування та ефективність безпосередньо пов'язані рівнем збуту та ринковим попитом на продукцію, що пов'язано із рівнем налагодження торгівельних відносин між територіальними громадами на районному та обласному рівнях. Основними продуктами тваринництва тут є м'ясо, молоко, яйця, сир та ін. Аналіз чисельності поголів'я худоби свідчить про їхнє зменшення та загальний занепад сільського господарства, що пов'язано із зниженням собівартості продуктів та високою конкуренцією на ринку дешевих фабричних продуктів харчування. Негативний вплив на господарство також має відсутність системної державної підтримки у вигляді програм, обмеженість та низька інформованість населення про можливості й правила отримання дотацій тощо.

Серед с/г продукції найчастіше вирощують картоплю та овочі в обмежених кількостях, що забезпечує річну необхідну кількість для частини місцевого населення. На гіпсометрично найнижчих рівнях досліджуваної ділянки обмежено вирощують кукурудзу та ячмінь, зернобобові та ін. Найбільш придатними для ведення садівництва та городництва є рівнинна південно-західна частина району, яка представлена Солотвинською рівниною. В річковій долині Тиси в околицях смт Великий Бичків та сіл Луг і Біла Церква в минулому існували колгоспи, а зараз вирощують технічні сорти винограду. Розвиток виноградарства у гірській частині досліджуваного басейну обмежене в результаті несприятливості кліматичних умов та низькій урожайності винограду (Лета, 2021).

Зважаючи на низьку забезпеченість населення Рахівського району земельними ресурсами, тут поширене розорювання спадистих та крутих схилів вузьких річкових долин, прибережних смуг річок та інші. Використання органічних добрив та пестицидів на орних землях й інтенсивних поверхневий стік в умовах достатньої кількості опадів підвищують загрозу забруднення поверхневих вод, розвиток ерозійних та інших процесів у періоди паводків (Лета, 2021). Відтак, сільське господарство характеризується впливом на поверхневі води та їхню якість в межах верхів'я річки Тиса, зокрема через:

- використанням органічних та мінеральних добрив при обробці орних земель; використанням під сільське господарство прибережних смуг та заплав річок;
- облаштуванням гноєсховищ та літніх стоянок тварин у безпосередній близькості до річок;
- водовідведенням з рибогосподарських ставків у річки; відсутністю на тваринницьких об'єктах та підприємствах очисних споруд та централізованого водовідведення.

Важливим чинником впливу на якість поверхневих вод транскордонної ділянки річки Тиса є водокористування в межах Рахівського та Тячівського районів, яке зазнало ряд структурних змін, а це в свою чергу відобразилось на окремих кількісних показниках. Впродовж проаналізованого періоду з 1990 по 2019 роки, бачимо 20-тикратне зменшення об'ємів забраних вод, що зумовлено занепадом водоемних галузей промисловості, зокрема хімічної, лісохімічної, харчової тощо (рис. 1.2.11). Відмітимо також, що змінилось співвідношення між забором вод з поверхневих та підземних джерел, що залежить від напрямку використання вод. Так за останні роки переважають питні та санітарно-гігієнічні потреби, а тому переважає забір з підземних джерел.

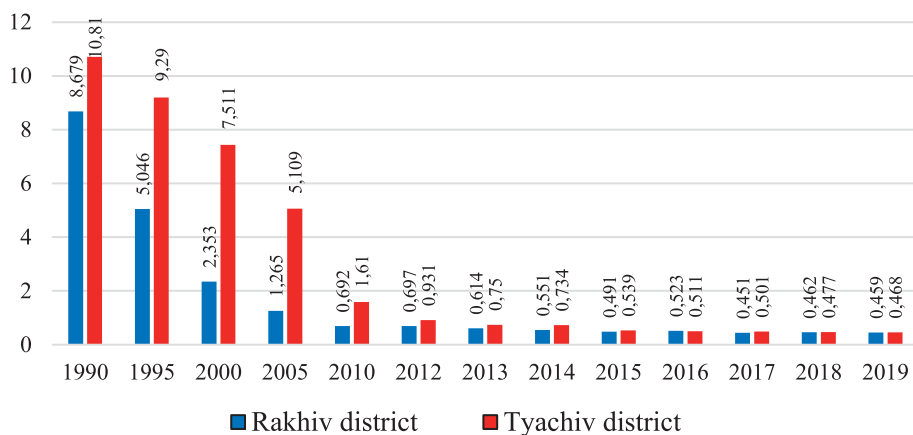


Рис. 1.2.11. Динаміка забору вод впродовж 1990-2019 рр., млн. м³
(упорядковано за матеріалами Басейнового управління водних ресурсів річки Тиса)

Наслідком зменшення забору вод є також зменшення об'ємів стічних вод, а від так і впливу на гідроекологічні стани Тиси (рис. 1.2.12). Так, зі структурними змінами водокористування, у 15 разів зменшились об'єми виробничих стоків підприємств в межах суббасейну досліджуваної ділянки Тиси. Натомість в останні роки переважають комунальні стічні води, вплив яких зумовлює органічне забруднення річкових вод Тиси.

Найбільшу небезпеку забруднення транскордонної ділянки Тиси становлять біогенні азотовмісні речовини (амоній, нітрити, нітрати) та фосфати, а також синтетичні миючі засоби, що є джерелом синтетичних поверхнево-активних речовин (СПАР) і річці. Також загрозу забруднення становлять очисні споруди, а вірніше їх неналежний

стан, застаріле обладнання та мала потужність очищення. Так на очисних спорудах у Рахівському та Тячівському районах переважає механічна очистка над біологічною, а це зумовлює зростання хімічних показників якості вод, таких як (БСК₅, вміст азоту амонійного, азоту нітритного, азоту нітратного, ХСК та ін.). Важливо також наголосити на тому, що в останні роки серед категорій скинутих у русло річки стічних вод переважає категорія «забруднені» води або принаймні «недостатньо очищені».

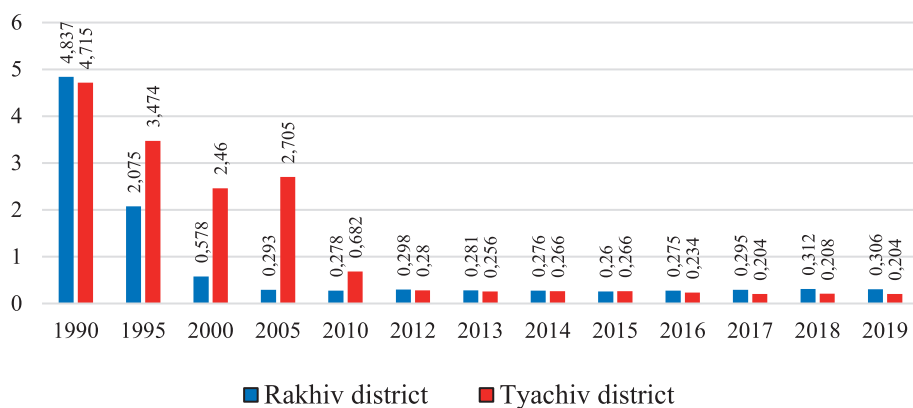


Рис. 1.2.12. Динаміка скидання стічних вод впродовж 1990-2019 рр., млн. м³ (упорядковано за матеріалами Басейнового управління водних ресурсів річки Тиса)



Рис. 1.2.13. Каналізаційно-очисні споруди м. Тячів

Найбільшими водокористувачами, а тому й забруднювачами транскордонної ділянки Тиси є підприємства добувної промисловості в с. Ділове: ПАТ мармуровий кар'єр «Трибушани», ТОВ «Сауляк», ТОВ

«Білкам», підприємства деревообробної галузі в смт Великий Бичків: ТОВ «ВГСМ», ТзОВ «Карпати» та харчової – ТДВ «Консервний завод», а також комунальні підприємства смт Солотвино та м. Тячів.

До прикладу, в 2018 р. 20 % забраних вод було використано на виробничі потреби, що вдвічі більше, ніж у попередні роки. В той же час об'єми відпрацьованих на виробничі потреби вод у тому ж 2018 р. у 50 разів менші, ніж у 1990 р. Сьогодні стоки з промислових підприємств представлені, в основному, водами питного та санітарно-гігієнічного використання після біоочистки.

1.3. ГІДРОЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН ВЕРХІВ'Я БАСЕЙНУ РІЧКИ ТИСА (Лета В.)

Гідроекологічний стан – це просторово-часове поєднання кількісних гідрологічних, гідрохімічних та фізичних характеристик, що дають інформацію про режим, якість вод та рівень забруднення поверхневого водного об'єкта чи його частини, а також пояснюють взаємозв'язок з навколишнім середовищем і вплив господарської діяльності (Лета, 2021). Динаміку та мінливість гідроекологічних станів річкових вод можна аналізувати за даними окремо взятого створу, пункту, масиву поверхневих вод (ділянки річки) чи цілого басейну за певний проміжок часу (день, місяць, сезон, рік, багаторічний період) (Лета, 2021). Вивчення гідроекологічних станів річок здійснюється з метою:

- аналізу антропогенного навантаження на водну геосистему;
- гідроекологічного моніторингу поверхневих вод;
- розробки управлінських рішень;
- прогнозування екологічних змін внаслідок впливу антропогенної діяльності;
- розробки планів і схеми комплексного використання й охорони водних ресурсів;
- оптимізації водогосподарського комплексу;
- розробки рекомендацій щодо збереження екологічної рівноваги гідрогеосистем (Лета, 2021).

Існує чимало методик визначення та класифікацій гідроекологічних станів поверхневих вод. Найбільш поширеними в українському науковому географічному середовищі є методика визначення комплексного індексу забрудненості вод (далі ІЗВ) та інтегрального екологічного індексу (далі І_Е).

Визначення гідроекологічних станів вод, їх сезонної мінливості та багаторічної динаміки потребує врахування зв'язку гідрологічного режиму (Лета, 2021), як лімітуючої умови абіотичного середовища та

гідрохімічних показників. Серед гідрологічних показників необхідно, щонайменше, проаналізувати рівневий режим, режим живлення, розподіл витрат і стоку води впродовж року та за даними багаторічного періоду. З гідрохімічних показників варто обрати ті, що зможуть охарактеризувати гідроекологічні стани вод з урахуванням різних природних та антропогенних чинників впливу.

Оцінка якості вод р. Тиса, за комплексним гідрохімічним індексом забрудненості вод, передбачає порівняння середньорічних значень вмісту у поверхневих водах біогенних речовин (нітритів, нітратів та амонію), фосфатів, а також показників кисневого режиму (вміст розчиненого кисню та біохімічне споживання кисню п'ятидобове БСК₅) з гранично допустимими концентраціями цих речовин у водах рибогосподарського використання.

Таким чином, впродовж 2008-2018 рр. маємо динаміку ІЗВ в діапазоні 0,32 – 0,48, що відповідає II-й категорії якості вод (чисті води). Чітко спостерігається динаміка до зростання значень індексів вниз за течією і за досліджуваний період. Зростають індекси вниз за течією після впадіння румунської притоки Тиси – р. Вішеу. Дещо зменшується індекс забрудненості вод за даними пункту в селищі Великий Бичків Рахівського району до селища Солотвино Тячівського району, що пов'язано зі збільшенням водності річки Тиса та самоочищенням вод. Натомість зростає ІЗВ вже в кінцевому пункті транскордонної ділянки – в м. Тячів, що зумовлено, в основному, впливом комунальних стічних вод.

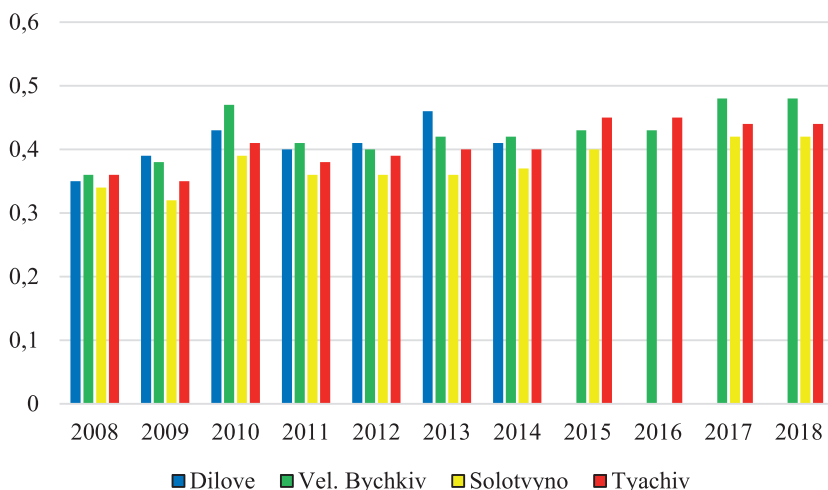


Рис. 1.3.1. Динаміка значень ІЗВ впродовж 2008-2018 рр. (упорядковано за матеріалами Басейнового управління водних ресурсів річки Тиса)

Аналіз середньорічних величин, що використані при розрахунку ІЗВ р. Чорна Тиса (с. Білин) та р. Біла Тиса (с. Розтоки) свідчить про зростання впливу показників БСК₅, ХСК та розчиненого кисню на величину індексу, а від так і на клас якості вод (Лета, 2021). До прикладу, ІЗВ р. Чорна Тиса (с. Білин) у 2011 р. розрахований наступним чином:

$$\frac{0,18 NH_4 + 1 БСК_5 + 0,35 NO_2 + 0,5 O_2 + 0,54 ХСК + 0,11 \text{ нафтопродукти}}{6} = 0,44$$

що свідчить про вирішальну роль у розрахунку ІЗВ р. Чорна Тиса показників кисневого режиму. Аналогічними у підсумку є розрахунки ІЗВ р. Біла Тиса (с. Розтоки) за 2011 р.:

$$\frac{0,09 NH_4 + 0,9 БСК_5 + 0,13 NO_2 + 0,5 O_2 + 0,42 ХСК + 0,1 \text{ нафтопродукти}}{6} = 0,36$$

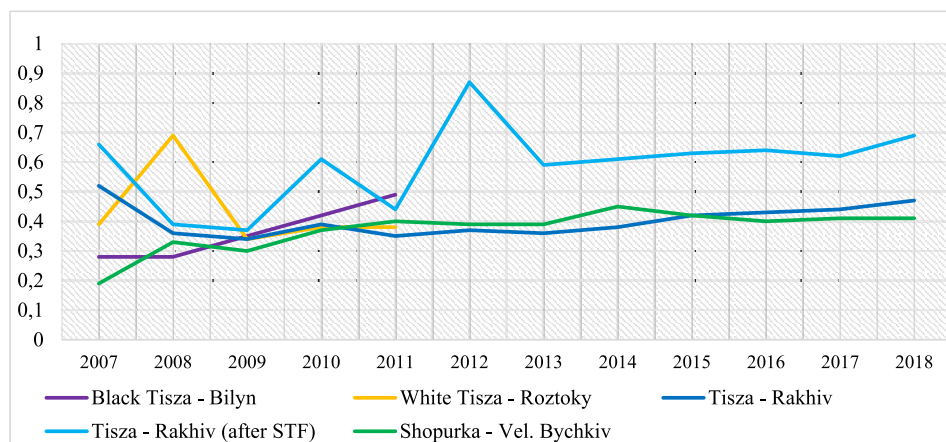


Рис. 1.3.2. Динаміка ІЗВ за період 2007-2018 рр. (упорядковано за матеріалами Басейнового управління водних ресурсів річки Тиса)

За аналогією розраховано також ІЗВ р. Шопурка (смт Великий Бичків) у 2018 р.:

$$\frac{0,14 NH_4 + 0,72 БСК_5 + 0,5 NO_2 + 0,55 O_2 + 0,37 ХСК + 0,2 \text{ нафтопродукти}}{6} = 0,41$$

р. Тиса (м. Рахів):

$$\frac{0,28 NH_4 + 0,87 БСК_5 + 0,5 NO_2 + 0,53 O_2 + 0,41 ХСК + 0,2 \text{ нафтопродукти}}{6} = 0,47$$

р. Тиса (м. Рахів, нижче КОС):

$$\frac{0,54 NH_4 + 1,1 BCK_5 + 0,75 NO_2 + 0,55 O_2 + 0,48 ХСК + 0,2 \text{ нафтопродукти}}{6} = 0,6$$

В результаті бачимо зростання частки нітритів у розрахунку ІЗВ р. Шопурка, а нітритів та амонію в ІЗВ р. Тиса за середньорічними показниками 2018 р. Збільшення ІЗВ р. Тиса вниз за течією за період спостереження 2007-2018 рр. за рахунок амонію, нітритів, БСК₅ та ХСК свідчить про збільшення вмісту органічних речовин у поверхневих водах після скидання вод каналізаційно-очисними спорудами м. Рахів.

Найбільш динамічний характер сезонної мінливості мають значення показників вмісту біогенних речовин, проте в значенні ІЗВ масова частка більша у показників кисневого режиму, що дає можливість говорити про загрозу забруднення річки Тиса органічними речовинами, зокрема у весняно-літній період. Вміст біогенних речовин, що у складі ІЗВ, зростає найбільше на ділянці річки Тиса нижче смт Великий Бичків, що обумовлено розширенням річкової долини та придатних для сільськогосподарського використання земель, особливо у межах заплави, що і є джерелом азотовмісних речовин у річкових водах. Середньорічні показники вмісту біогенних речовин жодного разу не перевищили ГДК_{рибгосп.}, проте для річки з гірським характером течії (до смт Великий Бичків) є досить високими. Це також підтверджують значення показників кисневого режиму р. Тиса, а саме БСК₅ та вмісту розчиненого кисню.

Інтегральний екологічний індекс (І_Е) – це блоковий показник якості поверхневих вод, до складу якого входять: блок показників сольового складу (І₁), блок еколого-санітарних показників води (І₂) та блок показників специфічних речовин токсичної дії (І₃) (Лета, 2021). Алгоритм екологічної класифікації якості вод включає визначення блокових індексів (І₁, І₂, І₃) та розрахунок екологічного індексу (І_Е).

Використана у роботі методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями, що передбачає оцінку якості вод за розрахованим інтегральним екологічним індексом в результаті дає II-гу категорію 2-го класу якості вод (чисті води), що відповідає доброму екологічному стану. На відміну від ІЗВ інтегральний екологічний індекс І_Е зазнає значно менших змін вниз за течією, що обумовлено більшою кількістю показників у складі індексу – 20 показників у 3-ох блокових індексах, що значно більше, ніж в ІЗВ (6 показників). Більша кількість показників у складі блокових індексів дає можливість нівелювати перевищення нормованих значень за кількома забрудниками, адже суть методики полягає у визначенні

середньоарифметичного значення інтегрального індексу. Серед блокових індексів за даними досліджуваного періоду можемо виокремити тенденції:

- ✓ блоковий індекс показників сольового складу завжди на рівні значення 1, що відповідає I-ій категорії 1-го класу якості вод (відмінний стан), а це говорить про безпечність вод за показниками мінералізації;
- ✓ найбільшу масову частку в складі інтегрального екологічного індексу має індекс показників специфічних речовин токсичної дії ІЗ, який включає в себе важкі метали та синтетичні забрудники; значення цього індексу, в окремих випадках виходять за межі доброго екологічного стану вод;
- ✓ впродовж 2010-2018 рр. спостерігаємо, як і з ІЗВ, підвищення значень індексу ІЕ з роками, що свідчить про зростання антропогенного впливу на якість поверхневих вод транскордонної ділянки річки Тиса.

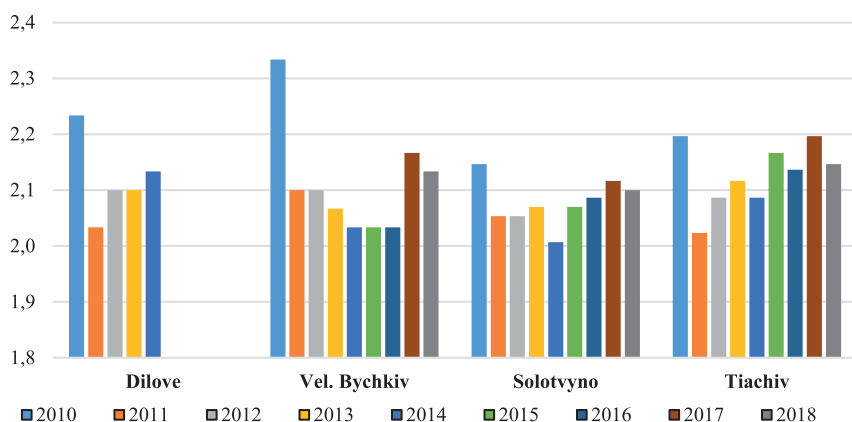


Рис. 1.3.3. Динаміка значень інтегрального екологічного індексу впродовж 2010-2018 рр. (упорядковано за матеріалами Басейнового управління водних ресурсів річки Тиса)

Ділянка річки Тиса в межах території Рахівського та Тячівського районів є державним кордоном між Україною та Румунією. Від так, доцільним є визначення гідроекологічних станів вод Тиси за класифікацією Міжнародної комісії із захисту річки Дунай (МКЗРД). Класифікація передбачає 5 класів якості вод, а за основу береться значення II-го класу, позаяк I-ий клас характеризує референційні умови.

Класифікація якості вод за вимогами Міжнародної комісії із захисту річки Дунай (МКЗРД), яка взята за приклад європейських стандар-

тів оцінки якості вод для транскордонної ділянки Тиси в підсумку дає неоднозначні результати. Так бачимо, що впродовж 2008-2018 років екологічний стан вод змінюється від доброго до задовільного, відповідно від категорії чистих до умовно чистих вод. Як і у випадку з вітчизняними методиками, класифікація за вимогами МКЗРД підтверджує зростання впливу антропогенних чинників за останні роки.

На відміну від вітчизняних методик, класифікація якості вод за вимогами МКЗРД передбачає визначення класу якості вод та екологічного стану за найгіршим значенням, яке порівнюється з кожним з 5-ти класів 5-ти екологічних станів (у вітчизняних методиках 7 категорій, 5 класів і 5 станів). Таким чином екологічний стан, визначений за найгіршим значенням певного забрудника більш об'єктивно відображає «реальний стан речей». Якщо у вітчизняних методиках перевищення $ГДК_{рибгосп.}$ за вмістом заліза загального, марганцю, важких металів міді, цинку, нівелюється за рахунок того, що загальна кількість показників у знаменнику 20, то за міжнародними стандартами для класифікації використовується абсолютне значення 90 % забезпеченості не менше, ніж з 11 проб впродовж року.

В рамках дослідження здійснено також порівняльний аналіз результатів класифікації якості вод та відповідних гідроекологічних станів за двома вітчизняними методиками та вимогами МКЗРД. У результаті порівняння бачимо, що обидві вітчизняні методики визначення інтегральних індексів дають схожі результати: II-га категорія 2-го класу якості вод (чиста вода), що відповідає доброму стану; визначальними є показники вмісту біогенних речовин та кисневого режиму, а в індексі I_E ще залізо, мідь та марганець. Натомість класифікація за вимогами МКЗРД свідчить про забруднення вод транскордонної ділянки р. Тиса важкими металами міді та цинку, а також про деякі проблеми з вмістом кисню у річкових водах, зокрема в околицях смт Солотвино.

Результати порівняння методик якості вод у пункті р. Тиса (м. Тячів) за вітчизняними методиками та європейськими стандартами дають можливість виділити спільні та відмінні ознаки:

- ✓ вітчизняні методики оцінки якості вод за інтегральними показниками ІЗВ та ІЕ в підсумку дають майже однаковий результат – добрий екологічний стан вод;
- ✓ в обох вітчизняних методиках найбільші вагові коефіцієнти при визначенні індексів мали значення БСК5 та NO₂-;
- ✓ система оцінки якості вод за вимогами МКЗРД, в результаті дає можливість говорити про забруднення вод р. Тиса важкими металами

Таблиця 1.3.1.

**Порівняльний аналіз методик оцінки якості вод на прикладі
р. Тиса у м. Тячів (упорядковано за матеріалами Басейнового
управління водних ресурсів річки Тиса)**

Методика	ІЗВ (2008–2018 рр.)	I _е (2010–2018 рр.)	МКЗРД (2008–2018 рр.)
Клас якості вод	II	II	2/3
Екологічний стан	добрий	добрий	добрий/ задовільний
Визначальні показники	БСК ₅ , NO ₂ ⁻ ,	Fe, Mn, Cu, БСК ₅ , NO ₂ ⁻ , прозорість	БСК ₅ , Zn, Cu

Список використаних джерел:

1. Басейнове управління водних ресурсів річки Тиса. Офіційний сайт. URL: <https://buvrtyisa.gov.ua/newsite/>
2. Вишневський В. І., Косовець О. О. Гідрологічні характеристики річок України. Київ : Ніка-Центр, 2003. 324 с.
3. Водний фонд Закарпатської області : (поверхневі води) / Держводгосп України, Закарпат. облводгосп. Ужгород : ІВА, 2007. 36 с.
4. Гідрометеорологічні умови басейну Чорної Тиси та їх вивчення / за ред. О. Г. Ободовського. К.: ВГЛ Обрії, 2005. 172 с.
5. Закарпатський обласний центр з гідрометеорології. Офіційний сайт. URL: <http://gmc.uzhgorod.ua/>
6. Карабінюк М. М., Балог Я. Ю. Динаміка річкового стоку річки Чорна Тиса. *Географічні аспекти просторової організації території, суспільства та збалансованого природокористування: матеріали науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (Україна, м. Ужгород, 1-3 грудня 2021 р.)*. Ужгород: ПП Данило С. І., 2021. С. 30-34.
7. Лета В. В. Гідроекологічний стан річки Шопурка Рахівського району Закарпатської області. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2016. Т. 2. С. 91-96.
8. Лета В. В. Гідрохімічний стан річки Тиса на ділянці українсько-румунського кордону. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2017. Т. 1. С. 95-104.
9. Лета В. В., Пилипович О. В. Аналіз сезонної мінливості гідрохімічного складу вод річки Косівська за період 2017-2018 рр. *Фізична географія та геоморфологія*. 2019. Вип. 95 (3). С. 26-35.
10. Лета В.В. Гідроекологічні стани басейну Тиси в межах Рахівського району : дис. ...канд. геогр. наук : 11.00.11. Луцьк, 2021. 230 с.
11. Лук'янець О. І. Система прогнозування паводків у Закарпатті на основі дослідження та математичного моделювання процесів формування стоку: дис. канд. геогр. наук: 11.00.07 / Київський національний ун-т ім. Тараса Шевченка. К., 2004. 284 с.

12. Національний план управління басейном р. Тиса. 2012. URL: https://buvrtysa.gov.ua/newsite/download/National%20plan%20final_ost.pdf
13. Ободовський О. Г., Онищук В. В., Коноваленко О. С. Руслоформуючі витрати та класифікація паводків на гірських річках. *Вісн. Київ. ун-ту. Географія*. 2002. Вип. 48. С. 42-47.
14. Ободовський Ю. О. Статистичні характеристики рядів середніх річних, максимальних та мінімальних витрат води річок верхньої частини басейну Тиси (в межах України). *Шевченківська весна*. 2014. Вип. XII. С. 109-111.
15. Ободовський Ю. О. Гідроморфоекологічна оцінка руслових процесів та гідроенергетичного потенціалу річок Верхньої частини басейну Тиси (в межах України) дисертація на здобуття наукового ступеня канд. геогр. наук К: КНУ ім. Т. Шевченка. 2017. 329 с.
16. Ободовський Ю. О. Руслові процеси річок верхньої частини басейну Тиси (в межах України). *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2013. Т.4(31). С. 25-36.
17. Рахівська районна державна адміністрація. Офіційний сайт. URL: <https://rakhiv-rda.gov.ua/>
18. Технічний звіт «Оцінка екологічного стану та контрольний моніторинг якості води в басейні Верхньої Тиси на ділянці українсько-румунського кордону відповідно до положень ВРД ЄС та вимог міжнародної комісії з охорони річки Дунай. Ужгород: БУВР р. Тиса, 2009. 86 с.
19. Управління туризму та курортів Закарпатської ОДА. URL: <https://carpathia.gov.ua/administraciya/strukturni-pidrozdili-oblderzhadministraciyi>
20. Хільчевський В.К., Лета В.В. Комплексна оцінка якості води р. Чорна Тиса. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2016. Т. 3. С. 50-56.
21. Хільчевський В.К., Лета В.В. Оцінка якості води річки Біла Тиса. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2017. Т. 4. С. 57-66.
22. Швебс Г. І., Игошин М. І. Каталог річок і водойм України : навч.-довідк. посіб. Одеса : Астропринт, 2003. 392 с.
23. Leta V., Pylypovych O., Mykitchak T. Hydro-ecological investigation of the Lazeshchyna River in Transcarpathian region of Ukraine. *Forum geografic*. 2019. Vol. 38 (2). P. 115-123. doi:10.5775/fg.2019.024.d

1.4. ХАРАКТЕРИСТИКА СУЧАСНИХ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ ТА ПРОЯВИ ЗМІН КЛІМАТУ (Озимко Р., Карабінюк М.)

Клімат – багаторічний режим погоди, який базується на довгострокових метеорологічних спостереженнях та є однією з основних географічних характеристик тієї чи іншої місцевості (International meteorological..., 1992). Клімат Закарпатської області, як і будь-якої іншої частини планети, формується в результаті складної взаємодії радіаційних умов, циркуляції атмосфери та підстильної поверхні.

Згідно з однією найпоширенішою оновленою системою класифікації типів клімату Кеппена-Гейгера Закарпаття відносять до типу Dfb (вологого помірного континентального клімату з теплим літом) (рис. 1.4.1) (Peel at al..., 2007).

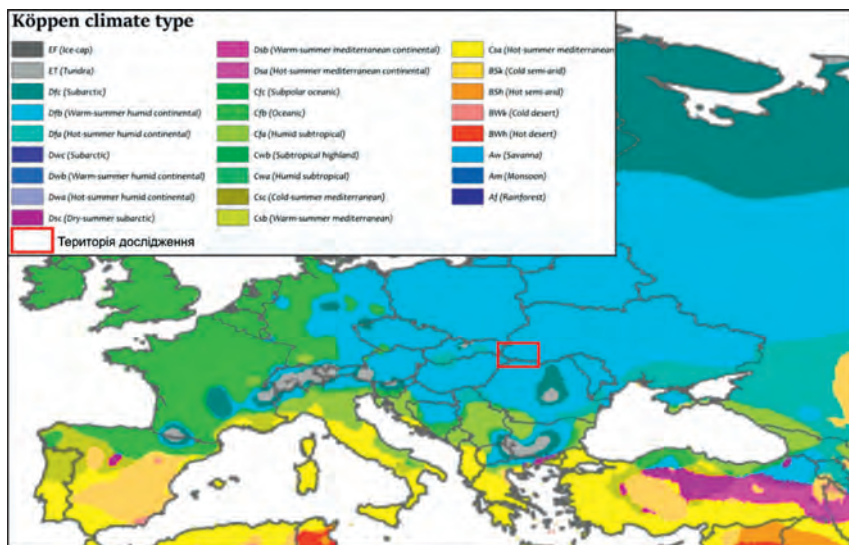


Рис. 1.4.1. Поділ території Європи за класифікацією кліматів Кеппена-Гейгера (Peel at al..., 2007)

Він має багато спільного з кліматом Угорщини, Словаччини, Румунії, Польщі, Чехії та північної частини Балканського півострова, що визначається загальною циркуляцією атмосфери над Європою. Територія Закарпатської області загалом перебуває під визначальною дією атмосферних процесів, що розвиваються над Атлантикою та Євразією. Основними кліматологічними центрами дії атмосфери (Степаненко та ін., 2015), які зумовлюють циркуляцію є:

1. Ісландська барична депресія.
2. Арктичний антициклон.
3. Середземноморська барична депресія.
4. Азорський антициклон.
5. Сибірський зимовий антициклон, відроги якого іноді досягають і низовинної території Закарпаття.

Взаємодія цих баричних центрів викликає трансформацію повітряних мас.

Взимку більшість циклонів переміщується на Закарпаття з районів Атлантики і Середземного моря. Ці циклони є глибокими і часто

супроводжуються в Закарпатті та прилеглих районах ожеледдю, відлигами, таненням снігу, значними дощами, нерідко викликають зимові паводки (Національна доповідь..., 2012).

Іншим характерним для зими процесом є східний вплив, пов'язаний з посиленням антициклону на сході Східноєвропейської рівнини. Зрідка Закарпаття опиняється під впливом антициклонів полярного походження, що приносять холодні повітряні маси з Арктики. Вторгнення арктичних мас повітря зазвичай відбувається в тилловій частині циклонів, де формуються проміжні або заключні антициклони. З такими процесами пов'язані суворі зими, що за останнє двадцятиріччя є великою рідкістю.

Навесні відбувається посилення Азорського антициклону, коли його відроги і ядра виходять на Європу. Зменшується повторюваність західних циклонів, південні і південно-західні циклони виходять на Польщу чи Білорусь (Клімат України..., 2003). Влітку послаблюються адвективні процеси, і посилюється роль радіаційних і місцевих факторів. Значний розвиток отримує Азорський антициклон, який поступово поширюється на схід. З надходженням тропічних повітряних мас в ядрах Азорського антициклону встановлюється спекотна і суха погода. Восени Азорський антициклон слабшає, хоча на початку осені його вплив ще зберігається. Надалі він руйнується, а посилюється вплив Сибірського антициклону. Збільшується повторюваність західних і південних циклонів (Клімат України..., 2003).

Таким чином, погодні умови Закарпаття зумовлюються в основному чергуванням впливу відрогів Азорського і Сибірського антициклонів та переміщенням циклонів з Атлантики і Середземномор'я. Незважаючи на значну повторюваність антициклонів і пов'язану з нею континентальність, клімат Закарпаття м'якіший, ніж у центральних і східних районах України. Це є результатом приурочення Закарпатської області виключно до південно-західного макросхилу Українських Карпат, вододільні хребти яких захищають її від інтенсивного проникнення у зимові періоди холодних та сухих арктичних повітряних мас з півночі. Для клімату Закарпатської області характерною є значна різноманітність, але з теплим тривалим літом, м'якою, з частими відлигами зимою.

Іншим дуже важливим кліматотвірним фактором є підстильна поверхня – це поверхня землі (грунту, води, снігу, штучно створених покриттів і т. д.), яка взаємодіє з атмосферою в процесі тепло- та вологообміну та є також джерелом пилу і ядр конденсації для атмосфери. Характеристика нерівностей підстильної поверхні, які впливають на рух повітря в приземному шарі називається шорсткістю (International meteorological..., 1992).

Значний вплив на формування клімату Закарпатської області виявляють гори Карпати. Гірський масив Карпат послаблює і змінює напрямки руху повітряних мас, а також при цьому спричинює трансформацію основних кліматичних властивостей повітряних мас (Клімат Ужгорода..., 1991). Напрямок панівних вітрів залежить від особливостей орографії, орієнтації річкових долин та гірських хребтів. У зв'язку з цим в Закарпатті виражені гірсько-долинні вітри. Особливо помітні вони в теплий період року. Також для області властиві фєни, які значно менше виражені ніж гірсько-долинні вітри. Вони періодично дмуть з хребтів у долини коли повітря піднявшись на достатню висоту охолоджується, а охолодившись і ставши важчим за навколишні повітряні маси, опускається по схилах хребта в напрямку долин, при цьому набагато швидше прогриваючись. У результаті дме сухий теплий вітер (Українські Карпати..., 1988).

Також Карпати суттєво впливають на циклогенез, що відбивається на кліматі області. При наближенні циклону до гірського масиву в передній його частині внаслідок конвергенції потоку в передгірних районах атмосферний тиск збільшується. Далі, по мірі переміщення циклону, паралельно з ростом тиску на навітряній стороні хребта, починається його спад на підвітряній стороні. В результаті формуються два центри зниженого тиску – один на навітряному макросхилі, інший – на підвітряному. Потім центр на навітряному макросхилі заповнюється, а на підвітряному – поглиблюється і зміщується далі на схід. Такий процес еволюції циклонів отримав назву сегментації (Клімат України..., 2003).

Сегментації підлягає приблизно третина циклонів, які переміщуються через Карпати із заходу і південного заходу, в основному – це молоді циклони. Саме завдяки гальмуючого ефекту гір та процесу сегментації на території Закарпаття випадає значна кількість опадів у порівнянні з іншими областями України. Циклони, які приходять сюди із заходу та південного заходу так би мовити «розряджаються» над територією області залишаючи тут основну масу опадів, вологи і тепла, які вони несуть (Клімат України..., 2003). Тому, незважаючи на значну повторюваність антициклонів і пов'язану з ними континентальність, клімат Закарпаття значно м'якший, порівняно з іншими районами нашої держави.

Складна орографія Закарпатської області формує «мозаїчність» клімату або топоклімати (мезоклімати) – клімати, які формуються місцевими умовами такими як рельєф, рослинний покрив, водні умови тощо (International meteorological..., 1992). Загальні риси клімату області визначаються особливостями річного ходу основних метеорологічних елементів (температури, опадів, атмосферного тиску, вітру тощо) та їх розподілом по території.

Температурний режим формується під впливом радіаційного режиму, атмосферної циркуляції, характеру підстильної поверхні. В межах області спостерігається складний розподіл температур повітря, що в основному є результатом складних орографічних умов. В гірській частині області зміна температур повітря відбувається в умовах зростання абсолютних висот із середньорічним вертикальним температурним градієнтом 0,76-0,86 °C на 100 м висоти. Висотна поясність кліматичних умов суттєво різниться у різні періоди та пори року. Тому у зимовий період температурний градієнт становить 0,4-0,7 °C, тоді як в літній – він значно вищий та становить 1,0-1,1 °C (Клімат України..., 2003). У результаті інтенсивного стоку холодних повітряних мас в річкові долини та улоговини з гірських вершин і хребтів, температура останніх може бути більшою ніж на нижчих гіпсометричних рівнях. Такі температурні інверсії тривають впродовж декількох днів та притаманні для зимового періоду.

Один з основних показників термічного режиму – середня місячна температура повітря. Це середнє арифметичне значення температури повітря за місяць розраховане за середніми добовими значеннями (International meteorological..., 1992). Завдяки відомостям про режим середньої місячної температури повітря можна вирішувати багато практичних і теоретичних завдань. Річний хід середньої місячної температури практично співпадає з річним ходом сонячної радіації.

Середня температура січня коливається від -0,7°C (М Берегово) на низовині до -6,1 °C (Сл Плай) у горах. У березні середня температура додатна і в передгірно-низовинних районах становить +3,8...+5,9 °C, у горах – +0,6...+2,8 °C, а на високогір'ї вона від'ємна (-2,8°C). Впродовж квітня-травня спостерігається інтенсивне підвищення температури: на низовині вона становить +11,5...+16,6°C, а на високогір'ї +3,1...+8,1°C. Найвища середньомісячна температура в липні-серпні: на низовині +21,0...+21,9 °C, у горах +16,2...+18,6 °C, на високогір'ї +13,2...+13,4 °C (рис. 1.4.2.). З вересня спостерігається зниження температури повітря. Зимовий режим її в низовинних районах настає в другій декаді грудня, у горах – у третій декаді листопада (Кліматологічні стандартні норми..., 2021).

У передгірно-низовинних районах області відносно високі середні річні температури +9,1...+11,1°C, в горах +6,4...+8,3°C, на відкритих вершинах (1200-1400 м н.р.м.) близько +3,6 °C. Абсолютний максимум температури повітря в низовинно-передгірних районах становить +38,6 °C (М Берегово та АМСЦ Ужгород), в горах – +36,3°C (М Рахів), на високогір'ї – +26,9 °C (Сл Плай). Абсолютний мінімум температури повітря у низовинно-передгірних районах становить -32,5°C (М Берегово), в горах – -31,6 °C (М Нижні Ворота), на високогір'ї – -27,6 °C (Кліматологічні стандартні норми..., 2021).

У низовинних районах Закарпатської області впродовж 80 днів на рік середньодобова температура повітря становить $+15...+20^{\circ}\text{C}$. Більше 1–1,5 місяця щороку ця температура перевищує $+20...+25^{\circ}\text{C}$. У гірській частині області такі середньодобові температури влітку утримуються протягом 1–2 днів. У горах 83 дні в році спостерігаються середньодобові температури $+10...+15^{\circ}\text{C}$ (Кліматологічні стандартні норми..., 2021).

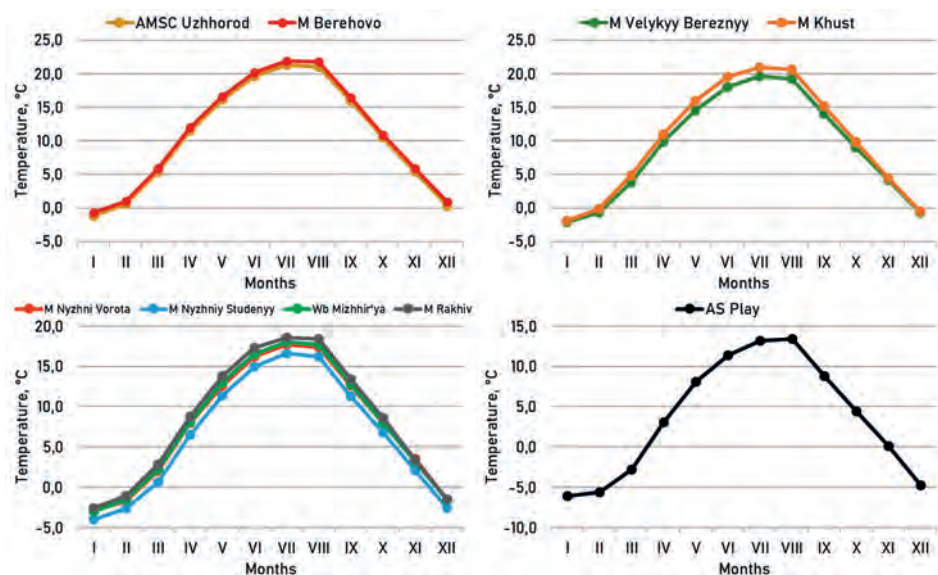


Рис. 1.4.2. Графіки ходу середніх місячних температур повітря за даними метеостанцій Закарпатської області протягом 1991-2020 рр. (укладено авторами за даними Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського)

Вегетаційний період (із середніми добовими температурами повітря $\geq +5^{\circ}\text{C}$) триває в низовинно-передгірних районах 229-241 днів, починається в середньому 17-25 березня і закінчується 9-14 листопада, у гірських долинах вегетаційний період триває 198-219 днів, з 29 березня-11 квітня і закінчується 26 жовтня-3 листопада. Сума додатних температур повітря вище $+5^{\circ}\text{C}$ за цей період змінюється від 3100°C в передгірних до 3640°C у низовинних районах, у гірських районах – від 2340 до 2880°C (Агрокліматичний довідник..., 2013).

Період активної вегетації сільськогосподарських культур (із середніми добовими температурами повітря $+10^{\circ}\text{C}$ і вище) триває в середньому в низовинно-передгірних районах 174-192 днів, починається 13-18 квітня і закінчується 9-13 листопада, у гірських районах –

140-170 днів, починається 24 квітня-8 травня і закінчується 25 вересня-11 жовтня. Сума додатних температур повітря вище $+10^{\circ}\text{C}$ за цей період змінюється від 2700°C у передгірних до 3240°C у низовинних районах, у гірських районах – від 1920°C до 2540°C (Агрокліматичний довідник..., 2013).

Другою найважливішою характеристикою клімату є кількість опадів. Середня річна кількість опадів на території Закарпатської області змінюється дуже нерівномірно – від 650 до 1500 мм. Таку значну різницю можна пояснити наявністю гір, які зумовлюють орографічне підняття повітряних мас з наступним хмароутворенням (Сакали та ін..., 1985). Опади по території розподіляються дуже нерівномірно. В низовинних районах їх середня річна кількість становить 650-750 мм, у передгірних – 850-1050 мм, а на високих гірських хребтах та в гірських долинах – до 1500 мм (Кліматологічні стандартні норми..., 2021).

Загалом по області за холодний період року (листопад-березень) випадає 250-600 мм, а за теплий (квітень-жовтень) – 400-900 мм опадів. Зимові місяці за кількістю опадів мало відрізняються один від одного, мінімум припадає в основному на лютий (45-100 мм) (рис. 1.4.3.).

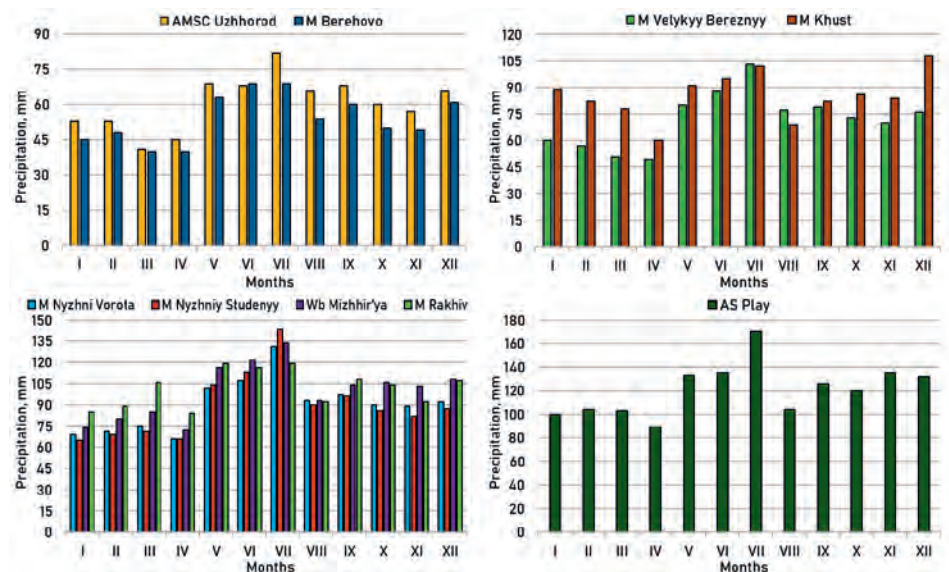


Рис. 1.4.3. Діаграми ходу середньої місячної кількості опадів за даними метеостанцій Закарпатської області протягом 1991-2020 рр.

(укладено авторами за даними Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського)

У низовинно-передгірних районах опадів у березні мало (40-75 мм). У квітні, в річному ході по всій території області, їх найменше – 40-60 мм в низовинно-передгірній частині, 65-85 мм в горах та 90 мм на високогір'ї (Сл Плай). У травні їх кількість стрімко збільшується і досягає максимальної величини в червні-липні (70-170 мм), але в окремі роки максимум припадає й на інші місяці. Так, в Ужгороді у червні 1960 року було зареєстровано 242 мм, а в жовтні 1974 року – 288 мм, що становить 355-480% від місячних норм опадів. У серпні кількість опадів досить різко зменшується до 55-100 мм і далі до кінця року трохи збільшується в діапазоні 50-140 мм (Кліматологічні стандартні норми..., 2021).

Великі коливання в кількості опадів бувають між роками, а також в окремі роки між місяцями. Середня кількість днів у рік з опадами $\geq 0,1$ мм в низовинно-передгірних районах становить 135-154, у горах – 170-191, а на високогір'ї – 194 дні. Починаючи з градації ≥ 5 мм опадів середня річна кількість днів дуже стрімко зменшується, і в низовинно-передгірних районах становить 42-63, в горах – 66-73, а на високогір'ї – 86 днів (Кліматологічні стандартні норми..., 2021).

Також важливим кліматичним показником є добова кількість опадів, яка дає уявлення про швидкість насичення землі вологою, повторюваність небезпечних чи стихійних метеорологічних явищ пов'язаних з опадами і т. д. В річному ході найменша середня добова кількість опадів спостерігається в січні – 3-6 мм, а найбільша – в липні-серпні під час інтенсивних зливових дощів – 7-11 мм (рис. 1.4.4). Наприклад на гідрологічному пості Луги, що в Рахівському районі, за 1 год 30 хв 26 червня 2016 року випало 89,7 мм дощу (77 % місячної норми опадів для Рахова), а на сніголавинній станції Плай 12 серпня 2014 року за 9 год випало 100,0 мм дощу (96 % місячної норми опадів). Абсолютний добовий максимум опадів на території Закарпатської області було зареєстровано з 10:00 по 06:00 год UTC 4-5 листопада 1998 року в Руській Мокрій (Тячівський район) – 157 мм дощу (Кліматологічні стандартні норми..., 2021).

Відносна вологість повітря поряд з температурою та опадами є однією з основних характеристик клімату. Вона характеризує стан насичення повітря вологою у відсотках при даній температурі, що є хорошим показником «сухості» клімату (International meteorological..., 1992). Особливості фізико-географічного положення території, рельєф, значний відсоток заліснення території та інші чинники забезпечують високу вологість повітря в Закарпатській області (рис. 1.4.5).

Максимальна відносна вологість (75-90%) спостерігається взимку, мінімальна (60-80%) – навесні. В річному ході відносна вологість повітря не має різко виражених максимумів чи мінімумів. В низо-

винній частині території області середня річна відносна вологість повітря становить близько 70%, в горах – близько 80%. Дні, коли вона знижується до 30% і нижче, називаються сухими. З такою вологістю повітря в середньому за рік буває 10-12 днів. Найбільше сухих днів (3-4) спостерігається у квітні, у травні їх буває 1-2 дні (Кліматологічні стандартні норми..., 2021).

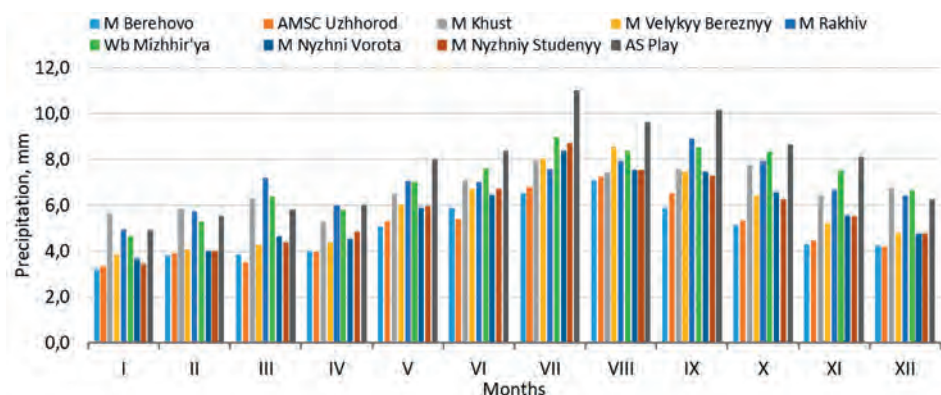


Рис. 1.4.4. Діаграма ходу середньої добової кількості опадів за даними метеостанцій Закарпатської області протягом 1991-2020 рр. (укладено авторами за даними Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського)

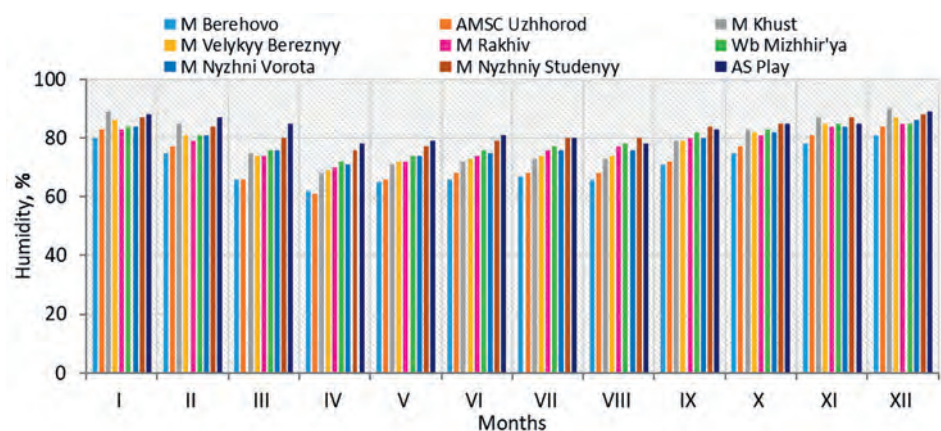


Рис. 1.4.5. Діаграма ходу середньої відносної вологості повітря за даними метеостанцій Закарпатської області протягом 1991-2020 рр. (укладено авторами за даними Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського)

Вітер є третьою, після температури повітря та опадів, основною характеристикою клімату. На метеорологічних станціях вітер визначається як горизонтальний рух повітря відносно земної поверхні та вимірюється в м/с. Напрямок вітру визначається за 16-румбовою кутковою системою від 0 до 360°. Напрямок вітру та його швидкість залежать від сезонного розподілу баричних систем і взаємодії між ними. У низовинних районах Закарпаття різко переважає південний та південно-східний вітер, в передгір'ї – північний та північно-західний вітер, в горах – північний та південний вітер, а на відкритих вершинах – південно-західний вітер (рис. 1.4.6.).

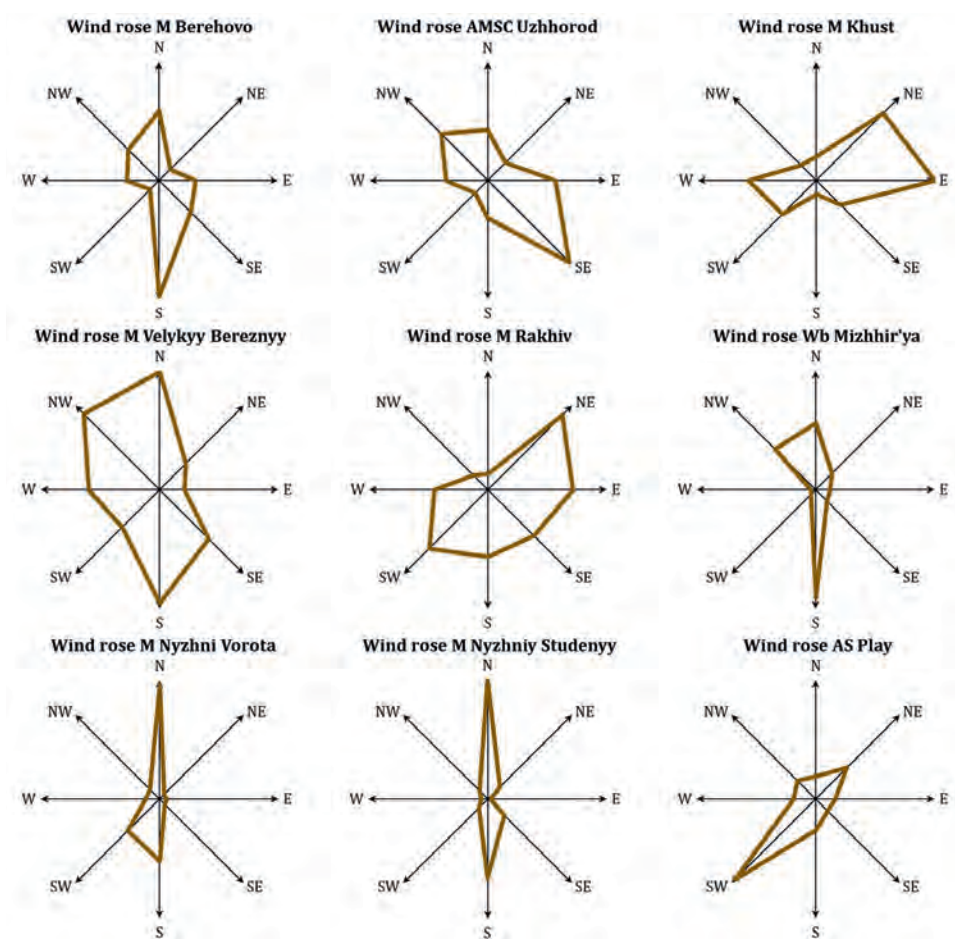


Рис. 1.4.6. Річні рози вітрів за даними метеостанцій Закарпатської області протягом 1991-2020 рр. (укладено авторами за даними Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського)

На режим вітру дуже сильно впливає підстильна поверхня, а саме рельєф території, що суттєво деформує горизонтальний рух повітря. Більшість метеорологічних станцій розташовані в глибоких, захищених гірських долинах і їх дані відтворюють лише місцевий вітровий режим, а не характеризують розподіл вітру по території області. Наприклад в межах смт Міжгір'я, с. Нижні Ворота та с. Нижній Студений переважаючий північний та південний напрям вітру співпадає з меридіональною орієнтацією долин річок Ріки, Студеної та Латориці в яких розташовані метеорологічні станції.

Середня річна швидкість вітру по території області становить 1,8 м/с. Загалом, максимальна швидкість вітру на високогір'ї області 44 м/с була зареєстрована 13 жовтня 1980 року на Сл Плай, а на низовині 30 м/с – 8 серпня 1978 року на АМСЦ Ужгород (Кліматологічні стандартні норми..., 2021). На високогір'ї (Сл Плай) вітер зі швидкістю 40 м/с найчастіше спостерігається з січня по березень. Вітри швидкістю ≥ 15 м/с є найбільш характерними для зимового та весняного періодів, які є проявом інтенсивного надходження із північного сходу холодних повітряних мас через гірську систему Українських Карпат (Клімат України..., 2003). Значно менша їх кількість у літній період, прояви яких в цей період пов'язані із потужними короткочасними денними шквалами. Вони часто супроводжуються сильними зливами, градом та іншими небезпечними метеорологічними явищами. Протягом року в низовинних районах найчастіше повторюється вітер зі швидкістю до 5 м/с (16-46%), в гірських долинах до 3 м/с (15-72%) (Кліматологічні стандартні норми..., 2021).

Для Закарпатської області характерна також гірсько-долинна циркуляція, яка відбувається під впливом випромінювання тепла й охолодження приземних шарів повітря. Гірсько-долинні вітри – періодичні. Вдень вони дмуть з долин у напрямку гір, а вночі навпаки. Особливо виражені такі вітри в долинах Ужа, Латориці, Боржави, Ріки, Терембі, Тересви. Зі значно меншою періодичністю в Закарпатті спостерігаються фени – часто сильні та поривчасті вітри, з високою температурою та зниженою відносною вологістю повітря, які інколи дмуть з гір в долини. Вони прискорюють танення снігу, а в теплу пору року висушують повітря (вологість нижче 30%), що негативно впливає на рослинність (Сакали та ін., 1985).

Сучасні тенденції та прояви змін клімату

У минулому клімат Землі постійно змінювався, тому є всі підстави вважати, що він буде змінюватись і у майбутньому. Наукові дослідження земної поверхні та аналіз даних довгострокових інструментальних спостережень підтверджують факт глобальних змін

клімату, які в різних регіонах мають своєї особливості та по різному впливають на цілісну географічну оболонку – ріст температури повітря та зміна довкілля загалом, збільшення рівня вод та температури Світового океану, танення льодовиків та ін. Кліматичні зміни, що відбуваються протягом останніх десятиліть, не перестають цікавити вчених, суспільні організації та Уряди країн всього світу. У зв'язку з цим, активніше розвиваються методи прогнозування глобальних змін клімату та їх можливих наслідків, серед яких на передній план виступають математичні методи моделювання атмосферних процесів (П'яте національне..., 2009).

Зміни клімату справляють багатоманітні впливи на різні аспекти існування людства та довкілля. Протягом останніх десятиліть в Європі спостерігалися кліматично зумовлені явища зміни у видовому складі, співвідношенні та ареалах проживання тварин, комах, птахів і рослин. Екстремальні температурні показники, зафіксовані в першій декаді 2000-х років, призвели до негативного впливу на здоров'я людей, збільшили кількість госпіталізацій і смертельних випадків. За оцінками вчених, кількість смертельних випадків внаслідок рекордних температур влітку 2003 р. тільки в Європі перевищила 70 000 осіб. Також, зміна клімату з високою певністю сприяла поширенню інфекційних хвороб серед тварин (Україна і політика..., 2016).

У 1987-1988 рр. Всесвітньою метеорологічною організацією (ВМО) разом з Програмою ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП) була заснована Міжурядова група експертів з питань зміни клімату (МГЕЗК), яка поклала початок систематизації знань у сфері зміни клімату. Керівними принципами роботи МГЕЗК згідно з керівними принципами організації є «оцінка, яка базується на повній, об'єктивній та відкритій основі наукової, технічної та соціально-економічної інформації, яка стосується до розуміння наукового підґрунтя ризиків антропогенної зміни клімату, потенційних негативних впливів від цієї зміни та можливостей для адаптації та запобігання зміні клімату» (Манукало та ін., 2018).

З метою збереження клімату планети і в інтересах забезпечення безпеки людини в грудні 2015 року було підписано Паризькі угоди, спрямовані на обмеження викидів парникових газів в атмосферу, щоб уникнути підвищення середньої глобальної температури повітря на 2°C в порівнянні з доіндустріальними рівнями (в даний час відбулося підвищення температури майже на 1°C, а концентрація вуглекислого газу в атмосфері досягла 404 млн⁻¹). Крім зростання температури повітря все частіше стали виникати екстремальні природні явища, що завдають значної шкоди економіці і здоров'ю населення.

Згідно з прогнозами МГЕЗК з високим ступенем вірогідності Європу очікує підвищення середніх температур і температурних максимумів, збільшення нерівномірності розподілу кількості опадів, зі збільшенням нерівномірності розподілу кількості опадів між Північною та Південною Європою. Аналіз режиму формування опадів у ХХ ст. у Північній півкулі виявив незначне їх зростання – 0,5-1,0% за десятиріччя – у більшості регіонів високих і середніх широт, а в другій половині століття дещо зросла ймовірність сильних опадів. Кількість щоденних випадків сильних опадів, що призвели до повеней, збільшилася (П'яте національне..., 2009; IPCC Climate..., 2014).

Територія Закарпатської області також зазнає впливу глобальних змін клімату на регіональному рівні. У відносно недалекому минулому варто відзначити катастрофічні наслідки повеней 1992, 1998, 2001, 2008 та 2010 років у західних областях України, які показали гостру необхідність вжиття заходів щодо зниження ризиків природних лих гідрометеорологічного походження. Потрібно також врахувати, що економічні збитки внаслідок надзвичайних ситуацій (НС) природного походження суттєво перевищують збитки від техногенних НС.

Аналізуючи зміни клімату на території Закарпатської області зупинимося на двох основних характеристиках клімату: температурі приземного шару повітря та атмосферних опадах. Саме зміни у перерозподілі тепла та опадів призводять до змін всіх інших складових кліматичної системи. Для об'єктивного виявлення кліматологічних змін температури повітря та опадів виконано порівняльний аналіз даних двох послідовних стандартних кліматологічних норм періодів 1961-1990 рр. та 1991-2020 рр., які затвердженні ВМО.

Взимку досить часто на захід України надходять відносно теплі та вологі повітряні маси з Північної Атлантики, які визначають переважання в Закарпатті відносно високих температур. Антициклони зі сходу, в регіон Карпат, поширюються відносно рідко (Балабух..., 2008). У зв'язку з цим, протягом 1991-2020 рр., взимку, в низовинній частині території Закарпаття тільки в січні ($-1,2^{\circ}\text{C}$ АМСЦ Ужгород) фіксувалися від'ємні показники середньої місячної температури повітря (рис. 1.4.7.). Натомість протягом минулого стандартного кліматологічного періоду (1961-1990 рр.) від'ємні середні місячні температури повітря спостерігалися всю зиму.

Річний хід середніх місячних температур повітря в Закарпатті протягом двох послідовних кліматологічних періодів відображений на рис. 1.4.7. Перш за все помітно, що за останнє тридцятиріччя, протягом абсолютно всіх місяців, фіксувалися вищі значення середніх місячних температур ніж протягом 1961-1990 рр. Максимальні відмінності спостерігаються в січні та червні-серпні ($0,2-2,4^{\circ}\text{C}$), а наймен-

ші протягом березня-травня (0,4-1,4 °С) та вересня-жовтня (0,2-1,0°С). Найбільші контрасти температурного режиму спостерігаються в січні. Наприклад на М Хуст в січні середня температура повітря підвищилась на 2,4°С, а на високогір'ї області (Сл Плай – на 0,2°С) (Кліматологічні стандартні норми..., 2021). Підвищення середніх місячних температур взимку призводить, в першу чергу, до зменшення висоти і нестабільності снігового покриву, а влітку – до дефіциту вологи та засух. Звичайно такі зміни безпосередньо впливають на характер ведення сільського господарства. Порівняльні результати аналізу середніх місячних температур беззаперечно підтверджують факт глобального потепління, яке спостерігається і в Закарпатській області.

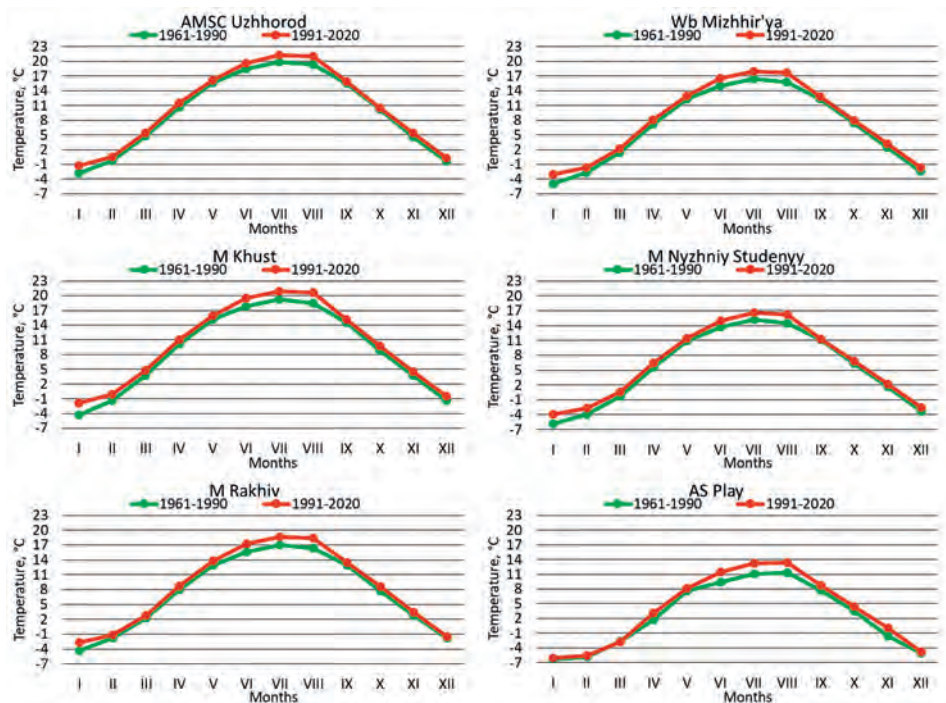


Рис. 1.4.7. Порівняння графіків ходу середніх місячних температур повітря за даними метеостанцій Закарпатської області протягом 1961-1990 рр. та 1991-2020 рр. (укладено авторами за даними Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського)

За весь період інструментальних метеорологічних спостережень на Закарпатті, найбільш низька середня місячна температура повітря була зафіксована на Сл Плай в лютому 1985 р. (-14,2 °С), а найбільш висока – на АМСЦ Ужгород в серпні 1992 р. (+24,5 °С). Дуже рідко

найбільш низька середня місячна температура повітря може фіксуватися не взимку, а в березні (Балабух..., 2013). Лютий приблизно на 2 °С тепліший за січень, хоча циркуляція атмосфери та радіаційні умови цих місяців подібні. В лютому відбувається більш динамічна зміна процесів у атмосфері. Відповідно швидше змінюються повітряні маси і зростає швидкість вітру. Це призводить до різких коливань термічного режиму повітря. Так протягом 1964, 1966, 1968, 1969, 1972, 1974, 1980, 1987, 1990, 1995, 2000, 2002, 2012, 2016, 2017 рр. середня місячна температура в січні, в низовинній частині території області, була нижчою ніж в лютому на ≥ 5 °С, а в 1965 та 2012 рр. була вищою на ≥ 3 °С (Кліматологічні стандартні норми..., 2021).

Також протягом останнього тридцятиріччя зменшилися температурні контрасти між липнем та серпнем. Наприклад на М Хуст протягом 1961-1990 рр. різниця середніх місячних температур між липнем-серпнем становила 0,7 °С, а протягом 1991-2020 рр. – 0,3 °С. Загалом за температурними показниками серпень наблизився до липня.

Розрахунки повторюваності змін середньої температури повітря між місяцями показали, що в низовинній частині області зі всіх років у 68 % випадків лютий був тепліший січня і тільки в 31 % випадків – холодніший. Починаючи з лютого середня місячна температура різко зростає. Протягом березня, зазвичай, середня температура вища ніж в лютому майже на 3-6 °С. В квітні збільшується надходження сонячної радіації, тому відбувається найбільш інтенсивний ріст температури повітря. Різниця, в бік зростання, між середньою температурою повітря квітня-березня становить 5,9-6,2 °С. Протягом травня зберігається активне підвищення середньої температури повітря. У травні середня температура повітря на 4,6-5,0 °С вища ніж у квітні. Травень – це місяць, який за метеорологічними показниками наближений до літа. Зростання температури повітря влітку відбувається відносно плавно і становить 1,2-3,2 °С (Кліматологічні стандартні норми..., 2021).

Ріст середніх місячних температур повітря та збільшення притоку сонячної радіації практично співпадають, але є деякі відмінності (Адаптація до зміни..., 2015). Найвищі температурні значення частіше всього (56 % випадків) фіксуються в липні, рідше (35 % випадків) – в серпні, і вкрай рідко (9 % випадків) – в червні (Кліматологічні стандартні норми..., 2021).

В серпні тривалість світлового дня і висота сонця над горизонтом зменшуються, тому починається плавний спад середньої температури (на 0,2-0,4°С). Проте, у 27 % випадків серпень буває теплішим за липень. Наприклад в 1962, 1971, 1974, 1979, 1984, 1986, 1992, 1993, 1996,

1997, 2000, 2011, 2015, 2017, 2018, 2019, 2020 рр. середня серпнева температура повітря була на 1-2°C вища, ніж липнева. У вересні починається суттєве зниження температури повітря. Протягом серпня-вересня вона спадає на 4,7-5,4°C, вересня-жовтня – на 4,4-5,6°C, жовтня-листопада – на 4,3-5,3°C та листопада-грудня – на 4,7-5,1°C (Кліматологічні стандартні норми..., 2021).

Протягом сучасного кліматологічного періоду, додатні значення середніх місячних температур повітря, в низовинній частині області, спостерігаються з лютого по грудень (11 місяців), а протягом минулого періоду (1961-1990 рр.) – всього 9 місяців (з березня по листопад). В гірській частині додатні значення середніх місячних температур зберігаються з березня по листопад, а у високогірній – з квітня по листопад. На низовині та в передгір'ї, з травня по вересень (5 місяців), середні температури перевищують +15°C (Кліматологічні стандартні норми..., 2021). Протягом окремих років значення середніх місячних температур повітря можуть суттєво відхилятися від їх багаторічних показників і варіювати в широкому діапазоні. В аномально холодні зимові місяці відхилення можуть становити 7-8 С, а в аномально теплі – 5-7 °С (Балабух, Лук'янець..., 2015).

Показником мінливості температури повітря у багаторічному ході є її середня річна величина. Середня річна температура повітря – це середнє арифметичне значення температури повітря за рік, яке розраховується за 12 середніми місячними величинами (Руководящие указания..., 2017).

Для відображення динаміки багаторічного ходу середніх річних температур повітря, було обрано дані АМСЦ Ужгород, яка розташована в обласному центрі Закарпатської області – м. Ужгороді. В результаті за кожен рік двох послідовних 30-річних періодів спостережень (1961-1990 рр. та 1991-2020 рр.) було розраховано середні річні значення температур (рис. 2.8). Проаналізувавши його можна сказати, що протягом сучасного кліматологічного періоду спостерігається різка тенденція стосовно зростання значень середніх річних температур, що демонструється зростаючим лінійним трендом. За попередній кліматологічний період такі зміни зафіксовані не були оскільки лінійний тренд майже нейтральний (Озимко..., 2020).

З рис. 1.4.8. можна зробити висновок про те, що в Закарпатській області, як і на планеті загалом, спостерігається стабільне потепління клімату. Особливо яскраво воно проявилось з кінця 90-х рр. ХХ ст. Такі кліматичні зміни призводять до зміщення меж пір року, зміни розмаїття флори та фауни екосистем, тощо. Також зміни термічного режиму повітря негативно впливають на людський організм, що призводить до посилення різних хронічних хвороб та метеочутливості.

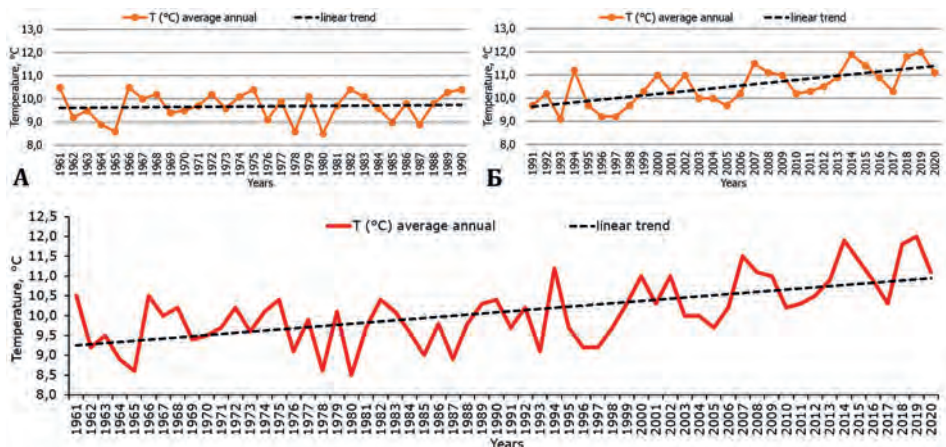


Рис. 1.4.8. Графіки ходу середніх річних температур повітря на АМСЦ Ужгород протягом 1961-1990 рр. (А) та 1991-2020 рр. (Б) (Озимко..., 2020)

Річний хід середніх місячних сум опадів в Закарпатті протягом двох послідовних кліматологічних періодів відображений на рис. 1.4.9. Перш за все помітно, що протягом 1991-2020 рр. влітку по всій території області, зменшилась кількість опадів. Найбільші зміни відбулися у червні, коли опадів стало випадати на 20-50 мм менше ніж за попередній кліматологічний період (1961-1990 рр.). В річному ході опадів максимум змістився з червня на липень. У вересні-жовтні навпаки, кількість опадів збільшилася на 10-30 мм. Найменші зміни в річному ході кількості опадів відбулися взимку. В грудні-січні, в основному, середня місячна кількість опадів зменшилася на 2-20 мм, а в лютому зросла на 5-15 мм. Проте саме взимку за останнє тридцятиріччя зросла частка дощів, що нехарактерно для Закарпатської області у минулому. Навесні, в загальному, кількість опадів зменшилася на 9-15 мм. Найрізкіші зміни відбулися у високогірній зоні області (Сл Плай), де в січні, квітні, червні та серпні середня місячна кількість опадів зменшилася на 25-50 мм (Кліматологічні стандартні норми..., 2021).

Кліматологічні зміни режиму опадів по території області значно складніші ніж температур повітря та характеризуються значною просторово-часовою дискретністю. В різні сезони та місяці спостерігаються як додатні так і від'ємні відхилення в кількості опадів. Збільшення частки рідких опадів взимку призводить до порушення залягання стійкого снігового покриву та частішання зимових паводків на річках Закарпаття. Такі кліматологічні зміни режиму та фазового стану опадів свідчать про зміщення пір року та зміну типу клімату, що призводить до трансформації рослинного покриву, зміни ведення сільського господарства тощо.

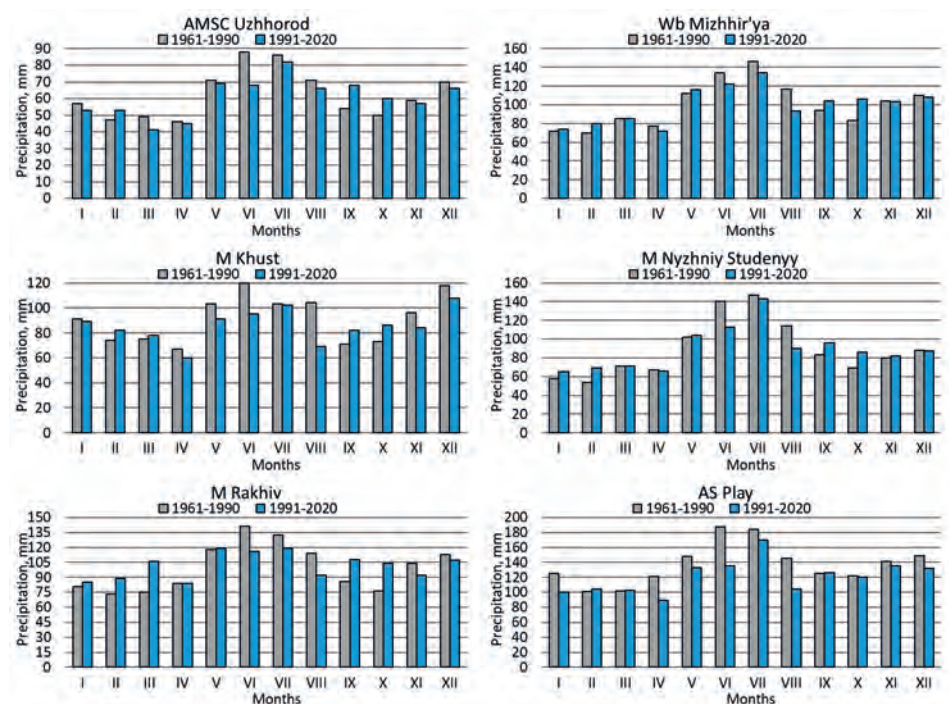


Рис. 1.4.9. Порівняння діаграм ходу середніх місячних сум опадів за даними метеостанцій Закарпатської області протягом 1961-1990 рр. та 1991-2020 рр. (укладено авторами за даними Центральної геофізичної обсерваторії ім. Б. Срезневського)

Список використаних джерел:

1. Агрокліматичний довідник по Закарпатській області (1986-2005 рр.) / за ред. М. М. Данилюка, Т. І. Адаменко. Ужгород, 2013. 195 с.
2. Адаптація до зміни клімату: навч. підр. / Карпатський Інститут Розвитку. Агентство сприяння сталому розвитку Карпатського регіону «ФОРЗА». Ужгород, 2015. 84 с.
3. Балабух В. О. Особливості синоптичних процесів, що зумовлюють небезпечні і стихійні опади у теплий період на території України: автореф. дис. ... канд. геогр. наук: 11.00.09. Київ, 2008. 24 с.
4. Балабух В. О. Регіональні прояви глобальної зміни клімату в Закарпатській області. Український гідрометеорологічний журнал. 2013. №13. С. 55-62.
5. Балабух В. О., Лук'янець О. І. Зміна клімату та його наслідки у Рахівському районі Закарпатської області. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2015. Т. 2 (37). С. 132-148.
6. Доповідь про стан навколишнього природного середовища Закарпатської області за 2019 рік. URL: https://ecozakarp.at.gov.ua/?page_id=308.

7. Клімат Ужгорода / под ред. Бабиченко В. Н. Л.: Гидрометеоиздат, 1991. 192 с.
8. Клімат України: монографія / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабиченко. Київ: Видавництво Раєвського, 2003. 343 с.
9. Кліматологічні стандартні норми (1961-1990 рр.). УкрНДГМІ та ЦГО. Київ: УкрГМЦ, 2002. 446 с.
10. Кліматологічні стандартні норми (1991-2020 рр.). ЦГО та УкрГМЦ. Київ, 2021. URL: <http://cgo-sreznevskiy.kyiv.ua/uk/klimatolohiia/posluhu>.
11. Манукало В. О., Ковальська Л. Г., Голєня Н. К. Міжнародний каталог даних про стихійні лиха гідрометеорологічного походження. Стандартизація, сертифікація, якість. 2018. №5 (112). С. 73-80.
12. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2012 р. URL: <https://www.dsns.gov.ua/files/prognoz/report/2012/Stn2012.pdf>.
13. Озимко Р. Р. Сильні та надзвичайні опади у Закарпатській області: дис. ... доктора філософії (PhD) за спец. 103 Науки про Землю. Одеса, 2020. 207 с.
14. П'яте національне повідомлення України з питань зміни клімату. 2009. URL: <http://libr-lcoir.narod.ru/olderfiles/1/1013.pdf>.
15. Степаненко С. М., Польовий А. М., Лобода Н. С. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України: монографія. Одеса: ТЕС, 2015. 520 с.
16. Україна і політика протидії зміні клімату: економічний аспект: аналітична доповідь / за ред. В. Р. Сіденка та О. О. Веклич. Київ: Заповіт, 2016. 208 с.
17. Українські Карпати. Природа / Голубець М. А., Гаврусевич А. Н., Загайкевич І. К. та ін. К.: Наукова думка, 1988. 208 с.
18. International meteorological vocabulary: second edition. Geneva: Secretariat of the World Meteorological Organization, 1992. 784 p.
19. IPCC Climate Change 2014: Fifth Assessment Report. 2014. URL: <http://ipcc.ch/report/ar5/>
20. Peel MC, Finlayson BL & McMahon TA (2007), Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification, Hydrol. Earth Syst. Sci., 11, 1633-1644. URL: <https://people.eng.unimelb.edu.au/mpeel/koppen.html>.

1.5. ҐРУНТИ ТА РОСЛИННИЙ ПОКРИВ (Сабадон В.)

Ґрунти

Ґрунт – це особливе природне утворення, що формується в результаті перетворення поверхневих шарів літосфери під впливом води, повітря, кліматичних факторів та живих організмів (зокрема й під впливом господарської діяльності людини). Ґрунтовий покрив території Закарпатської області сформувався в різних умовах рельєфу, клімату, зволоження, а також рослинного покриву та господарської діяльності людини. Процеси ґрунтоутворення мають значні відмінності в гірській і рівнинній частинах області.

У гірській частині області переважає ґрунтоутворення за буроземним типом. Основний фактор тут – гірський рельєф, який визначає просторову мозаїку рослинного покриву і погодних показників. Тут переважають ґрунти бурі гірсько-лісові, дерново-буроземні та гірсько-лучно-буроземні.

Найбільш поширені в гірській частині Закарпаття бурі гірсько-лісові ґрунти (буроземи), вони вкривають схили гір у межах лісового поясу від підніж до висот 1100-1200 м н.р.м. у західній та 1500-1550 м н.р.м. у східній частині області. На характер буроземів майже не впливає породний склад лісів – властивості ґрунту під буковими, смерековими та мішаними деревостанами мало відрізняються. Бурі гірсько-лісові ґрунти можуть мати високий вміст гумусу, але цей показник коливається у досить широкому діапазоні – під корінними лісами він досягає 10-15%, під вторинними луками складає до 5-7%, а на орних землях зменшується до 3-5%. Буроземи мають високу кислотність.

У субальпійському й альпійському висотних поясах під гірськими луками і високогірним рідколіссям сформувались гірсько-лучно-буроземні ґрунти полонин. Ґрунтоутворення відбувається тут в умовах низьких температур високогір'я дуже повільно через ослабленість процесів вивітрювання гірських порід і мінералізації органічних решток. Вміст гумусу – 7-10%.

У нижній частині лісового поясу Карпат на більш пологих гірських схилах, середніх і високих терасах гірських річок під дубовими та буковими лісами відбувалося формування дерново-буроземних ґрунтів. Поєднання дернового процесу ґрунтоутворення з буроземним зумовлене наявністю тут рясного травостою в широколистяних лісах, ділянок відкритих лук та чагарників. Завдяки аеробному розкладу решток лучної рослинності відбувалось формування виразного дернового горизонту. Вміст гумусу досягає 2,8-5,1%.

На пологих схилах горбів, у передгір'ї, на високих терасах рік поширені й буроземно-підзолисті ґрунти. У їхньому формуванні поєднувалися буроземний процес ґрунтоутворення під лісовою рослинністю та псевдопідзолистий, викликаний надмірним зволоженням і поверхневим оглеєнням. Ці ґрунти мають вміст гумусу 1-3%, значну кислотність, незадовільний водоповітряний режим.

В гірській частині області найкращими за родючістю є лучно-буроземні ґрунти, які поширені на алювії заплав, нижніх терас гірських рік у передгірному поясі на висотах понад 250-300 м н.р.м. Вони мають вміст гумусу 1,7-3,5%, нормальну кислотність, добре насичені поживними речовинами.

На рівнинній частині Закарпаття ґрунтоутворення відбувається в інших умовах – за теплого та достатньо вологого клімату, на давніх

та сучасних відкладах переважно важкого механічного складу: алювіальних (бсади, нанесені постійними водними потоками), меншою мірою делювіальних (наноси зруйнованих гірських порід, утворені біля підніжжя схилів у результаті змивання з вище розміщених ділянок дощовими потоками і талими сніговими водами). Рівнинність рельєфу та неглибоке залягання ґрунтових вод спричиняють значне оглеєння ґрунтів (оглеєння свідчить про перезволоженість або й заболочування ґрунту). Формування під лісовою рослинністю обумовлює опідзолення ґрунтів. Дерновий процес ґрунтоутворення в доагрикультурний час відбувався під впливом трав'янистої рослинності лісостепу, а протягом кількох останніх тисячоліть – і під впливом культурної та лучної рослинності. У результаті, на низовині переважають різновиди дерново-підзолистих ґрунтів з різним ступенем опідзолення і оглеєння. У цілому вони малогумусні (1,8-2,8%), безструктурні, кислі, в нижній частині більш чи менш оглеєні. Вони часто погано забезпечені доступними для рослин поживними речовинами, мають незадовільний водно-повітряний режим. Найкращими за своїми фізичними властивостями в області є *дернові* ґрунти, які утворились у заплавах Тиси і Латориці на піщаних і супіщаних добре дренованих річкових відкладах. Ці ґрунти мають близьку до нормальної кислотність, грудкувато-зернисту структуру, добру водопроникність, легко піддаються обробітку.

У зниженнях заплав рік, на території колишнього Чорного мочару (найбільшого болота Закарпатської низовини, що займало площу понад 10 тис. га; інтенсивне його осушення розпочате у 1878 р. і завершене у середині 20 ст.), в інших замкнутих пониженнях низовини поширені лучні й болотні ґрунти на алювії. Вони утворились під впливом значного поверхневого зволоження і неглибокого залягання підземних вод під трав'янистою лучною та болотною рослинністю. Лучні ґрунти мають грудкувато-зернисту структуру, вміст гумусу – 4,1-7,6%; вони добре забезпечені поживними речовинами. Після осушення використовуються як кормові угіддя; рідше – як орні землі. Лучно-болотні ґрунти залягають у пониженнях з ґрунтовими водами на глибині 40-50 см. Органічної речовини в гумусовому горизонті – 9-13%, її вміст швидко зменшується з глибиною. Ґрунти сильно кислі. Власне болотні ґрунти поширені на низовині мало.

Природне районування території за рослинним покривом

Виділення природних районів у межах певної території може проводитись за різними критеріями. Геолого-геоморфологічний підхід, наприклад, оперує ознаками характеру ландшафтів, морфоструктурних та морфоскульптурних відмінностей. Районування може відображати специфіку погодно-кліматичних умов, ґрунтового покри-

ву різних ділянок тощо. Розглянемо детальніше районування Закарпатської області, яке відображає неоднорідності рослинного покриву її території.

Хоч площа Закарпаття складає лише близько 2% території України, але тут зростає більше 2 тисяч видів судинних рослин (Фодор, 1974) – близько половини складу флори України. Багатство флори Закарпатської низовини оцінюється приблизно у 1200 видів (Пригара, 1996). До Червоної книги України (2009) внесено 214 видів судинних рослин флори Закарпаття.

Поширеною нині є наступна ієрархічна система фітохоріонів (одиниць районування за рослинним покривом):

область → провінція → підпровінція → сектор → округ → підокруг → район.

Карпати в такій системі утворюють Карпатську підпровінцію Центральноєвропейської провінції Циркумбореальної області, а Закарпатська низовина входить до Панонської підпровінції Панонської провінції тієї ж Циркумбореальної області.

На території Закарпатської області яскраво виражена вертикальна зональність рослинного покриву. Часто використовується виділення п'яти висотних поясів рослинності в межах області (Фодор, 1974):

1) **Закарпатська низовина** з рослинністю лісостепового характеру – дубово-грабовими, дубово-в'язово-грабовими і дубово-каштаново-липовими лісами;

2) **передгірний пояс** з переважанням дубових (з дубів звичайного та скельного) та дубово-букових лісів;

3) **нижній лісовий пояс** з широколистяними (дубовими, буковими, яворовими) та буково-ялиновими (смерековими) лісами;

4) **верхній лісовий пояс**, представлений темнохвойними ялиновими лісами;

5) **пояс високогірної рослинності** з двома зонами – субальпійською, де відбувається перехід лісів у високогірні луки, та альпійською, представленою окремими фрагментами мохового, лишайникового й чагарничкового рослинного покриву на найвищих вершинах.

Схематично зміни рослинного покриву Закарпаття на градієнті висот можна представити наступним чином (Природа Українських Карпат, 1968; Фодор, 1974; Природа Закарпатської області, 1981; Украинские ..., 1988).

На Закарпатській низовині нині лісові ділянки складають менше 10% її площі. Лісостеповий характер цієї території вважають результатом антропогенного впливу, тому луки тут переважно вторинні, сформовані на місці вирубаних лісів. Первинними природними луками ймовірно є лише деякі заплавні луки низовини. Перева-

жають тут справжні мезофітні луки з домінуванням у складі мітлиці тонкої (*Agrostis tenuis*), лисохвоста лучного (*Alopecurus pratensis*), костриці лучної (*Festuca pratensis*), мітлиці собачої (*Agrostis canina*). На болотистих луках виражене переважання осок лисячої (*Carex vulpina*) та стрункої (*C. gracilis*), лепешняка водяного, або великого, (*Glyceria maxima* (= *G. aquatica*)). Лісові угруповання низовини представлені дібровами з дуба звичайного (*Quercus robur*) у формі грабово-дубових, ясенево-дубових, вільхово-дубових лісів; фрагментарно представлені вербові лісові ділянки з верб ламкої (*Salix fragilis*) та білої (*S. alba*).

Для Вулканічного хребта характерні букові діброви з більш теплолюбним дубом скельним (*Quercus petraea*) як основною породою. На висотах 400-500 м н.р.м. бук (*Fagus sylvatica*) стає потужним конкурентом дуба скельного і на глибоких вологих ґрунтах витісняє його з деревостанів. Лише на скелястих освітлених крутосхилах дуб піднімається до висот 900-1000 м н.р.м.

Бук, на відміну від дуба, формує переважно монодомінантні угруповання. У таких екологічних умовах, де життєвість бука нижча, формуються мішані букові деревостани (бучини) – дубово-букові, грабово-дубово-букові, грабово-букові, грабово-ялицево-букові, яворово-букові. Зі зростанням висоти над рівнем моря та зниженням температур бук формує змішані з хвойними породами деревостани – ялицеві бучини, смереково-ялицеві та ялицево-смерекові бучини. Там, де букові деревостани утворюють верхню межу лісового поясу, формується своєрідне букове криволісся з невисоких (3-5 м), часто з викривленими стовбурами, дерев.

Ліси з домінуванням у складі ялиці білої (*Abies alba*) – яличники – у минулому були поширені на більших площах, ніж нині. Після суцільних рубок вони часто заміщувалися лісами з ялини європейської, або смереки, (*Picea abies*) – для позначення таких деревостанів використовують терміни: ялинник, смеречина, або рамень. Пояс ялинових лісів знаходиться у холодній кліматичній зоні і виражений у Горгонах, Чорногорі, Мармароському масиві у межах висот 700-1600 м н.р.м. Подібно до бука, ялина утворює теж переважно монодомінантні деревостани (суттєві домішки інших деревних порід відзначаються в менш сприятливих для ялини умовах зростання). Буково-ялинові та ялицево-буково-ялинові ліси формуються над поясом букових лісів, а буково-ялицево-ялинові – над ділянками ялицевих лісів.

Дослідники вважають, що лучні угруповання на схилах у гірському лісовому поясі (нижче 1500 м н.р.м.) мають вторинне походження, виникли на місці зрубаних листяних, хвойних чи мішаних лісів. Найбільш поширені тут мезофітні луки з переважанням ко-

стриць червоної та лучної (*Festuca rubra*, *F. pratensis*), мітлиці тонкої (*Agrostis tenuis*), трясучки середньої (*Briza media*), конюшини лучної (*Trifolium pratense*). Більш різноманітний склад лук річкових терас, де домінантними видами стають ще й райграс високий (*Arrhenatherum elatius*), лисохвіст лучний (*Alopecurus pratensis*), грястиця збірна, або звичайна, (*Dactylis glomerata*). У смузі ялинових лісів поширені луки з переважанням щучника дернистого (*Deschampsia cespitosa*), а на бідніших ґрунтах – з переважанням біловуса стиснутого, або мички, (*Nardus stricta*). Первісними вважаються переважно сирі й мокрі осокові, ситникові та комишові луки, що великих площ не займають.

Над суцільною межею букових і ялинових лісів (у західній частині області від висоти 1280, а в східній – від 1500 до 1850 м н.р.м.) у природно безлісому високогір'ї сформована субальпійська смуга з криволіссям гірської сосни (*Pinus mugo*), зеленої вільхи, або душекії, (*Duschekia viridis*), ялівцю сибірського (*Juniperus sibirica*). Для високогір'я характерне поширення на значних площах пустищних лук з домінуванням у складі біловусу, мітлиці тонкої, костриць червоної та мальованої (*Festuca rubra*, *F. picta*). У місцях надмірного угноєння на стоянках худоби часто формуються щільні зарості щавлю альпійського (*Rumex alpinum*). На ділянках альпійського поясу поширені чагарничкові пустища з лохиною (*Vaccinium uliginosum*), рододендрон східнокарпатським, або червоною рутою, (*Rhododendron kotschyi* (= *Rh. myrtifolium*)), чорницею (*Vaccinium myrtillus*) і суцільним мохово-лишайниковим ярусом. Наявні трав'янисті пустища з ситником трироздільним (*Juncus trifidus*).

Важливим компонентом рослинного покриву високогір'я Українських Карпат є болотні угруповання (хоч вони і не займають великих площ). Формування високогірних боліт пов'язане з ділянками активних льодовикових процесів, терасами, улоговинами, виходами підземних вод на поверхню (джерела). Бідним мінеральними речовинами оліготрофним верховим болотам (осоково-сфагновим та осоково-гіпновим) властиві зокрема такі характерні види: осоки сірувата (*Carex canescens*), чорна (*C. nigra*), волотиста (*C. paniculata*), пухирчаста (*C. vesicaria*), жеруха Опіца (*Cardamine opiciei*), товстянка звичайна (*Pinguicula vulgaris*).

1.6. ТЕРИТОРІАЛЬНІ ФАУНІСТИЧНІ КОМПЛЕКСИ (Сабадош В.)

Багатство і різноманіття тваринного світу Закарпаття визначається мозаїкою екоотопів його території. Орієнтовна кількість видів групи круглоротих та риб в області – 48, земноводних – 16, плазунів –

10 (Природа Закарпатської області, 1981). На Закарпатті відмічено 233 види птахів (Потіш, 2009), серед яких осілих – лише 46, а гніздових (у тому числі одночасно пролітних та зимуючих) – 191. Для Закарпатської області вказують наявність 81 виду ссавців, це – 65% теріофауни України (Башта, Потіш, 2007). Найчисельнішою (26 видів) є група гризунів. Рукокрилих – 23 види; вони формують іноді кількатисячні скупчення особин. З комахоїдних (всього 9 видів) поширені кроти, бурозубки, білозубки, кутори, їжаки. Хижих ссавців – 17 видів, ратичних – 5. Єдиний представник зайцеподібних – заєць сірий, або заєць-русак, (*Lepus europaeus*).

У Закарпатській області виділяють зооценози п'яти типів: 1) оброблюваних земель, пасовищ та сіножатей – агроценозів у широкому розумінні; 2) водойм і заплавних вологих лук; 3) рівнинних дубових гаїв; 4) гірських букових і змішаних лісів; 5) високогір'я – криволісся та полонин (Природа Закарпатської області, 1981).

Зооценоз оброблюваних земель, пасовищ та сіножатей

Земноводні за своїм видовим складом не численні. Висока щільність ропухи зеленої (*Bufo viridis*), менша чисельність ропухи звичайної, або сірої, (*B. bufo*). На орних землях виявлена часничниця звичайна (*Pelobates fuscus*); на пасовищах та сіножатях – квакша (*Hyla arborea*), жаби трав'яна (*Rana temporaria*) та гостроморда (*R. arvalis*). Плазуни тут дуже рідкісні та нечисленні. На Чорній горі біля м. Виноградова трапляється ящірка зелена (*Lacerta viridis*). На вигонах і пасовищах можна побачити ящірку прудку (*Lacerta agilis agilis*). Авіфауна зооценозу досить різноманітна в усі пори року, але види-домінанти змінюються за сезонами. У гніздовий період домінує жайворонок польовий (*Alauda arvensis*). На ділянках з досягаючими зерновими можуть збиратися тисячні зграї таких видів, як шпак звичайний (*Sturnus vulgaris*), горобці польовий (*Passer montanus*) і хатній (*P. domesticus*), грак (*Corvus monedula*). У зимовий період домінують грак, польовий горобець, щиглик (*Carduelis carduelis*). Протягом року в цьому зооценозі зареєстровано близько 150 видів птахів.

Ссавці зооценозу орних земель, пасовищ і сіножатей зберігають майже сталий видовий склад протягом усього року, але деякі з них (їжаки, колоніальні види рукокрилих, ховрахи, хом'яки, мишівки) активні лише протягом вегетаційного періоду, а при зниженні температури повітря впадають у сплячку. На оброблюваних площах зареєстровані такі види звірів: кріт звичайний (*Talpa europaea*), їжак білочеревий (*Erinaceus concolor*), білозубки мала (*Crocidura suaveolens*) та білочерева (*C. leucodon*), підковоноси малий (*Rhinolophus hipposidero*) та великий (*Rh. ferrumequinum*), нічниця велика (*Myotis myotis*) і гост-

ровуха (*M. blythii*), кажан пізній (*Eptesicus serotinus*), куниця кам'яна (*Martes foina*), лисиця (*Vulpes vulpes*), горностаї (*Mustela erminea*), ласка (*Mustela nivalis*) та тхір темний, або звичайний, (*Mustela putorius*), заєць-русак, ховрах європейський (*Spermophilus citellus*), пацюк (*Rattus norvegicus*), миші хатня (*Mus musculus*), польова (*Apodemus agrarius*), лісова (*Apodemus sylvaticus*), жовтогорла (*Apodemus flavicollis*) і малесенька (*Micromys minutus*), хом'як звичайний (*Cricetus cricetus*), полівка звичайна (*Microtus arvalis*), козуля (*Capreolus capreolus*).

Зооценоз водойм і заплавних вологих лук

До найцінніших представників закарпатської іхтіофауни належать форель струмкова (*Salmo trutta morfa fario*), лосось дунайський (головатиця) (*Hucho hucho*), харіус (*Thymallus thymallus*), стерлядь (*Acipenser ruthenus*). Менш цінними вважаються судак (*Sander lucioperca*), в'яз (*Leuciscus idus*), білізна (*Aspius aspius*), сом (*Silurus glanis*), щука (*Esox lucius*), лящ (*Abramis brama*), карась (*Carassius carassius*), короп звичайний (сазан) (*Cyprinus carpio*), а малоцінними – підуст (*Chondrostoma nasus*), марена (*Barbus barbus*), головень (*Squalius cephalus*), плітка (*Rutilus rutilus*), окунь (*Perca fluviatilis*).

Найбільш численними видами земноводних в області є тритон карпатський (*Lissotriton montandoni*) (гірські водойми), кумка жовточерева (*Bombina variegata*) (передгір'я), жаби озерна (*Pelophylax ridibundus*) та ставкова (*P. lessonae*) (рівнинні водойми).

Зооценози водойм і заплавних вологих лук Закарпатської області включають наступні види плазунів: ящірка живородна (*Zootoca vivipara*), веретінниця, або веретільниця, (*Anguis fragilis*), вужі звичайний (*Natrix natrix natrix*) і водяний (*N. tessellata*), гадюка звичайна (*Vipera berus berus*), болотна черепаха європейська (*Emys orbicularis*).

Вздовж річок по узбережжях гніздяться понад 30 видів птахів (кулики, мартини, лелекоподібні, гусеподібні, пастушки, горобині), а у прибережних деревних та чагарникових насадженнях – ще понад 50 видів (лелекоподібні, хижі, сови, ракші (або сиворакші), голубині, дятлові, горобині). Русла річок мають важливе екологічне значення для птахів у різні періоди року. Найбагатшою є фауна птахів на штучних водоймах, старицях, зарослих водоймах. Тут зареєстровано гніздування багатьох видів (лиска (*Fulica atra*), курочка водяна (*Gallinula chloropus*), пастушок (*Rallus aquaticus*), погонич малий (*Porzana parva*), крижень (*Anas platyrhynchos*), чирянка мала (чирок-тріскунок) (*Anas crecca*), мартин звичайний, або озерний, (*Larus ridibundus*) та ін.).

Зооценози водойм і заплавних вологих лук включають небагато видів ссавців. До типових тут належать кутори водяна (*Neomys*

fodiens) та мала (*N. anomalus*), норка європейська (*Mustela lutreola*), видра річкова (*Lutra lutra*), щур водяний, або водяна полівка, (*Arvicola terrestris*), ондатра (*Ondatra zibethicus*). З вологими луками екологічно пов'язані польова та малесенька миші, полівка звичайна, заєць-русак, горностаї, ласка, бурозубки, частково пацюк, лисиця та свиня дика (*Sus scrofa*). Протягом усього року на водоймах домінує водяна полівка, а на вологих луках – бурозубка звичайна (*Sorex araneus*) та польова миша.

Зооценоз рівнинних дубових гаїв

У дібровах з добре розвиненим підліском і трав'яним ярусом у гніздовий період фоновими видами є зяблик (*Fringilla coelebs*) і горобець польовий. Влітку домінують синиці блакитна (лазорівка) (*Parus caeruleus*) та велика (*P. major*), а взимку переважають лазорівка та повзик (*Sitta europaea*).

До ссавців, що заселяють діброви, належать вовчок сірий (*Glis glis*), соня лісова (вовчок лісовий) (*Dryomys nitedula*), білка (*Sciurus vulgaris*), норик підземний, або підземна полівка, (*Microtus subterraneus*), польова, лісова та жовтогорла миші, вечірниця мала (*Nyctalus leisleri*). До масових видів комахоїдних належать бурозубки мала (*Sorex minutus*) та звичайна (*S. araneus*). Висока чисельність у дібровах їжаків, кротів. Тут є всі види хижаків і парнокопитних, які особливо концентруються в дібровах у роки хорошого врожаю жолудів. Ці плоди дуба притягують диких свиней, козуль, оленів (*Cervus elaphus*), а також гризунів, на яких у свою чергу полюють хижі птахи та звірі.

Зооценоз гірських букових і змішаних лісів

У бучинах Закарпаття типовими представниками земноводних є тритон карпатський, саламандра плямиста (*Salamandra salamandra*), кумка жовточерева, квакша, жаба трав'яна, ропуха звичайна. З плазунів трапляються ящірка прудка, веретінниця, вуж звичайний, гадюка звичайна, мідянка (*Coronella austriaca austriaca*), полоз лісовий (*Zamenis longissimus*).

Пануючими видами орнітофауни гірських букових лісів є зяблик, велика синиця, повзик, дрізд співочий (*Turdus philomelos*). Звичайними видами є голуб-синяк (*Columba oenas*), канюк звичайний (*Buteo buteo*), сова довгохвоста (*Strix uralensis*), зозуля (*Cuculus canorus*), дятел білоспинний (*Dendrocopos leucotos*), сойка (*Garrulus glandarius*), синиця довгохвоста (*Aegithalos caudatus*), плиска гірська (*Motacilla cinerea*), дрізд чорний (*Turdus merula*). Рідкісними є рябчик (*Tetrastes bonasia*), вальдшнеп (*Scolopax rusticola*), лелека чорний (*Ciconia nigra*), пугач (*Bubo bubo*), снігур (*Pyrrhula pyrrhula*), оляпка (*Cinclus cinclus*).

Серед ссавців з найбільшою чисельністю у цьому зооценозі – бурозубка звичайна, вечірниця руда (*Nyctalus noctula*), жовтогорла миша та сіра полівка. До звичайних видів належать кріт, вухань (*Plecotus auritus*), нетопир лісовий (*Pipistrellus nathusii*), польова миша, ласка, лисиця, ведмідь (*Ursus arctos*), вовк (*Canis lupus*), дика свиня, звичайний олень, європейська козуля. До групи рідкісних належать їжак, бурозубка альпійська, мишівка лісова (*Sicista betulina*), заєць-русак, кіт лісовий (*Felis silvestris*), рись (*Lynx lynx*), горностаї, борсук (*Meles meles*), норка.

Зооценоз високогір'я – криволісся та полонин

Карпатське високогір'я більш помітно заселеним стає лише в теплу пору року. Тут відмічають 5-6 видів земноводних, 3-4 види плазунів, 40-45 видів птахів і близько 30 видів ссавців. До найбільш типових хребетних цього зооценозу умовно відносять тритона альпійського (*Mesotriton alpestris*), чорну карпатську гадюку, полонинського тетерука (*Lyrurus tetrix*), щеврика гірського (*Anthus spinoletta*), тинівку альпійську (*Prunella collaris*), бурозубку альпійську та полівку снігову (*Chionomys nivalis*). Лише тетерук, щеврик гірський, тинівка альпійська та полівка снігова є специфічними високогірними хребетними, яких немає в інших зооценозах Закарпатської області.

Список використаної літератури:

1. Башта А.-Т., Потіш Л.А. Ссавці Закарпатської області. – Львів, 2007. – 257 с.
2. Географічна енциклопедія України. – К.: УРЕ ім. М.П. Бажана, 1990. – 315 с.
3. Екологічний паспорт Закарпатської області, 2022 р. [Електронний ресурс] / Департамент екології та природних ресурсів Закарпатської облдержадміністрації: офіційний веб-сайт. – Режим доступу: https://ecozakarp.at.gov.ua/wp-content/nd/2021_ecopasport.pdf.
4. Потіш Л.А. Птахи Закарпатської області (анотований список). – Львів, 2009. – 124 с.
5. Природа Закарпатської області / За ред. К.І. Геренчука. – Львів: Вища школа, 1981. – 156 с.
6. Природа Українських Карпат / За ред. Геренчука К. І. – Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 1968. – 265 с.
7. Природні багатства Закарпаття / Упоряд. В.Л. Боднар. – Ужгород: Карпати, 1987. – 284 с.
8. Пригара О.В. Паннонські флористичні комплекси Закарпатської рівнини, їх аналіз та питання охорони : автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.01. – Ужгород, 1996. – 19 с.
9. Украинские Карпаты. Природа / Голубец М.А., Гаврусевич А.Н., Загайкевич И.К. и др. – Киев: Наук. думка, 1988. – 208 с.

10. Фодор С.С. Флора Закарпаття. – Львів: Вища школа, 1974. – 208 с.
11. Червона книга України. Рослинний світ / за редакцією Я. П. Дідуха. – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – 900 с.
12. Чисельність населення та середня чисельність за періоди року [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України: офіційний веб-сайт. Дата останньої модифікації: 13.05.2022. – Режим доступу: <https://ukrstat.gov.ua/>.
13. Carpathians relief location map [Internet]. From Wikipedia, the free encyclopedia. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Carpathians_relief_location_map.svg#file

1.7. ЛАНДШАФТНА ЯРУСНІСТЬ ТА ЇЇ ОСОБЛИВОСТІ (Карабінюк М.)

Взаємодія та взаємозв'язок природних компонентів (гірських порід, повітряних мас, води, рослинного покриву та ін.) зумовлюють формування на земній поверхні цілісних природних єдностей, які в географічній науці називають природними територіальними комплексами (ландшафтними комплексами, геокомплексами) (Геренчук, 1968; Мельник, 1999; Гродзинський, 2005; Карабінюк, 2020). Їхнє функціонування та розвиток головно залежить від внутрішніх та зовнішніх факторів, серед яких важливу роль відіграють кліматичні умови. Різкі зміни клімату на різних етапах розвитку ландшафтів Закарпаття впливали на специфіку формування ландшафтних комплексів та визначали основні їхні властивості, які у процесі еволюції видозмінювалися. Тому сучасні тенденції змін клімату в Закарпатті та Карпатському регіоні загалом впливають на сучасний стан і розвиток ландшафтів, функціонування та геоекологічний стан яких тісно залежить від взаємодії та впливу кліматичних факторів та прогресивного антропогенного навантаження.

Ландшафти гірської частини Закарпатської області сформовані головно в умовах домінування в геологічній основі пісковикowo-аргілітового флішу, сильно розчленованого гірського рельєфу та вертикальної диференціації гідро-кліматичних умов, які в сукупності визначили основні морфологічні риси ландшафтних комплексів різних рангів. Ландшафти рівнинної частини області характеризуються акумулятивним та ерозійним походженням, розвиток яких все ж тісно пов'язаний еволюцією Карпатської гірської системи. У результаті, понад 85 % території області характеризується гірським рельєфом з системою гірських масивів (Чорногора, Свидовець, Боржава та ін.), крутосхилих хребтів та їх відрогів, які розчленовані та роз'єднані глибоко врізаними річковими долинами допливів Тиси (рис. 1.7.1.).

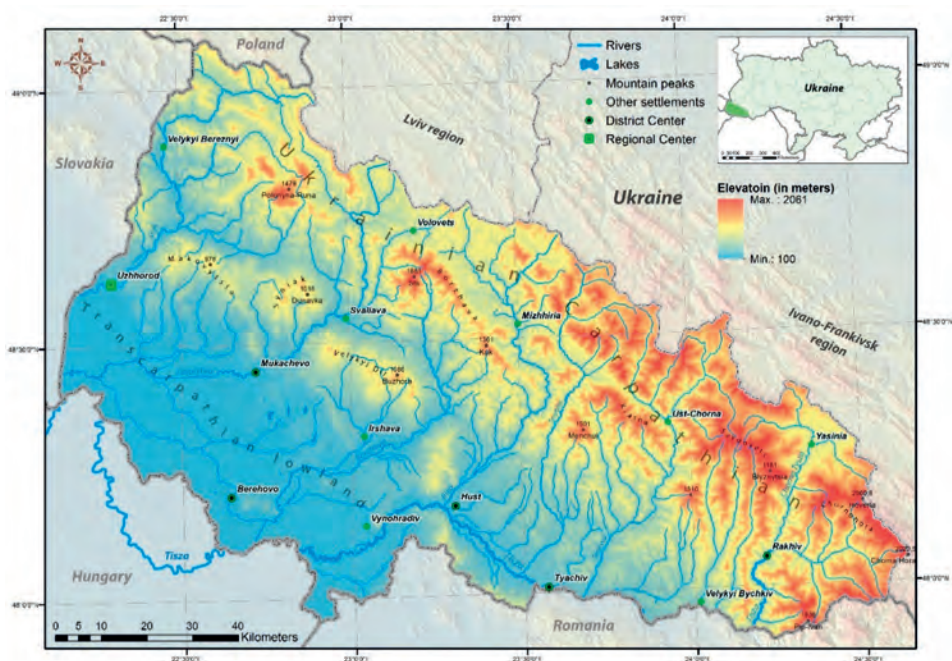


Рис. 1.7.1. Гіпсометрична карта Закарпатської області
(укладена автором)

Ландшафти гірських територій суттєво відрізняються від рівнинних рівнем та характером ландшафтної організації. Тому важливим аспектом наших досліджень є використання генетичного підходу у вивченні сучасного стану та розвитку ландшафтів Закарпатської області, що дає змогу визначити просторові особливості формування та розміщення різних за генезисом геокомплексів, а також проаналізувати сучасну ландшафтну структуру. Загалом, ландшафтознавчий підхід дослідження передбачає аналіз континуально-дискретної географічної оболонки, через призму природних комплексів різних рангів, які безпосередньо знаходяться у цілісній ландшафтній системі одночасно об'єднуючи природні територіальні комплекси менших порядків та будучи складовою частиною ландшафтної одиниці вищого порядку (Мельник, 1999; Гродзинський, 2005).

Сучасні прояви глобальних змін клімату Українських Карпат є неодноразово підтвердженими (Карабінюк, Шубер, 2019; Карабінюк, Марканич, 2020) та актуальними з точки зору вивчення ландшафтної організації транскордонної території Закарпатської області. Зміни кліматичних умов впливають на всі динамічні процеси та функціонування ландшафтних комплексів, циркуляцію речовин, розвиток фізико-географічних процесів тощо. Одним із основних проявів змін

клімату гірських регіонів є зміни в особливостях висотної поясності та порушення ландшафтної ярусності, яка є одним із основних географічних закономірностей ландшафтної диференціації гірських систем (Карабінюк, 2020).

Поняття *ландшафтної ярусності й ландшафтного ярусу* у географічній науці не мають однозначного трактування та розуміння. Згідно з Г. Міллером та ін. (2002), ландшафтна ярусність проявляється як на регіональному рівні ландшафтної диференціації – в ярусному розміщенні гірських ландшафтів, їхній приуроченості до окремих ділянок певного (низькогірного, середньогірного чи високогірного) ярусу гірської країни, з якими пов'язують формування в горах фізико-географічних або ландшафтних областей, так і локальному, або внутрішньоландшафтному – у диференціації ландшафтів на морфологічні одиниці (ландшафтну ярусність усередині ландшафту відображають висотні місцевості).

Дослідження вертикальної диференціації ландшафтів Українських Карпат та Закарпатської області зокрема свідчать комплексну сутність ландшафтної ярусності, яка виражає висотну зміну природних компонентів та цілісних ландшафтних комплексів. Зважаючи на комплексні ознаки ландшафтної ярусності зрозумілим є факт, що на різних ділянках гірської системи диференціація окремих природних компонентів (рельєфу, рослинності, клімату тощо) та їх висотні межі не завжди корелюються (Природа Українських ..., 1968; Природа Закарпатської..., 1981). У науковій літературі також зазначається про відсутність чітких висотних меж між ландшафтними ярусами, оскільки вони залежать від низки факторів – особливостей географічного положення та комплексу регіональних фізико-географічних особливостей (Карабінюк, 2020). Наприклад, також ідентифікаційною ознакою для високогірного ландшафтного ярусу в Українських Карпатах є поширення нівальних та льодовиково-екзараційних форм рельєфу – карів, цирків, трогових долин, нівальних ніш та ін. (Кравчук, 2006, 2008; Мельник, Карабінюк, 2018; Карабінюк, 2020).

Регіональне розуміння ландшафтного ярусу ґрунтується на вивченні та аналізі ландшафтної організації гірських систем, їхнього регіонального поділу. Тому ландшафтний ярус регіонального рівня є окремою ландшафтною областю (низькогірною, середньогірною чи високогірною), яка сформована групою ландшафтів відповідного низькогірного, середньогірного чи високогірного типів (Карабінюк, 2020). Основними критеріями визначення приналежності ландшафтів до того чи іншого ландшафтного ярусу вважається гіпсометричне положення та відносні висоти. Згідно Г. Міллера та О. Федірка (1990), до передгірного ярусу належать ландшафти з максимальни-

ми відносними перевищення над річковими долинами до 150 м. Для ландшафтів середньогірного ярусу цей показник становить до 1 300 м. Найбільші відносні перевищення висот характерні для високогірних ландшафтів – до 1 5000 м (Міллер, Федірка, 1990).

Згідно з ландшафтною картою Г. Міллера та О. Федірка (1990), в Українських Карпатах виділяється три ландшафтні яруси: високогірного, середньогірного та низькогірного. У межах Закарпатської області на гіпсометрично найвищих рівнях розміщені *ландшафти високогірного ярусу*, які представлені давньольодовиково-високополонинським флішевим (Чорногора, Свидовець та ін.) та давньольодовиково-високополонинським кристалічним (Мармароський ландшафт) типами. Найбільшу гірську частину території Закарпаття від смт. Великий Березний до м. Рахів займають лісисті та крутосхилі *ландшафти середньогірного ярусу*, які простягаються смугами з північного заходу на південний схід. Вони представлені середньогірно-полонинським та середньогірно-давньовулканічним типами. Натомість, у міжгірних улоговинах (Ясінянська, Міжгірська та ін.) та на горбистих передгірних й низовинних територіях (Соловинська рівнина та ін.) сформувалися ландшафти низькогірного-ярусу, які представлені трьома типами: міжгірно-верховинські, низькогірно-стрімчакові та горбогірно-улоговинні (Міллер, Федірка, 1990).

На основі проведених нами (у співавторстві) досліджень було встановлено, що в Українських Карпатах доречно виокремлювати два рівні ландшафтних ярусів, дослідження та картографування яких проводиться у різних масштабах та потребує використання особливих методичних підходів. У межах цілісної гірської системи виокремлюються ландшафтні яруси *регіонального рівня*. У межах окремих гірських ландшафтів із висотою змінюються їхня морфологічна будова та властивості ландшафтних комплексів, що зумовлює послідовну зміну ландшафтних ярусів *локального* (внутрішньоландшафтного) рівня (Карабінюк, 2020). Таким чином, у локальному розумінні гірський ландшафтний ярус в межах ландшафту виражає появу висотної диференціації морфологічної структури та властивостей природних комплексів різного генезису, особливостей функціонування та розвитку (Карабінюк, 2020). Найкращим вираженням такої висотної зміни ландшафтних комплексів є висотні місцевості, які у гірських системах розміщені на різних гіпсометричних рівнях у залежності від прояву провідного чиннику їхнього утворення – льодовикова екзарцація, денудація, ерозія тощо.

Аналізуючи особливості природних умов та ландшафтну структуру гірської частини Закарпаття, також можна виділити три ландшафтні яруси локального рівня – низькогірний, середньогірний та

високогірний (рис. 1.7.2). Вони послідовно змінюються з висотою та характеризуються суттєвими відмінностями. Для *низькогірного ландшафтного ярусу* характерним є домінування геокомплексів ерозійного та акумулятивного походження, оскільки він приурочений до дніщ річкових долин та розлогих міжгірських улоговин (рис. 1.7.3). Хвилястий ерозійний рельєф та вирівняні поверхні терас річкових долин покриті головно вторинною лучною рослинністю із фрагментами букових та смерекових лісів, вільхи та інших листяних порід (Міллер, Федірко, 1990; Мельник, 1999).

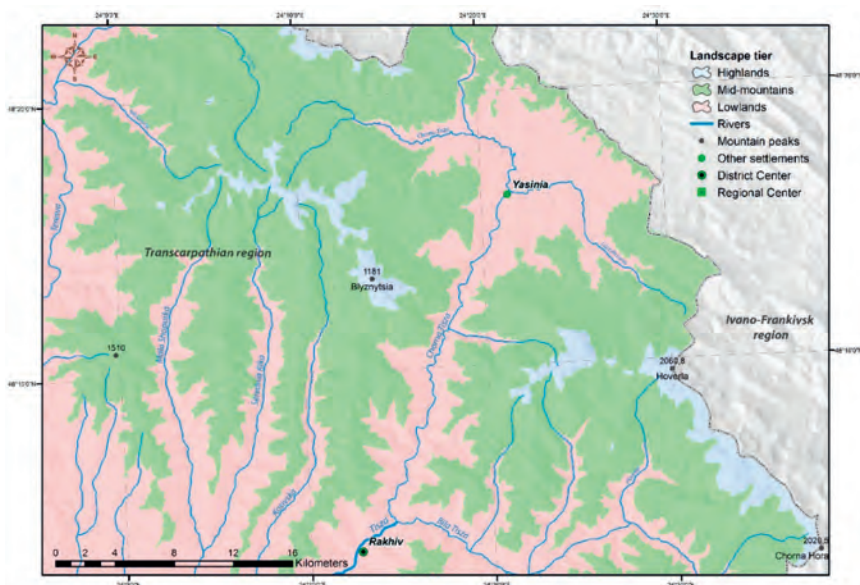


Рис. 1.7.2. Ландшафтні яруси в центральній частині Українських Карпат у верхів'ї басейну р. Тиса (Закарпатська область) (розроблено автором)

Середньогірний ландшафтний ярус охоплює найбільшу площу та висотний діапазон гірської місцевості Закарпаття та Українських Карпат загалом. Він представлений ландшафтними комплексами головно ерозійного та ерозійно-денудаційного походження, які характеризуються переважанням крутих схилів (понад 15°) та розчленованими відрогами гірських хребтів із домінування хвойних, рідше – листяних лісів на середньо потужних буроземах (Мельник, 1999; Карабінюк та ін., 2017; Мельник та ін., 2018). На добре зволжених схилах активно розвиваються ерозійні процеси під впливом постійних та тимчасових водотоків, які урізноманітнюють морфологічну будову ландшафтів середньогір'я (рис. 1.7.4).



Рис. 1.7.3. Низькогірний ландшафтний ярус в межах Ясінянського ландшафту в літній (а) та зимовий (b) періоди (фото Яни Карабінюк)



Рис. 1.7.4. Середньогірний ландшафтний ярус Українських Карпат в Рахівському районі Закарпатської області в літній (а) та зимовий (b) періоди (фото Вячеслава Ягодзинського)

Розвиток потужних водозбірних лійок та поглиблення розчленування в середньогірному ландшафтному ярусі сприяють загальній еволюції ландшафтної структури території, що залежить від кількості опадів та петрографічних й літологічних особливостей корінних відкладів. У результаті, морфологічна структура та властивості геокомплексів середньогірного ландшафтного ярусу на різних ділянках Закарпаття можуть суттєво відрізнятися у залежності від вище згаданих факторів. Характерною рисою середньогірного ландшафтного ярусу також є значне антропогенне навантаження з господарської діяльності, активно розвивається лісова галузь та сільське господарство, зокрема – скотарство (рис. 1.7.5).

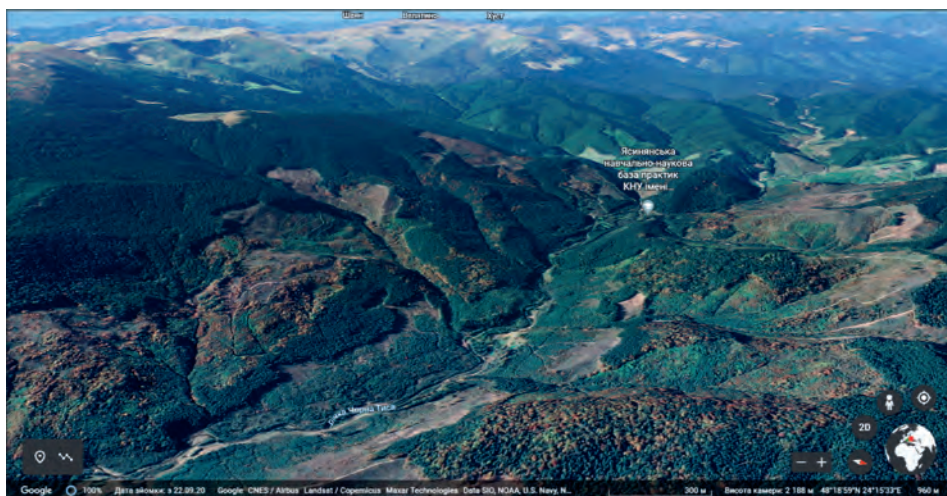


Рис. 1.7.5. Навантаження лісового господарства (вирубка) на ландшафтні комплекси верхів'я басейну р. Чорна Тиса в Рахівському районі Закарпатської області (фрагмент космознімка з Google Earth)

Гіпсометрично найвищі рівні Українських Карпат займають головню денудаційні, льодовиково-екзараційні та нівально-ерозійні природні територіальні комплекси, які в сукупності формують *високогірний ландшафтний ярус* (рис. 1.7.6). На різних гірських масивах (Чорногора, Свидовець, Мармароський та ін.) нижня межа ландшафтного ярусу коливається в межах 1 450–1 600 м н.р.м. та часто збігається із контактами геологічних світ. Наприклад, у межах ландшафту Чорногора на різних відрізках нижня межа високогір'я співпадає із контактами чорногірської та яловецької (буркутської та яловецької) геологічних світ, літологічні та петрографічні відмінності яких зумовляють також різкий контраст у формах рельєфу та їх морфометрич-

них особливостях (крутості схилів, експозиції схилів тощо) (Карабінюк та ін., 2017; Мельник, Карабінюк, 2018).



*Рис. 1.7.6 Високогірний ландшафтний ярус Чорногірського масиву
Українських Карпат (Фото автора)*

Характерною рисою високогірного ландшафтного ярусу Українських Карпат є домінування масивних форм рельєфу із крутими схилами та глибоко врізаними льодовиковими цирками, карами, нівальними нішами та іншими геокомплексами. Сучасних рис ландшафтна структура високогір'я отримала у період давніх плейстоценових зледенінь, а сучасний розвиток ландшафтних комплексів відбувається головно під дією ерозії та денудації (Карабінюк, 2020). У високогір'ї найбільшого поширення мають субальпійська та альпійська рослинність. Днища карів, трогових долин та нижні частини масивних схилів покриті криволіссям з гірської сосни, зеленої вільхи та ялівця сибірського. У субальпійському рослинному поясі також наявні домішки ялицево-гірськососнових угруповань, які спорадично поширені серед суцільних заростів чагарників (Байцар, 1994; Малиновський, 1980, 2003). На висотах понад 1 850 м н.р.м. поширена альпійська лучна рослинність

В Українських Карпатах високогірний ландшафтний ярус найкраще виражений на найвищих гіпсометричних рівнях Чорногірського, Свидовецького, Мармароського та Боржавського гірських ландшафтах. Домінування в геологічній основі твердих пісковиків та тривала історія розвитку високогірного ярусу під впливами інтенсивного горотворення, зледенінь та сучасних змін клімату зумовили високе ландшафтне різноманіття (Державна геологічна..., 2009; Карабінюк, 2020). Випуклі та виположені поверхні гребенів головних хребтів високогірних гірських масивів зберігають риси давньої денудації, а зараз покриті кострицево-ситниковими луками та ялівцями (див. рис. 1.4.6). На крутих схилах високогірного ландшафтного ярусу значно поширені обвальні-осипні процеси, щорічно зафіксовані лавини та прояви інших фізико-географічних процесів.

1.8. СУЧАСНА ЛАНДШАФТНА СТРУКТУРА (Карабінюк М.)

Під дією зональних і азональних чинників на земній поверхні сформувались значна кількість геокомплексів різних рангів та розмірів, різного генезису та складності внутрішньої організації формуючи чітку ієрархічну структуру, від найменшої ландшафтно-одиночності локального рівня (фації) до найбільшого ПТК глобального порядку (географічної оболонки). У цій ієрархічній системі особливе місце займають ландшафти. Ландшафтознавчий підхід передбачає дослідження об'єкту із врахуванням його місцеположення у цій ландшафтній системі та властивостей внутрішньої будови (Мельник, 1999).

Кожний ландшафтний комплекс локального рівня являється чітко визначеним елементом внутрішньої будови ландшафту, які сформувалися історично і відокремилися насамперед у процесів розвитку літогенної (геолого-геоморфологічної) основи, а зараз зв'язані між собою численними функціональними і енергетичними зв'язками (Міллер, Федірко, 1990; Міллер та ін., 2002). Така підпорядкована функціональними кількісно детермінованими зв'язками система внутрішньої організації ландшафту, яка представлена сукупністю геокомплексів нижчих рангів, тобто являються його морфологічними частинами, із своєрідним визначенням головно у процесі історичного розвитку характером просторового поєднання називають морфологічною структурою (Мельник, 1999; Карабінюк, 2020). Аналізуючи ландшафтну організацію будь-якої території, межі якої не співпадають з межами ландшафтів як найнижчої одиниці фізико-географічного районування, доречним є використання терміну ландшафтна структура.

Згідно фізико-географічного районування Українських Карпат А. Мельника (1999), територія Закарпатської області розділена між Гірськокарпатським та Закарпатським фізико-географічними краями (рис. 1.8.1). Перший з них займає понад 85 % площі області та представлений 8 фізико-географічними областями, які простягаються головно з північного заходу на південний схід у вигляді смуг різної конфігурації та шириною від 5-10 до 30-35 км, що повторюють напрям розміщення основних гірських пасм різного генезису та геологічної будови. Кожна з фізико-географічних областей характеризується своєрідними літологічними особливостями та внутрішньою будовою, яка постійно розвивається та трансформується в умовах змін клімату та різкого господарського навантаження. Поперечне розчленування фізико-географічних областей річковими долинами зумовлено наявністю значної кількості тектонічних порушень, які сформувалися в процесі геологічного розвитку території та слугують місцем локалізації найбільших річкових долин. Також низка річкових долин (р. Чорна Тиса, р. Тересва, р. Ріка та ін.) слугують межами між фізико-географічними районами, які сформувалися на морфоструктурах нижчих порядків та морфологічно відрізняються одне від одного.

Згідно ландшафтної карти А. Мельника (1999) та власних польових досліджень (Карабінюк, 2020), сучасна ландшафтна структура Закарпатської області сформована 12 висотними місцевостями різного походження та з суттєво відмінними властивостями (рис. 1.8.2.). Гіпсометрично найвищою та найдавнішою висотною місцевістю є *випукле пенепленізоване альпійсько-субальпійське високогір'я (1)*, яка зберігає реліктові сліди ранньої денудації та сьогодні охоплює випо-

ложені поверхні найвищих гірських масивів – Чорногори, Свидовця тощо. Потужні плейстоценові зледеніння в Українських Карпатах зумовили формування висотної місцевості давньольодовиково-екзарційного субальпійського високогір'я (2), що представлене потужними карами, цирками, троговими долинами та іншими урочищами із своєрідними морфометричними рисами. Обидві висотні місцевості розміщені на висотах понад 1 450 м н.р. та є унікальними у ландшафтній структурі місцевості.

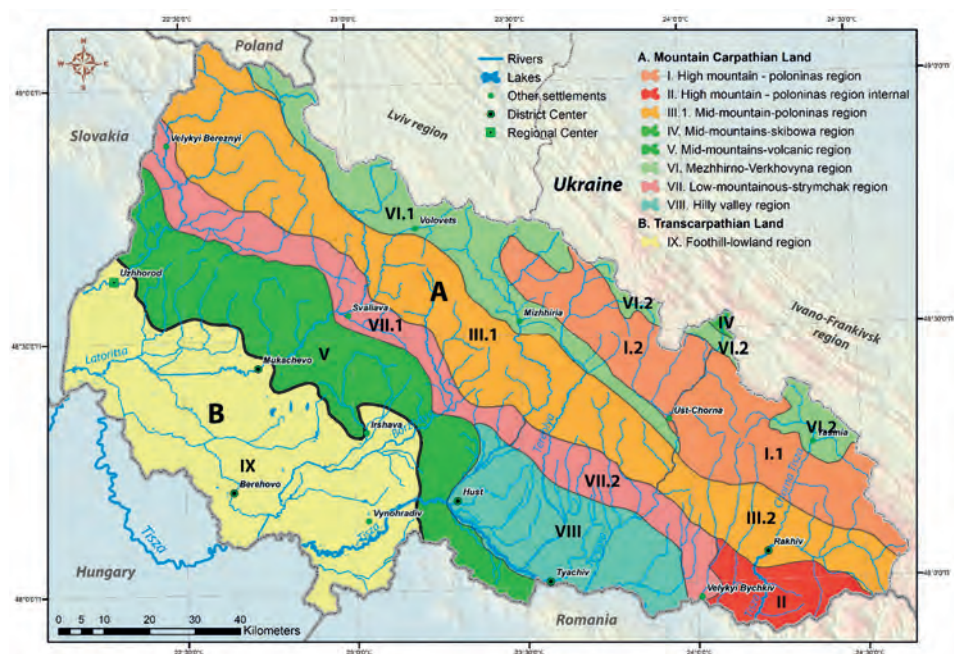


Рис. 1.8.1. Фізико-географічне районування Закарпатської області
(укладено за матеріалами А. Мельника, 1999)

А. Гірськокарпатський край. I. Високогірно-Полонинська область. I.1. Свидовецько-Чорногірський район; I.2. Негоровецько-Буштульський район. **II. Область високогірно-полонинського ядра.** Рахівсько-Чивчинський район. **III. Середньогірно-полонинська область.** III.1. Район Полонинського хребта; III.2. Стіг-Плайський район. **IV. Середньогірно-скибова область.** Горганський район. **VI. Міжгірно-верховинська область.** VI.1. Міжгірський район; VI.2. Міжгірно-улоговинний; **VII. Низькогірно-стрімчакова область.** VII.1. Турянський район; VII.2. Угольський район. **VIII. Горбогірно-улоговинна область.** Солотвинський район.

Б. Закарпатський край. IX. Передгірно-низовинна область. Район Притисянської низовини.

домінування буково-ялицево-смерекових та букових лісів на слабо-потужних буроземах (Міллер та ін., 1997; Мельник, 1999; Мельник та ін., 2018).

Таблиця 1.8.1.

**Площі висотних місцевостей Закарпатської області
(обчислено автором)**

Індекс висотної місцевості	Площа, км²	%	Індекс висотної місцевості	Площа, км²	%
1	244,6	1,9	7	275,7	2,16
2	17,8	0,14	8	291,2	2,28
3	19,2	0,15	9	1207,4	9,48
4	3302,5	25,9	10	353,6	2,77
5	2817,6	22,09	11	1917,3	15,03
6	2019,7	15,84	12	287,1	2,25

Основу низькогірного ландшафтного ярусу формують *висотні місцевості крутосхиле ерозійно-денудаційне лісисте й вторинно лучне низькогір'я (5) та пологосхиле ерозійно-денудаційне лісисте й вторинно лучне низькогір'я (6)*, які територіально межують між собою та сформовані на основі улоговин і понижень рельєфу на місцях залягання аргілітового флішу (Державна геологічна..., 2009; Мельник, 1999). У результаті тривалого господарського освоєння значна частина природних буково-ялицево-смерекових та букових лісів в межах місцевостей була знищена, а на їхньому місці сформувалися вторинні луки, які активно використовуються як пасовища та сінокоси в сільському господарстві.

Розвиток та акумулятивна здатність річкової мережі басейну р. Тиса впродовж всього орогенного етапу розвитку Українських Карпат та Закарпаття зокрема, зумовили формування на різних відрізках нижчих гіпсометричних рівнів передгір'я та низовині системи висотних місцевостей слабоспадистих поверхонь високих та середніх терас (7, 8), терасованих днищ річкових долин (9) тощо (рис. 1.8.3.). На рівнинній території Закарпатської низовини активно розвиваються *висотні місцевості слабохвилясті поверхні високих терас (10) та рівні, широкі, місцями заболочені поверхні низьких терас, заплави рік і русла (11)*, що складені галечниками та суглинковим алювієм.



Рис. 1.8.3. Русла та заплавні ландшафтні комплекси в середній частині басейну р. Боржава (фото Яни Карабінюк)

Найскладніша ландшафтна структура характерна для гірських ландшафтів Закарпаття, які характеризуються складною геологічною будовою, добре вираженою вертикальною диференціацією природних компонентів та ландшафтних комплексів різного походження, розмірів та можливостей використання. Тому детальні ландшафтознавчі дослідження сучасної структури гірських ландшафтів Закарпатської області

проводилося на прикладі ключової ділянки верхів'я басейну р. Чорна Тиса. Вона є репрезентативною з точки зору ландшафтної ярусності та розміщення основних висотних місцевостей гірської частини області. Для повноцінного аналізу закономірностей просторової ландшафтної організації верхів'я басейну річки Чорна Тиса нами було розроблено ландшафтну карту в масштабі 1:25 000 на рівні висотних місцевостей та проаналізовано закономірності морфологічної структури території (рис. 1.8.4.). Укладена ландшафтна карта репрезентує детальне розміщення висотних місцевостей території та створена на основі аналізу низки ландшафтних, геологічних, топографічних, галузевих карт та власних польових досліджень. Польове ландшафтне знімання території в експедиційній формі стало основною метою для моделювання ландшафтної карти та комплексного вивчення ПТК річкового басейну. Середовищем для створення та моделювання ПТК верхів'я басейну р. Чорна Тиса стало програмне забезпечення Arc GIS 10.4.1.

Список використаних джерел:

1. Геренчук К. І. Ландшафти. Природа Українських Карпат / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Вид-во Львів. ун-ту, 1968. С. 208–23
2. Гродзинський М. Д. Пізнання ландшафту: місце і простір: монографія у 2-х томах. К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2005. Т. 1. 431 с.
3. Карабінюк М. М. Природні територіальні комплекси субальпійського і альпійського високогір'я Чорногірського масиву Українських Карпат : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук : 11.00.01. Київ, 2020. 21 с.
4. Карабінюк М. М., Калинич І. В., Пересоляк В. Ю. Морфометричні особливості рельєфу ландшафтів Чорногора і Свидовець в межах Закарпатської області. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Географія*. 2017. Вип. 43 (2). С. 10–19.
5. Карабінюк М. М., Марканич Я. В. Динамічність кліматичних умов та сучасні тенденції їхніх змін у північно-східному секторі ландшафту Чорногора (Українські Карпати). *Природа Карпат: науковий щорічник Карпатського біосферного заповідника та Інституту екології Карпат НАН України*. 2020. Вип. №1(5) С. 58–70
6. Карабінюк М. М., Шубер П. М. Зміни кліматичних умов у лісистої середньогір'ї північно-східного сектору ландшафту Чорногора. *Довготермінові спостереження довкілля : досвід, проблеми, перспективи* : матеріали Міжнародного наукового семінару, присвяченого 75-річчю з дня народження Б. П. Мухи і 50-річчю роботи Розтоцького ландшафтно-геофізичного стаціонару Львівського національного університету імені Івана Франка (Львів-Брюховичі, 10–12 травня 2019 р.). Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2019. С. 88–93.

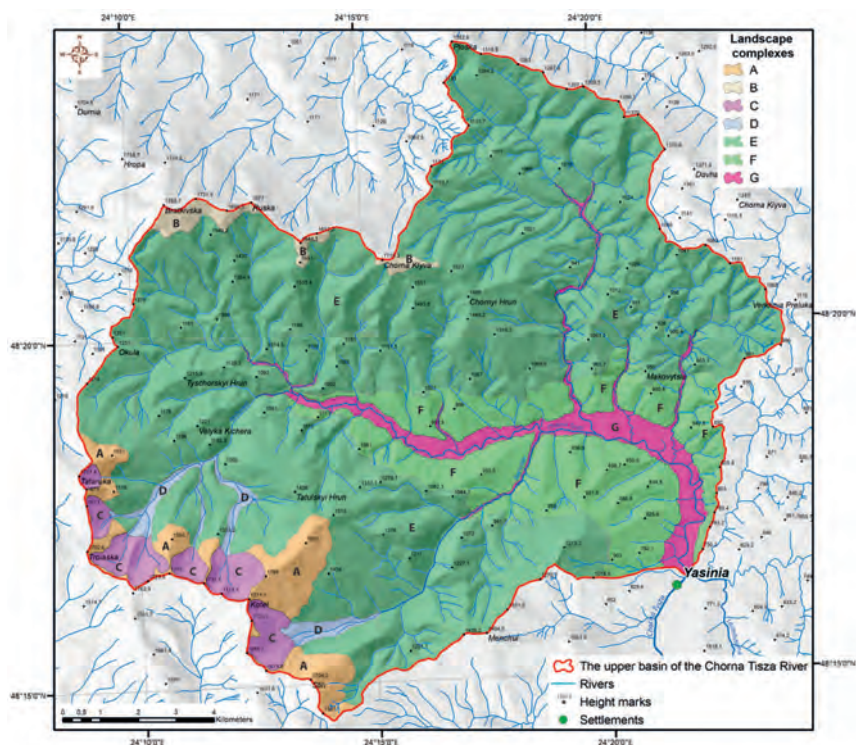


Рис. 1.8.4. Ландшафтна карта верхів'я басейну річки Чорна Тиса в Рахівському районі Закарпатської області (укладено на основі картографічних матеріалів А. Мельника (1999), М. Карабінюка (2020) та результатів власних польових досліджень)

Легенда до карти (рис. 1.8.4.)

Висотні місцевості: А – Пенепленізоване дуже холодне та дуже вологе альпійсько-субальпійське високогір'я складене конгломератами, масивними пісковиками та товсторишнічим флішем з високогірними луками, пустищами, гірсько-сосновим і зеленовільховим криволіссям на гірсько-лучно- і гірсько-торф'яно-буроземних ґрунтах; В – Різко ввігнуте давньольодовиково-екзараційне дуже холодне та дуже вологе субальпійське високогір'я складене конгломератами та масивними пісковиками з гірсько-сосновим та зеленовільховим криволіссям, вторинними луками та пустищами на гірсько-торф'яно- та гірсько-лучно-буроземних ґрунтах; С – М'яковипукле денудаційне холодне та вологе лісисте середньогір'я складене конгломератами та масивними пісковиками з пануванням лісів та вторинних лук на буроземних та дерново-буроземних ґрунтах; D – Пологосхиле давньольодовиково-аккумулятивне помірно холодне та вологе лісисте середньогір'я складене суглинисто-валунною мореною з ялицево-смерековими лісами на буроземах; Е – Крутосхиле ерозійно-денудаційне помірно холодне та вологе лісисте середньогір'я складене піщаним флішем з смерековими та буково-ялицево-смерековими лісами на слабопотужних буроземах; F – Крутосхиле ерозійно-денудаційне помірно холодне та вологе лісисте й вториннолучне низькогір'я складене піщаним флішем, аргілітами й влевролітами з прошарками піщаників з смереково-ялицевими і буково-смереково-ялицевими лісами на середньопотужних буроземах; G – Терасовані днища річкових долин з прохолодним та вологим кліматом, що складені супіщаним і піщаним галечниковим алювієм з формаціями смереки, сірої вільхи та вторинними луками на дерново-буроземних ґрунтах та буроземах.

7. Кравчук Я. С. Альпійський рельєф Українських Карпат. *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій* : Збірник наукових праць, 2006. С. 3–18.
8. Кравчук Я. С. Геоморфологія Полонинсько-Чорногірських Карпат: монографія. Львів : Видав. цент ЛНУ імені Івана Франка, 2008. 188 с.
9. Мельник А. В. Українські Карпати: еколого-ландшафтознавче дослідження : монографія. Львів, 1999. 286 с.
10. Мельник А. В., Карабінюк М. М. Чинники формування та критерії виділення високогірного ландшафтного ярусу в Чорногорі (Українські Карпати). *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій* : збірник наукових праць. 2018. Вип. 8. С. 24–41. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/gpc.2018.08.2012>
11. Мельник А. В., Карабінюк М. М., Костів Л. Я., Сеничак Д. В., Яськів Б. В. Природні територіальні комплекси верхів'я басейну річки Лазещина в межах Чорногори. *Фізична географія та геоморфологія*. 2018. Вип. 90 (2). С. 5–24. DOI: <https://doi.org/10.17721/phgg.2018.2.01>
12. Міллер Г. П., Петлін В. М., Мельник А. В. Ландшафтознавство: Теорія і практика : навч. посібник. Львів : Видав. центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2002. 172 с.
13. Міллер Г. П., Федірко О. М. Карпати Українські. Географічна енциклопедія України. Київ : Головна ред. УРЕ ім. П. М. Бажана, 1990. Т.2. С. 113–114.
14. Природа Закарпатської області / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Видво Львів. ун-ту імені Івана Франка, 1981. 156 с.
15. Природа Українських Карпат / за ред. К. І. Геренчука. Львів : Видво Львів. ун-ту імені Івана Франка, 1968. 266 с.

Розділ 2.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЯВІВ ЕКОЛОГІЧНОГО ДИСБАЛАНСУ НА ЗАКАРПАТТІ

(Фельбаба-Клушина Л., Каблак Н., Сивохоп Я.)

У багатьох літературних джерелах, присвячених дослідженню живої і неживої природи Українських Карпат наводяться відомості про порушення екологічної рівноваги в екосистемах регіону. Так, наприклад, спробу узагальнити такі відомості зроблено у працях Л.М. Фельбаби-Клушиної (Фельбаба-Клушина, 2010), де вказується, що за останні десятиріччя в регіоні Карпат спостерігається збільшення кількості паводків. Цьому сприяло незбалансоване природокористування. Зокрема, це суцільні рубки лісу в минулому столітті, незбалансоване випасання худоби на полонинах й зниження верхньої межі лісу, заміна бучин ялиновими лісами, осушення боліт, заплав й озер низовини та інші чинники, що призвели до втрати водорегуляційних, ґрунтозахисних, кліматоутворювальних та інших функцій природного комплексу ландшафтів «гори – низовина» (Голубець, 1978). Свідченням цього є часте виникнення явищ твердого стоку та повеней, що спричиняють деградацію ґрунтового покриву та втрату водних ресурсів. В Українських Карпатах з кінця XIX – до середини 90-их років XX століття катастрофічні повені мали місце 21 раз, селеві потоки – 16, лавини – 25 і вітровали – 12 разів, які завдали значних збитків народному господарству (Комендар, 1994). За останній період ці явища почастишали. Найбільш руйнівними були повені у 1998, 2000, 2008 і 2010 роках (Фельбаба-Клушина, 2010).

Небезпечним і особливо негативним явищем у гірських регіонах є водна ерозія ґрунтів. Згідно даних В.І. Комендара, при сучасному стані лісових масивів Карпат щорічно у водотоки потрапляє понад 4,5 млн. тонн дрібнозему та поживних речовин (Комендар, 1994). П.М. Устименко та Д.В. Дубина вважають, що у Закарпатській області наймасштабнішим деструктивним для природи фактором є незбалансоване ведення лісового господарства (Устименко, Дубина, 2007).

Занепокоєння викликає також низький технологічний рівень ведення землеробства в селянських та фермерських господарствах.

Відбувається посилення дегуміфікації ґрунтів (вміст гумусу в області за останні 10 років зменшився на 0,14 %), погіршення фітосанітарного стану і відповідно зниження їх продуктивності. У найсприятливіших для землеробства частинах Закарпаття, тобто на низовині та в передгір'ї, залишилися незначні за площею ділянки природної та напівприродної рослинності (ліси, луки, чагарникові угруповання), відокремлені сільськогосподарськими угіддями, промисловими об'єктами тощо (Устименко та ін., 2015).

Ерозія та осушування ґрунтів є проблемою загальносвітового масштабу. Так, наприклад, за 25 років до кінця минулого століття з території України було втрачено 353,3 млн тонн гумусу при щорічних обсягах змиву ґрунту 600 млн тонн (Ситник, Багнюк, 2004). Пропозиція вчених зменшити площі ріллі на Україні приблизно на 25 % не була втілена у практику, однак за останні роки ефективність сільського господарства поступово підвищується (Ситник, Багнюк, 2004).

Найважливішим природним ресурсом території Закарпаття є питна вода. Через порушення гідрологічного режиму басейну ріки Тиса та її приток за останні десятиріччя відбувається втрата водних ресурсів. За результатами досліджень І. Ковальчука, рівень підземних вод на низовині впродовж минулого століття знизився більше ніж на 3,0 м, а з середини 80-их років спостерігається тенденція до підвищення середньорічної температури повітря та збільшення кількості атмосферних опадів, що є наслідком сукупності факторів – антропогенного впливу та потепління клімату (Ковальчук, 1997). Зміни рівня ґрунтових вод призводять до підвищення ступені мінералізації ґрунтів що у свою чергу провокує зміни у флорі й рослинності. Так, на Закарпатті появилися угруповання галофітів (солестійкі рослини). Серед них угруповання з домінуванням таких видів, як *Typha laxmannii* та *Bolboschenus planiculmis*. У випадку, якщо така тенденція зниження рівня ґрунтових вод буде тривати й далі, то з часом регіон утратить свої унікальні природні риси під впливом інвазії синантропних видів рослин. У рослинному покриві відбувається спрощення, уніфікація, зниження продуктивності й стійкості усіх типів фітоценозів. Про загрозу наростання темпів деградації рослинності у світовому масштабі прогнозував П. Л. Горчаковський ще у другій половині минулого століття (Горчаковський, 1979). Втрата біорізноманіття відбувається в усіх групах живих організмів. Так, наприклад, з середини минулого століття з регіону Закарпаття зникло щонайменше 10 видів рослин, що приурочені до екосистем з надлишковим зволоженням (Фельбаба-Клушина, 2010). Серед них *Carex diandra* Schrank, *Eleocharis multicaulis* (Smith) Desv., *Schoenus ferrugineus* L., *Trichoforum caespitosum*, *Gladiolus palustris* L.,

Utricularia bremii Heer, *Primula farinosa* L., *Ludwigia palustris* (L.) Elliott., *Sparganium angustifolium* Michx., *Carex appropinquata* Schum. До тих, що знаходяться на межі зникнення належать, зокрема такі, які відомі лише з одного-двох локалітетів. Це *Potentilla palustris* (L.) Scop.), *Ledum palustre* L., *Carex davalliana* Smith.

Вважаємо, що особливо важливим завданням на сьогодні є відновлення площ лісової, лучної й болотної рослинності регіону та стабілізація його природних функцій (Фельбаба-Клушина, 2010).

Війна в Україні спричинила суттєве посилення антропогенного впливу на рівнинні та передгірні екосистеми Закарпаття у зв'язку з переселенням десятків тисяч жителів східних регіонів України у цей регіон і саме на низинні та передгірні райони. Зростає потреба у земельних ресурсах для розбудови населених пунктів, у водних, рекреаційних, лісових та інших ресурсах для забезпечення потреб населення.

З огляду на те, що Закарпаття, займаючи лише 2,2% площі України, виконує роль екологічного донора не лише для України, але й для багатьох регіонів Європи, в ньому необхідно впроваджувати новітні механізми природокористування, побудовані на принципах збереження і відновлення функціонального ядра басейну ріки Тиса.

Нами було доведено, що до охорони природи необхідно застосовувати регіональний підхід, враховуючи геологічні, географічні, кліматичні та інші природні особливості кожного регіону. У гірських регіонах, таких як Закарпаття, першочергово необхідно враховувати особливості гідрологічного режиму рік та клімату. За визначенням І. І. Ковальчука (Ковальчук, 1997) в гірських регіонах функціональною одиницею екосистем є басейн ріки. Басейнова екосистема є стійкою єдністю взаємопов'язаних і відповідно взаємозалежних елементів, де зміна одного елемента провокує ланцюг змін інших елементів цієї системи (Симонов, 1976).

Запропонований новий підхід до охорони басейну р. Тиса, що отримав назву «Флювіальна концепція охорони рослинного покриву басейну р. Тиса».

Суть флювіальної концепції полягає у відтворенні природного розвитку екосистем водотоків, водойм, боліт і заплавних комплексів в усіх рослинних поясах.

Основні положення необхідності відновлення і збереження рослинного покриву верхів'я водозбору ріки були викладені у праці Л.М. Фельбаби-Клушиної (2010):

1) верхів'я водозбору ріки у гірському регіоні є територією з порівняно найбільшою площею природної рослинності і характеризується значною біорізноманітністю;

2) верхів'я гірських рік є найзволоженішими районами гірських систем, де природна рослинність відіграє виключно важливу роль регулятора поверхневого і підземного стоків;

3) верхів'я водозбору ріки має найгустішу гідромережу й рослинний покрив виявляє виключно важливу ґрунтозахисну (протиерозійну) функцію;

4) у верхів'ї водозбору ріки утворюється основна частина водних ресурсів басейну в цілому і зосереджені найбільші запаси чистої води, а рослинність значною мірою забезпечує підтримання колообігу води у межах природного комплексу ландшафтів «гори-низовина»;

5) для гірських рік характерний зливовий режим рік, що проявляється руйнівними повенями, зсувами, селевими потоками, а лісова рослинність значною мірою знижує ризик виникнення повеней;

6) верхів'я водозборів гірських рік є мало придатними для господарювання й відповідно економічно депресивними регіонами. Тому прибутток від функцій збережених природних екосистем значно вищий, ніж від їх господарського використання (Фельбаба-Клушина, 2010).

Проведення активної екологоосвітньої роботи з школярами й іншими верствами населення є необхідною передумовою втілення у практику нових природоохоронних ідей (Фельбаба-Клушина, 2010).

Список використаних джерел:

1. Горчаковский П.Л. Тенденции антропогенных изменений растительного покрова земли // Ботан. журн., 1979. – 64, № 12. – С.1697-1713.
2. Голубец М.А. Ельники Украинских Карпат. – К.: Наук. думка, 1978. – 264 с.
3. Ковальчук І. Регіональний еколого-геоморфологічний аналіз. – Львів: Інститут українознавства, 1997. – 440 с.
4. Комендар В.І. Причини появи повеней у Закарпатті та заходи боротьби з ними // Укр. ботан. журн., 1994. – 51, № 2/3. – С. 207-210.
5. Симонов Ю.Г. Анализ геоморфологических систем // Актуальные проблемы теоретической и прикладной геоморфологии. – М.: МФ ГО СССР, 1976. – С.69-92.
6. Ситник К.М., Багнюк В.М. Охорона біосфери: досягнення і прорахунки // Екологічний вісник. – 2004. – № 3. – С. 13-16.
7. Фельбаба-Клушина Л.М. Рослинний покрив боліт і водойм верхів'я басейну р. Тиса (Українські Карпати) та флювіальна концепція його охорони. – Ужгород: Поліграфцентр «Ліра», 2010. – 192 с.
8. Устименко П.М., Дубина Д.В. Вплив провідних антропогенних факторів на рослинність верхньої частини басейну р. Тиси // Укр. ботан. журн. – 2007. – 64, №5. – С.676-685.
9. Устименко П.М., Дубина Д.В., Фельбаба-Клушина Л.М. Рослинність верхів'я долини Тиси (Закарпатська область): сучасний стан, фіторізноманітність, антропогенна трансформація, охорона. – Ужгород: ТОВ «ІВА», 2015. – 128 с.

Розділ 3.

ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ ЗАКАРПАТТЯ

(Вакерич М.)

3.1. ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ, НАЦІОНАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЇХНЬОГО ЗБЕРЕЖЕННЯ

Значення атмосфери

Атмосфера – одна з найважливіших складових частин біосфери. Вона надійно захищає живі організми від космічного й ультрафіолетового випромінювання, визначає загальний тепловий режим поверхні Землі, впливає на кліматичні умови, а через них на режими річок, ґрунтово-рослинний покрив та процеси формування рельєфу. Саме атмосфера регулює кількість сонячної енергії, необхідної для життя. Якщо не було б атмосфери, вдень Сонце розігрівало б земну поверхню до $+100^{\circ}\text{C}$, а вночі до -100°C її охолоджував би космос. Діапазон коливань добових температур у межах 200°C перевищує можливості виживання переважної більшості живих організмів.

Наявність атмосфери – одна з найголовніших умов життя на планеті. Без їжі людина може обходитися місяць, без води – тиждень, а без повітря не проживе навіть кілька хвилин. **Атмосфера** – це газова (повітряна) оболонка, що оточує Землю. Маса атмосфери Землі близько $5,15 \cdot 10^{15}$ т.

Хімічний склад атмосфери

Атмосфера складається із суміші газів, яку називають повітрям, у ній знаходяться в підвішеному стані рідкі та тверді частинки. Загальна маса останніх незначна порівняно з усією масою атмосфери.

Атмосферне повітря біля земної поверхні, як правило, є вологим. Це означає, що до його складу, разом з іншими газами, входить водяна пара, тобто вода в газоподібному стані.

Повітря без водяної пари називають сухим повітрям. Біля земної поверхні сухе повітря складається з азоту (78% за обсягом або 76% за масою) і кисню (21% за обсягом або 23% за масою). Обидва ці гази входять до складу повітря біля земної поверхні у вигляді двохатомних

молекул (N_2 і O_2). Аргон (Ar) становить майже 1%. Лише 0,03% залишається вуглекислого газу (CO_2). Численні інші гази входять до складу повітря в тисячних, мільйонних і ще менших частках відсотка. Це криптон, ксенон, неон, гелій, водень, озон, йод, радон, метан, аміак, перекис водню, закис азоту та інші.

Усі перераховані вище гази завжди зберігають газоподібний стан за наявних в атмосфері температур і тисків не тільки біля земної поверхні, але й у високих шарах.

Процентний склад сухого повітря над земною поверхнею постійний і практично однаковий усюди. Істотно змінюватися може тільки вміст вуглекислого газу. Внаслідок процесів дихання і горіння його об'ємний вміст у повітрі закритих, погано вентильованих приміщень, а також промислових центрів може зростати в кілька разів – до 0,1–0,2%. Зовсім незначно змінюється процентний вміст азоту.

Вертикальна будова атмосфери

Атмосферу умовно розділяють на концентричні сфери, що відрізняються одна від одної за своїми характеристиками (рис. 3.1.1.).

Тропосфера. Нижній шар атмосфери, в якому температура в середньому знижується з висотою, називається тропосферою. У тропіках цей шар простягається від земної поверхні до висоти 15–17 км, у помірних широтах обох півкуль – до висоти 10–12 км і над полюсами – до 8–9 км. Вислів «у середньому» має істотне значення, оскільки спадання температури з висотою в тропосфері характерну саме для середніх умов: середньомісячних, середньосезонних. У кожен даний період часу спадання температури в усьому шарі може перериватися окремими шарами, де температура може залишатися незмінною (ізотерія) або навіть зростати з висотою (*інверсія*).

У тропосфері середньорічна температура в екваторіальних широтах знижується з висотою від +26°C біля земної поверхні до –80°C на вершині тропосфери, в помірних широтах від +3°C до –54–58°C (50 градусів пн. ш.) і над Північним полюсом від –23 °C до –60°C взимку і –48 °C влітку. У середньому величина падіння температури з висотою дорівнює 0,60°C/100 м, хоча ця величина варіює в широких межах. У тропосфері зосереджено 4/5 всієї маси атмосферного повітря, в ній міститься майже вся водяна пара атмосфери і виникають майже всі хмари. У тропосфері часто розвиваються сильні вертикальні рухи й перемішування, сильна нестійкість. Вона відчуває безпосередній вплив підстильної поверхні: різне нагрівання суші й моря, засніжених і вільних від снігу просторів, теплі й холодні морські течії створюють температурні відмінності і в повітрі. В наслідок взаємодії з поверхнею землі у тропосфері виникають течії теплого і холодного повітря.



Рис. 3.1.1 Вертикальна будова атмосфери
(<https://geomap.com.ua/uk-g6/198.html#&gid=maps&pid=1>)

Висота, до якої простягається тропосфера, над кожним місцем Землі змінюється день у день, коливаючись близько середніх величин, зазначених вище. Тиск повітря на верхній межі тропосфери в 3–10 разів менший, ніж біля земної поверхні.

Найнижчий тонкий шар тропосфери (50–100 м), що безпосередньо примикає до земної поверхні, носить назву приземного шару. Внаслідок близькості до земної поверхні він найбільшою мірою відчуває її вплив. У цьому шарі особливо різко виражені зміни температури протягом доби: температура особливо сильно падає з висотою вдень і часто зростає з висотою вночі. Тут також найсильніше зростає з висотою швидкість вітру.

Шар від земної поверхні до висот 1000–1500 м називають планетарним прикордонним шаром, або шаром тертя. У цьому шарі поміт-

но ослаблена швидкість вітру порівняно з розташованими вище шарами і ослаблена тим більше, чим ближче до земної поверхні.

Стратосфера. Вище тропопаузи і до висоти 50–55 км лежить стратосфера, яка характеризується тим, що температура в ній у середньому зростає з висотою. У нижніх шарах стратосфери (від тропопаузи і до 25 км) температура постійна або дуже повільно зростає з висотою (взимку в полярних широтах вона навіть може слабо падати), але, починаючи з 34–36 км, відбувається досить швидко зростання температури з висотою, яке триває до 50 км, де розташована верхня межа стратосфери – стратопауза. Тут стратосфера майже така ж тепла, як повітря біля поверхні Землі, в середньому 270 К. Зростання температури з висотою призводить до великої стійкості стратосфери: тут немає неупорядкованих (конвективних) вертикальних рухів та активного перемішування, властивого тропосфері. Однак дуже невеликі за величиною вертикальні рухи типу повільного осідання або підйому іноді охоплюють шари стратосфери, що займають величезні простори.

Водяної пари у стратосфері мізерно мало. Однак на висотах 22–24 км у високих широтах іноді спостерігаються дуже тонкі, так звані перламутрові хмари. У день їх не видно, а вночі вони здаються світлими, тому що освітлюються сонцем, яке видно під обрієм. Хмари складаються з переохолоджених крапель. Склад повітря стратосфери відрізняється від тропосферного тільки домішкою озону. З озоном пов'язане зростання температури у стратосфері, оскільки саме озон поглинає сонячну радіацію. З цієї точки зору, стратосфера може бути названа озоносферою.

Мезосфера. Над стратосферою лежить шар мезосфери, який простягається від стратопаузи до висоти приблизно 80–82 км. У мезосфері температура знову знижується з висотою, іноді до -110°C в її верхній частині. Внаслідок швидкого падіння температури з висотою в мезосфері сильно розвинена турбулентність.

У верхній частині мезосфери утворюються так звані сріблясті хмари, очевидно, що вони складаються з кристалів, форма яких свідчить про існування в мезосфері хвиль і вихорів. Верхньою межею мезосфери є перехідний шар – мезопауза, що лежить на висоті близько 82 км. На мезопаузі тиск повітря приблизно в 1 000 разів менший, ніж біля земної поверхні.

Таким чином, у тропосфері, стратосфері та мезосфері разом узятих до висоти 80 км міститься більш ніж 99,5 % всієї маси атмосфери. На шари, що розташовані вище, припадає лише 0,5 % від маси атмосфери.

Термосфера. Верхня частина атмосфери, яка простягається над мезосферою, називається термосферою. У термосфері температура

дуже різко зростає з висотою. У роки активного сонця вона перевищує 1500°C на висоті 200–250 км. На великих висотах подальше зростання температури з висотою вже не спостерігається. Лише в областях яскравих полярних сяїв температура ненадовго підвищується до 3000°C .

Високі температури термосфери означають, що молекули й атоми атмосферних газів рухаються в цьому шарі з дуже великими швидкостями. Однак щільність повітря в термосфері так мала, що теплоємність газів мізерна. Тому будь-яке тіло, що знаходиться тут (наприклад, супутник у космосі), не нагріватиметься шляхом теплообміну з повітрям.

Температурний режим супутника буде залежати від безпосереднього поглинання ним сонячної радіації та віддачі його власного випромінювання в навколишній простір.

До висоти 100 км повітря атмосфери добре перемішане і його склад усюди однаковий. Цю сферу іноді називають також турбосферою. Вище 100 км склад повітря помітно змінюється: з'являється атомарний кисень, зникають діоксид вуглецю й аргон, повітря сильно іонізоване, тому ця частина термосфери від мезопаузи до висоти 800–1000 км називається іоносферою. Вміст іонів тут у багато разів більший, ніж у нижніх шарах, незважаючи на сильну загальну розрідженість повітря.

Екзосфера. Атмосферні шари вище 800–1000 км виділяють назвою екзосфери (зовнішньої атмосфери). Швидкості руху частинок газів, особливо легких, тут дуже великі, а внаслідок надзвичайної розрідженості повітря на цих висотах частки можуть облітати землю по еліптичних орбітах. Причому окремі частинки можуть набувати швидкості, що дорівнює другій космічній швидкості (для незаряджених частинок – близько 11000 м/с).

Такі особливо швидкі частинки залишають атмосферу і відлітають у світовий простір, рухаючись за параболічними траєкторіями. Тому екзосферу називають також сферою вислизання газів. Як ми вже знаємо, вислизанню піддаються переважно атоми водню і гелію, які є панівними газами в найвищих шарах атмосфери.

Магнітосфера. Раніше передбачалося, що екзосфера і з нею вся земна атмосфера закінчуються на висотах близько 2000–3000 км. Спостереження за допомогою ракет і супутників показали, що водень, що вислизає з екзосфери, утворює навколо Землі так звану земну корону, що простягається більш ніж на 20000 км. Звичайно, щільність газу в земній короні мізерно мала. На кожен кубічний сантиметр припадає в середньому близько тисячі частинок. Але в міжпланетному просторі концентрація частин (переважно протонів і електронів) у десятки

разів менша. Оскільки на рух заряджених частинок тут впливає магнітне поле Землі, цю область називають також магнітосферою.

Радіаційний пояс. За допомогою супутників і геофізичних ракет встановлено існування у верхній частині атмосфери і навколоземному космічному просторі радіаційного поясу Землі, що починається на висоті кількох сотень кілометрів і тягнеться на десятки тисяч кілометрів від земної поверхні. Пояс складається з електрично заряджених частинок: протонів і електронів, що рухаються з дуже великими швидкостями (близько 400 км/с), і захоплених магнітним полем Землі. Їхня енергія сягає сотень тисяч електрон-вольт. Радіаційний пояс постійно втрачає частки із земної атмосфери і поповнюється потоками сонячної корпускулярної радіації (сонячний вітер).

Джерела забруднення атмосферного повітря

Проблема забруднення повітря не нова. Більше двох сторіч серйозні побоювання викликає забруднення повітря у великих промислових центрах багатьох європейських країн. Однак тривалий час ці забруднення мали локальний характер. Дим і кіптява забруднювали порівняно невеликі ділянки атмосфери й легко розбавлялися масою чистого повітря в той час, коли заводів і фабрик було небагато. Швидке зростання розвитку промисловості й транспорту в ХХ в. привів до того, що кількість речовин, викинутих у повітря, не може більше розсіюватися. Їхня концентрація збільшується, що спричиняє небезпечні й навіть фатальні наслідки для біосфери у ХХІ ст.

Сучасна атмосфера містить приблизно двадцяту частину кисню, що є на нашій планеті. Головні запаси кисню зосереджені в карбонатах, органічних речовинах і окислах заліза, частина кисню розчинена у воді. В атмосфері склалася приблизна рівновага між виробництвом кисню у процесі фотосинтезу та його споживанням живими організмами. Але останнім часом з'явилась небезпека, що в результаті людської діяльності запаси кисню в атмосфері можуть зменшуватися. Особливу небезпеку становить руйнування озонового шару, яке спостерігається впродовж останніх років. Більшість науковців пов'язує це певною мірою з діяльністю людини.

Кругообіг кисню в біосфері надзвичайно складний, оскільки з ним вступає в реакцію велика кількість органічних і неорганічних речовин, а також водень, у сполученні з яким кисень утворює воду.

Вуглекислий газ (діоксид вуглецю) використовується в процесі фотосинтезу для створення органічних речовин. Завдяки саме цьому процесу замикається кругообіг вуглецю в біосфері. Як і кисень, вуглець входить до складу ґрунтів, рослин, тварин, бере участь у різноманітних механізмах кругообігу речовин у природі. Вміст вуглекис-

лого газу в повітрі, який ми вдихаємо, приблизно однаковий у різних районах планети. Виняток становлять великі міста, в яких вміст цього газу в повітрі буває більшим від норми.

Деякі коливання вмісту вуглекислого газу в повітрі тієї чи іншої місцевості залежать від часу доби, пори року, біомаси рослинності. У той же час, дослідження показують, що з початку минулого століття середній вміст вуглекислого газу в атмосфері, хоча й повільно, але постійно збільшується. Цей процес пов'язаний з діяльністю людини.

Азот – незамінний біогенний елемент, оскільки він входить до складу білків і нуклеїнових кислот. Атмосфера – невичерпний резервуар азоту, але головна частина живих організмів не може безпосередньо використовувати цей азот: він повинен бути попередньо зв'язаний у вигляді хімічних сполук.

Частково азот потрапляє з атмосфери в екосистеми у вигляді оксиду азоту, який утворюється під дією електричних розрядів під час грози. Проте головна частина азоту потрапляє у воду та ґрунт у результаті його біологічної фіксації. Існує кілька видів бактерій і синьо-зелених водоростей, які здатні фіксувати азот атмосфери. У результаті їх діяльності, а також внаслідок розкладання органічних залишків у ґрунті, азот перетворюється в доступну для засвоєння рослинами форму.

Кругообіг азоту тісно пов'язаний з кругообігом вуглецю. Не зважаючи на те, що кругообіг азоту складніший, ніж кругообіг вуглецю, він, як правило, відбувається швидше.

Інші складові частини повітря не беруть участі в біогеохімічних циклах, але присутність в атмосфері великої кількості забруднювачів антропогенного походження може привести до серйозних порушень цих циклів та газового складу атмосфери.

На формування антропогенних забруднень атмосферного повітря впливає характер джерел забруднень технологічних агрегатів, виділяють у процесі експлуатації шкідливі речовини в атмосферу. Розрізняють стаціонарні та пересувні джерело забруднення атмосферного.

Атмосферне повітря забруднюється різними газами, дрібними часточками і рідкими речовинами, які негативно впливають на живі істоти, погіршуючи умови їх існування. Джерела забруднення атмосфери можуть бути природними і штучними (антропогенними) (рис. 3.1.2).

Природне забруднення атмосфери. До природних джерел атмосферного забруднення відносять пилові бурі, виверження вулканів, космічний пил та ін. (рис. 3.1.2). Продукти природного забруднення атмосфери на 3/4 складені із неорганічних речовин. Це продукти вітрювання гірських порід, частинки ґрунтів, попіл, сіль та ін.



Рис. 3.1.2. Джерела забруднення атмосфери

В атмосфері Землі присутні різноманітні органічні домішки, які є продуктами життєдіяльності організмів. Це вуглеводні спирти, органічні кислоти, ефіри, альдегіди. Фітогенні хімічно активні газоподібні продукти виділення отримали назву атмовітамінів. Вони використовуються багатьма організмами для життєвих потреб. Органічні речовини, які згубно діють на бактерії, мікроорганізми, гриби отримали назву фітонциди.

Щорічне надходження в атмосферу морських солей оцінюється від 0,700 до 1,5 млрд. т, винесення ґрунтового пилу – 7-700 млн. тисяч тон. Утворення аерозолів внаслідок лісових пожеж – 35-360 млн. т. Сумарно від усіх джерел в атмосферу потрапляє до 2,3 млрд. т. аерозолів природного походження.

Якщо природні джерела забруднення не перевищуються ГДК, то вони не спричиняють істотних змін повітря. Інтенсивне поширення природного джерела забруднення на певній території (викиди попелу і газів вулканами, лісові і степові пожежі) може стати серйозною причиною забруднення атмосфери. Такі явища зумовлюють іноді утворення світлонепроникного екрана навколо Землі, а також зміну її теплового балансу. Проте природні забруднення атмосфери здебільшого не завдають великої шкоди людині, бо відбуваються за певними біологічними законами і регулюються кругообігом речовин, виявляються періодично.

Штучне (антропогенне) забруднення атмосфери відбувається під впливом діяльності людини внаслідок зміни її складу і властивостей. Штучні джерела забруднення поділяються на стаціонарні і пересувні.

Найважливіші штучні джерела забруднення:

- *Теплові електростанції.* Забруднюють атмосферу викидами, що містять сірчистий ангідрид, двоокис сірки, окисли азоту, сажу, яка є носієм смолистих речовин, пил і золу, що містять солі важких металів.

- *Комбінації чорної металургії,* що включають доменне, сталеплавильне, прокатне виробництва; гірничорудні цехи, агломераційні фабрики, заводи коксохімічні та по переробці відходів основних виробництв, теплоенергетичні установки. Викиди цих підприємств в атмосферу містять оксид вуглецю, сірчистий ангідрид, пил окисли азоту, сірководень, аміак, сірковуглець, аерозолі хрому і марганцю бензол, фенол, піридин, нафталан.

- *Кольорова металургія* – забруднює атмосферу сполуками фтору кольорових і важких металів (часто у вигляді аерозолів), парами ртуті, сірчистим ангідридом, окислами азоту, окислом вуглецю, поліметалічним пилом, смолистими речовинами, вуглеводнями, що містять бенз(а)пірен.

- *Машинобудування і металообробка.* Викиди в атмосферу підприємств цього профілю містять аерозолі сполук кольорових і важких металів, зокрема парів ртуті, з парами органічних розчинників.

- *Нафтопереробна і нафтохімічна промисловість.* Є джерелом таких забруднювачів атмосфери: сірководню, сірчистого ангідриду, окису вуглецю, аміаку, вуглеводнів, у тому числі бенз(а)пірену.

- *Підприємства неорганічної хімії.* Викиди в атмосферу містять окисли сірки й азоту, сірководень, аміак, сполуки фосфору, вільний хлор, оксид вуглецю.

- *Підприємства органічної хімії,* викидають в атмосферу велику кількість органічних речовин, що мають складний хімічний склад, соляної кислоти, сполук важких металів, сажі й пилу.

- *Підприємства по виробництву будівельних матеріалів,* забруднюють атмосферу пилом, що містить сполуки важких металів, фтору, двоокису кремнію, азбесту, гіпсу, тонкодисперсним скляним пилом.

- *Хімічне забруднення атмосфери автотранспортом.* Важливим фактором, який визначає географію хімічного забруднення середовища, є автотранспорт.

Причому географічні закономірності поширення забруднювачів, які від нього надходять, дуже складні і визначаються не тільки конфігурацією мережі автомагістралей та інтенсивністю переміщення ними автотранспорту, але й великою кількістю перехресть, де автотранспорт працює на перемінних режимах.

Кількість моторизованого транспорту в усьому світі складає 630 млн. одиниць і вона ймовірно подвоїться в наступні 20 або 30 років.

Забруднення навколишнього середовища автотранспортом – одне з найбільш небезпечних для здоров'я людини, тому що вихлопні гази надходять у приземний шар повітря, звідки утруднене їх розсіювання; до того ж будинки жилих кварталів, які знаходяться поряд з автомагістралями, є свого роду екраном для вловлювання забруднювачів.

Основні інгредієнти забруднення атмосферного повітря. У складі відпрацьованих газів автомобілів найбільшу питому вагу за об'ємом мають: монооксид вуглецю (0,5-10%), оксиди азоту (до 0,8%), неспалені вуглеводні (0,2-3,0%), альдегіди (до 0,2%) та сажа. В абсолютних величинах на 1000 л палива карбюраторний двигун викидає з вихлопними та партерними газами: 200 кг монооксиду вуглецю, 25 кг вуглеводнів, 20 кг оксидів азоту, 1 кг сажі, 1 кг сірчистих сполук.

Найбільш поширені забруднювачі атмосфери поступають до неї в основному в двох видах: або у вигляді зважених частинок (аерозолів), або у вигляді газів. По масі найбільшу частку (80-90%) всіх викидів в атмосферу складають газоподібні викиди.

Основними шкідливими домішками антропогенного походження є:

- **Оксид вуглецю.** Утворюється при неповному згорянні вуглецевих речовин. У повітря він потрапляє в результаті спалювання твердих відходів, з вихлопними газами і викидами промислових підприємств. Оксид вуглецю є сполукою, що активно реагує зі складовими частинами атмосфери, сприяє підвищенню температури на планеті, і створенню парникового ефекту.

- **Сірчистий ангідрид.** (діоксид сірки) – безколірний газ з різким запахом. Виділяється в процесі згорання сірковмісного палива або переробки сірчистих руд. Частина сполук сірки виділяється при горінні органічних залишків в гірничорудних відвалах. Діоксид сірки надходить до навколишнього середовища внаслідок викидів підприємствами теплоенергетики і комунально-побутовими секторами, транспортом. Він є другим забруднювачем атмосфери після вуглекислого газу. Діоксид сірки є складовою частиною кислотних опадів.

- **Сірководень і сірковуглець.** Потрапляють в атмосферу окремо або разом з іншими сполуками сірки. Основними джерелами викиду є підприємства з виготовлення штучного волокна, цукру, коксохімічні, нафтопереробні, а також нафтопереробні підприємства. В атмосфері при взаємодії з іншими забруднювачами піддаються повільно-му окисленню до сірчаного ангідриду.

- **Оксид азоту** – сполуки азоту з киснем. Залежно від ступеня окиснення є такі оксиди азоту: NO, N₂O, N₂O₃, NO₂, N₂O₅. Оксиди N₂O₃ і

N_2O_5 – тверді речовини, усі інші – гази. Природними джерелами надходження оксиду азоту в навколишнє середовище є блискавки та виверження вулканів. Штучними джерелами надходження оксиду азоту в атмосферу є підприємства хімічної промисловості, виробництво мінеральних добрив, вибухових речовин, нітратної кислоти, бактеріальний розклад силосу та ін. Найбільші обсяги викидів оксиду азоту в атмосферу – від автомобільного транспорту. Динаміка концентрацій оксиду азоту у міське повітря протягом доби тісно пов'язана з інтенсивністю руху транспорту й сонячного випромінювання. Так, у світлий час доби накопичення в атмосфері оксиду азоту зростає внаслідок фотохімічного окиснення цього газу. Оксид азоту – небезпечний забруднювач через його високу токсичність і несприятливі зміни в атмосфері, які він спричиняє (опади кислотні, смог). У процесі перетворень у стратосфері оксид азоту спричиняє руйнування озону.

- **Сполуки фтору.** Джерелами забруднення є підприємства по виробництву алюмінію, емалей, скла, кераміки, сталі, фосфорних добрив. Речовини, що містять фтор, потрапляють в атмосферу у вигляді газоподібних сполук – фтороводню або пил фториду натрію і кальцію. Сполуки характеризуються токсичною дією. Похідні фтору є сильними інсектицидами.

- **Сполуки хлору.** Потрапляють в атмосферу від хімічних підприємств, що виробляють соляну кислоту, пестициди, які містять хлор, органічні барвники, гідролізний спирт, хлорне вапно, соду. У атмосфері зустрічаються як домішка молекули хлору і пари соляної кислоти. Токсичність хлору визначається видом сполук і їх концентрацією. У металургійній промисловості при виплавці чавуну і при переробці його на сталь відбувається викид в атмосферу різних важких металів і отруйних газів. Так, з розрахунку на 1 т передільного чавуну виділяється окрім 12,7 кг сірчастого газу і 14,5 кг пилових частинок, що містять сполуки миш'яку, фосфору, сурми, свинцю, пари ртуті, смоляних речовин і ціаністого водню.

- Крім газоподібних забруднюючих речовин, в атмосферу потрапляє велика кількість твердих частинок. Це **пил, кіптява і сажа**. Велику небезпеку несе забруднення природного середовища важкими металами. Свинець, кадмій, ртуть, мідь, нікель, цинк, хром, ванадій стали практично постійними компонентами повітря промислових центрів.

Шкідлива дія забрудненого повітря на людей, тварин, рослин.

Важливою проблемою щодо шкідливої дії забрудненого повітря на людей, рослин, тварин є дотримання екологічних вимог при експлуатації підприємств, споруд та при інших видах діяльності. Ці ви-

моги можна реалізувати на підставі впровадження та більш ефективного використання природоохоронних заходів, серед котрих чільне місце посідають заходи щодо попередження забруднення атмосфери, оскільки будь-яке порушення чистоти атмосферного повітря обов'язково впливає на стан води та землі. У зв'язку з цим заходи з охорони повітря повинні забезпечувати збереження рослинного і тваринного світу. Таким чином, охорона навколишнього природного середовища від шкідливого біологічного впливу вимагає комплексного підходу до вирішення проблеми попередження забруднення атмосфери та води викидами промислових підприємств.

Під забрудненням атмосферного повітря розуміють збільшення концентрації фізичних, хімічних та біологічних компонентів понад рівень, що виводить природні системи зі стану рівноваги. Серед промислових викидів основними джерелами забруднення атмосферного повітря є низькі технологічні та вентиляційні викиди (світлові та вентиляційні ліхтарі цехів, труби вентиляційних установок тощо) неперервної дії, котрі складають близько 80% від загальної кількості викидів. Надзвичайно важливою особливістю таких викидів, з точки зору забруднення атмосфери, є те, що максимальні концентрації шкідливих речовин існують у безпосередній близькості від місця їхнього виникнення, а не на п'ятнадцятикратній від висоти труб віддалі, що притаманно для високих джерел. Отже, промислові викиди в атмосферу несприятливо впливають перш за все на людину та на навколишнє природне середовище, а найбільш важкі форми прояву спостерігаються на промислових майданчиках та прилеглих до них територіях. Саме тут виникають найбільш високі концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі, котрі перевищують граничнодопустимі концентрації в 2-5, а нерідко і в більше разів, і саме на цих територіях акумулюється їхня основна маса ґрунтом та поверхнею водоймищ.

У зв'язку з цим особливо гострою є проблема запобігання забруднення атмосфери міст, де зосереджена більша частина населення та промисловості.

Причиною несприятливої екологічної ситуації є невирішені проблеми, пов'язані з реалізацією природоохоронних заходів, недовісноалістю методичних матеріалів з проектування повітроочисних пристроїв, недостатністю вихідних даних для проведення екологічних експертиз продукції, що випускається, та розроблюваних технологічних процесів.

Промислові викиди в атмосферу поширюються на значну відстань, забруднюючи приземний шар повітря не лише на промислових майданчиках, але й на прилеглих населених територіях. Суттєвий вплив на рівень забруднення повітря справляють організовані

та неорганізовані технологічні викиди. Існуюча нормативно-технічна документація допускає граничне забруднення повітряного середовища в місцях повітроприймальних пристроїв систем промислової вентиляції, воно становить 0,3 ГДК. А забруднення повітряного середовища викидами з вентиляційних систем не повинне перевищувати 1 ГДК. Однак на багатьох підприємствах згадані вимоги не виконуються, а забрудненість повітря нерідко перевищує не лише ГДК, але й норми ГДВ у декілька разів.

Систематична або періодична наявність в атмосферному повітрі населених пунктів шкідливих речовин з концентраціями, що перевищують нормативні величини, призводить до захворювань, навіть ракових, до поширення серед частини населення токсикоманії, ускладнює перебіг серцево-судинних захворювань, сприяє виникненню та розвитку захворювань дихальної і нервової систем людини. Дослідження показують, що в місцевостях з порівняно невисоким рівнем забрудненості повітряного середовища частота захворювань органів дихання зростає в 2 та більше разів, а при високому рівні забруднення – в 40 разів. Від впливу забруднюючих речовин в першу чергу страждають діти. Шкода, котрої зазнають діти, в декілька разів перевищує шкоду, завдану здоров'ю дорослих.

Встановлено, що постійне перевищення допустимої концентрації лише одного з видів контрольованих забруднюючих речовин призводить до підвищення захворюваності в 1,7 рази, а в деяких вікових групах – до трьох разів. Забруднення атмосфери справляє також безпосередній вплив на фасади будівель, декоративні прикраси, автомобілі, пам'ятники, одяг тощо.

Вплив війни на стан повітря України. Стан повітря погіршується через бойові дії у прямий та непрямий способи. Прямий вплив бойових дій – це детонування снарядів, використання артилерійської зброї та авіабомб. За даними ДСНС протягом трьох місяців війни на території України знешкоджено понад 120 тисяч вибухонебезпечних предметів, зокрема 1 978 авіаційних бомб. Водночас російська армія випустила по Україні 2 275 ракет. У деяких випадках ці ракети влучали в українські склади боєприпасів, які теж детонували. Від таких вибухів в атмосферне повітря викидаються свинець, сажа, вуглець й інші шкідливі речовини. А залишки снарядів містять сірку, мідь, залізо та вуглець. При потраплянні у ґрунт вони забруднюють воду, а згодом отруюють людей і тварин.

Непрямий вплив бойових дій – це пожежі в екосистемах, вибухи нафтобаз, атаки на промислові об'єкти та склади небезпечних відходів, як-от пінополіуретан, мінеральні добрива, лакофарбові вибори, аміачна селітра тощо. Станом на 24 травня 2022 року зафіксовано 36

влучань в об'єкти нафтової інфраструктури. Від пожеж на нафтобазах в атмосферне повітря викидаються важкі метали, діоксид сірки, сажа, окиси азоту тощо. Такі викиди шкодять здоров'ю людей, а забрудники, які потрапляють у ґрунт, з часом погіршують якість підземних та поверхневих вод. А обсяг викидів від загоряння лісів, нафтобаз та інших об'єктів становить 182 мільйони тонн шкідливих речовин.

За даними Міністерства довкілля України, обсяг викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря за час війни дорівнює обсягу викидів одного металургійного підприємства за цілий рік роботи.

Заходи охорони атмосферного повітря

Охорона атмосфери – система місцевих, державних, міжнародних заходів з відтворення, раціонального використання та охорони якісних і кількісних характеристик повітря і циркуляції атмосфери, що є сприятливими для суспільства та всієї природи. Це складова процесу охорони всієї природи.

Виділяють такі 3 групи заходів охорони атмосфери:

➤ заходи із запобігання забрудненню атмосфери шляхом раціонального, дисперсного розміщення промислових підприємств із врахуванням природних умов, можливостей забруднення та самоочищення повітря;

➤ заходи зі зниження валових обсягів забруднюючих речовин, що надходять до атмосфери. Це поліпшення якості палива, удосконалення технологічних процесів (мало та безвідходні технології);

➤ заходи розсіювання, обробки та нейтралізації шкідливих викидів. Це спорудження димових труб, встановлення очисних споруд (фільтрів), бактеріальне розкладення забруднюючих речовин, поглинання їх рослинами.

Виділяють також економічні, технологічні, організаційні, адміністративні, політичні методи боротьби із забрудненням атмосфери.

Основними та найефективнішими із них є *економічні методи*. У багатьох розвинених країнах діє продумана система заохочувальних і покаральних заходів, спрямованих на зменшення обсягів викидів забруднюючих речовин. Підприємства, які впроваджують безвідходні технології, нові очисні споруди, мають значні податкові пільги. У результаті, вони стають більш конкурентоспроможними. Підприємства, які забруднюють атмосферу, платять дуже великі податки і штрафи. Розміри останніх залежать від обсягів (що перевищують ГДК) викинутих у повітря забрудників і тривалості викиду.

Після економічних найбільш доцільними є *технологічні методи (заходи)* боротьби із забрудненням атмосфери. Серед них виділяють такі основні заходи:

1. Зменшення кількості ТЕС за рахунок будівництва більш потужних, забезпечених ефективнішими системами очищення та утилізації відходів газів і пилу (аерозолів). Адже одна велика ТЕС забруднює повітря набагато менше, ніж 100 котелень тієї самої потужності.

Гази, що виходять із топок ТЕС, перед викиданням до атмосфери очищують на спеціальних установках (циклонах тощо). Деякі країни майже повністю очищають гази ТЕС від шкідливих домішок, отримуючи при цьому економічну вигоду. Так, Франція забезпечує свої потреби у сульфатній кислоті за рахунок утилізації газів ТЕС. Власних родовищ сірки, з якої в інших країнах виробляють сульфатну кислоту, у Франції немає. На деяких ТЕС налагоджено виробництво брикетів з уловленого пилу. Брикети використовують як будівельний матеріал.

2. Очищення вугілля від піриту (ферум (II) сульфід – FeS_2) перед спалюванням у топках ТЕС. Пірит при окисненні в топках розкладається з виділенням SO_2 . Очищення від піриту є актуальним, оскільки з року в рік погіршується якість вугілля, що використовується на ТЕС (підвищується вміст піриту). У результаті ефективного очищення вугілля вміст сульфур оксидів у викидах зменшується на 98 – 99%.

3. Заміна вугілля та мазуту на ТЕС екологістшим паливом (природним газом), перехід на екологічно чисті джерела енергії (сонячну, вітрову, водну, геотермальну). Електростанції, які працюють на газі, викидають лише CO_2 та нітроген оксиди. Останні також можна вловити з викидів.

4. Збільшення висоти димових труб. Чим вища труба, тим краще розсіювання пило-газових викидів в атмосфері. Димова труба висотою 100 м дозволяє розсіювати шкідливі речовини в радіусі до 20 км, а висотою 250 м – до 75 км. Раніше на Заході, а потім і в нашій країні пропагувалась ідея спорудження на ТЕС надвисоких (вище 300 м) труб. Найвища в світі (понад 400 м) димова труба побудована на мідно-нікелевому комбінаті у Садбері (Канада). Проте, при викидах через високі труби шкода зростає, адже у верхніх шарах атмосфери аерозоль перебуває роками. Це призводить до забруднення більш віддалених територій та підвищення загального фонового забруднення повітря. Зі збільшенням висоти труби значно підвищується її вартість, тому не рекомендується будувати труби висотою більше 150 м.

5. Збільшення ККД енергетичних установок.

6. Удосконалення очисних споруд електростанцій. Будівництво установок для очищення викидів – ефективний, але дорогий захід. Їх вартість досягає 8 – 10 % загальної вартості основних виробничих споруд. Європарламент ухвалив закон, згідно з яким на ТЕС мають бути установки не лише для очищення від пилу і диму, але і від усіх

інших газів. Вартість таких установок складатиме 40 % від загальної вартості самих ТЕС.

7. Регулювання двигунів внутрішнього згорання в автомашинах, встановлення каталізаторів, що нейтралізують чадний газ до CO_2 ; впровадження електронних систем регулювання надходження палива; заміна еконебезпечного етильованого бензину, який забруднює повітря свинцем, менш шкідливим неетильованим.

Серед *організаційних заходів* виділяють такі:

1. Раціональне взаєморозміщення житлових і промислових мікрорайонів у містах. Відстань між цими мікрорайонами має бути якнайбільшою. Між ними обов'язково слід створювати санітарно-захисні зони зелених насаджень.

2. Проектування автомобільних шляхів із інтенсивним рухом (особливо вантажівок) поза межами житлових кварталів.

3. Проектування ліній електропередач поза межами міст і сіл.

4. Озеленення населених пунктів. Протягом вегетаційного періоду 1 га лісу може осадити з повітря 40–60 т пилу і знешкодити понад 200–250 кг сульфур (IV) оксиду, 100 кг хлору, 50 кг фтору. Газостійкі рослини у декілька разів краще поглинають шкідливі речовини. Потоки забрудненого повітря, проникаючи на 100–150 м вглиб зелених насаджень середнього віку, майже повністю звільняються від завислих речовин, а вміст інших домішок у них зменшується в десятки разів.

Очисна здатність зелених насаджень перевищує обсяги вимивання домішок атмосферними опадами, особливо у літній час. Протягом року 1 га лісу очищає від пилу та інших шкідливих інгредієнтів більше 18 млн. м^3 повітря. Це у 3–10 разів більше, ніж польові рослини, які вирощує людина на аналогічній площі. Крім того, ліс такої площі щодоби виділяє в атмосферне повітря 2–4 кг фітонцидів. 30 кг останніх досить для знищення хвороботворних мікроорганізмів у великому місті. Крони дерев також змінюють напрям переміщення приземних повітряних потоків, сприяють утворенню висхідних течій та, як наслідок, розсіюванню забруднюючих речовин.

5. Використання звукоізоляційних матеріалів для будівництва промислових об'єктів.

Стан атмосферного повітря в Україні

Основними забруднювачами повітря України є підприємства чорної металургії (33 %), енергетики (30 %), вугільної промисловості (10 %), хімічної та нафтохімічної промисловості (7 %). Щорічно по всій Україні в атмосферу виділяється близько 17 млн. тон шкідливих речовин. Понад третину всіх промислових викидів шкідливих домішок у повітрі припадає на теплові станції, які використовують па-

ливо. Найбільший внесок у викиди сірчистого ангідриду дають підприємства енергетики, чорної металургії та вугільної промисловості (їхня частка складає 80 % викидів). У викиди оксидів азоту головний внесок – 72 % – дають підприємства енергетики та металургії. Підприємства хімічної, нафтохімічної і газової промисловості дають найбільший внесок – 43 % – у викиди вуглеводнів. Більше третини загального обсягу шкідливих викидів в атмосферу дає автотранспорт – 6,5 млн. тон на рік. В Євпаторії та Ужгороді згаданий показник складає 91 % від загальної кількості викидів.

Встановлено, що довготривале забруднення атмосферного повітря сірчистим газом, окисами вуглецю, азоту та іншими речовинами шкідливо впливає на здоров'я людей. При цьому може збільшуватися загальна захворюваність населення, обумовлена ураженням окремих органів і систем організму. На території України функціонує 1500 підприємств, що викидають в атмосферу шкідливі речовини. Загальна кількість відходів щороку збільшується на 12 млн. тон.

Найбільш високе забруднення атмосферного повітря характерне для Донецького, Придністровського регіонів України, а також навколо обласних центрів.

У нашій державі вживаються заходи щодо зниження викидів в атмосферу шляхом оснащення джерел викидів шкідливих речовин пилогазоочисними установками. Здійснюється заміна або реконструкція застарілих пилогазоочисних установок, впровадження мало- та безвідходних технологічних процесів та інше. Одне з провідних місць у забрудненні атмосфери займає транспорт. Так, більше 40 % оксиду вуглецю, 46 % вуглеводнів і близько 30 % окисів азоту від загальної кількості цих речовин, які потрапляють в атмосферу, припадає на транспорт. Загальний обсяг шкідливих викидів автотранспорту – 2,7 млн. тон на рік. В Україні викиди автотранспорту становлять близько 27 % від всього об'єму викидів забруднюючих речовин.

За даними Державної служби статистики, в Україні у 2020 році викиди забруднюючих речовин в атмосферу від стаціонарних джерел забруднення складали 2238,6 тис. т або на 220,9 тис. т (на 9,0%) менше ніж у 2019 році.

Сумарні викиди в атмосферу (парів хлору, оксидів заліза і марганцю) малі і складають не більше 1 кг в рік.

У 2020 р. від стаціонарних джерел забруднення в атмосферу викинуто 109,1 млн. тонн діоксиду вуглецю, парникового газу, що впливає на зміну клімату, тобто на 8,99% нижче аналогічного показника 2019 року.

Від пересувних джерел забруднення (автомобільного транспорту) в атмосферу надійшло 1778,7 тис. т забруднюючих речовин або на 129,9 тис. т більше ніж у минулому році.

Загалом викиди забруднюючих речовин в атмосферу від стаціонарних та пересувних джерел забруднення в 2020 році складали 4017,3 тис. т, з них від стаціонарних – 2238,6 тис. т, від пересувних – 1778,7 тис. т.

Найбільші викиди від стаціонарних джерел у 2020 році спостерігались у Донецькій області 750,9 тис. т, Дніпропетровській – 534,6 тис. т та Запорізькій області – 155,4 тис. т.

На кожного жителя України в 2020 році припадало 53,6 кг викидів забруднюючих речовин атмосферу. На кожен квадратний кілометр території країни припадало 3,8 тонни забруднюючих речовин.

Серед населених пунктів України найбільшого антропогенного навантаження (понад 100 тис. т забруднюючих речовин) у 2020 році зазнали 4 міста: Бурштин, Курахове, Кривий Ріг та Маріуполь. Загальний обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря цих міст складає 35 % усіх викидів по країні.

Основними хімічними компонентами, які у 2020 році надійшли в атмосферне повітря від стаціонарних джерел є речовини у вигляді суспендованих твердих часток – 248,9 тис. т (11,1% від загального обсягу забруднюючих речовин), діоксид та інші сполуки сірки – 782,1 тис. т (34,9 %), метан – 429,1 тис. т (19,1%) та інші.

Основними токсичними інгредієнтами, якими забруднювалось повітря під час експлуатації пересувних джерел забруднення, були: оксид вуглецю (76,3 % або 1358,4 тис.т), діоксид азоту (10,6% або 189,9 тис.т), неметанові леткі органічні сполуки (9,8% або 175,3 тис.т), сажа (1,5% або 27,7 тис.т), діоксид сірки (1,1%, або 20,8 тис. т).

Антропогенне і техногенне навантаження на атмосферне повітря в Україні у кілька разів перевищує відповідні показники у розвинутих країнах світу. Основними забруднювачами атмосферного повітря залишаються підприємства добувної і переробної промисловості, постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря, викиди забруднюючих речовин яких складають понад 90% від загального обсягу викидів в атмосферне повітря в Україні.

У розрізі видів економічної діяльності найбільша частка викидів забруднюючих речовин – 38,8% припадає на переробну промисловість.

Другим за обсягами забруднювачем є постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря – 37,9% викидів. Зокрема, частка металургії в загальному обсязі викидів по країні становить 32,6%. У свою чергу, на добувну промисловість і розроблення кар'єрів припадає 16,3% від загальних викидів в атмосферу.

3.2. СТАН АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ЗАКАРПАТТЯ: ГОЛОВНІ ЗАГРОЗИ ЗАБРУДНЕННЯ ТА ПРОБЛЕМИ ЗБЕРЕЖЕННЯ

Протягом 2020 року відбулося незначне зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення. Обсяги забруднюючих речовин, які надійшли у повітряний басейн у 2020 році від стаціонарних джерел забруднення, за даними Головного управління статистики, зменшились в порівнянні з 2019 роком на 10,8% і складають 3,3 тис. т. проти 3,7 тис. т. у 2019 році. Із загальної кількості викидів забруднюючих речовин 28,9% складають речовини, що належать до парникових газів, зокрема, метан. Крім того, 0,2 млн.т становлять обсяги викидів діоксиду вуглецю.

Із загального обсягу викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря найбільше забруднень припадає на:

Райони та міста з найбільш забрудненим повітрям		Райони та міста з найбільш чистим повітрям	
Ужгородський	40,51%	Тячівський	1,16%
Воловецький	12,35%	Рахівський	0,93%
Свалявський	8,92%	Мукачівський	0,65%
Перечинський	7,23%	м. Хуст	0,58%
м. Мукачево	6,39%	Іршавський	0,47%
Міжгірський	4,90%	Виноградівський	0,33%
Хустський	4,72%	Берегівський	0,14%
м. Берегово	4,54%	м. Чоп	0,05%
м. Ужгород	3,53%	Великобerezнянський	1,16%

В середньому по області одним підприємством у 2020 році було викинуто в атмосферу 19,8 т забруднюючих речовин.

Зменшення обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря відбулось за рахунок основних забруднювачів атмосферного повітря в регіоні, таких як, АТ «Закарпатгаз» та магістральних газопроводів Закарпатського обласного лінійного виробничого управління магістральних газопроводів, конкретніше ці обсяги прямо пропорційно залежать від кількості об'ємів перекачаного цими підприємствами газу.

Об'єми викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел забруднення на одну людину порівняно з 2019 роком зменшились (з 3,0 кг до 2,6 кг).

Головними причинами забруднення атмосферного повітря є кількість перекачаного газу, застаріле технічне обладнання, профі-

лактичні ремонтні роботи на компресорних станціях. Неефективна робота застарілого газоочисного обладнання спостерігається на асфальтобетонних заводах Закарпатського облавтодору, потужних котельнях Мукачівських, Берегівських, Виноградівських, Хустських тепломереж. Також погано оснащені золоуловлювачами котельні Мінтранспорту і зв'язку України.

Головним забруднювачем атмосферного повітря Закарпатської області залишається автотранспорт, викиди якого складають понад 90 % від загального обсягу викидів. За останні роки значно виросла кількість автомобільного транспорту, відмічається ріст кількості автозаправних станцій, що є вагомим джерелом у забрудненні атмосферного повітря.

Серед підприємств, які здійснюють найбільші викиди в атмосферне повітря в регіоні залишаються АТ «Закарпатгаз» та магістральні газопроводи Закарпатського лінійного виробничого управління, частка викидів від яких в загальному обсязі складає 68,1% або 2,3 тис. т. Отже, зменшення обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря залежить саме від цих підприємств, конкретніше від кількості об'ємів перекачаного цими підприємствами газу та профілактичними ремонтними роботами на компресорних станціях.

Список використаних джерел:

1. Бойчук Ю.Д., Солошенко Е. М. Екологія і охорона навколишнього середовища. – К.: Видавничий дім «Княгиня Ольга», 2005. – 302 с.
2. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: Навч. посібник. — К.: Знання, КОО., 2004. – 309 с
3. Клименко В.Г., Цигічко О.Ю. Забруднення атмосферного повітря: Методична розробка для студентів-географів. ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2010. – 26 с.
4. Малимон С.С. Основи екології: Підручник: Вінниця: Нова Книга, 2009. – 240 с.
5. Мусієнко М.М. Серебряков В.В., Брайон О.В. Екологія. Охорона природи: Словник-довідник. К.: Т-во «Знання», КОО, 2002. – 550 с.
6. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища України у 2020 році. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/news/38840.html>.
7. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища Закарпатської області за 2020 рік. – [Електронний ресурс], 2021. – Режим доступу: https://ecozaikarp.gov.ua/wp-content/nd/Zakarp_reg_dop_2020.pdf.
8. Яцентюк Ю.В. Геоекологія: Навчальний посібник. – Вінниця: Едельвейс, 2007. – 396 с.
9. Запахло смаленим: як війна впливає на стан повітря в Україні. [Електронний ресурс], 2022. – Режим доступу: <https://kunsht.com.ua/zapaxlo-smalenim-yak-vijna-vplivaye-na-stan-povitrya-v-ukra%D1%97ni/>

Розділ 4.

ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗАКАРПАТТЯ

(Вакерич М.)

4.1. ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ, НАЦІОНАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЇХНЬОГО ЗБЕРЕЖЕННЯ

Вода є однією з найпоширеніших речовин на планеті Земля. Загальна кількість води на Землі становить близько 1,5 млрд. км³, а її вага дорівнює $1,5 \times 10^{18}$ т. На кожну людину в середньому припадає 1/5 км³ води, або по 200 млн. т! Однак 96,5% усієї води планети – це солоні води Світового океану, 3,5% становлять води суходолу (річки, озера, болота, підземні води, льодовики, багаторічна мерзлота). Усі ці водні об'єкти мають певні типові властивості і в сукупності складають єдину безперервну водну оболонку земної кулі – гідросферу.

Отже, гідросфера – водна оболонка Землі, тобто вода у всіх її можливих агрегатних станах. Гідросфера включає в себе сукупність усіх водних об'єктів земної кулі: океанів, морів, річок, озер, водосховищ, боліт, підземних вод, льодовиків і снігового покриву.

Водні ресурси – це стратегічний, життєво важливий природний ресурс, що має особливе значення. Вони є національним багатством кожної країни, однією з природних основ її економічного розвитку; забезпечують усі сфери життя і господарської діяльності людини, визначають можливості розвитку промисловості й агропромислового комплексу, розміщення населених пунктів, організації відпочинку й оздоровлення людей. Вода – основа життя на нашій планеті. Понад 20% її зосереджено під землею і лише 1% циркулює в ріках, озерах, болотах та атмосфері. У ґрунті частка води становить не менше 20%, у рослинах та організмах тварин – до 50%. Людина на 70% складається з води: 99% її у склоподібному тілі ока, 83 – у крові, 75 – у мозку та м'язах, 22 – у скелеті, 0,2% – в зубній емалі. Із загальної кількості води 97,5% припадає на солону воду Світового океану. Придатною для використання людиною є дещо більше як 2% всієї води, або близько 39500 км³. Із зазначеного об'єму води 69% припадає на воду у вигляді снігу і льоду Антарктики й Гренландії, близько 30 % – на підземні

води і лише 0,12% – на поверхневі води річок і озер. Придатною для безпосереднього використання є близько 9000 км³, споживається біля 4000 км³. Якщо розглянути потреби води за частинами світу, то найбільшу кількість її споживають в Азії – 55% всієї води, в Північній Америці – 19, Європі – 9,2, Африці – 4,7, Південній Америці – 3,3, решта території – 8,8%. За секторами економіки сільське господарство використовує 70% води, промисловість – 22, на домашнє господарство припадає 8%. Середньосвітовий річний забір води з річок і підземних джерел становить 600 м³ на людину, з яких 50 м³ – питна вода, тобто 137 л на одну людину в день. У Північній Америці та Японії споживання води в день становить 600 л, Європі – 250-350, у країнах поблизу Сахари – 10-20 літрів.

Водні ресурси України складаються зі стоку річок та прісних підземних вод. Ресурси місцевого річкового стоку, тобто стоку, що формується у річковій мережі на території країни, у середній за водністю рік становлять 52,4 млрд. м³, а в дуже маловодний рік 95%-ої забезпеченості – 29,7 млрд. м³. Приплив із сусідніх територій річкового стоку в такі роки становить відповідно 157,4 і 121,7 млрд. м³, з яких 122,7 і 95,5 млрд. м³ надходять Кілійським рукавом р. Дунай. Сумарні водні ресурси річкового стоку в середній за водністю рік становлять 209,8 млрд. м³, а в дуже маловодний рік – 151,4 млрд. м³. Доступні для широкого використання водні ресурси формуються, в основному, в басейнах Дніпра, Дністра, Сіверського Дінця, Південного та Західного Бугу, а також малих річок Приазов'я та Причорномор'я. Озера на території України займають 0,3% території країни. Великі озера розташовані у пониззях Дунаю та на узбережжі Чорного моря (Сасик, Ялпуг, Катлабуг, Кагул, Китай); у басейні Західного Бугу – Світязь, з гірських озер найбільше – Синевир (рис. 4.1.1.). За наближеними оцінками, об'єм води у прісних озерах досягає 2,3 млрд. м³. Прісні озера використовуються для місцевого водопостачання, зрошення, розведення риби, водоплавної птиці та цінних хутрових звірів, а також як акумулятори прісної води.

За багаторічними спостереженнями в середній за водністю рік потенційні ресурси річкових вод в Україні становлять 88 млрд. м³ (без стоку р. Дунай), з яких лише 52 млрд. м³ формуються у межах України. У маловодний рік ці запаси є значно меншими й становлять 56 млрд. м³ і 32 млрд. м³ відповідно. У більшості регіонів України транзитний стік перевищує місцевий. Найбільшу кількість водних ресурсів (58%) зосереджено в річках басейну Дунаю у прикордонних районах України. Найменш забезпечені водними ресурсами Донбас, Криворіжжя, Крим та інші південні регіони України, де зосереджено найбільші споживачі води. Проблема забезпечення водними ресурсами в Україні є особливо гострою, оскільки за запасами води, що

формується на території країни та є доступними для використання, вона є однією з найменш забезпечених країн Європи. Мінімальний рівень водозабезпеченості, визначений ООН, становить 1,7 тис. м³ на рік на 1 людину. В Україні цей показник становить лише 1,0 тис. м³. За міжнародною класифікацією, лише Закарпатська область належить до середньозабезпечених місцевим стоком регіону (6,3 тис. м³ на 1 людину). Низька забезпеченість у Чернігівській, Житомирській, Волинській та Івано-Франківській областях (3,3–2,0 тис. м³), в інших областях – дуже низька й надзвичайно низька (1,98–0,12 тис. м³ на 1 людину). Враховуючи різні природно-кліматичні умови регіонів України, проблема їх водозабезпечення вирішується Держводагентством України за рахунок територіального та сезонного перерозподілу водних ресурсів. У забезпеченні маловодних регіонів водними ресурсами значну роль відіграють великі державні магістральні канали комплексного призначення, якими щороку подається близько 3 млрд. м³ води. З метою забезпечення населення та галузей економіки необхідною кількістю води в Україні збудовано 1103 водосховища із загальним об'ємом понад 55 млрд. м³ та близько 49 тис. ставків, 7 великих каналів довжиною 1021 км та 10 водоводів великого діаметра, якими вода надходить у маловодні регіони України.



Рис. 4.1.1. Найбільше гірське озеро України – Синевир
(Закарпатська область)

Найбільшу кількість водних ресурсів (58%) зосереджено в річках басейну Дунаю у прикордонних районах України, де потреба у воді не перевищує 5% від її загальних запасів. Найменш забезпеченими водними ресурсами є Донбас, Криворіжжя, Крим та південні області України, де є найбільші споживачі води. В останні роки внаслідок глобальної зміни клімату щодо накопичення поверхневих водних ресурсів, починаючи з 2015 року простежуються ознаки маловоддя. Наприклад, гідрологічна ситуація на річках України у літній період 2016 року характеризувалася як несприятлива, внаслідок низьких межених рівнів води та локальних (короткочасних) зливових опадів, що спричинили негативні наслідки на водних об'єктах.

Поверхневі прісні водні об'єкти України розташовано на площі 24,1 тис. км² або на 4,0% загальної території (603,7 тис. км²) нашої держави. До цих об'єктів належать річки, озера, водосховища, ставки, канали тощо. Найважливіші водні об'єкти України це річки. В Україні є 63119 річок, з них великих (площа водозбору більше ніж 50 тис. км²) – 9, середніх (від 2 до 50 тис. км²) – 81 і малих (менше ніж 2 тис. км²) – 63029. Загальна довжина річок становить 206,4 тис. км, з них 90 % припадає на малі річки. До великих річок належать Дунай, Дніпро, Дністер, Тиса, Південний Буг, Прип'ять, Десна, Сіверський Донець, Західний Буг. Більшість річок знаходиться у басейнах Чорного та Азовського морів і лише 4,4% – у басейн Балтійського моря. Найбільша кількість річок знаходиться у басейні Дніпра – 27,7%, Дунаю – 26,3%, Дністра – 23,7% і Південного Бугу – 9,3%. Річок довжиною понад 10 км є 3,3 тисячі; загальна довжина їх – 94,4 тис. км. Середня густота річкової мережі становить 0,34 км/км². Найбільша густота річкової мережі – у Карпатах, тут вона досягає 2,0 км/км². Значним цей показник є також у Кримських горах, насамперед, на Південному березі Криму. Найменша густота річок – у Херсонській області, де значні площі є безстічними. Серед усіх річок України найбільшу водозбірну площу має Дніпро – 504 тис. км². За цією характеристикою річка посідає третє місце в Європі. Серед річок, що мають дуже велику площу водозбору, виділяється Дунай – 817 тис. км². Найбільша українська частина водозбору річки Тиса має площу 12,8 тис. км². За багаторічними спостереженнями потенційні ресурси річкових вод України становлять 209,8 км³ (разом з р. Дунай), з яких лише 25% формуються у межах України, решта надходить із Російської Федерації, Республіки Білорусь, Румунії.

За результатами регіональної оцінки, здійсненої у 1975 – 1980 роках, прогнозні ресурси підземних вод України становлять 61689,2 тис. м³/добу, з яких з мінералізацією до 1500 мг/дм³ – 57499,9 тис. м³/добу. Розподілені прогнозні ресурси підземних вод за регіонами не-

рівномірно, що зумовлено відмінністю геолого-структурних та фізико-географічних умов різних регіонів України. Переважаючу частину прогнозних ресурсів зосереджено у північних та західних областях України, ресурси південного регіону обмежені. Найбільшу кількість прогнозних ресурсів підземних вод зосереджено в Чернігівській області – 8326,7 тис. м³/добу, найменша – у Кіровоградській (404,6 тис. м³/добу), Чернівецькій (405,3 тис. м³/добу) і Миколаївській (441,6 тис. м³/добу) областях.

Підземні води становлять 13,8% у загальному водоспоживанні держави. Вони визначають забезпечення водою питної якості населення міст і селищ міського типу в Луганській, Львівській, Волинській, Закарпатській, Житомирській, Кіровоградській, Рівненській, Полтавській, Сумській, Тернопільській, Херсонській, Хмельницькій, Чернівецькій, Чернігівській областях та Автономній Республіці Крим, де використання підземних вод для цих потреб досягає 30–70%. На використанні вод із підземних джерел базується також сільськогосподарське водопостачання. Головним чином підземні води використовуються для господарсько-питного водопостачання, сільського господарства та виробничо-технічних цілей. Сільськогосподарське водопостачання практично повсюди в локальних системах здійснюється за рахунок ресурсів підземних вод.

4.2. ВОДНІ РЕСУРСИ ЗАКАРПАТТЯ: ГОЛОВНІ ЗАГРОЗИ ЗАБРУДНЕННЯ ТА ПРОБЛЕМИ ЗБЕРЕЖЕННЯ

Водні ресурси Закарпатської області формуються за рахунок поверхневого стоку річок басейну ріки Тиса (рис. 4.2.1), місцевого річкового стоку, що утворюється в межах області, транзитного річкового стоку, що утворюється на території Румунії, Угорщини та Словаччини, а також експлуатаційних запасів підземних вод. Річки Закарпатської області в географічному плані розміщені і належать до басейну одного із найбільших приток ріки Дунай – річки Тиса, яка є основною водною артерією області. Загальна протяжність річки Тиса – 967 км, з них в межах України – 262 км. Всі річки беруть свій початок у високогірній частині Карпат. Територія області перерізана густою річковою мережею, і її середня густина складає 1,7 км/кв. км. Всього в області протікає 9426 рік, сумарною довжиною 19723 км. Загальна довжина 155 річок, кожна з яких довша 10 км, становить 3,43 тис. км. З них ріки Тиса, Боржава, Латориця та Уж мають довжину понад 100 км кожна. Загальна протяжність річки Тиса – 967 км, з них в межах України – 262 км.



Рис. 4.2.1. Схема басейну річки Тиса (<https://buvrtytsa.gov.ua/newsite/>)

Поверхневий стік на території області формують правобережні притоки р. Тиса – ріки Тересва, Тересбля, Ріка, Боржава, що впадають в р. Тиса та ріки Уж і Латориця, які впадають в ріки Лаборець і Бодрог на території Словаччини. Озера в басейні Тиси, як правило, льодяникового походження. Деякі з них утворились в результаті гірських обвалів або мають вулканічне походження. Найбільшим озеро є Синевир, розміщене у верхів'ях ріки Тересбля на висоті 989 м над рівнем моря. Площа його водного дзеркала біля 7 га, середня глибина 16-17 м.

Сільськогосподарське водопостачання, за винятком невеликої кількості водозаборів із гірських потоків, базується переважно на підземних водах. Закарпаття – найбільш зволожена область України. Всі розвідані або діючі водозабори підземних вод в області є інфільтраційними, тому якість видобутої з них води повністю залежить від характеристик поверхневого стоку і потребує особливого захисту. В цілому питних підземних вод достатньо для задоволення потреб населення в питній воді, але вони поширені дуже нерівномірно. Загальна сума розрахованих експлуатаційних запасів і прогнозних ресурсів підземних вод у Закарпатській області складає 1125,11 тис.м³/добу.

В рівнинній частині області ресурси підземних вод значно перевищують обсяги їх можливого використання. В гірській частині Закарпаття, особливо на територіях з водонепроникними флішовими породами, ресурси питних підземних вод незначні. У зв'язку з цим перспективним для централізованого забезпечення населення якіс-

ною водою є гірські потічки на залісених ділянках за межами населених пунктів.

Найбільшими споживачами води є підприємства житлово-комунального господарства області (41,41% від загального використання води в області) та сільського господарства (40,31% від загального водоспоживання). Щодо повного водоспоживання за обсягом використання свіжої води найменшим водокористувачем області є промисловість, на яку припадає 4,88% загального об'єму. Це пояснюється суттєвим скороченням промислового виробництва в області. У галузі агропромислового комплексу області водні ресурси використовуються у двох основних напрямках: сільськогосподарське водопостачання та рибне господарство. Технічний стан систем сільськогосподарського водопостачання в цілому перебуває на незадовільному рівні. Значна кількість існуючих водопроводів побудована без проектів або з великими відхиленнями від них. Велика частина мереж за своїм технічним станом вимагає заміни, потребують модернізації споруди. З погляду санітарно-гігієнічної надійності більшість сільських водопроводів не відповідають нормативним вимогам.

Забруднення водних об'єктів. Основними причинами забруднення *поверхневих вод* є скиди неочищених та недостатньо очищених комунально-побутових і промислових стічних вод у водні об'єкти та через систему міської каналізації; надходження до водних об'єктів забруднюючих речовин у процесі поверхневого стоку води із забудованих територій і сільгоспутідь, а також ерозія ґрунтів на водозабірній площі.

Для переважної більшості підприємств промисловості та комунального господарства скиди забруднюючих речовин істотно перевищують встановлений рівень гранично допустимих скидів. Очисні споруди є технічно застарілими, часто працюють зі значним перевантаженням та аваріями, а подекуди у селищах із централізованим водопостачанням та селищах міського типу їх зовсім немає або вони є примітивними полями фільтрації, часто перевантаженими.

За результатами узагальнення даних державного обліку водокористування у 2016 році в поверхневі водні об'єкти скинуто 5399 млн. м³ стічних вод, у тому числі: підприємствами промисловості – 3444 млн. м³, житлово-комунальної галузі – 1551 млн. м³ та підприємствами сільського господарства – 336 млн. м³.

Із загального обсягу скинутих у водні об'єкти стічних вод забруднені становлять 698,3 млн. м³ (13%), нормативно-очищені – 1381 млн. м³ (25%), нормативно-чисті без очищення – 3120 млн. м³ (58%) та шахтно-кар'єрні води, що не категоруються – 199,7 млн. м³ (4%).

Всього підприємств, що забруднюють водні об'єкти – 558.

Наприклад, в літній період 2016 року нараховувалося 16 випадків забруднення річок, що призвели до негативних наслідків (загибелі водних живих ресурсів та погіршення екологічного стану).

На якість поверхневих вод негативно впливає також скид шахтно-кар'єрних вод, що практично без очищення скидаються у поверхневі водні об'єкти в об'ємі 295,3 млн. м³.

Разом зі стічними водами до поверхневих водних об'єктів у 2016 році скинуто 22,67 тис. т завислих речовин, 275,2 т нафтопродуктів, 5,6 тис. т азоту амонійного, 45,4 тис. т нітратів, 1,55 тис. т нітритів, 238,2 т СПАР, 431,1 т заліза, 4541 т фосфатів тощо. Крім того, сумарний показник ХСК становив 73,01 тис. т і БСК – 16,8 тис. т.

Головними чинниками забруднення *ґрунтових вод* на більшій частині території України є комунальні стоки, стоки тваринницьких комплексів, мінеральні добрива, продукти сільгоспхімії, свинець, марганець, нафтопродукти. Забруднення міжпластових підземних вод має локальний характер, залежить від техногенного навантаження на геологічне середовище та захищеності підземних вод. Ділянки забруднення напірних підземних вод знаходяться, переважно, у зоні впливу поверхневого комплексу утилізації дренажних вод гірничо-видобувних робіт, невпорядкованих складів зберігання промислових відходів, мінеральних добрив та отрутохімікатів, тваринницьких комплексів, нафтопереробних заводів та інших локальних об'єктів, що впливають на стан підземних вод.

Внаслідок концентрації місць захоронення відходів, обумовленої концентрацією промисловості та населення, спостерігається осередковий розвиток промислового забруднення підземних вод (промислова зона Донбасу, Західного Донбасу та Кривбасу – Луганська, Донецька, Дніпропетровська та Запорізька області). Використання мінеральних та органічних добрив і пестицидів під час освоєння сільськогосподарських угідь у південних областях України також призводить до погіршення якості підземних вод, але цей процес є менш інтенсивним та має регіональний характер (Херсонська, Миколаївська, Одеська, Полтавська області). Отже, значне техногенне навантаження на територію призвело до формування стійких осередків забруднення підземних вод. На території України станом на 1 січня 2017 року кількість облікованих площинних осередків забруднення підземних вод залишилась без змін й становила 200, локальних – 262. Підземні води у зоні впливу основних осередків забруднено хлоридами, сульфатами, нітратами, аміаком, роданідами, фенолами, нафтопродуктами, марганцем, свинцем, стронцієм у кількостях, що в окремих випадках, у декілька разів перевищували норми гранично-допустимої концентрації.

В Закарпатській області спорудами механічної очистки обладнані більшість підприємства харчової промисловості (переробка овочів та фруктів). Є підприємства, які обладнані очисними спорудами механічної та біологічної очистки, але скидів зворотних вод безпосередньо у поверхневі водойми не здійснюють. Всі автозаправні станції на території Закарпатської області обладнані очисними спорудами забруднених дощових стоків (брудовідстійниками та бензомаслоуловлювачами). На території частини АЗС встановлені також очисні споруди глибокої біологічної очистки господарсько-побутових стічних вод.

У 2020 році в поверхневі водойми області скинуто 3,259 млн. м³ недостатньо очищених та 0,273 млн. м³ неочищених стічних вод. Загальний об'єм скинутих у поверхневі водойми забруднених стічних вод становить 3,532 млн. м³, що на 25,54% більше в порівнянні з 2019 роком. Частка забруднених (недостатньо очищених та неочищених) стічних вод в загальному скиді складає 9,26%.

За даними Департаменту екології та природних ресурсів Закарпатської ОДА сумарні обсяги скинутих забруднюючих речовин із зворотними водами у поверхневі водні об'єкти в період з 2018 по 2020 роки збільшився з 18,345 до 21,753 тисяч тон (таблиця 4.2.1).

Таблиця 4.2.1.

**Скидання забруднюючих речовин зі зворотними водами
у поверхневі водні об'єкти**

Скидання забруднюючих речовин за регіоном	2018 рік	2019 рік	2020 рік
	Обсяг забруднюючих речовин, тис. т	Обсяг забруднюючих речовин, тис. т	Обсяг забруднюючих речовин, тис. т
азот амонійний	0,088	0,101	0,101
БСК5	0,468	0,620	0,613
завислі речовини	0,466	0,462	0,475
нітрати	0,236	0,188	0,233
нітрити	0,015	0,019	0,018
сульфати	1,916	1,655	1,837
мінералізація	11,96	11,75	13,195
хлориди	1,604	2,593	2,215
ХСК	1,484	1,392	1,380
залізо	0,009	0,824	0,723
нафтопродукти	0	0,008	0,004
СПАР	0,009	0,889	0,857
фосфати	0,068	0,072	0,084
фосфор загальний	0,022	0,017	0,018
скинуто забруднюючих речовин, всього	18,345	20,59	21,753

Найбільшими забруднювачами поверхневих водойм і надалі залишаються об'єкти житлово-комунальних підприємств області

(табл. 4.2.2). Із існуючих каналізаційних очисних споруд комунальних підприємств 93% потребують реконструкції, збільшення пропускної спроможності та впровадження нових технологій очищення стічних вод. Протягом 2019 року на території області надзвичайні ситуації, що призвели б до забруднення поверхневих водоем басейну р. Тиси не спостерігалися.

Таблиця 4.2.2.

Скидання зворотних вод та забруднюючих речовин основними водокористувачами - забруднювачами поверхневих водних об'єктів

Назва водокористувача-забруднювача	Найвищість, потужність (м³/добу), ефективність використання (використання потужності) очисних споруд	2018 рік			2019 рік			2020 рік		
		об'єм скидання зворотних вод, млн. м³	У тому числі об'єм скидання забруднених (без очищення) та недостатньо очищених зворотних вод, млн. м³	Кількість забруднюючих речовин, що скидаються разом із зворотними водами, т	об'єм скидання зворотних вод, млн. м³	У тому числі об'єм скидання забруднених (без очищення) та недостатньо очищених зворотних вод, млн. м³	Кількість забруднюючих речовин, що скидаються із зворотними водами, т	об'єм скидання зворотних вод, млн. м³	У тому числі об'єм скидання забруднених (без очищення) та недостатньо очищених зворотних вод, млн. м³	Кількість забруднюючих речовин, що скидаються із зворотними водами, т
Водоканал м. Ужгорода	50000	19,38	1,128	10630	18,54	0,292	10469	19,331	1,031	11039
ТОВ "Водоканал Карпатвіз"	5280	0,458	0,362	427	0,519	0,367	577	0,539	0,367	470
ММКП Мукачів-водоканал	16000	7,900	0,165	3318	7,870	0,165	4614	7,720	0,169	4760
КП Чопської міської ради "Водоканал Чоп"	2250	0,245	0,245	198	0,223	0,223	284	0,223	0,223	309
КП Рахівтепло, м. Рахів	10800	0,218	0,218	120	0,197	0,197	157	0,154	0,154	297
ВУЖКГ, м. Виноградів	5500	0,589	0,589	435	0,526	0,526	363	0,525	0,525	516
ВУЖКГ, м. Тячів	1800	0,085	0,085	12	0,085	0,085	11	0,080	0,080	119
КПВ смт Солотвино	2500	0,062	0,062	38	0,059	0,059	35	0,049	0,049	36
КП "Комунальник", м. Перечин	1200	0,167	0,167	78	0,177	0,177	33	0,164	0,164	152
ВУЖКГ, смт Міжгір'я	80	0,118	0,118	64	0,122	0,122	76	0,110	0,110	81
ВУЖКГ, м. Хуст	3490	0,544	0,216	432	0,536	0,219	462	0,544	0,544	287
КП "ВС "Водоканалсервіс"	200	0,071	0,024	33	0,063	0,063	20	0,059	0,015	34

Шляхи вирішення водогосподарських проблем України

Вирішення водогосподарсько-екологічних проблем в Україні є пріоритетним напрямом державної політики у сфері використання, охорони та відтворення водних ресурсів і має здійснюватися такими 5 шляхами, а саме:

– охорона поверхневих і підземних вод від забруднення – має стратегічною метою досягнення екологічно безпечного використан-

ня водних ресурсів. Це гарантуватиме екологічну безпеку водних об'єктів, урівноважить шкідливий вплив на водні ресурси та забезпечить їх здатність до самоочищення й самовідновлення.

– екологічно безпечне використання водних ресурсів – має стратегічною метою забезпечення в процесі використання водних ресурсів пріоритету природоохоронних функцій над господарським використанням поверхневих і підземних вод, впровадження водозберігаючих технологій в усіх галузях економіки.

– відродження та підтримання сприятливого гідрологічного стану річок та заходи з протидії шкідливої дії вод (замулення, абразія берегів) – має стратегічною метою поліпшення загального екологічного стану водних об'єктів на основі басейнового підходу, що забезпечить стійке функціонування природних екосистем і гармонійний розвиток господарських комплексів.

– удосконалення системи управління охороною вод та використанням водних ресурсів – має на меті впровадження принципів поліпшення екологічного стану водних об'єктів на основі басейнового підходу, на засадах якого розроблятимуться та впроваджуватимуться водоохоронні програми регіонів, областей, окремих населених пунктів.

– зменшення впливу радіоактивного забруднення.

Першочерговими заходами є впровадження та функціонування басейнового принципу управління водними ресурсами, що на сьогодні є єдиним правильним з теоретичної, методологічної та практичної точок зору. Для цього необхідно:

1. Невідкладно відновити екологічні паспорти підприємств.
2. Здійснити паспортизацію річок на якісно новій методологічній базі, розпочавши з найбільш антропогенно перевантажених.
3. Здійснити інвентаризацію водосховищ та ставків, оскільки за регульованість стоку річок перевищила верхні екологічно допустимі й економічно доцільні межі, що значно погіршило екологічний стан водних екосистем.
4. Організувати екологічну оцінку поверхневих вод з урахуванням гідрохімічних, токсикологічних, бактеріологічних, радіологічних показників – лише тоді можна отримати інформацію щодо дійсного екологічний стан водних ресурсів.
5. Здійснити водогосподарсько-екологічне районування басейнів річок і на його основі встановити пріоритетність інвестицій у водоохоронні заходи.
6. Встановити диференційовану плату за використання водних ресурсів залежно від водозабезпечення регіону та якості води.
7. На всіх транскордонних річках встановити станції спостереження за якісними показниками водних ресурсів.

8. Розробити Плани управління річковими басейнами.

Для оцінки антропогенного навантаження на водні екосистеми, рівня раціональності водокористування басейну ріки, системи управління водокористування доцільно мати на увазі такі показники:

- водозабезпечення вважається задовільним для існування екосистем за умов споживання менше 10% річкового стоку;
- у разі використання 20% стоку виникає потреба обмежити водокористування та здійснити заходи із регулювання стоку;
- якщо використання перевищує 20% стоку, водний об'єкт не здатний забезпечити вимоги водокористувачів і соціально-економічний розвиток регіону;
- критичною межею, що призводять до докорінного порушення стану водних систем, є 70%.

Ці обмеження є особливо актуальними для малих річок, враховуючи те, що у разі збільшення безповоротного споживання помітно зменшується здатність водотоку до саморегуляції та порушуються природні взаємозв'язки екосистеми малої річки.

Критична ситуація з водними ресурсами настає тоді, коли об'єм річкового стоку не забезпечує принаймі 10-кратного розбавлення забруднених стоків.

Досліджуючи екологічний стан водних об'єктів та вплив антропогенного навантаження на водні екосистеми необхідно спиратися на вихідну інформацію щодо:

- забруднення поверхневих вод точковими водокористувачами-забруднювачами та рівень ефективності технологій, що застосовуються на їх підприємствах;
- забруднення сільськогосподарською галуззю, через площинне забруднення вод ґрунтом, що змивається з полів;
- рівень організації моніторингу якості поверхневих вод басейну;
- технічний стан очисних споруд каналізації та наявність власних очисних споруд в населених пунктах;
- дотримання режиму водоохоронних зон і прибережних захисних смуг;
- масштаби підтоплення населених пунктів і сільгоспугідь;
- рівень паспортизації водних об'єктів;
- наявність екологічно небезпечних об'єктів у басейні;
- вплив енергокомплексів на навколишнє природне середовище;
- стан природної структури ландшафтів річкового басейну;
- площа розораності території басейну;
- спрямування господарської діяльності на території басейну;
- наявні проблеми збереження біологічного та ландшафтного різноманіття та формування екомережі в басейні річки;

- обґрунтованість заходів із залісеності території з огляду на їх фізико-географічне розташування.

Державна політика у сфері водного господарства має забезпечити: реалізацію прав нинішнього й майбутніх поколінь на користування екологічно повноцінним водноресурсним потенціалом; збалансованість потреб економічного та соціального розвитку й можливостей відтворення екологічно повноцінних водних ресурсів.

Досягнення екологічної безпеки України, її збалансованого розвитку залежить значною мірою від стану водних ресурсів.

Основними напрямками реалізації державної водної політики є такі:

- створення умов для безперебійного задоволення господарсько-питних потреб громадян України в межах санітарно-гігієнічних норм;
- захист населення та виробничо-господарського комплексу від шкідливої дії повеней, паводків, водної ерозії, підтоплення, засух тощо;
- регулювання господарської діяльності для досягнення балансу між потребами економічного розвитку й можливостями відтворення екологічно повноцінних водних ресурсів;
- поетапне відновлення порушених водних екосистем, передусім їх самоочисну спроможність.

Заходи щодо покращення стану водних об'єктів в Закарпатській області. З метою вирішення екологічних проблем, забезпечення збалансованого економічного і соціального розвитку території, ефективного використання природних ресурсів області в 2020 році реалізовувалась Програма охорони навколишнього природного середовища Закарпатської області на 2019-2020 роки затверджена рішенням обласної ради 13.12.2018 №1335 (із змінами). Фінансування природоохоронних заходів проводилось за рахунок коштів обласного фонду охорони навколишнього природного середовища обласного бюджету.

Основні заходи, що покращать ситуацію в галузі:

- будівництво очисних споруд для стічних вод житлово-комунального сектору;
- реконструкція діючих очисних споруд стічних вод житлово-комунального сектору;
- будівництво каналізаційних споруд і мереж;
- реконструкція діючих каналізаційних споруд і мереж.

Вирішення проблеми очистки стічних вод та припинення забруднення водних об'єктів можливо при достатній фінансовій підтримці існуючих природоохоронних програм на національному, регіональному та місцевому рівнях.

Розділ 5.

ПРОБЛЕМИ ЗАБРУДНЕННЯ ГРУНТІВ ЗАКАРПАТТЯ

(Гасинець Я.)

5.1. ДЖЕРЕЛА ЗАБРУДНЕННЯ ТА ТИПИ ДЕГРАДАЦІЇ ҐРУНТІВ, НАЦІОНАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЇХНЬОГО ЗБЕРЕЖЕННЯ

Ґрунт є важливим природним ресурсом та невід’ємним елементом екосистем, а також має важливе значення для виробництва необхідної для людини продукції, насамперед харчів. Саме тому, ґрунт через екосистемні послуги є глобальним чинником регуляції клімату планети і глобальних природних ресурсів (Позняк, 2017).

На жаль, забруднення та деградація неминуче супроводжують людство упродовж всього історичного розвитку.

Забруднення ґрунтів – надходження фізичних агентів, хімічних речовин й організмів, що змінюють властивості ґрунтів і порушують їхні функції.

Забруднення, яке є однією з причин втрат і деградації ґрунтів, можна поділити на:

- техногенне, пов’язане з діяльністю промислових підприємств, транспорту;
- агрогенне, пов’язане з сільськогосподарським використанням земель (внесенням добрив, пестицидів, хімічних меліорантів та ін.).

Види забруднень ґрунтів:

- **хімічне** може відбуватись:
 - свідомо – в ґрунт цілеспрямовано вносять хімічні речовини, найчастіше в сільському та лісовому господарствах: пестициди, мінеральні добрива, стимулятори росту рослин та ін. Внесення цих речовин у ґрунт є керованим процесом і вони небезпечні лише за надмірного надходження в ґрунт, коли не дотримуються агрохімічних та гігієнічних регламентів застосування;

- ненавмисно – речовини надходять разом із побутовими та промисловими стічними водами й твердими відходами, атмосферними

викидами промислових підприємств, вихлопними газами автотранспорту.

Відповідно до цього здебільшого з територіальної точки зору різними можуть бути і радіус дії, і інтенсивність забруднення.

Виходячи з агрегатного стану (газоподібного, рідкого, твердого) та способу дії забруднювачів, спрощено їх можна поділити на такі групи:

- гази (особливо сірковмісні промислові викиди, галогеніди та оксиди Нітрогену);
- пил (зола, вапняний пил, частинки, що містять важкі метали, особливо промислові викиди);
- солі (перенесені повітрям і водою, особливо при посипанні взимку вулиць для видалення льоду або при видобуванні та переробці солі);
- агрохімікати (засоби захисту рослин, добрива);
- органічні гази та рідини (насамперед продукти викопних видів палива);
- радіоактивні опади (переважно при забрудненні ними повітря).

Зміна хімічних параметрів ґрунту позначається через короткий або тривалий період на зростанні та продуктивності окремих видів, їхніх популяцій або призводить до більш-менш сильних порушень структури фітоценозів і навіть до розвитку сукцесії.

- **біологічне** – забруднення ґрунтів чужорідними мікроорганізмами внаслідок попадання в ґрунт побутових та сільськогосподарських відходів, а також за рахунок аерозолів мікробіологічних виробництв. Із побутовими відходами у ґрунт можуть потрапляти потенційно небезпечні мікроорганізми (патогенні та токсикогенні), здатні викликати кишкові інфекції та харчові отруєння у людини, епідемічні захворювання у тварин, токсикози рослин.

Ще одним видом біозабруднення є поширення алергенних видів рослин-бур'янів.

- **механічне** – це забруднення залишками будівельних матеріалів, азбесту, битого скла, кераміки та інших відносно інертних відходів.

Найпоширенішими полютантами (забруднювачами) ґрунтів є хімічні речовини, серед яких можна виділити наступні групи.

1. **Отрутохімікати (пестициди)** – хімічні речовини, яка використовують у сільському господарстві для боротьби з шкідниками культур та продуктів, а також для підвищення врожайності при вирощуванні сільськогосподарських культур. Пестициди поділяють на: інсектициди – засоби боротьби з комахами, акарициди – з кліщами, гербіциди – з бур'янами, альгіциди – з водоростями, фунгіциди – з грибами, бактеріциди – з бактеріями, молuscoциди – з равликами та слизнями,

нематодициди – з нематодами, зооциди – з шкідниками класу хребетні (Гавриленко, 2008).

Небезпека пестицидів для навколишнього середовища зумовлена, головним чином, їхньою поведінкою на сільгоспугіддях, оскільки саме на них вони активно діють із середовищем та можуть вільно мігрувати на інші території та інші середовища. Тому, окрім потенційно небезпечної циркуляції в біосфері, наявний і згубний вплив на флору та фауну, а відповідно і на здоров'я людей через продукцію врожаю;

2. Мінеральні добрива – неорганічні хімічні сполуки, які застосовують у сільському господарстві з метою підвищення родючості ґрунтів. Розрізняють макродобрива, до складу яких входять макроелементи – нітроген, фосфор, калій та мікродобрива, до складу яких входять мікроелементи – бор, молібден, мідь, манган, цинк, кобальт, відповідно їх вносять у ґрунт у відносно невеликих кількостях (у 10-100 разів менше, ніж макродобрив).

Надходження компонентів добрив у підґрунтові води з ґрунту і винесення їх з товщі ґрунту з поверхневим стоком може викликати посилений розвиток водоростей та призвести до евтрофікації природних вод. Неправильне використання мінеральних добрив погіршує кругообіг і баланс поживних речовин, агрохімічні властивості та родючість ґрунту. Застосування добрив із порушенням технології та їхня недосконала якість і властивості, навпаки, можуть зменшувати продуктивність сільськогосподарських культур, суттєво впливаючи на якість продукції (до прикладу, накопичення нітратів);

3. Сполуки важких металів (переважно свинцю, кадмію, олова, ртуті), джерела надходження яких поділяють на природні і техногенні. До природних джерел відносять: вивітрювання гірських порід і мінералів, ерозійні процеси, вулканічну діяльність. Техногенні джерела забруднення ґрунту важкими металами наступні: повітряні викиди підприємств чорної металургії, автотранспорт, рідкі і тверді побутові комунальні відходи (включаючи стічні води), пестициди, органічні та мінеральні добрива.

Значна частина важких металів є надзвичайно токсичною, навіть у мінімальних кількостях. Вони не піддаються процесам розкладання, а здатні лише перерозподілятися між природними середовищами. Поглинання важких металів рослинами і подальше накопичення вздовж харчового ланцюга є потенційною загрозою для здоров'я людини і тварин;

4. Компоненти газодимових викидів (діоксини та ін.). Діоксини – це велика група поліхлорованих похідних дибензодоксину та фуранів. Це високотоксичні та високостабільні домішки деяких пе-

стицидів і промислових хімікатів, які утворюються при синтезі цих сполук, а також у результаті різних технологічних процесів і повсякденної господарської діяльності (металургійна промисловість, целюлозно-паперове виробництво, нафтопереробка, вихлопні гази транспортних засобів, знезаражування питної води молекулярним хлором, побутові печі, спалювання сміття).

У біосфері діоксин швидко поглинається рослинами, сорбується ґрунтом і різними матеріалами, де практично не змінюється під впливом фізичних, хімічних і біологічних факторів середовища. Завдяки здатності до утворення комплексів, він міцно зв'язується з органічними речовинами ґрунту, взаємодіє із залишками загиблих ґрунтових мікроорганізмів, а також з відмерлими частинами рослин. Період напіврозпаду діоксинів досить тривалий, тому вони довго зберігаються в навколишньому середовищі та накопичуються в харчовому ланцюжку. В організм людини діоксини потрапляють зі спожитими харчовими продуктами тваринного походження, збагаченими жирами (~90%), головним чином із м'ясом, рибою та молоком. Вони надзвичайно стабільні в організмі людини, накопичуються переважно в жировій тканині, шкірі, печінці та можуть спричиняти репродуктивні та розвиткові проблеми, пошкоджувати імунну систему, порушувати гормони, а також спричиняти рак;

5. Нафта і нафтопродукти (бензин, дизельне паливо, мастильні матеріали та ін.) – найбільш розповсюджені та небезпечні техногенні забруднювачі, що потрапляють у ґрунт внаслідок аварій нафтопроводів; через стічні промислові води; з опадами; під час використання сільськогосподарської техніки на полях; при вимиванні з полотна автошляхів, територій автомийок і транспортних підприємств. При потрапленні у ґрунт нафтопродукти всмоктуються за рахунок капілярних сил й можуть утримуватись у такому стані тривалий час, повністю позбавляючи ґрунт родючості, перетворюючи його в насичену нафтопродуктами губку. При цьому відбувається зміна фізико-хімічних характеристик ґрунтових горизонтів, змінюються водно-фізичні властивості ґрунтів і врешті знижується продуктивність земель. У ґрунтах, просочених нафтою, відбувається диспергація структури, знижується водопроникність, витісняється кисень, порушуються біохімічні та мікробіологічні процеси. Як наслідок – погіршується водний, повітряний та поживний режим, порушується кореневе живлення рослин, гальмується їх ріст і розвиток. Нафтове забруднення створює нову екологічну обстановку, що призводить до глибокої зміни усіх ланок природних біоценозів або їхньої повної трансформації.

6. Радіонукліди (радіоактивні ізотопи) – атоми, які мають нестабільні ядра і переходять у стійке положення шляхом радіоактивного

розпаду, що супроводжується випромінюванням. Явище самовільного випускання хімічними елементами випромінювання, що має високу проникаючу здатність та іонізуючі властивості, називається природною радіоактивністю. Радіоактивність полягає в тому, що ядра радіоактивних елементів самовільно розпадаються з випусканням α -, β -частинок і γ -квантів чи шляхом ділення; при цьому вихідне ядро перетворюється в ядро іншого елемента. Послідовність нуклідів, кожен з яких самовільно завдяки радіоактивному розпаду переходить у наступний до тих пір, поки не буде отримано стабільний ізотоп, називається радіоактивним рядом. Штучна радіоактивність – самовільний розпад ядер елементів, отриманих штучним шляхом через відповідні ядерні реакції.

Розрізняють природну радіоактивність ґрунтів, викликану вмістом у ґрунтах та породах ізотопів Урану, Радію, Торію, Калію-40, Рубідію-87, Карбону-14 та Тритію – надважкого ізотопу Гідрогену. Концентрації природних радіонуклідів невисокі, і вони не становлять загрози для навколишнього середовища та людини.

Проблема радіоактивного забруднення середовища загострилася після винаходу ядерної зброї та розвитку атомної енергетики. Особливістю радіоактивних забруднювачів є те, що вони не змінюють рівень родючості ґрунтів, але зберігаються в ґрунтах тривалий час і становлять велику екологічну небезпеку. З ґрунтів вони потрапляють у рослини, а потім до тварин і людини.

Найбільш небезпечні довгоживучі антропогенні радіонукліди, які характеризуються тривалим часом перебування у ґрунтах. До них належать: Стронцій-90 (^{90}Sr), Цезій-137 (^{137}Cs), Йод-129 (^{129}I), Рубідій-106 (^{106}Ru), Плутоній-239 (^{239}Pu), Уран-238 (^{238}U), Церій-144 (^{144}Ce), Торій-232 (^{232}Th), Радій-226 (^{226}Ra). У Стронцію-90 період напіврозпаду 28 років, у Цезію-137 – 33 роки, у деяких радіонуклідів, що довго живуть, сотні і тисячі років, а в Урану-238 – $4,5 \cdot 10^9$ років.

Основні джерела забруднення ґрунтів

Техногенні викиди виникають у результаті спалювання різних видів палива або від газоподібних і аерозольних відходів промислових підприємств чорної та кольорової металургії, хімічних комбінатів, автотранспорту. Значним джерелом техногенного забруднення є перевезення палива, видобуток і транспорт нафти, газів, стічні води промислових підприємств, звалища промислових та побутових відходів.

Промислові підприємства. У промислових відходах постійно присутні речовини, що можуть спричиняти токсичний вплив на живі організми та їх угруповання. Наприклад:

- у відходах металургійної промисловості наявні солі кольорових та важких металів;
- радіоактивне забруднення супроводжує всі ланки складного господарства ядерної енергетики: видобуток і переробку урану, роботу АЕС, зберігання і регенерацію палива, захоронення відходів атомної промисловості та катастрофічно зростає при аваріях на атомних станціях, випробування ядерної зброї;
- засмічення довкілля ціанідами, сполуками миш'яку та берилію машинобудівною промисловістю;
- відходи бензолу та фенолу, метанолу, фенолу, скипидару при виробництві пластмас та штучних волокон;
- кубові залишки – характерні відходи целюлозно-паперової промисловості.

Транспорт. Двигуни внутрішнього згорання транспорту виділяють оксиди Нітрогену, Плюмбум, вуглеводні та інші речовини, які потрапляють на поверхню ґрунту або проникають у рослини. Також небезпечними є залишки бензину, мастил, бруд із вмістом токсичних речовин від автомобільного транспорту, які осідають на автошляхах та згодом, разом з опадами вимиваються у прилеглі ґрунти.

Теплоенергетика. Під час спалювання кам'яного вугілля в повітря виділяються оксиди сірки, сажа та інше, які врешті потрапляють до ґрунту.

Житлові будинки та побутові підприємства. У числі забруднюючих речовин переважає побутове сміття, харчові відходи, фекалії, будівельне сміття, відходи опалювальних систем, сміття громадських закладів.

Сільське господарство – агрогенне забруднення. Викликається шкідливими для рослин і тварин речовинами, що надходять у ґрунти при їхньому сільськогосподарському використанні. Джерелами забруднення при цьому є мінеральні добрива, хімічні меліоранти, пестициди, хімічні засоби захисту рослин є джерелами забруднення ґрунту важкими металами (свинець, ртуть, цинк, манган), стічні води, що використовуються при зрошуванні та ін.

Збройні конфлікти. На стан ґрунтів також сильно впливають збройні конфлікти, особливо внаслідок використання сучасних технологій озброєння. Військова діяльність змінює ґрунт не лише під час конфлікту, але й у мирний час через обстріли, військові бази, виробничі операції, детонацію та скидання боеприпасів.

Деградація ґрунтів

Загальними наслідками антропогенного впливу на ґрунти стали зменшення площ земель, придатних для землеробства, та деградація ґрунтів.

Зменшення площ земель, придатних для землеробства, відбувається внаслідок урбанізації, відведення земель під будівництво, транспортні мережі, водосховища, сміттєзвалища. Земля втрачається під час добування корисних копалин у відходах гірничодобувної промисловості.

Деградація – це природні й антропогенні процеси погіршення природних властивостей та режимів ґрунтів, які спричиняють стійкі негативні зміни їхніх функцій, знижують стійкість і зменшують родючість. За таких умов інтенсивність процесів руйнування ґрунту перевищує інтенсивність ґрунтоутворних процесів або відтворення ґрунтів. Ґрунт, в якому незворотно порушені екологічні функції і який упродовж тривалого часу характеризується зниженою продуктивністю сільськогосподарських культур, слід визнати деградованим.

Серед основних причин втрат і деградації ґрунтів можна назвати такі:

- нераціональне і надмірне розорювання;
- ерозія ґрунтів, що проявляється у руйнуванні ґрунтового покриву потоками води (водна ерозія) або вітром (вітрова ерозія);
- перевипасання, що спричинює знищення трав'яного покриву, ущільнення ґрунту з наступною ерозією;
- знищення лісів, яке призводить до вимивання поживних речовин із ґрунту, зміни в зволоженні та можливу наступну ерозію;
- зрошення у посушливих місцях може призводити до підняття солей у поверхневі шари та спричинити засолення;
- закислення ґрунтів – зниження їхнього рН;
- заболочення, викликане нераціональним поливом угідь, інфільтрацією вод з водосховищ, затопленням і підтопленням територій;
- порушення механічної структури ґрунтів при використанні важкої техніки при обробітку;
- забруднення ґрунтів (надлишком мінеральних добрив, отрутохімікатами, нафтопродуктами, важкими металами тощо).

Найпоширенішими негативними природно-антропогенними процесами, що призводять до деградації ґрунтів, є ерозія.

Ерозія ґрунтів – процес руйнування ґрунтового профілю під дією води (водна ерозія) та вітру (вітрова ерозія, або дефляція).

За походженням ерозію поділяють на:

1. *Геологічну (природну)* – природний процес, який відбувається поза впливом людини, під дією вітру і води. У природі існувала завжди як нормальний геологічний процес. Швидкість її така сама, як і процесу ґрунтоутворення. Відбувається дуже повільно, не завдає великої шкоди, не знижує родючості ґрунту, запобігти практично неможливо.

2. *Прискорену (руйнівну)* – результат діяльності людей: неправильного ведення землеробства, лісового господарства, будівництва, промисловості, транспорту, прокладання доріг, коли порушується цілісність поверхні ґрунту, її дерновий захист, виникають борозни, канали, а за ними і яри. Проходить швидко.

Залежно від факторів руйнування ерозію поділяють на водну та вітрову:

1. *Водна ерозія* – це змивання ґрунту поверхневими водами (дощовими, талими та іригаційними (зрошення та полив). Водна ерозія буває двох видів:

- поверхнева – при змиванні верхніх родючих горизонтів ґрунту на значних площах;
- глибока – виникає на крутих схилах та веде до утворення ярів.

Водна ерозія проявляється, в основному, на розораних схилах, особливо там, де оранка проводиться вздовж схилу, а не впоперек. Внаслідок цього виникають поздовжні борозни, по яких стікає тала і дощова вода. Водна ерозія призводить до значного змивання орного шару, значна частина якого надходить у водойми, збагачуючи їх біогенами.

Водну ерозію підсилюють:

- зведення лісів, деградація трав'яного покриву, розорювання схилів;
- неглибока оранка;
- значна кількість опадів;
- нераціональна меліорація.

2. *Вітрова ерозія (дефляція)* – руйнування ґрунтового шару вітром. Вона виникає зазвичай на мало захищених чи не захищених рослинним покривом ділянках, часто, де відсутнє дернове покриття ґрунту. Найнебезпечнішим проявом вітрової ерозії є пилові бурі, які викликаються потужними вітрами. Вітрова ерозія переважно поширена в пустельно-степових зонах.

Вітрову ерозію посилюють:

- розорювання легких супіщаних і піщаних ґрунтів;
- відсутність сівозмін;
- порушення меліорації.

Причинами прискореної ерозії є:

а) Безконтрольне вирубування лісу. Ліс найефективніше захищає ґрунт від ерозії, оскільки коренева система дерев утримує та розпушує ґрунт, що дозволяє йому краще акумулювати воду опадів. Такий ґрунт вбирає воду поступово, оптимально забезпечуючи його достатньою вологістю, та зменшує втричі випаровування води. Крім того, площі лісів суттєво впливають на клімат місцевості, пом'якшуючи його та перешкоджаючи пересушуванню ґрунту.

б) Розорення лук. Трав'яні рослини мають добре розвинену кореневу систему, яка на поверхні ґрунту часто формуючи дернину, що виконує ґрунтозахисні функції.

в) Перевипасання худоби небезпечне тим, що:

- руйнується та зменшується рослинний покрив;
- порушується структура ґрунту внаслідок вибивання кінцівками худоби;

- поступово деградує рослинність та втрачається структура ґрунту, що призводить до ерозії;

- на маршрутах перегону та навколо загонів худоби внаслідок ущільнення ґрунту утворюються підмочені депресії, що прискорюють ерозію;

- надмірне випасання худоби у сухих та посушливих місцях з легкими (піщаними) ґрунтами спричинює руйнування дернини, що веде до вітрової ерозії.

г) Неправильне ведення землеробства:

- відсутність сівозміни, тривале вирощування однієї і тієї ж культури на одному місці веде до виснаження ґрунту, погіршується його структура, посилюється вітрова і водна ерозія;

- поздовжнє розорювання схилів (Казімірова).

Інтенсивне виробництво, використання важкої сільськогосподарської техніки та неправильна організація сівозмін негативно впливають і на структуру ґрунту, і на його родючість. Такі недосконалі агротехнології стають причиною переущільнення ґрунтів незалежно від їхнього типу. Наслідками переущільнення є:

- порушення структури ґрунту через руйнування капілярів, збільшення щільності та твердості орного шару, що веде до погіршення циркуляції води, повітря всередині ґрунтових шарів;
- порушення терморегуляції ґрунту. У переущільненому ґрунті коливання температур упродовж доби більш значні та різкі;
- порушується процес випаровування вологи. Рух вологи в нижні шари ґрунту обмежується, через що вона накопичується у верхньому шарі та може стати причиною утворення на полях так званих «блюдець», спричинивши кисневе голодування коренів рослин.

Охорона ґрунтів

Охорона ґрунтів – глобальна проблема, з якою пов'язане збереження біорізноманіття та забезпечення харчовими продуктами населення. Тому важливим є **раціональне використання ґрунтів**, тобто системи заходів, орієнтованих на поліпшення, захист та невиснажливе використання земельних фондів.

Під час охорони земельних ресурсів першочерговими заходами є боротьба з вітровою та водною ерозією, проведення системи меліоративних заходів, а також рекультивація земель (Бойчук, Солошенко, 2005).

Для запобігання *ґрунстостомленню*, зовнішні прояви якого відображаються в різкому зменшенні врожайності сільськогосподарських культур, потрібно дотримуватись сівозмін, оздоровляти ґрунти шляхом внесення органічних добрив, вирощувати стійкі сорти.

Важливими заходами боротьби з *вторинним засоленням ґрунтів* є організація сівозмін, раціональна обробка ґрунту для підтримування його структури; раціональний режим зрошування; ефективні меліоративні заходи (зокрема формування дренажних сіток чи створення лісопосадок).

Впровадження прогресивних форм обробітку землі, сучасної механізації, мінімізація повторного обробітку ґрунту, запровадження безплужного обробітку можуть суттєво допомогти у збереженні ґрунтів.

Важливим заходом є запровадження органічного (біологічного) землеробства без застосування отрутохімікатів і неефективних мінеральних добрив (Гавриленко, 2008).

Правове регулювання у сфері охорони земель здійснюється відповідно до Конституції України, Земельного кодексу України, Закону України «Про охорону земель».

Сучасний стан ґрунтових ресурсів України

У складі земельних угідь України сільськогосподарські землі становлять 41,9 млн. га (69,5%) загальної площі земель; ліси та інші лісовкриті площі – 10,7 млн га (17,7%); забудовані землі – 2,5 млн га (4,1%); під водою та відкриті заболочені землі – 3,4 млн га (5,6%); відкриті землі без рослинного покриву або з незначним рослинним покривом (кам'янисті місця, піски, яри) та сухі відкриті землі з особливим рослинним покривом – 0,6 млн га (1,1%). Україна має один із найвищих у світі показників забезпеченості сільськогосподарськими угіддями і ріллею на душу населення. Так, найбільшу питому вагу мають орні землі, які займають 54,2%, пасовища – 8,8%, сіножаті – 3,8% та багаторічні насадження – 1,4% (Націон. доповідь про стан навк. прир. серед. в Україні у 2018 р.). Такий розподіл земельних угідь характеризує високу розораність і сільськогосподарську освоєність території України, що призводить до порушення екологічно збалансованого співвідношення сільськогосподарських угідь, лісів, водойм та негативно впливає на стійкість агроландшафтів і зумовлює значне техногенне навантаження на екосферу. Відбувається надто інтенсивне використання сільськогосподарських земель, що тією

чи іншою мірою впливає на зменшення родючості ґрунтів у зв'язку з їх ерозією, переуцільненням, втратою грудкувато-зернистої структури, водопроникністю та аераційною здатністю з усіма екологічними наслідками.

Щороку Україна втрачає близько 740 млн т ґрунту, у тому числі понад 24 млн тонн гумусу, 0,5 млн. т азоту, 0,7 млн т рухомих фосфатів і 0,8 млн. т калію та велику кількість мікроелементів. Ерозійні процеси, руйнуючи ґрунти, впливають, насамперед на забезпеченість їх органічною речовиною. Так, уміст гумусу в слабоеродованих чорноземах зменшується на 5-10%, середньоеродованих – 25-30%, сильноеродованих 35-40% порівняно з їх повно-профільними аналогами (Націон. доп. про стан родючості ґрунтів України, 2010). При цьому з одного гектара втрачається 500-700 кг поживної речовини, що в 2,3 рази більше, ніж вноситься з добривами. Кількість земель в Україні, які пошкоджено водною ерозією, досягає 32% від загальної площі або 13,3 млн гектарів. З них 4,5 млн га із середньо- і сильнозмитими ґрунтами, у тому числі 68 тис. га повністю втратили гумусовий горизонт. Згубній дії вітрової ерозії в Україні систематично піддаються понад 6 млн га, а у роки з пиловими бурями до 20 млн га (Балюк, Медведєв, 2012). Усе це свідчить про високий ступінь прояву ерозійних процесів, що є одним із найбільш істотних факторів зниження продуктивності землі та завдає великої шкоди сільськогосподарському виробництву. За підрахунками вчених, залежно від ступеню еродованості земель, на кожному гектарі площі не добирається від 10 до 50% урожаю. Негативні наслідки антропогенної ерозії стосуються не лише сфери аграрного виробництва, але й усіх компонентів природного середовища – рельєфу, поверхневих і підземних вод, рослинного покриву та всієї біоти.

Активізація ерозії в останні роки пов'язана не тільки із збільшенням орних земель, а й з використанням важкої ґрунтообробної техніки, яка ущільнює і руйнує структуру ґрунту. Водостійкість структури змитих ґрунтів знизилась до 10-15%. Причинами інтенсифікації ерозійних процесів в Україні є масове ігнорування найпростіших агротехнічних протиерозійних заходів, недосконалість землевпорядної організації території в аспекті протиерозійного захисту, недооцінка полезахисного лісорозведення.

Фізична деградація, як наслідок інтенсивного сільськогосподарського використання земель, а саме, надмірної розорюваності ґрунтів, інтенсивного механічного обробітку і зниження вмісту в ґрунтах органічної речовини, практично охопила всю ріллю України. Вона проявляється у знеструктуренні верхнього шару, брилистості після оранки, запливанні і кіркоутворенні, наявності плужної підшови, переуцільненні підорного і більш глибоких шарів. Фізично деградова-

ні ґрунти схильні до ерозії, гірше вбирають і утримують атмосферну вологу, обмежують розвиток кореневих систем рослин (Балюк, Медведєв та ін., 2012).

Площу близько 8,5 млн га, або майже 21% усіх земель сільськогосподарського використання в Україні, займають ґрунти з надлишковою кислотністю, яка лімітує нормальний розвиток та зростання врожайності сільськогосподарських культур. Вони широко розповсюджені в зоні Полісся, Прикарпатті, гірських Карпатах, Закарпатті, в західних та північних регіонах лісостепу. Серед орних земель кислі ґрунти займають загальну площу близько 5,46 млн гектарів, у тому числі із сильно кислою реакцією 0,64 млн га, середньою – 1,37 млн га та із слабкою – 3,45 млн га. Під природними кормовими угіддями знаходиться близько 3,04 млн га кислих ґрунтів. За відсутності або недостатнього рівня хімічної меліорації на значній частині кислих ґрунтів відбувається поступове підвищення кислотності (Балюк, Мірошниченко, 2020).

Площа солонцевих ґрунтів – 2,8 млн га (переважно в межах степу), приблизно 2/3 з них розорюється, а близько 0,8 млн га – зрошується (Балюк, Медведєв та ін., 2012). Процеси осолонцювання є майже повсюдним явищем на каштанових, темно-каштанових, частині лучно-каштанових і лучно-чорноземних ґрунтів Присивашся, узбережжя Азовського та Чорного морів у північній частині Криму і південних частинах Запорізької, Херсонської, Миколаївської та Одеської областей. Осолонцювання ґрунтів та їх агрофізична деградація (ущільнення, знеструктурування, кіркоутворення тощо) зумовлюють необхідність застосування меліоративних заходів на зрошуваних і незрошуваних землях. За останні двадцять років заходи меліорації солонцевих ґрунтів в Україні проводять незадовільно. За такої системи землеробства відбувається повсюдне погіршення якісного стану солонцевих ґрунтів, втрата їхньої родючості та продуктивності агроценозів на цих землях.

Забруднення ґрунтів України пов'язане з атмосферними викидами промислових підприємств і автотранспортних засобів, із порушеннями правил видобування, транспортування й переробки корисних копалин, внесення і зберігання агрохімікатів та пестицидів, з утилізацією стічних вод та їхніх осадів, побутових і промислових відходів, з наслідками катастрофи на Чорнобильській АЕС, а також військовими діями (Балюк, Медведєв та ін., 2012).

Аеротехногенне забруднення ґрунтів. Ґрунти великих індустріальних міст України зазнають сукупного впливу газопилових викидів промислових підприємств, автотранспорту, об'єктів теплоенергетики, житлово-комунальної сфери. Викиди та скиди формують ореол

регіонального забруднення (урбанізований фон), на який накладаються локальні осередки забруднення навколо окремих джерел емісії забруднювачів (зокрема високий рівень такого забруднення зафіксований у Маріуполі, Макіївці, Лисичанську, Донецьку, Одесі, Рубіжному, Горлівці та інших. Один із найнебезпечніших видів техногенного навантаження – автотранспортне забруднення теж істотно впливає на ґрунти і наземні екосистеми пришляхових смуг. Уміст свинцю у ґрунтах десятиметрової пришляхової смуги перевищує фонові показники в 2-7 разів, в окремих випадках – на один-два порядки. Загалом по Україні ґрунти найбільше забруднені цинком та свинцем, менше кадмієм, марганцем, міддю (Балюк, Медведєв та ін., 2012).

Забруднення ґрунтів залишками пестицидів. Поступовий перехід агровиробників на використання безпечніших хімічних засобів захисту рослин сприяє зменшенню забруднення ґрунтів і рослинної продукції. Так, у 2007-2009 рр. залишки стійких хлорорганічних сполук було виявлено лише у 5-7% проб ґрунтів, у тому числі менше 1% – з перевищенням ГДК, що спостерігається переважно на земельних ділянках, які прилягають до колишніх складів пестицидів, розчинних вузлів, та рідше – на полях, що були під давніми виноградниками, садами та хмільниками (Балюк, Медведєв та ін., 2012).

Термінового вирішення вимагає ситуація, яка склалася в Україні з непридатними та забороненими до використання пестицидами. За офіційними даними, тільки в системі Мінагрополітики в Україні накопичено 21 тис. т непридатних пестицидів, що належать юридичним особам різних форм власності, або не належать нікому. Особливу небезпеку для довкілля створюють несанкціоновані поховання непридатних та заборонених до використання пестицидів, що може призводити до забруднення питної води.

Радіоактивне забруднення ґрунтів. Збір, аналіз та узагальнення даних радіологічного обстеження орних земель України показали, що станом на 1.01.2010 р. забруднення цезієм-137 на рівні понад 37 кБк/м² на сільськогосподарських угіддях України поширене на 462 тис. га, з них орних земель 346 тис. га. Забруднені площі є на території 12 областей, де було обстежено 8,8 млн га (зокрема, в Житомирській – 156 тис. га, Черкаській – 76, Рівненській – 52, Чернігівській – 52, Київській – 34 тис. га).

Забруднення ґрунту стронцієм на сільськогосподарських угіддях України спостерігається у значно більших масштабах, ніж цезієм. У межах 0,74-5,55 кБк/м² стронцієм-90 забруднено 4,6 млн га, що становить 52% від обстеженої площі. Територія сільськогосподарських угідь Вінницької, Київської, Черкаської та Чернігівської областей суцільно забруднена радіостронцієм. Таке інтенсивне поширення цього раді-

онукліду на території України зумовлене насамперед глобальними викидами стронцію-90 під час випробувань ядерної зброї в атмосфері. Забруднення угідь стронцієм-90 внаслідок чорнобильської катастрофи було менш інтенсивним і поширилося, в основному, в межах зони відчуження та на прилеглих до неї територіях, проте в аерозольних випадах стронцій поширився і значно далі (Балюк, Медведєв та ін., 2012).

Загалом нині радіаційна ситуація на забруднених територіях порівняно з раннім поставарійним періодом покращилась, що відбулося внаслідок:

- природних автореабілітаційних процесів (радіоактивного розпаду, фіксації та перерозподілу радіонуклідів у ґрунті);
- проведення комплексу контрзаходів, спрямованих на посилення біогеохімічних бар'єрів із метою блокування радіонуклідів у ґрунтах, що забезпечує зниження радіаційного забруднення продуктів харчування місцевого виробництва;
- посиленого радіоекологічного моніторингу ґрунтів та сільськогосподарської продукції, її радіологічного контролю і чіткого дотримання рекомендацій з ведення сільськогосподарського виробництва (Балюк, Медведєв та ін., 2012).

З усіх видів людської діяльності *війна* найгірше впливає на довкілля, наслідки яких нам доведеться долати ще не одне десятиліття. Злочини проти довкілля можуть бути менш помітними одразу, однак у довгій перспективі матимуть досить сумні наслідки.

Рух важкої техніки, будівництво фортифікаційних споруд і бойові дії пошкоджують ґрунтовий покрив. Це призводить до деградації рослинного покриву та посилює вітрову та водну ерозії.

Забруднення ґрунту здебільшого відбувається внаслідок використання нітроароматичних вибухових сполук (таких як тринітратолуол (тротил), октагідро-1,3,5,7-тетранітро-1,3,5,7-тетразоцин (HMX) і 1,3,5-тринітропергідро-1,3,5-тріазин (RDX)), які токсичні для навколишнього середовища та здоров'я людини. У природі вони стійкі до випаровування, гідролізу та біодеградації, і, як наслідок, можуть поглинатися рослинами або вимиватися в ґрунтові води.

Під час детонації ракет та артилерійських снарядів утворюється низка хімічних сполук: чадний газ (CO), вуглекислий газ (CO₂), водяна пара (H₂O), бурий газ (NO₂), нітроген (I) оксид (N₂O), формальдегід (CH₂O), пари ціанистої кислоти (HCN), азот (N₂), а також велика кількість токсичної органіки, окислюються навколишні ґрунти, деревина, дернина, конструкції (Екол. проблеми війни, 2022).

Негативні наслідки від використання запалювальної зброї, що містить білий фосфор, пов'язані з його допоміжними забруднювачами та залишками згоряння. Продукти горіння фосфору та їх розчи-

ни, потрапляючи у ґрунт, утворюють солі, що посилює міграцію фосфорних сполук із зони ураження на вільні від бойових дій місцевості (Білий фосфор ..., 2022). Така зброя може призвести до забруднення ґрунту мікроелементами, вуглеводнями, органічними розчинниками, поверхнево-активними речовинами, синтетичними фенолами, ціанідами, діоксидами та радіонуклідами.

Металеві уламки снарядів, що потрапляють у довкілля, також не є безпечними та цілковито інертними. При розкладанні снарядів та інших залишків металевої зброї відбувається забруднення ґрунту в основному свинцем. Чавун із домішками сталі є найбільш поширеним матеріалом для виробництва оболонок боеприпасів та містить у своєму складі не тільки стандартні залізо та вуглець, а й сірку та мідь. Ці речовини потрапляють до ґрунту і можуть мігрувати до ґрунтових вод і в результаті потрапляти до харчових ланцюгів, впливаючи і на живі організми (Омельчук, Садогурська, 2022).

Детонація мін спричиняє негативний вплив на ґрунт металевими та пластиковими осколками, а також залишками вибухових речовин. Залишені вибухові боеприпаси, окрім свинцю, урану та стибію, містять велику кількість токсичних елементів, які швидко потрапляють у природний колообіг.

У менших масштабах (але з більшою різноманітністю впливів) джерелом забруднення є також згорілі танки, транспортні засоби, збиті літаки та інші залишки бойових дій.

Забруднення ґрунтів паливно-мастильними матеріалами та іншими нафтопродуктами відбувається унаслідок руху та пошкоджень сухопутної військової техніки. У ґрунтах, просочених паливно-мастильними матеріалами, знижується водопроникність, витісняється кисень, порушуються біохімічні та мікробіологічні процеси. Внаслідок цього погіршується водний, повітряний режими та колообіг поживних речовин, порушується кореневе живлення рослин, гальмується їх ріст і розвиток, що спричиняє загибель.

Обстріли об'єктів промисловості та інфраструктури призводять до пожеж, які спричиняють додаткове забруднення повітря, ґрунту та води. Продукти горіння, які потрапляють, у повітря, складаються з токсичних газів і твердих частинок. На цих об'єктах також буде значне забруднення ґрунту та води. Там, де були проведені заходи з гасіння пожежі, забруднення можуть включати залишки протипожежної піни (Омельчук, Садогурська, 2022).

Саме тому важливо, щоб план відновлення України після закінчення воєнних дій включав заходи із відновлення та збереження екосистем, а до планів із відбудови населених пунктів потрібно включати природоорієнтовані рішення та заходи з адаптації до зміни клімату.

5.2. ҐРУНТОВІ РЕСУРСИ ЗАКАРПАТТЯ: ГОЛОВНІ ЗАГРОЗИ ЗАБРУДНЕННЯ І ДЕГРАДАЦІЇ, ПРОБЛЕМИ ЗБЕРЕЖЕННЯ

Земельний фонд області за даними Головного управління Держгеокадастру у Закарпатській області (станом на 01.01.2016р.) складає 1275,3 тис. га, або 2,1% від території України. Із загальної площі земель 56,8% зайнято лісовими угіддями (найбільш лісиста область України), 36,8% становлять землі сільськогосподарського призначення, 3,7% території краю забудовано, 1,4% земель знаходиться під водою, 1,2% відкриті землі та 0,1% – відкриті заболочені землі. Із 1275,3 тис. га земельного фонду області 469,2 тис. га займають землі сільськогосподарського призначення, до числа яких входять 451,0 тис. га сільгоспугідь, 200,2 тис. га з яких рілля (Доповідь про стан навк. прир. серед. Зак. обл. за 2021 р.). Значних резервів для збільшення площ рілля немає, а тому потрібно правильно використовувати наявний фонд орних земель.

Велика різноманітність ґрунтів області зумовлює неоднакову потенціальну родючість, різний ступінь використання землі. Найсприятливіші умови з точки зору природної родючості – в низинній зоні, а найгірші – в горах. Однак рівень використання землі залежить не тільки від природних, а й економічних умов: щільності населення, наявності сільськогосподарських угідь і трудових ресурсів, розташування й галузевої структури промисловості, рівня спеціалізації й інтенсифікації сільського господарства, стану розвитку шляхів та інших галузей інфраструктури.

З урахуванням цих особливостей Закарпатська область поділяється на три сільськогосподарські зони: низинну (понад 17% території області), передгірну (близько 17%), гірську (2/3 території області, з якої 60% покрито лісом). Специфічний характер рельєфу сильно впливає на структуру і рівень використання земельних ресурсів, які в сільськогосподарський оборот залучені порівняно мало (Прир. багатства Зак., 1987).

Ерозія ґрунтів. При всіх способах землекористування найбільшої шкоди сільському господарству завдає ерозія ґрунтів. Розвиток ерозійних процесів є відносно слабким, незважаючи на велике розорювання, що пояснюється особливістю ґрунтотворного процесу. Порівняно щільна будова важких та середніх суглинків, неглибоке залягання щільного глейового горизонту – все це протидіє глибинній ерозії. Цьому також сприяє мала водопроникність закарпатських ґрунтів та кори вивітрювання, які під час дощів набувають великої в'язкості.

Інтенсивність ерозійних процесів різко зростає з приближенням до хребтів гір. Це пов'язано не тільки із зростанням схилів поверх-

ні, але й з збільшенням кількості опадів над схилами. Нерідко ерозійні процеси поєднуються з зсувними. Інтенсивний розвиток цих двох процесів спостерігається у придолинних частинах 93 річок. Тут на схилах у 15-20° розташовуються висячі яри глибиною до 6-7 м. Їх обривисті голі стінки ускладнені зсувними формами. Розвиток зсувних процесів обумовлений близьким заляганням ґрунтових вод, а також – глинистими масами, що легко розмиваються та пливуть.

Опади впливають на ґрунт як механічно, так і хімічно. Вони руйнують структуру ґрунту, вимивають із ґрунту органічні та інші поживні речовини, зумовлюють процес опідзолення. Підземна волога також впливає на процес ґрунтоутворення. Високий рівень ґрунтових вод спричиняє утворення горизонту, несприятливого за своїми фізико-хімічними та біологічними особливостями для росту рослин. До несприятливих природних явищ, що призводять до активізації ерозійних процесів, належать сильні дощі, вітровали, град, пилові бурі, великі завірюхи, снігопади, морози, лісові пожежі, сухотви, заморозки.

При добовій сумі опадів у 10-20 мм у гірських районах відбувається змив і розмив ґрунту на схилах. В українських Карпатах у зоні ерозійних процесів добові суми опадів можуть досягати 150-180 мм, тому процеси змиву ґрунтів достатньо інтенсивні. Зазнає ерозії третина орних земель. У гірській частині Карпат досить часті сильні дощі, коли за 12 годин випадає 50 мм опадів і більше. Дощі бувають під час проходження західних циклонів. Найчастіше вони випадають упродовж одного дня, але можуть тривати 2-5 днів. Дощі починаються на заході і поступово зміщуються на схід, їх розподіл має плямистий характер.

Малоземелля в горах і необхідність забезпечувати себе харчами змушувало селян розорювати схили. В області обліковано 39,6 тис. га еродованих земель. З кожного гектара щорічно зноситься 34,8 тонн родючого ґрунту. Так, у Берегівському районі при середньорічній кількості опадів до 540 мм змив ґрунту коливається від 5 до 10 т з гектара. У Мукачівському районі при середньорічній кількості опадів до 780 мм цей показник складає вже 20-30 т/га. З такою кількістю ґрунту втрачається 300-340 кг/га гумусу.

Гори Закарпаття, в основному, заліснені, проте інтенсивне вирубування лісів, яке особливо загрозливих масштабів набуло після Другої світової війни та в радянський період і яке так чи інакше продовжується і нині, призвело до оголення ґрунтів, їх водовітрової ерозії на значних площах. Цей негативний чинник механічного пошкодження додатково підсилює неналежне трелювання деревини та перевезення її важким транспортом. Таке нераціональне лісокористування триває й понині, що завдає екосистемам Карпат величезних збитків. На оголених від лісу та чагарників схилах у гірських районах ерозій-

ні процеси проходять особливо інтенсивно. Тут середньорічний змив складає від 40 до 70 т з кожного гектару. Під час паводків, які тут нерідкі, в кожному кубічному метрі стоку міститься до 12 кг ґрунту.

Розораність ґрунтів в області складає 47,9%. Проте в окремих районах цей показник значно вищий. Так, у Мукачівському районі земельні угіддя розорані на 66,3%, у Виноградівському – на 70,1%, а в Берегівському цей показник сягає 74,5%. Менш розорані землі в гірських районах (в середньому 27,1%), хоча в Рахівському районі рілля займає лише 7,4%. Але тут і цей показник є занадто високим, оскільки більшість орних земель знаходиться на 94 ерозійно-небезпечних схилах. Враховуючи те, що в гірській місцевості середньорічна кількість опадів досягає 1500-1600 мм, і те, що потужність ґрунтового шару невелика (здебільшого 40-70 см), кількість орних земель тут не повинна перевищувати 10%.

Аналізуючи фактори, які впливають на ґрунтоутворюючі процеси на території області, слід відзначити, що за геоморфологічними і кліматичними показниками ґрунти Закарпаття можна вважати як об'єктом ерозії, так і періодичного перезволоження. За останні роки внаслідок порушення екологічно допустимих співвідношень площ ріллі, природних угідь та лісових ресурсів в області почастішали весняні і осінні паводки, які посилюють деградацію родючості земель області. В результаті катастрофічних паводків (1995-1996, 2001рр.) двічі було залито водою 40,5 тис. га сільськогосподарських угідь, в тому числі 29 тис. га ріллі, а внаслідок ерозійних процесів щорічно зі схилів змивається 233,84 тис. м³ ґрунту при середній водності року, а при підвищеній водності – 935,36 тис. м³. Причому найінтенсивніший змив відбувається на ріллі, яка знаходиться на схилах крутизною більше 7°. Він становить 151,13 тис. м³ та 604,52 тис. м³ відповідно при середній та підвищеній водності року. Всього в області, згідно з матеріалами великомасштабного обстеження ґрунтів, проведеного Інститутом землеустрою, налічується біля 200 тис. га ерозійно-небезпечних земель, з яких 40,7 тис. га становить рілля (Доповідь про стан навк. прир. серед. Зак. обл. за 2020 р.).

Таким чином, землі на схилах, де можливий розвиток ерозії ґрунтів, потребують низки заходів. Найпершим є дотримання правильної агротехніки обробітку угідь, застосування сівозмін з чергуванням культур, покращення структурованості та водно-повітряних характеристик ґрунтів через внесення добрив та вапнування. Особливо ефективним у боротьбі з ерозією є терасування схилів, на яких розбиваються сади і виноградники. Роботи із формування терас на схилах є затратними із застосуванням спеціальної техніки та врахуванням особливостей ділянок. Уже деєастовані території потребують інженерного втручання для

припинення лінійного розмиву та можливістю подальшого їхнього заліснення чи залуження (Природа Зак. обл., 1981 р.).

Проблема дренажних сільськогосподарських угідь. Ґрунти низовинної частини Закарпатської області на більшості площ різною мірою оглеєні, що значно погіршує їх водно-фізичні властивості та понижує родючість. У зв'язку з цим регулювання водного режиму – дуже важливе завдання. Важливою проблемою також є неглибоке залягання ґрунтових вод, що пов'язано з незначним врізом річок у поверхню низовини і, як наслідок – підтоплювання річковими водами низьких межиріч. При цьому води відкритих дренажних каналів і колекторів гончарного дренажу часто потрібно відкачувати у ріки, уріз вод яких часто знаходиться вище, ніж у дренажах.

Сьогодні на деяких дренажних сільськогосподарських угіддях встановлено низку негативних факторів:

- значно переущільнені підорні шари ґрунту (згідно з водно-фізичними показниками);
- різко знизився коефіцієнт інфільтрації по профілю в дренажних ґрунтах у порівнянні з 30-річними даними;
- значне перезволоження орного шару ґрунту в осінній та весняний періоди;
- розвиток поверхневих ерозійних процесів;
- підкислення ґрунту внаслідок постійного перезволоження;
- негативний водно-повітряний режим ґрунту;
- повторне заболочення сільськогосподарських угідь.

Якщо раніше обслуговування дренажної системи було обов'язковим і проводилось за рахунок господарств, то нині вони не обслуговуються належним чином і часто перебувають у запущеному стані через низку проблем, зокрема недосконале законодавство у вирішенні земельних питань (питання балансоутримувача дренажних сільськогосподарських угідь), умови оренди (питання обслуговування дренажних сільськогосподарських угідь), відсутність коштів.

Серед рекомендованих заходів при розробці проєктів на обслуговування та реконструкції дренажних систем можна виділити найефективніші способи регулювання водно-повітряного режиму та підвищення родючості ґрунтів, а саме:

- заходи, спрямовані на покращення водопроникності підорного шару важких ґрунтів, зокрема різні способи глибокого розпушування (глибока безполічкова, плантажна, ярусна оранка). Поглиблення орного горизонту підвищує водопроникність ґрунту, його аерацію, сприяє інтенсивному розвитку аеробних мікробіологічних процесів, нагромадженню поживних речовин, розвитку розгалуженої кореневої системи, поліпшує фізико-хімічні властивості ґрунту;

- заходи, спрямовані на поліпшення поверхневого стану за допомогою вирівнювання та створення штучного похилу поверхні (планування, оранка, профілювання, прокладання борозен та ін.), регулювання водного режиму (рівня підґрунтових вод), аби не допустити перезволоження приканальних смуг;

- заходи з хімічної меліорації, спрямовані на докорінну зміну фізико-хімічних факторів родючості ґрунтів (кислотність, насиченість основами) шляхом внесення вапняку;

- заходи щодо залуження каналів, для запобігання розмиву скосів каналів і їх охоронних зон (смуг);

- агротехнічні заходи, до яких належать ведення правильних сівозмін із посівом суміші багаторічних бобових і злакових трав, використання органо-мінеральних добрив, поглиблення орного горизонту та інші (Розвиток сільс. госп., 2010 р.).

Кислотність ґрунтів. За деякими винятками материнські ґрунтоутворюючі породи області безкарбонатні, а значний розвиток підзолистого та псевдопідзолистого процесів зумовили високу кислотність ґрунтів. Майже 90% площ ріллі потребують вапнування, причому слід вносити переважно від 3,5 до 6,0 т/га (Природа Зак. обл., 1981 р.). Вапнування допомагає не лише зменшити надмірну кислотність ґрунтів, шкідливу для більшості сільськогосподарських культур, а й поліпшує мікробіологічні процеси в ґрунті та його фізичні властивості, посилює мобілізацію поживних речовин як азотних, так і фосфорних, підвищує активність органічних та мінеральних добрив, сприятливо впливає на фізіологічні процеси, які проходять у рослинах, підвищуючи врожай та його якість.

Забезпечення ґрунтів гумусом та окремими хімічними елементами. Важливою для регіону є проблема гумусу ґрунтів, оскільки велика кількість опадів (більше 1000 мм на рік) сприяє його вимиванню, особливо на схилових землях. Ґрунти, в основному, середньозабезпечені гумусом, показник якого знаходиться у межах від 2,2% до 3,83%. Зауважимо, що середній вміст гумусу характерний для сільськогосподарських угідь (ріллі), які більш ніж 5-10 років не обробляються (наявні в Ужгородському районі) і відновлення органічної речовини яких відбувається природним шляхом. Проте основна маса ріллі, що інтенсивно використовується, має низький вміст гумусу. Найбільш дієвим агротехнічним заходом відновлення запасів органічної речовини ґрунту є внесення гною, заорювання післяжнивних решток, соломи, посів багаторічних бобових трав, сидератів.

Ґрунти Закарпаття низькозабезпечені сполуками азоту, що легко гідролізуються, середньозважений показник якого становить 107,23 мг/кг ґрунту. Рухомими формами фосфору ґрунти середньоза-

безпечені – 88,43 мг/кг ґрунту, а обмінним калієм добре забезпечені – 139,42 мг/кг ґрунту. Тому для відтворення родючості ґрунтів області не обхідне внесення органічних і мінеральних добрив. Якщо не приділяти уваги цьому питанню і не відновити роботи із вапнування та не вносити мінеральні й органічні добрива хоча б у обсягах виносу поживних елементів із ґрунту врожаєм, то може відбутись деградація ґрунтів, погіршаться умови життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів, що, в свою чергу, призведе до різкого спаду родючості ґрунтів і продуктивності сільськогосподарських угідь (Розвиток сільс. госп., 2010 р.).

Забруднення пестицидами. На території Закарпаття є непридатні до використання хімічні засоби захисту рослин, які необхідно утилізувати. На території восьми населених пунктів Мукачівського району знаходиться 41 залізобетонний контейнер, де зберігаються хімічні засоби захисту рослин, які містять небезпеку для ґрунту. Також у с. Рокосово Хустського району зберігається 225 тонн забрудненого пестицидами ґрунту, який за висновком Українського науково-дослідного інституту екологічних проблем (м. Харків) є токсичними відходами I-II класів небезпеки, негативно впливає на здоров'я людей та потребує термінового вивезення за межі області або знешкодження у спеціальних печах при температурі 1000-1200°C. До складу забрудненого ґрунту входять симазин, атразин, ДДТ, прометрин, фосфаміди, метафоси, інші непридатні та невідомі отруйні речовини (Доповідь про стан навк. прир. серед. Зак. обл. за 2020 р.).

Техногенні забруднення. Значний негативний вплив на ґрунт мають безпосередні техногенні забруднення. Такими вагомими забруднювачами, зокрема, є як паспортизовані, так і самовільні сміттєзвалища, які є джерелом накопичення в ґрунті чужорідних речовин (скло, кераміка, цегла, куски заліза, тканина, папір, гума, паливно-мастильні відходи і т.п.). Деякі з цих речовин розкладаються швидко (папір, тканина), інші не розкладаються взагалі (пластмаси).

На Закарпатті централізований збір твердих побутових відходів організовано у 471 населеному пункті, що становить 77,5% від загальної кількості (608) населених пунктів області. Згідно із даними реєстру місць видалення відходів (далі – МВВ), станом на 01.01.2021 року на території Закарпатської області обліковано 62 паспортизованих МВВ, з яких 59 місць видалення твердих побутових відходів (ТПВ), 2 – відходів деревини (тирси деревинної) та 1 – відходи штучного хутра. Майже всі МВВ, крім полігону ТПВ м. Ужгорода (рис. 5.2.1.), м. Мукачева та сміттєзвалища с. Боржава, функціонують без належного проектного обґрунтування, висновків державної екологічної експертизи, не відповідають санітарним та екологічним вимогам (не знешкоджується фільтрат, відсутні огорожі, під'їзні шляхи засмічені).

Більшість діючих МВВ вичерпали свої потужності, заповнені на 80-85%, а термін експлуатації сміттєзвалища м. Виноградова та полігону ТПВ м. Ужгорода закінчився (Доповідь про стан навк. прир. серед. Зак. обл. за 2020 р.).



Рис.5.2.1. Полігон твердих побутових відходів у с. Барвінок (Ужгородський район Закарпатської області). Фото автора.

Негативний вплив на довкілля спричиняють об'єкти виробничого призначення, а саме:

- *Солотвинський солерудник* в Тячівському районі Закарпатської області – одне з найстаріших підприємств Закарпаття та одне з найбільших родовищ кам'яної солі в Україні. З середини 90-х років минулого століття на його рудниках, які функціонували, почали виникати проблеми, що призвели до небезпечної техногенної екологічної ситуації. Так, згідно з даними аудиторського дослідження 2010-го року Контрольно-ревізійного управління в Закарпатській області повені 1995-1996 та 2001 років погіршили гідроекологічну ситуацію, підземні води почали потрапляти у шахти, затоплювати їх, вимивати сіль, сприяти утворенню підземних порожнин, що й призвело до утворення карстових провалів. У 2005 році в Солотвині активізувалися зсувні та карстові провалля, що призвело до пошкодження житлових будинків, доріг та інфраструктури. Відбулося повне затоплення двох із дев'яти шахт. Провалля та пов'язані з ними аварії на самому підприємстві призвели до зупинки видобутку солі у лютому 2007 року та закриття підземного відділення Української алергологічної лікарні з вересня 2008-го у зв'язку з неможливістю безпечної роботи. Ситуація погіршувалася і з 2010 р. проблема набула державного значення (експертний висновок МНС України від 09.12.2010 р. № 02-17292/165). У 2013 р. Солотвино оголошено зоною надзвичайної ситуації державного значення.

Наразі на території солерудника і прилеглих територіях спостерігаються небезпечні природні та техногенні процеси, в основному, соляний карст як підземний, так і поверхневий, провали територій у місцях розміщення шахт, а також зсувні процеси. За час активізації провалів у вирву пішло 5 мільйонів 300 тисяч кубометрів землі. Об'єм порожнин у виробітках, які не заповнені ані ґрунтом, ані водою, за орієнтовними даними, сягає 280 тисяч кубометрів.



Рис. 5.2.2. Солотвинський солерудник. Провалля та зсуви в районі шахт. (<https://hromadske.radio/news/2018/07/01/cherez-zatopleni-shahty-u-solotvyni-na-zakarpatti-znovu-mozhe-statysya-obval-foto-video>)

Територія ризиків продовжує розширюватися із максимальною швидкістю 5 см/рік (Szűcs, et al., 2021 р.). Спостереження за деформаціями не показали уповільнення процесів. Ситуація залишається складною, продовжується просідання ґрунтів, утворюються нові провали, які загрожують безпеці людей (Пакшин, Ляска та ін. 2021 р.). Усі ці процеси свідчать про те, що ситуація в Солотвині залишається нестабільною і потребує постійного і надійного моніторингу деформації земної поверхні;

- золотовидобувне підприємство ТОВ «Закарпатполіметали» (с. Мужієво Берегівського району) – за наслідками виробничої діяльності підприємства ТОВ «Закарпатполіметали», яке з 01.01.2007 р. припинило свою діяльність, спричинено забруднення довкілля, зокрема, ґрунту, поверхневих та підземних вод. На промисловому майданчику розташовано 5 відвалів зубожених (засмічених) та пустих порід загальним об'ємом до 164 тис. тонн та місце для збагачення руд у напіврідкій масі у кількості до 168 тис. м³, що розташовано у відпрацьованому кар'єрі. За даними Закарпатської геологорозвідувальної

експедиції у зазначених відвалах наявні домішки сульфідів та мінералів важких металів, які є токсикантами. Під впливом атмосферних факторів відбуваються процеси окислення сульфідів важких металів, внаслідок цього в підсошві відвалів формуються води з підвищеною мінералізацією та низьким рН, що насичені сульфатами важких металів, які вимиваються у поверхневі та підземні води. На прилеглих до підприємства територіях, за даними моніторингу, зафіксовано перевищення вмісту свинцю та міді в пробах ґрунту, а у воді підвищений вміст кадмію.



Рис. 5.2.3. Золотовидобувне підприємство ТОВ «Закарпатполіметали».
<https://dyvys.info/2020/12/22/zakarpattya-chy-mozhna-znovu-v-regioni-vydobuvaty-tsinnyy-metal/>

Відповідно до Єдиного реєстру з ОВД оцінки впливу на довкілля Мінприроди України надано висновок з оцінки впливу на довкілля про допустимість проведення планової діяльності ТОВ «Карпатська рудна компанія» «Проведення утилізації рудних відвалів гірських порід, з метою вилучення з них наступних сульфідних мінералів: пірит, галеніт, сфалерит і халькопірит» (реєстраційна справа №20192262943) № 7-03/12-20192262943/1 від 29.07.2019 року. Планова діяльність підприємства передбачає проведення утилізації рудних відвалів гірських порід з метою вилучення з них наступних сульфідних мінералів: пірит, галеніт, сфалерит і халькопірит. Максимальне вилучення

сульфідних мінералів унеможливить продовження процесів окислення і підвищення кислотності стічних вод. При цьому, вміст компонентів у пісках та шламах буде наближатися до фонових значень для вміщуючих гірничих порід ділянки.

- *території колишнього ЗАТ «Великобичківський лісохімкомбінат»* – ліквідований ухвалою Господарського суду Закарпатської області від 30.11.2004 року. Після проведення ліквідаційної процедури функціонування лісохімкомбінату було зупинено, технологічне обладнання демонтовано та розпродано, а забруднена територія та відходи залишилися нічийними. Результати аналітичного контролю, що здійснювався протягом 2013 року Держекоінспекцією в Закарпатській області на території колишнього Великобичківського лісохімічного комбінату (сmt. В. Бичків, Рахівського району) та прилеглих до нього територій вказують на забруднення як земельних ресурсів, так і поверхневих вод і верхнього підземного водоносного горизонту (до 20 м). Концентрації нафтопродуктів у пробах ґрунтів перевищують фонові показники від 3 до 50 раз (котельня хімцеху колишнього ЛХК В. Бичків). Концентрації забруднюючих речовин у поверхневих водах перевищують ГДК для водойм рибогосподарського водокористування по хімічному споживанню кисню (ХСК) до 3 раз (потік б/н перед впадінням в р. Шопурка), за вмістом фенолів 3000 раз (потік б/н перед впадінням в р. Шопурка). У р. Шопурка, в створі нижче території ЛХК, показник ХСК відповідає вимогам чинних нормативів, вміст фенолів перевищує ГДК в 30 разів. Концентрації забруднюючих речовин виявлено і в шахтних колодязях жителів сmt. В. Бичкова (показник ХСК до 600 мг/л (норма 4,0 мг/л), фенолів до 4,0 мг/л (ГДК господарсько-питного водопостачання (централізованого) для фенолів – 0,001 мг/л).

Також викликає занепокоєння робота *Перечинського лісохімічного комбінату*. Довготривала експлуатація (протягом 100 років) лісохімкомбінату у м. Перечин призвела до забруднення території підприємства фенольними сполуками, у зв'язку з чим упродовж останніх років фіксується постійне вимивання цих сполук з території разом з ґрунтовими водами, що призводить до забруднення поверхневого стоку (Доповідь про стан навк. прир. серед. Зак. обл. за 2020 р.).

Через територію Закарпаття проходять трансєвропейські експортні магістралі (газо-, нафто- і продуктопроводи) загальною протяжністю 1700 км (Доповідь про стан навк. прир. серед. Зак. обл. за 2020 р.). У місцях їх проходження в результаті інженерного втручання порушується взаємозв'язок між рослинним покривом, ґрунтом та підстрилаючими гірськими породами, тобто порушується природне функціонування гірських екосистем. Ці зміни в умовах надлишково-

го зволоження, наявності крутих схилів, знищення гірських порід часто стають причиною виникнення шкідливих як для трубопроводів, так і для навколишніх екосистем процесів, таких як лінійна та площинна ерозія, зсуви, заболочення. Найбільш ефективним способом прискореного закріплення поверхневого шару ґрунту є створення на трасах культур-фітоценозів зі стійких у цих екологічних умовах видів рослин, що можуть виконувати меліоративну функцію. Важливими фітомеліоративними заходами, що сприятимуть оптимізації екологічного режиму на трасах магістральних трубопроводів, є:

- залуження трас трубопроводів бобово-злаковими сумішами;
- ґрунтостабілізуючі посадки дерев та кущів на зсувних ділянках (акація біла та жовта, вільха сіра й зелена, верба червона та козяча, жарновець віниковий, щипшина собача, ялина, явір);
- водопоглинаючі посадки дерев та кущів у місцях стояння ґрунтових вод (різні види верб, вільха сіра та клейка).



Рис. 5.2.4. Перечинський лісохімічний комбінат. Фото автора.

У зв'язку з тим, що ефективність фітомеліорації визначається проведеною технічною рекультивацією, на деяких трасах магістральних трубопроводів, особливо газопроводів, її доповнюють такими технічними заходами:

- спорудження водовідвідних каналів та лотків;
- насипанням штучних мікротерас (Прир. багатства Зак., 1987 р.).

Велику загрозу для ґрунтів становлять локальні аварії наслідки неlegalних врізок громадян на трубопроводах. До прикладу, через розгерметизацію нафтопроводу «Дружба» поблизу с. Руське у 2018 році в

системі стався витік сирої нафти, у результаті забруднено близько 250 квадратних метрів ґрунту (На Закарпатті через незаконну ..., 2018). У 2009 році сталася аварія, значніша за масштабами витоку, коли також внаслідок розгерметизації магістрального продуктопроводу неподалік с. Кострино (Ужгородський район) стався витік 100-120 кубометрів дизпалива, забруднивши понад два десятки колодязів та ґрунти 35 присадибних ділянок («Прикарпатзахідтранс» повністю ..., 2009).

Забруднення транспортними викидами. Закарпаття має досить розвинену транспортну систему, особливо на рівнинній частині, яка представлена розгалуженою мережею залізничного, автомобільного та трубопровідного транспорту. Загальна протяжність автомобільних шляхів області становить понад 3,5 тис. км, з яких 97% мають тверде покриття. Щільність автомобільних шляхів на тисячу квадратних кілометрів території становить 268 км при 271 км по Україні (Доповідь про стан навк. прир. серед. Зак. обл. за 2020 р.). Ґрунти зазнають негативного впливу всіх видів транспорту, а особливо автомобільно-дорожнього. Це оксиди Карбону, Нітрогену, Сульфуру, вуглеводні (всі види палива), протиожеледні матеріали (найчастіше сіль кухонна), важкі метали (плюмбум, кадмій, нікель та ін.), пил та сажа. Встановлено, що на придорожній смузі осідає 73% загальної кількості плюмбуму, що надходить у повітря з відпрацьованими газами автомобільних двигунів. Найбільша концентрація плюмбуму в ґрунті спостерігається поблизу земляного полотна і перевищує його фонове значення у 20-30 разів. Таким чином, продукти, вирощені уздовж автострад, містять підвищену кількість свинцю і залежно від інтенсивності руху ця небезпечна зона може простягатися від 10 до 500 м. Тому уздовж доріг слід саджати тільки лісові породи або вирощувати кормові культури. На Закарпатті **у зв'язку** з проблемою **малоземелля** цим зневажають і часто уздовж доріг висаджують сільськогосподарські культури, а також закладають сади, випасають худобу або використовують узбіччя як сіножаті.

Список використаних джерел:

1. Балюк С.А., Медведєв В.В., Мірошніченко М.М., Скрильник Є.В., Тимченко Д.О., Фатєєв А.І, Христенко А.О., Цапко Ю.Л. Екологічний стан ґрунтів України // Український географічний журнал, 2012, № 2. – С. 38-42.
2. Балюк С.А., Мірошніченко М.М. Сучасний стан ґрунтових ресурсів України: як бути далі? [Електронний ресурс], 2020. – Режим доступу: <https://a7d.com.ua/agropoltika/50965-suchasnij-stan-gruntovih-resursv-ukrayini-jak-buti-dal.html>
3. Білий фосфор або фосфорні бомби: шкода для довкілля та людей [Електронний ресурс], 2022. – Режим доступу: <https://www.savednipro.org/bilij-fosfor-abo-fosforni-bombi-shkoda-dlya-dovkilliya-ta-lyudej/>

4. Бойчук Ю.Д., Солошенко Е.М., Бугай О.В. Екологія і охорона навколишнього середовища: Навчальний посібник. – 3-тє вид., випр. і доп. – Суми: ВТД «Університетська книга»; К.: Видавничий дім «Княгиня Ольга», 2005. – 302 с.
5. Гавриленко О.П. Екогеографія України: Навч. посіб. – К.: Знання, 2008. – 646 с. – (Вища освіта ХХІ століття).
6. Позняк С. Ґрунти в сучасному суспільстві // Вісник Львівського університету. Серія географічна, 2017. Випуск 51. – С. 304-313. – Режим доступу: https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/07/029_Pozniak.pdf
7. Доповідь про стан навколишнього природного середовища Закарпатської області за 2021 рік / Департамент екології та природних ресурсів, Закарпатська обласна держава адміністрація. – Режим доступу: https://ecozakarp.at.gov.ua/wp-content/nd/Zakarp_reh_dop_2021.pdf
8. Екологічні проблеми війни [Електронний ресурс], 2022. – Режим доступу: <https://pro-eko.com.ua/ekologichni-problemy-vijny/>
9. Казімірова Л.П. Основи екології [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://lubbook.org/book_274.html
10. На Закарпатті через незаконну врізку в «Дружбу» сталося розлиття нафти (оновлено) [Електронний ресурс], 2018. – Режим доступу: https://lb.ua/society/2018/12/11/414664_zakarpate_izza_nezakonnoy.html
11. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2018 році. – Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/timeline/Nacionalni-dopovidi-pro-stan-navkolishnogo-prirodnogo-seredovishcha-v-Ukraini.html>
12. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України, 2010. – Режим доступу: http://www.iogu.gov.ua/wp-content/uploads/2013/07/stan_gruntiv.pdf
13. Омельчук О., Садогурська С. Природа та війна: як військове вторгнення Росії впливає на довкілля України [Електронний ресурс] // Екодія, 2022. – Режим доступу: <https://ecoaction.org.ua/pryroda-ta-vijna.html>
14. Пакшин М., Ляска І., Каблак Н., Яремко Г. Дослідження впливу гірничих виробок рудників ДП «Солотвинський солерудник» на земну поверхню, будівлі та споруди із використанням супутникового радарного моніторингу // Геодинаміка, 2021, 2(31). – С. 41-52. <https://doi.org/10.23939/jgd2021.02.041>. – Режим доступу: <https://science.lpnu.ua/uk/jgd/vsi-vypusky/2312021/doslidzhennya-vplyvu-girnychyh-vyrobok-rudnykiv-dp-solotvynskyy-solerudnyk>
15. «Прикарпатзахідтранс» повністю відшкодує закарпатським селянам збитки, завдані аварією на продуктопроводі [Електронний ресурс], 2009. – Режим доступу: <https://zakarpatty.net.ua/News/32947-Prykarpatzakhidtrans-povnistiu-vidshkoduie-zakarpatskym-selianam-zbytky-zavdani-avariiei-na-produktoprovodi>
16. Природа Закарпатської області / Під ред. К.І. Геренчука. – Львів: Вища школа. Вид-во при Львів. ун-ті, 1981. – 156 с.

17. Природні багатства Закарпаття / [Кол. авт.; Упоряд. В.Л. Боднар]. – Ужгород: Карпати, 1987. – 284 с.
18. Розвиток сільського господарства в умовах реконструкції Березівської польдерної системи / Під ред. Іваницький О.М., Пензенник Ю.Ю. – Ужгород, 2010. – 38 с.
19. Szűcs, E., Gönczy, S., Bozsó, I., Bányai, L., Szakacs, A., Szárnya, C., & Wessertgom, V. (2021). Evolution of surface deformation related to saltextraction-caused sinkholes in Solotvyno (Ukraine) revealed by Sentinel-1 radar interferometry. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(3). – P. 977–993. <https://doi.org/10.5194/nhess-21-977-2021>, 2021.

Розділ 6.

ЕКОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ ЛАНДШАФТНОМУ РІЗНОМАНІТТЮ ВИСОКОГІРНИХ ТЕРИТОРІЙ В ЗАКАРПАТТІ

(Карабінюк М.)

6.1. ГЕНЕЗИС ТА ЕВОЛЮЦІЯ ВИСОКОГІРНИХ ЛАНДШАФТНИХ КОМПЛЕКСІВ

Субальпійське й альпійське високогір'я в Українських Карпатах розміщене на висотах понад 1450-1500 м н.р.м. у вигляді складного поєднання унікальних денудаційних, льодовиково-екзараційних та нівально-ерозійних ландшафтних комплексів (Мельник та ін., 2018; Карабінюк, 2020а). Характерною ознакою високогірного ландшафтного ярусу є високе ландшафтне різноманіття, розвиток якого відбувалося тривалий час під впливом внутрішніх та зовнішніх факторів, зокрема – різких змін клімату, потужних льодовикових зледенінь та антропогенного впливу. Високогір'я характеризується своєрідними морфологічними рисами. Воно сформоване поєднанням масивних вирівняних денудаційних поверхонь гірських хребтів та їх відрогів із крутими схилами, у які глибоко вриваються кари, цирки, трогові долини та інші льодовикові форми рельєфу (Кравчук, 2006, Карабінюк та ін., 2017).

Високогірний ландшафтний ярус зберігає сліди давньої історії формування гірської системи Українських Карпат та поєднує різновікові ландшафтні комплекси із суттєво різними властивостями, у тому числі – морфологічними та морфометричними. В умовах сучасного дуже холодного (січень -10...-12 °С; липень +9...+12 °С) та дуже волого (понад 1 500 мм опадів) клімату у високогір'ї Українських Карпат зростають субальпійська (гірська сосна, зелена вільха, ялівець сибірський тощо) та альпійська (костриця лежача, ситник трироздільний тощо) рослинність на сильноскелетних малопотужних гірсько-лучно-буроземних ґрунтах (Міллер та ін., 1997; Баранник, 2018; Карабінюк, 2020а) (рис. 6.1.1). Висока літоморфність ландшафтних комплексів робить їх вразливими до розвитку обвальних, осипних та інших фізико-географічних процесів і явищ.



Рис. 6.1.1. Субальпійське й альпійське високогір'я Чорногірського масиву Українських Карпат (Фото автора)

Обмежене поширення та прогресивний антропогенний вплив в умовах інтенсивних змін клімату обумовлюють загострення екологічних загроз сучасному ландшафтному різноманіттю високогір'я, збереженню реліктових видів рослин та унікальних за походженням і властивостями ландшафтних комплексів. Вище згадані фактори є визначальними для сучасного екологічного стану високогірних ландшафтних комплексів Українських Карпат та Закарпаття зокрема.

Субальпійське й альпійське високогір'я у межах Закарпатської області обмежене найвищими гірськими масивами Чорногора, Свидовець, Боржава, Мармароський масив та ін. Воно приурочене до центральних вододільних хребтів та надає масивам специфічних високогірних рис. Високогірний ландшафтний ярус найкраще виражений у найвищому гірському ландшафті Чорногора, в межах якого дві територіально обмежені ділянки разом займають площу 80,5 км² (Карабінюк, 2019а, 2020а). Ці ділянки розірвані між вершинами Говерла та Петрос, де відбувається зниження вододільного хребта та поширення смерекових лісів, що є характерним для ландшафтних комплексів середньогір'я (Мельник, 1999; Мельник та ін., 2018). Високогірні ландшафтні комплекси є унікальними з точки зору генезису, суттєво відрізняються від інших за особливостями функціонуванням, розвитком та стійкістю до негативних зовнішніх факторів.

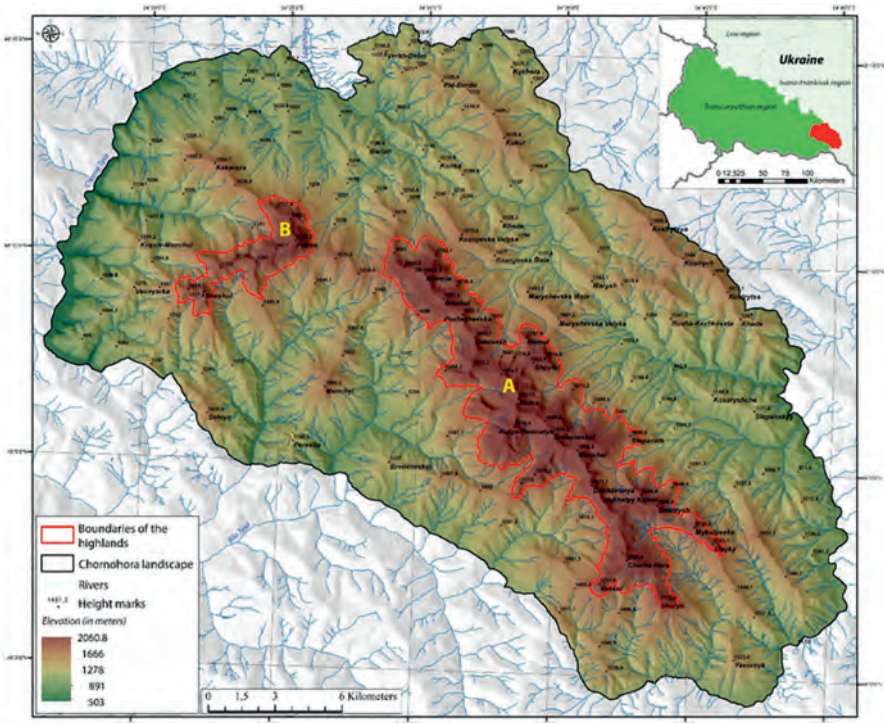


Рис. 6.1.2. Розміщення високогірного ландшафтного ярусу в найвищому гірському ландшафті Українських Карпат – Чорногорі (Karabiniuk et al., 2022a)

В історії формування і розвитку високогірного ландшафтного ярусу Українських Карпат та Закарпаття зокрема мали місце суттєві зміни властивостей природних компонентів – літогенної основи, кліматичних умов, поверхневих вод та ін. Розвиток ландшафтів був пов'язаний з безпосередньою взаємодією ендегенних та екзогенних чинників і характеризувався ускладненням морфологічної структури шляхом формування нових крупних ландшафтних комплексів – висотних місцевостей (Карабінюк, 2020a). Кожна з висотних місцевостей характеризується специфічними властивостями (гіпсометричне положення, крутизна поверхні, зволоження, інсоляційні особливості, розвиток сучасних процесів та ін.), які головно визначились у процесі розвитку літогенної основи під визначальним впливом певного чинника морфогенезу.

Загалом, в історії розвитку ландшафтних комплексів високогір'я Українських Карпат можна виділити два етапи, що пов'язані із різними домінуючими чинниками ландшафтоутворення (Карабінюк, 2020a):

- нижньоміоценовий – переважали процеси денудації;
- мезо-неоплейстоценовий – переважали процеси льодовикової екзарації.

У результаті в сучасному субальпійському й альпійському високогір'ї Українських Карпат сформувалися три типи висотних місцевостей, утворення який відбулось на різних етапах розвитку ландшафтної структури під дією різних факторів морфогенезу. Найстаршою серед них є *висотна місцевість денудаційного високогір'я*, яка сформувалась у нижньому міоцені (Карабінюк, 2020а). Виположені гребені гірських масивів та розлогі сідловини є реліктами раннього етапу її формування, які найкраще зберегли сліди давньої денудації (рис. 6.1.3). До денудаційних ландшафтних комплексів також належать урочища випуклих поверхонь куполоподібних вершин та їх схили, які приурочені до центральних вододілів гірських масивів та піднімаються над гребеневими поверхнями на 150-200 м. Вони є найстарішими урочищами високогір'я Чорногори, Свидовця та інших гірських масивів та визначають їх загальний нижньоміоценово-голоценовий вік (Карабінюк, 2020а).



Рис. 6.1.3. Денудаційні поверхні головного вододільного хребта Чорногірського масиву Українських Карпат (Фото автора)

Впродовж усього міоцену, на фоні чергування висхідних рухів та їх періодичного затухання із характерними дуже активними процесами денудації, відбувалося активне формування урочищ денудаційних схилів (Карабінюк, 2020a). З нижнього міоцену до плейстоцену важливе значення для подальшого розвитку ландшафтної структури високогір'я мали водозбірні лійки. Їхнє активне утворення було результатом повсюдного прояву ерозійних процесів та інтенсивного розвитку річкової мережі, яка розпочала тривалий процес розчленування гірських хребтів Українських Карпат. У результаті до початку різкого зледеніння у верхів'ях потоків сформувалися масивні та глибоко врізані водозбірні лійки, які суттєво урізноманітнили ландшафтну структуру високогірного ландшафтного ярусу. Особливо інтенсивне їх заглиблення спостерігалось у періоди тектонічної нестабільності із висхідними процесами розвитку геологічного фундаменту, коли відбувалось активне розчленування рельєфу високогір'я (Karabiniuk et al., 2022a).

Важливим етапом формування сучасних ландшафтних рис високогір'я Українських Карпат був плейстоцен, впродовж якого двічі відбулись значні похолодання клімату та депресії снігової лінії, що призвели до найпотужніших рісського та вюрмського зледенінь найвищих гірських масивів (Карабінюк, 2019b, 2020a). Тому актуальним є дослідження впливу зледенінь на формування сучасної ландшафтної структури високогірного ландшафтного ярусу, а також визначення механізму й особливостей формування конкретних високогірних природних територіальних комплексів, які вплинули на сучасні параметри ландшафтного різноманіття досліджуваної території.

У результаті екзараційної діяльності давніх льодовиків значна частина денудаційного високогір'я Українських Карпат зазнала нівальної обробки і розчленування – сформувався своєрідний комплекс давньольодовикових форм рельєфу представлений численними цирками, карами, нівальними нішами, троговими долинами та ін. Вони приурочені до верхів'їв річкових долин вздовж головних вододільних хребтів Чорногори, Свидовця, Мармароського та інших масивів на висотах від 1450–1500 до 1800 м (Міллер та ін., 1990; Мельник, Карабінюк, 2018; Карабінюк, 2020a). На їх основі у плейстоцені сформувалася *висотна місцевість давньольодовиково-екзараційного високогір'я* (рис. 6.1.4).

Релікти давнього зледеніння поширені практично на всій території високогірного ландшафтного ярусу Українських Карпат та суттєво різняться за розмірами, формою, глибиною врізання, крутизною стінок й іншими морфологічними ознаками (Кравчук, 2006). Найкраще вони збереглися у високогірній частині підвітряного північно-східного макросхилу Чорногірського та Свидовецького масивах. Сукупність

давньольодовиково-екзараційних форм рельєфу (карів, карлінгів, нівальних ніш, льодовикових долин та ін.) з характерною сильною розчленованістю, значною крутизною схилів та наявністю гострих гребенів формують так званий альпійський рельєф (Кравчук, 2006). Власне наявність альпійського рельєфу надає найвищим гірським масивам Українських Карпат рис високогірних ландшафтів, а також є невід'ємним елементом високогірного ландшафтного ярусу (Міллер, Федірко, 1997; Карабінюк, 2020а).



Рис. 6.1.4. Висотна місцевість давньольодовиково-екзараційного субальпійського високогір'я у Чорногорі (урочище сильноерізаного кару південно-східної експозиції з озером Бребенескул) (фото Яни Карабінюк)

Найбільш характерними реліктами плейстоценових зледенінь у високогір'ї Українських Карпат є складні урочища карів, які сформувались у результаті інтенсивної екзарації пригребеневих схилів льодовими масами, що рухались вниз до найближчого базису ерозії. Більшість карів характеризуються чітко вираженими дуже крутими тильними та боковими стінками, на яких добре прослідковуються обвальна та осипна частини. Осипні стінки карів примикають до моренних днищ із торфовищами, зрідка з невеликими болотами та озерами – Бребенескул, Ворожеска, Івор та ін. Давньольодовиково-екзараційні форми у високогір'ї успадкували характер пліоцен-плейстоценової системи водозбірних лійок. Основна акумуляція сніжно-льодовикових мас у періоди зледенінь початково відбувалась у пониженнях рельєфу масиву, якими головно слугували гіпсометрично

найвищі водозбірні ерозійні улоговини. Згодом, під екзараційною дією льодовиків вони були трансформовані в кари (Карабінюк, 2020а).

У період розвитку льодовикової екзарації під впливом плейстоценових зледенінь у високогір'ї Українських Карпат також відбувалися інтенсивні нівально-ерозійні процеси, які відіграли важливе значення для подальшого розвитку ландшафтної структури території. У результаті інтенсивних нівально-ерозійних процесів у тодішньому нівальному ярусі найвищих гірських масивів на більш теплих й пологих південно-західних макросхилах сформувались своєрідні амфітеатри древніх фірнових полів. Вони генетично пов'язані з плейстоценовими зледеніннями, характеризуються нівально-ерозійним походженням та *формують висотну місцевість нівально-ерозійного високогір'я* (Карабінюк, 2020а, 2021b). Визначальною їх рисою є ступінчаста будова увігнутих та округлих крупних мезоформ рельєфу з вирівняним днищем (рис. 6.1.5). Найбільші за розмірами амфітеатри древніх фірнових полів розміщені у високогір'ї Чорногори у верхів'ї басейну р. Говерла, найбільший з яких (амфітеатр Озірний) займає площу близько 2 км² (Карабінюк, 2020а).



Рис. 6.1.5. Висотна місцевість нівально-ерозійного високогір'я субальпійського високогір'я у Чорногорі (урочище амфітеатру древнього фірнового поля південно-західної експозиції схилу г. Туркул) (фото автора)

Заокруглена форма амфітеатрів древніх фірнових полів робить їх дещо схожими на складні урочища карів. Вони обмежуються дуже крутими осипними стінками висотою від 5–10 м до 50–75 м, у нижній частині яких формуються крупнобрилові конуси та шлейфи колюві-

альних відкладів (останні залягають на виположених хвилястих поверхнях ступенів шириною до 350 м). Розміри й глибина днищ амфітеатрів древніх фірнових полів збільшується за наявності в його основі піддатливих до нівальної і водної ерозії порід, головню – аргілітів. Нижня частина амфітеатрів переважно заокруглена та обривається високими крутими уступами, висота яких іноді досягає 75–80 м (Карабінюк, 2020а). Для цих уступів характерні крупнобрилові осипи, які акумулюються в крутосхилому лісистому середньогір'ї у вигляді насипних валів (Карабінюк, 2021b).

Отже, мезо-неоплейстоценова епоха морфогенезу у верхньому ландшафтному ярусі Українських Карпат пов'язана із зледеніннями та характеризується масштабним кароутворенням й активними нівально-ерозійними процесами. Під дією останніх сформувалась третя високогірна висотна місцевість – нівально-ерозійне високогір'я, яка головню представлена амфітеатрами древніх фірнових полів. Їхня східчаста морфологія є проявом літологічно-структурних особливостей території високогір'я, на які накладені екзогенні чинники – нівально-ерозійні процеси. Також частина із них ускладнені нівальними карами, які є унікальними природними територіальними комплексами високогірного ярусу Українських Карпат та Закарпаття зокрема.

6.2. ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА РОЗВИТОК ТА СУЧАСНЕ ЛАНДШАФТНЕ РІЗНОМАНІТТЯ

Проведені нами ландшафтознавчі дослідження генезису та особливостей сучасної просторової організації високогір'я Українських Карпат свідчить про високе ландшафтне різноманіття і прогресивний розвиток геокомплексів, зміну їх структури та властивостей під дією зовнішніх факторів і саморозвитку (Карабінюк, 2020а). Одним із основних факторів змін у ландшафтній структурі є глобальні зміни клімату та їх місцеві прояви. Зміни клімату на різних етапах формування сучасного ландшафтного різноманіття були різкими та суттєво відрізнялися від сьогоденних тенденцій, визначали напрям еволюції низки високогірних ландшафтних комплексів. Сучасні зміни кліматичних умов високогір'я головню виражені аридизацією повітря у літній період та змінами річного розподілу кількості опадів (Карабінюк, Шубер, 2019; Карабінюк, Марканич, 2020). Це сприяє загостренню екологічних небезпек для цінних високогірних природних комплексів Закарпаття та сучасного ландшафтного різноманіття загалом.

У сучасній ландшафтній структурі представлені ландшафтні комплекси різного віку та походження, з відмінними розмірами та власти-

востями. Загалом, високогірний ландшафтний ярус Українських Карпат сформований трьома генетичними типами висотних місцевостей: *денудаційне високогір'я, льодовиково-екзараційне високогір'я та нівально-ерозійне високогір'я* (Карабінюк, 2020a). Денудаційні ландшафтні комплекси у високогір'ї Українських Карпат є найстарішими за віком, а їхнє формування розпочалось в нижньому міоцені. Однак, сучасні риси ландшафтної структури сформовані під дією плейстоценових зледенінь та подальшої його деградації у голоцені. Визначним фактором змін та розвитку ландшафтної структури були глобальні зміни кліматичних умов, динамічність яких проявляється і зараз.

Деградація льодовиків останнього вюрмського зледеніння у високогір'ї Українських Карпат відбувалися у декілька етапів суттєво різної тривалості (рис. 6.2.1.). Це зумовило поступове ускладнення ландшафтної структури високогір'я території у голоцені, яка набувала суттєво іншого морфологічного рисунку. На фоні загального потепління клімату відбувалося періодичне відновлення зледеніння та формування невеликих льодовиків, результатом чого стало утворення динамічних ландшафтних урочищ, зокрема – нівальних ніш, розчленованих водозбірних лійок, глибоких ерозійних улоговин та інше. Наприкінці вюрму більшість льодовиків у Чорногорі зникли, а в древньому голоцені, у зв'язку із відновленням зледеніння, почали виникати знову. Настання кліматичного оптимуму 10,3-12,3 тис. років спричинив танення значної кількості невеликих льодовиків на нижчих гіпсометричних рівнях високогір'я, а також обумовив зменшенню потужностей уцілілих льодовиків у днищах найглибших та найвищих карів Чорногори (Карабінюк, 2020a, 2021b).

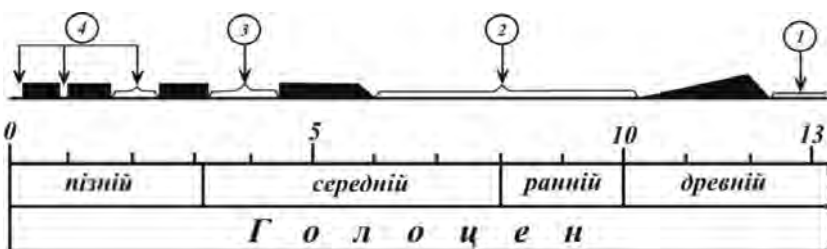


Рис. 6.2.1. Шкала природної ритміки в голоцені для альпінотипного середньогір'я Карпат (на прикладі Чорногори) (Ковалюх та ін., 1985)

Цифри в кільцях – холодні періоди: 1 – пізньовюрмська деградація гірського зледеніння, акумуляція нижніх горизонтів флювіогляціальних відкладів; 2 – відновлення зледеніння, формування кінцевих морен 4, 5, 6 стадій, накопичення середніх горизонтів флювіогляціальних відкладів; 3 – формування найбільш молодих морен, накопичення верхніх горизонтів флювіогляціальних відкладів; 4 – накопичення нівально-флювіального дрібнозему поблизу від крупних сніжників-перелітків. Чорна заливка – теплі періоди, оптимуми вегетації.

Впродовж всього раннього та першої половини середнього голоцену (6-10 тис. років тому) повторно відбулось суттєве похолодання клімату, що зумовило потужне відновлення зледеніння високогір'я Українських Карпат. Воно супроводжувалось інтенсивними екзараційними процесами й повсюдним омолодженням місцевості давньольодовиково-екзараційного високогір'я. У цей час сформувалися біль-



Рис. 6.2.2. Куполоподібна вершина г. Говерла з ерозійними борознами та глибоко врізаним каром на північних схилах (фото Дмитро Фішерюк)

шість особливих з точки зору динаміки ландшафтних комплексів – глибоко врізаних нівальних ніш, які найчастіше розвивалися на стінках карів та крутих затяжних схилах відрогів хребтів (Карабінюк, 2020а). Згасанню цього зледеніння, а точніше його деградації, сприяв середньоголоценовий кліматичний оптимум (Ковалюх та ін., 1985).

У результаті періодичного відновлення зледеніння у високогірному ландшафтному ярусі Чорногори, Свидовця та інших гірських масивів Українських Карпат, під дією інтенсивних екзараційних процесів, урочища днищ карів та цирків

виповнилися молодими моренами. Розвиток річкової системи та активні ерозійні процеси у голоцені сприяли розчленуванню урочищ днищ карів, що спричинило суттєву зміну їх морфологічної будови та зовнішніх морфометричних рис. Еволюція геоконкомплексів льодовикового походження також зумовлена акумулятивними процесами біогенних відкладів у пониження рельєфу та заростання льодовикових озер (боліт) у днищах карів і цирків.

Значну роль у розвитку висотної місцевості давньольодовиково-екзараційного високогір'я відіграли гравітаційні процеси – численні осипи та обвали, які сприяли деградації урочищ стінок карів та заповненню їх днищ уламковим матеріалом. У результаті цих процесів основна частина днищ карів із невеликими озерами впродовж три-

валого часу була засипана уламковим матеріалом, що свідчить про інтенсивну деградацію обвальних стінок карів та інших елементів льодовиково-екзараційних урочищ (Міллер, Федірко, 1990; Міллер та ін., 1997). Зміни кліматичних умов та зниження снігової лінії в цей час також зумовили модифікацію урочищ нівальних ніш під дією ерозії.

Еволюція денудаційного високогір'я Українських Карпат у голоцені також пов'язана з посиленням ерозійного впливу водних потоків, інтенсивна дія яких сприяли омолодженню та формуванню нових водозбірних лійок, борозн на крутих схилах та ін. Ерозійні процеси лінійного характеру сприяли суттєвому розчленуванню масивних крутих схилів відрогів хребтів, куполоподібних вершин та інших урочищ високогірного ярусу (рис. 6.2.2.). Характерною ознакою змін ландшафтної структури території цього періоду є розвиток зсувних процесів, потужні прояви яких обумовили утворення складних урочищ зсувів (Карабінюк, 2020а). Найбільші з них мають своєрідну циркоподібну форму та складаються із каскаду зсувних тіл, напрям зсування яких зорієнтовано за напрямком падіння корінних пластів гірських порід. Наприклад, у межах високогірного ландшафтного ярусу Чорногори найбільші за розмірами урочища зсувів розміщені у верхів'ях ба-сейнів пот. Бребенскуль (ур. Лемська та західніше від г. Бребенескул), Балцатул (на західних схилах г. Піп-Іван) та ін. (Карабінюк, 2020а).

Таким чином, сучасна ландшафтна структура високогір'я Українських Карпат сформована впродовж тривалого періоду під впливом різних чинників морфогенезу, які визначили основні закономірності просторової організації території. На сьогодні воно характеризується високим ландшафтним різноманіттям, оскільки тут представлені ландшафтні комплекси різного віку та походження, з відмінними розмірами та властивостями. Наприклад, ландшафтну структуру високогір'я Чорногори формують (рис. 6.2.3., табл. 6.2.1) (Карабінюк, 2020а):

- 2 сектори
- 5 видів висотних місцевостей;
- 20 видів ландшафтних стрій;
- 73 види складних урочищ;
- 273 види підурочищ та простих урочищ;

У результаті проведеної типологічної класифікації урочищ високогірного ландшафтного ярусу Чорногори встановлено, що денудаційне альпійсько-субальпійське високогір'я формують 7 типів та 17 підтипів складних урочищ. Найбільшим різноманіттям характеризується тип складних урочищ крутих і дуже крутих пригребеневих схилів відрогів головного хребта, в межах якого виділяється 5 підтипів і 23 види складних урочищ, та сильноспадастих і крутих гребенів відрогів головного хребта, який об'єднує 4 підтипи та 45 видів склад-

них урочищ. Для першого також притаманна найбільша чисельність контурів видів складних урочищ – 144 контури. Натомість, унікальними є типи складних урочищ реліктових водозбірний лійок та система тектонічного зумовлених зсувів, кожний із яких представлений 1 підтипом і тільки 1 видом складних урочищ (Карабінюк, 2020а).

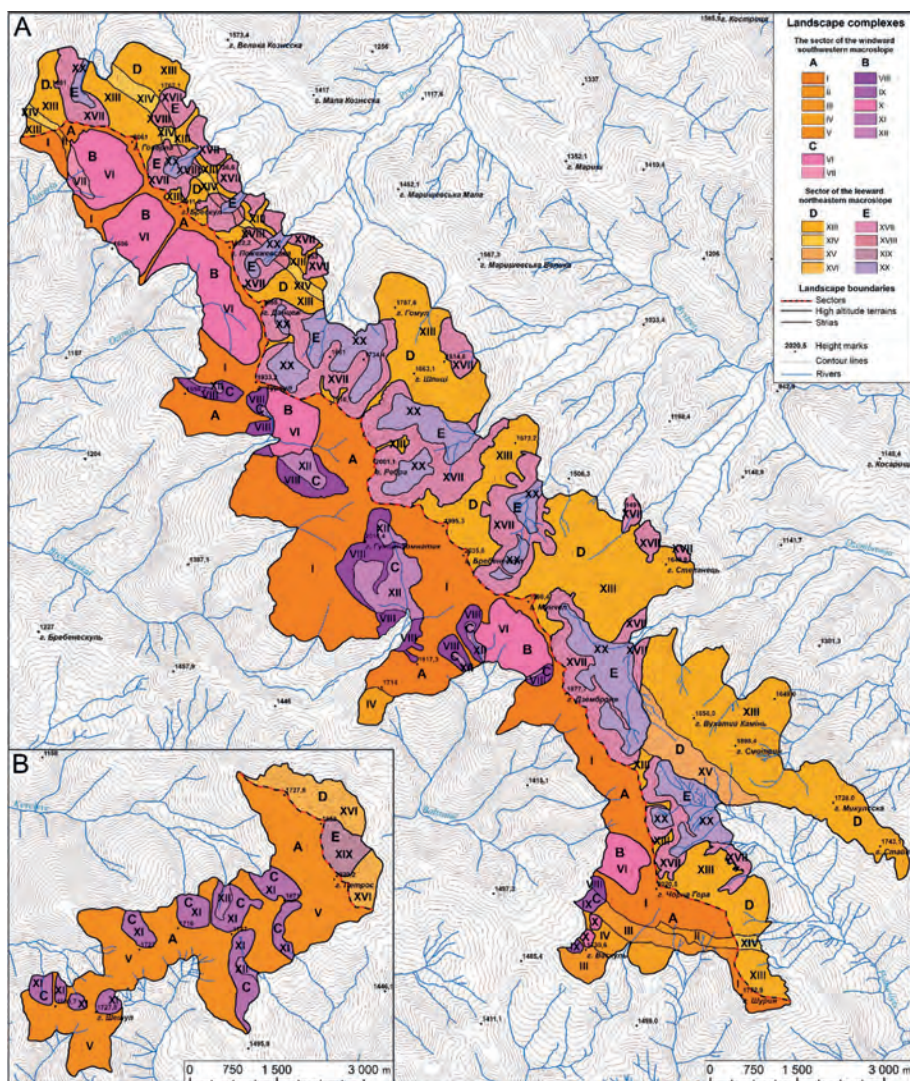


Рис. 6.2.3. Ландшафтна карта субальпійського й альпійського високогір'я Чорногори (сектори, висотні місцевості, стрії): А) ділянка «Говерла-Шурин»; В) ділянка «Шешул-Петрос» (Карабінюк, 2020а)

Таблиця 6.2.1.

Сектори, висотні місцевості та стрії субальпійського й альпійського високогір'я Чорногори (Легенда до рис. 6.2.3) (Карабінюк, 2020а)

Сектор	Висотна місцевість	Стрія	Назва природних територіальних комплексів
СЕКТОР південно-західного навітряного сильно зволоженого паралельною системою річок макросхилу з пануванням букових і смереково-ялицево-букових лісів	А		<i>М'яковипукле денудаційне альпійсько-субальпійське високогір'я, сформоване переважно в умовах згідного залягання пластів гірських порід, дуже холодне (середня температура найхолоднішого місяця -12 °С; найтеплішого +9 °С) і дуже вологе (до 2 000 мм), з біловусово-лохиново-чорницевими пустищами і щучниково-ситниково-кострицевими луками на гірсько-лучно-буроземних і гірсько-торф'яно-буроземних ґрунтах</i>
		I	Крутосхилі випуклі куполоподібні вершини, хвилясті поверхні гребеня та круті пригребеневі схили узгоджені з напрямком падінням пластів невапнистих слюдистих грубошаруватих і масивних різнозернистих сірих пісковиків, конгломератів і гравелітів з біловусовими та ялівцево-чорницевими пустищами на гірсько-лучно-буроземних і гірсько-торф'яно-буроземних ґрунтах
		II	Круті пригребеневі схили відрогів головного хребта складені тонкоритмічним піщовиково-аргілітовим флішем з перешарування зеленувато-сірих аргілітів і прошарків алевролітів, пісковиків та мергелів з лежачокострицево-ситниковими і щучниково-біловусовими луками та яловечниками на гірсько-лучно-буроземних ґрунтах
		III	Круті пригребеневі схили відрогів головного хребта складені кварцитоподібними темно-сірими пісковиками з тонкими прошарками аргілітів чорних і зелених з ялівцево-гірсько-сосновим криволіссям на гірсько-лучно-буроземних ґрунтах
		IV	Круті пригребеневі схили відрогів головного хребта складені вапняковими тонкошаруватими чорними аргілітами з прошарками пісковиків та кремнію з чорницево-ялівцево-гірсько-сосновим криволіссям на гірсько-лучно-буроземних ґрунтах
		V	Крутосхилі випуклі куполоподібні вершини, хвилясті поверхні гребеня та круті пригребеневі схили переважно узгоджені з падінням пластів невапнистих слюдистих грубо- і масивношаруватих сірих пісковиків та пачок піщовикового флішу з біловусово-ситниковими луками і ялівцево-лохиново-чорницевими пустищами на гірсько-лучно-буроземних ґрунтах

	В	<i>Увігнуте нівально-ерозійне субальпійське високогір'я, сформоване в умовах згідного залягання пластів гірських порід, холодне (липень +10...+12 °С, січень -10 °С), дуже вологе (понад 1 500 мм) з гірсько-сосновим і зеленівільховим криволіссям на гірсько-лучно-буроземних і гірсько-торф'яно-буроземних ґрунтах</i>
		VI Територіально роз'єднана система крутосхилих амфітеатрів древніх фірнових полів південно-західної експозиції ускладнені зсувами з перезволоженими східчастими днищами узгоджені з напрямком падінням пластів невапнистих слюдистих грубошаруватих і масивних різнозернистих сірих пісковиків, конгломератів і гравелітів з пануванням ялівцево-гірсько-соснового і зеленівільхового криволісся на гірсько-торф'яно-буроземних ґрунтах
		VII Ділянка крутосхилого амфітеатру древнього фірнового поля складена тонкоритмічним пісковиково-аргілітовим флішом з перешарування зеленувато-сірих аргілітів і прошарків алевролітів, пісковиків та мергелів з гірсько-сосновим криволіссям на слабоскелетних гірсько-торф'яно-буроземних ґрунтах
	С	<i>Різкоувігнуте давньольодовиково-екзараційне субальпійське високогір'я, сформоване переважно в головах пластів гірських порід, холодне (лютий -12 °С; липень +10 °С) і дуже вологе (понад 1 500 мм), з перезволоженими днищами карів з формаціями листяних і хвойних чагарників на гірсько-лучно і гірсько-торф'яно-буроземних ґрунтах у комплексі з кам'янистими осипищами і виходами корінних порід</i>
		VIII Територіально роз'єднана система сильноврізаних карів і стінок трогових долин з дуже крутими й обривистими стінками переважно в головах пластів невапнистих слюдистих грубошаруватих і масивних різнозернистих сірих пісковиків, конгломератів і гравелітів з формаціями листяних і хвойних чагарників на гірсько-лучно-буроземних ґрунтах
		IX Територіально роз'єднана система слабоврізаних карів з крутими стінками закладені в темно-сірих кварцито-подібних пісковицях з тонкими прошарками чорних і зелених аргілітів з гірсько-сосновим криволіссям на гірсько-лучних буроземах
		X Територіально роз'єднана система слабоврізаних карів закладені в тонкоритмічних чорних аргілітах з прошарками пісковиків та кремнію з щучниково-гірсько-сосновим криволіссям на гірсько-лучно-буроземних ґрунтах
		XI Територіально роз'єднана система карів з дуже крутими стінками закладених в грубо- і масивношаруватих, невапнистих слюдистих сірих пісковицях і пісковиковому фліші з пануванням формацій ялівцю і зеленої вільхи на гірсько-лучно-буроземних ґрунтах
		XII Круті і спадисті хвилясті поверхні суглинисто-валунних моренно-осипних днищ карів з пануванням формацій гірської сосни, зеленої вільхи і ялівцю на гірсько-торф'яно-буроземних ґрунтах

СЕКТОР північно-східного підвітряного макросхилу із холоднішим (приблизно на 2° С), ніж у південно-західному секторі, вегетаційним періодом, меншою на (200–300 мм) річною кількістю опадів з пануванням смерекових і букво-ялицево-смерекових лісів	D		<i>М'яковипукле денудаційне альпійсько-субальпійське високогір'я, сформоване в головах пластів гірських порід, дуже холодне (середня температура найхолоднішого місяця -12 °С; найтеплішого +7 °С) і дуже вологе (до 2 000 мм), з біловусово-чорницево-лохиновими пустищами і щучниковими луками на гірсько-лучно-буроземних і гірсько-торф'яно-буроземних ґрунтах</i>
		XIII	Випуклі куполоподібні вершини та круті пригребеневі схили сформовані в головах пластів невапнистих слюдистих грубошаруватих і масивних різнозернистих пісковиків, конгломератів і гравелітів з чорницево-лохиновими пустищами і буловусово-щучниковими луками на гірсько-лучно-буроземних і гірсько-торф'яно-буроземних ґрунтах
		XIV	Круті пригребеневі схили та сідловини сформовані тонкоритмічним пісковиково-аргілітовим флішем з біловусово-щучниковими луками на гірсько-лучно-буроземних ґрунтах
		XV	Круті горбисті пригребеневі схили складені вапняковими тонкошаруватими чорними аргілітами та кварцито-подібними темно-сірими пісковиками з кострицево-чорницевими пустищами, яловечниками та гірсько-сосновим криволіссям на гірсько-лучно-буроземних і гірсько-торф'яно-буроземних ґрунтах
		XVI	Дуже круті пригребеневі схили сформовані в головах пластів невапнистих слюдистих грубо- і масивношаруватих сірих пісковиків та пачок пісковикового флішу, з чорницево-лохиновими пустищами і щучниковими луками на гірсько-лучно-буроземних ґрунтах
	E		<i>Різка увігнуте давньольодовиково-екзарацийне субальпійське високогір'я сформоване в головах пластів гірських порід, холодне (лютий -12 °С; липень +8 °С), дуже вологе (понад 1 500 мм) з формаціями листяних і хвойних чагарників на гірсько-лучних і гірсько-торф'яно-буроземних ґрунтах у комплексі з кам'янистими осипищами і виходами корінних порід</i>
		XVII	Територіально роз'єднана система карів з дуже крутими й обривистими стінками, закладених в головах пластів невапнистих слюдистих грубошаруватих і масивних пісковиків, конгломератів і гравелітів з пануванням ялівцю, гірської сосни і зеленої вільхи на гірсько-лучно-буроземних і гірсько-торф'яно-буроземних ґрунтах
		XVIII	Територіально роз'єднані круті і дуже круті стінки карів закладені в тонкоритмічному пісковиково-аргілітовому фліші з формаціями гірської сосни і буловусово-щучниковими луками на гірсько-торф'яно-буроземних і гірсько-лучно-буроземних ґрунтах
		XIX	Кари з дуже крутими й обривистими стінками закладені в головах пластів невапнистих слюдистих грубо- і масивношаруватих сірих пісковиків та пачок пісковикового флішу, з пануванням формацій чорниці, ялівцю і зеленої вільхи на гірсько-лучно-буроземних ґрунтах

		XX	Сильноспадисті хвилясті поверхні суглинисто-валунних моренно-осипних днищ карів з ялівцево-гірсько-сосновим криволіссям на гірсько-торф'яно-буроземних ґрунтах
--	--	----	--

Сектор навітряного південно-західного макросхилу займає 48,3 % території високогір'я Чорногори (38,9 км²) і складається з видами висотних місцевостей, 12 видами ландшафтних стрій, 41 видом складних урочищ і 154 видами підурочищ та простих урочищ. Найбільшою за площею є висотна місцевість м'яковипуклого денудатійного альпійсько-субальпійського високогір'я сформованого переважно в умовах згідного залягання пластів гірських порід (А), яка представлена 5 видами ландшафтних стрій і займає площу 25,6 км². Решта 12,3 км² високогір'я у межах цього ж сектору займають висотні місцевості увігнутого нівально-ерозійного субальпійського високогір'я сформованого в умовах згідного залягання пластів гірських порід (В) та різко увігнутого давньольодовиково-екзараційного субальпійського високогір'я сформованого переважно в головах пластів гірських порід (С). Останні дві місцевості сформувались у результаті потужних плейстоценових зледенінь, але різняться складністю морфологічної будови.

У межах сектору підвітряного північно-східного макросхилу високогір'я Чорногори (46,6 км²) наявно 2 види висотних місцевостей, 8 видів ландшафтних стрій, 30 видів складних урочищ і 122 види підурочищ та простих урочищ. У територіальному відношенні незначну перевагу має висотна місцевість м'яковипуклого денудатійного альпійсько-субальпійського високогір'я сформованого в головах пластів гірських порід (D), яка займає 23,5 км² і представлена чотирма видами ландшафтних стрій, дев'ятнадцятьма видами складних урочищ та сімдесят восьма видами підурочищ та простих урочищ. Решта 18,1 км² даного сектору представлено висотною місцевістю різко увігнутого давньольодовиково-екзараційного високогір'я (Е), яке у ландшафтній структурі сформоване 4 видами стрій, 11 видами складних урочищ та 44 видами підурочищ і простих урочищ (Карабінюк, 2020а).

Складна ландшафтна структура високогір'я Чорногори зумовлює високе ландшафтне різноманіття, особливо денудатійного та давньольодовиково-екзараційного високогір'я. Таксономічне різноманіття ($P_{\text{такс}}$) на рівні висотних місцевостей становить 5, а рівні стрій – 20, тоді як топологічне різноманіття відповідно становить 64 та 126 ареалів. Досліджувана територія характеризується нерівномірно полідомінантним типом таксономічної диференціації (Карабінюк, 2020а).

Топологічне різноманіття (мозаїчність) ($P_{\text{топ}}$) для досліджуваної території на рівні висотних місцевостей становить 64 ареали, а на

рівні стрій – 176. Тобто 5 видів високогірних висотних місцевостей представлені 64 ареалами, а 20 видів ландшафтних стрій – 126 ареалами. У розрізі висотних місцевостей показники індивідуального топологічного різноманіття і таксономічної презентативності ($\Pi_{\text{такс}}$) суттєво різняться та представлені у табл. 6.2.2.

Таблиця 6.2.2.

**Ландшафтне різноманіття високогірних висотних місцевостей
Чорногори (Карабінюк, 2020а).**

Види висотних місцевостей	Індивідуальне топологічне різноманіття	Таксономічна презентативність
М'яковипуклого денудаційного альпійсько-субальпійського високогір'я сформованого переважно в умовах згідного залягання пластів гірських порід (А)	3 ареали	31,8 %
Увігнутого нівально-ерозійного субальпійського високогір'я сформованого в умовах згідного залягання пластів гірських порід (В)	23 ареали	8,2 %
Різко увігнутого давньольодовиково-екзараційного субальпійського високогір'я сформованого переважно в головах пластів гірських порід (С)	6 ареалів	8,3 %
М'яковипуклого денудаційного альпійсько-субальпійського високогір'я сформованого в головах пластів гірських порід (D)	17 ареалів	29,5 %
Різко увігнутого давньольодовиково-екзараційного субальпійського високогір'я сформованого в головах пластів гірських порід (Е)	16 ареалів	22,5 %

Значні відмінності у площях ландшафтних стрій високогір'я Чорногори зумовили суттєву різницю у показниках таксономічної презентативності на рівні стрій. Найбільші його показники характерні для стрій:

- випуклі куполоподібні вершини та круті пригребеневі схили сформовані в головах пластів невапнистих слюдистих грубошаруватих і масивних різнозернистих пісковиків, конгломератів і гравелітів (XIII) – 25,0 %;
- крутосхилі випуклі куполоподібні вершини, хвилясті поверхні гребеня та круті пригребеневі схили узгоджені з напрямком падінням пластів невапнистих слюдистих грубошаруватих і

масивних різнозернистих сірих пісковиків, конгломератів і гравелітів (I) – 19,9 %;

- територіально роз'єднана система карів з дуже крутими й обривистими стінками, закладених в головах пластів невапнистих слюдистих грубошаруватих і масивних пісковиків з домішками конгломератів і гравелітів (XVII) – 13,3 %.

Найменший показник таксономічної презентативності характерний для стрії територіально роз'єднаної системи слабоврізаних карів закладених в тонкоритмічних чорних аргілітах (X), який становить 0,1 %. На основі аналізу таксономічної презентивності було визначено тип таксономічної диференціації території (Дф.такс) високогір'я Чорногори, який на рівні як висотних місцевостей, так і ландшафтних стрій є нерівномірним полідомінантним.

Зміни сучасної ландшафтної структури та основні екологічні загрози залежать від рівня антропогенного впливу та кліматичних змін. Проведений аналіз сучасних змін кліматичних умов території високогір'я Українських Карпат свідчить про тенденції зростання температур (середніх, максимальних та мінімальних) повітря, а також зміною кількості опадів та їхнього річного розподілу. Наприклад, згідно даних сніголавинної станції «Пожежевська», середньорічна температура повітря, порівняно з минулими кліматичними нормами, зросла на +1,1 °C і становить зараз 3,8 °C (Карабінюк, Марканич, 2020). Це впливає на зміни структури рослинного покриву та підвищує загрози збереженню реліктових аркто-альпійських видів рослин у високогірному ландшафтному ярусі. Загальне зростання температур повітря зумовлює також зміну висотного положення рослинних поясів у гірських ландшафтах Українських Карпат та підвищенню природної верхньої межі лісу, що безпосередньо негативно впливає на ландшафтне різноманіття високогірного ярусу та визначає зменшення його загальної площі (Байцар, 1994; Карабінюк, Марканич, 2020).

Максимальне зростання температур повітря понад 2 °C у високогір'ї Чорногори, Свидовця та інших гірських масивів характерне для літнього періоду, що зумовлює загальну аридизацію кліматичних умов та впливає на функціонування високогірних ландшафтних комплексів. Цьому також сприяє незначне зменшення кількості опадів у літній період у високогір'ї Українських Карпат на 15-20 мм, тоді як інші пори року характеризуються збільшенням їхньої кількості. Найбільший приріст характерний для весняного та зимового періодів, що становить 88,3 та 70,2 мм опадів відповідно (Карабінюк, Марканич, 2020). Це сприяє збільшенню інтенсивності ерозійних та нівально-ерозійних процесів, що сприяє розвитку водозбірних лійок,

зворів, нівальних ніш, лавинних лотків та високогірних ландшафтних комплексів. Зростання температур повітря весною також супроводжується інтенсивним таненням снігів головно на інсоляційно тепліших південних і південно-західних схилах, що супроводжується активізацією ерозії та розчленуванню затяжних крутих схилів, днищ карів та трогових долин. У результаті цих процесів також розвиваються ерозійні борозни на схилах, які ускладнюють морфологічну структуру ландшафтів та вказують на їхній подальший ерозійний розвиток.

6.3. ЕКОЛОГІЧНІ ЗАГРОЗИ ТА АНТРОПІЗАЦІЯ ВИСОКОГІРНИХ ЛАНДШАФТНИХ КОМПЛЕКСІВ

Субальпійське й альпійське високогір'я Українських Карпат є унікальним поєднанням реліктових та своєрідних ландшафтних комплексів, які визначаються обмеженим поширенням та значним науковим, природоохоронним та господарським значеннями. Складна ландшафтна структура та зростання антропогенного впливу в умовах змін клімату підвищують загрози погіршення екологічного стану високогірних територій.

Одним із основних зовнішніх проявів функціонування ландшафтних комплексів та факторів формування екологічної ситуації у високогірному ландшафтному ярусі Українських Карпат є розвиток сучасних фізико-географічних процесів (Стадницький, Кравчук, 1970; Тиханович, 2016; Карабінюк, 2020b; Karabiniuk et al., 2020, 2022a, 2022c). Їхнє різноманіття та характер прояву на різних ділянках високогір'я суттєво відрізняється у залежності від особливостей її місцезонавання, рівня організації ландшафтної структури, властивостей геокомплексів та ін. У результаті інтенсивний розвиток комплексу фізико-географічних процесів впливають на загальну екологічну ситуацію різних ділянок високогір'я та можливості їх ефективного використання.

Проведений нами ландшафтознавчий аналіз сучасних фізико-географічних процесів у субальпійському й альпійському високогір'ї Українських Карпат свідчить про значну їхню різноманітність та динамічність. Наприклад, у високогір'ї Чорногори нами було зафіксовано 1 258 осередків (ос.) розвитку процесів, серед яких найпоширенішими (63 %) тут є геолого-геоморфологічні процеси, зокрема – осипи, лінійна ерозія та обвали. На другому місці гідрометеорологічні (34 %) процеси, які головно представлені лавинами та заболоченням. Решта 3 % складають біотичні процеси, зокрема всихання чагарників – гірської сосни (*Pinus mugo* Turra), ялівцю сибірського (*Juniperus sibirica*

Burgsd) та вільхи зеленої (*Alnus viridis* (Chaix) DC.). Загалом, найбільша інтенсивність прояву у високогірному ярусі Чорногори характерна для осипів (4,2 ос./км²), лавин (3,6 ос./км²), лінійної ерозії (2,9 ос./км²) та обвалів (2,4 ос./км²). Найнижчу інтенсивність прояву мають зсуви (0,3 ос./км²) та всихання чагарників (0,4 ос./км²) (Карабінюк, 2020а).

Для кожного високогірного ландшафтного комплексу характерний своєрідний набір негативних процесів, які виражають його властивості та особливості функціонування. Структура та інтенсивність прояву процесів тісно залежить від генезису ландшафтних комплексів (рис. 6.3.1). У межах досліджуваної території найбільша інтенсивність (25,5 ос./км²) розвитку негативних процесів спостерігається у давньольодовиково-екзараційному високогір'ї (В, Д) площею 24,8 км² (30,8 %), серед яких переважають лавини (7,5 ос./км²), а також обвали (6,7 ос./км²) та осипи (5,6 ос./км²). Для нівально-ерозійного високогір'я площею 6,6 км² (8,2 %), характерна дещо менша загальна інтенсивність розвитку негативних процесів (18,0 ос./км²). Однак, тут спостерігаються найвища інтенсивність розвитку заболочення (3,9 ос./км²) та всихання чагарників (0,8 ос./км²). Натомість, для денудаційного високогір'я (А, Г) сумарною площею 49,1 км² (61,0 %) притаманна майже вдвічі нижча (10,3 ос./км²) інтенсивність прояву негативних фізико-географічних процесів. Інтенсивність найбільш поширених тут лінійної ерозії та осипів становить 3,4 та 3,3 ос./км² відповідно (Карабінюк, 2020а).

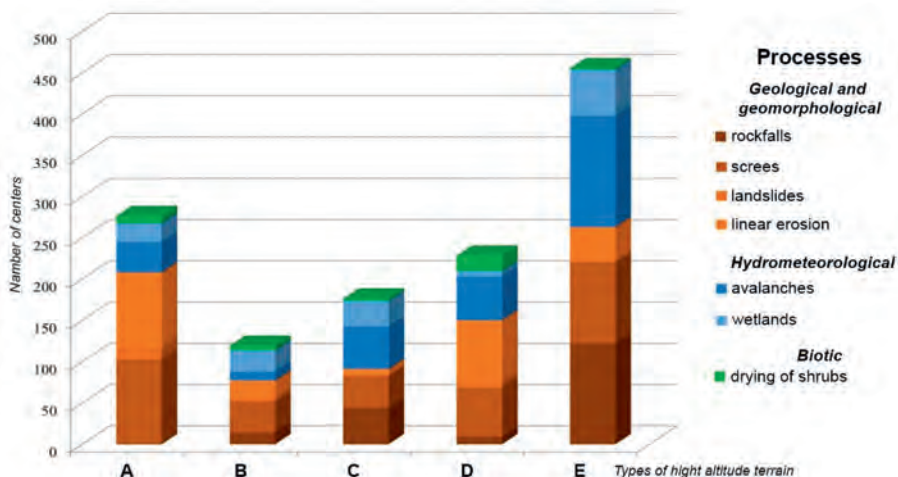


Рис. 6.3.1. Структура сучасних негативних фізико-географічних процесів у висотних місцевостях субальпійського і альпійського високогір'я Чорногори (Карабінюк, 2020а)

Особливе місце серед фізико-географічних процесів займають біотичні процеси, які є важливими індикаторами дестабілізації екологічної ситуації та є загрозливими для високогір'я в умовах потепління клімату. Біотичні процеси у високогір'ї Українських Карпат представлені поодиноким та суцільним всиханням чагарників (Карабінюк, 2020b). Вони проявляються в асоціаціях гірської сосни (*Pinus mugo* Turra) та ялівцю сибірського (*Juniperus sibirica* Burgsd.) головно на пригребневих схилах південної експозиції, амфітеатрах древніх фірнових полів та інших урочищах високогірного ярусу. Наприклад, найбільші осередки суцільного всихання гірської сосни (*Pinus mugo* Turra) в Чорногорі зафіксовано в декількох осередках на південних схилах гори Смотрич, площі яких перевищують 250–300 м² (рис. 6.3.2).



Рис. 6.3.2. Суцільне всихання гірської сосни (*Pinus mugo* Turra) у високогір'ї Чорногори в урочищі хвилястих пригребневих схилів південної експозиції із зсувами (на південь від г. Смотрич) (фото автора)

Осередки всихання ялівцю сибірського (*Juniperus sibirica* Burgsd.) є меншими за розмірами, але значно поширені на різних ділянках високогірного ландшафтного ярусу (рис. 6.3.3). Один із найбільших осередків такого всихання розміщений у верхів'ї басейну р. Говерла

західніше від г. Говерла в урочищі пригребених схилів південної експозиції. Його площа становить близько 100 м² (Карабінюк, 2020b). Розвиток біотичних процесів у високогірному ландшафтному ярусі Українських Карпат може прогресувати в сучасних умовах підвищення температур повітря та зменшення кількості опадів у літній період, а також присутнього антропогенного навантаження на високогірні ландшафтні комплекси.



*Рис. 6.3.3. Суцільне всихання ялівцю сибірського (*Juniperus sibirica* Burgsd.) у високогір'ї Чорногори в урочищі пригребених схилів південної експозиції (на захід від г. Говерла) (фото автора)*

Значні екологічні загрози ландшафтним комплексам субальпійського й альпійського високогір'я Українських Карпат пов'язані з тривалим господарським навантаженням на територію. Основним видом господарювання у високогір'ї тривалий час було полонинське господарство у вигляді номадного тваринництва (Карабінюк, 2021a). Передумовою утворення потужного господарського комплексу в Закарпатській області стало значне поширення природних високогірних лук та характерна для високогірного ландшафтного ярусу швидка регенерація рослинного покриву в умовах достатньої кількості опадів та сонячної радіації. У результаті в Чорногорі, Свидовці, Боржаві та інших гірських масивах Закарпаття сформувалися потужні полонини, які використовують високогірні ландшафтні комплекси виключно для випасання головно овець та великої рогатої худоби. Наприклад, тільки у високогір'ї Чорногірського масиву на сьогодні

функціонує близько 20 потужних полонин, на яких щорічно випасає понад 3,5 тис. голів худоби (Карабінюк, 2020а).

Характерною рисою високогір'я Закарпатської області є розміщення тут великих за розміром полонин, площі яких в середньому становлять 300–400 га (Шумнеска, Гарманеска, Козмеска, Гропа та ін.). Основна частина полонин спеціалізуються на вівчарстві, або належать до комбінованого типу, тобто – поєднують випас великої рогатої худоби із вівчарством (Карабінюк, 2020а). Від спеціалізації полонини та кількості худоби залежить характер та зона впливу на високогірні ландшафтні комплекси. Понад 83 % голів худоби становлять вівці, для випасу яких необхідні значні площі пасовищ (Карабінюк, 2021а; Karabiniuk et al., 2022b). Тому площі найбільших полонин іноді перевищують 800–900 га. На велику рогату худобу, що випасається на високогірних полонинах області, припадає близько 17 % від їх загальної чисельності.

Тривале та інтенсивне випасання худоби на високогірних полонинах та прилеглих територіях зумовлюють глибоку модифікацію рослинного покриву субальпійського й альпійського високогір'я Українських Карпат, негативно впливають на розвиток ґрунтів, сприяють активізації ерозійних процесів та погіршується сучасний екологічний стан високогірних ландшафтних комплексів загалом. У результаті інтенсивного навантаження на пасовища у структурі їхнього рослинного покриву значно поширені малопродуктивні ситниково-біловусові, біловусово-куничникові та біловусові пустища, які замінили корінну лучну та чагарникову рослинність із характерним високим біорізноманіттям (Малиновський, 2003; Карабінюк, 2020а). Системне випасання худоби на високогірних пасовищах Чорногори, Свидовця та інших гірських ландшафтах Закарпаття також супроводжується фактичним зменшенням біомаси через поїдання і витоптування та її вилученням із біологічного кругообігу речовин. Це впливає на обсяги надходження поживних речовин у ґрунти та особливості процесів ґрунтоутворення (Баранник, 2018). На ділянках найбільшого господарського навантаження та на місцях постійних прогонів худоби спостерігається пошкодження дернини, формуються густа мережа стежок із вибоїнами й мікроуступами. На цих ділянках відбувається ущільнення ґрунтів та інтенсивно розвиваються ерозійні процеси, які розчленовують поверхні схилів із пошкодженим рослинним покривом.

Окрім поширення низькопродуктивних куничників та біловусників воринного походження у структурі трав'яної рослинності субальпійського й альпійського рослинних поясів Українських Карпат, наслідком тривалого ведення полонинського господарства стало знищення значних площ субальпійського криволісся та зниження при-

родньої межі лісу (Крабінюк, 2020а). Вирізання чагарників у минулому проводилося з метою розширення площ гірських пасовищ, які є необхідними для ведення полонинського господарства. У результаті на полонинах та прилеглих територіях структура та висотне положення рослинних поясів є суттєво порушеними, а на окремих ділянках високогір'я (околиці полонин Рогнеска, Шешул, Конец та ін.) повністю відсутнє криволісся з гірської сосни (*Pinus mugo* Turra) та заростей ялівця сибірського (*Juniperus sibirica* Burgsd.). Це обумовлює активізацію ерозійних та осипних процесів у межах високогір'я та дестабілізацію селево-паводкових явищ на нижчих гіпсометричних рівнях середньогірного ландшафтного ярусу річок верхів'я басейну р. Тиса.

Одним основних та прогресивних напрямів використання ландшафтних комплексів субальпійського й альпійського високогір'я Українських Карпат та Закарпаття зокрема є рекреаційно-туристична діяльність. Високе ландшафтне різноманіття та естетичність льодовикових форм рельєфу, панорамні краєвиди, наявність унікальних природних рекреаційних об'єктів (вершини, озера, печери та ін.) сприяють розвитку у високогір'ї рекреації та туризму, неорганізованість якої може суттєво сплинути на екологічний стан ландшафтних комплексів. Для високогір'я характерним є наявність добре розвинутої мережі туристичних маршрутів та шляхів, які проходять вододілами найвищих гірських хребтів та спрямовані головно до основних туристичних об'єктів.

У високогірному ландшафтному ярусі Українських Карпат найбільше рекреаційно-туристичне навантаження зазнають найпопулярніші природні рекреаційні об'єкти, до яких належать найвищі вершини та реліктові льодовикові озера (Рожко, 2000; Карабінюк та ін., 2020; 2021). Абсолютним лідером за чисельністю відвідувачів є гора Говерла, яку щорічно відвідують понад 15–20 тис. осіб (Карабінюк, 2020а). Загалом, у високогір'ї найвищого Чорногірського масиву щорічно спостерігається від 25 до 45–48 тис. відвідувачів. Понад 75 % з їхньої кількості відвідують високогір'я у літній період, зокрема – липні та серпні. Така надмірна кількість рекреантів та туристів у короткий проміжок часу на найбільш атраційних ділянках високогір'я негативно впливає на екологічний стан високогірних ландшафтних комплексів. Найбільшого навантаження зазнають туристичні маршрути та стежки.

Проведені польові дослідження на туристичних маршрутах Чорногори до вершин Говерла, Петрос, Піп-Іван та ін. свідчать про значну їх деградацію під впливом масових літніх сходжень на ці вершини. Для більшості популярних туристичних маршрутів та шляхів у межах високогірного ландшафтного ярусу характерною є завершальна (п'ята) стадія деградації із характерним повним знищенням рослинного

покриву, інтенсивним розвитком ерозійних промивин та оголенням мінерального шару ґрунту (Карабінюк, 2020а). Розвиток стежкової деградесії зумовлюють порушення природних особливостей природного функціонування та розвитку високогірних ландшафтних комплексів, а також стають осередком прояву ерозійних процесів за умови наявності в геологічній основі аргілітів та ухилу поверхні понад 9–12°.

Значний негативний вплив на екологічну ситуацію у високогір'ї Українських Карпат мають несанкціоновані ночівлі та тривалі зупинки туристів. При цьому, на особливу увагу заслуговують унікальні високогірні озера, які сформувалися у період останнього льодовикового зледеніння і зараз належать до основних рекреаційно-туристичних об'єктів високогірного ландшафтного ярусу Українських Карпат. Вони є реліктами давніх етапів розвитку гірських ландшафтів. Але сучасний рекреаційно-туристичне навантаження набуває загрозливого характеру для низки озер, які знаходяться на популярних туристичних маршрутах, наближених до курортів чи відпочинкових баз та розвиненої туристичної інфраструктури.

У межах Закарпатської області високогірні льодовикові озера розміщені у високогір'ї Чорногірського та Свидовецького масивів на висотах понад 1450 м н.р.м. Саме на ці висоти опускалась снігова лінія під час плейстоценових зледенінь. Характеризуються суттєво різними розмірами, глибиною та іншими морфометричними параметрами (табл. 6.3.1.). Найбільшими серед високогірних озер є Герешаска та Апшинець, площа водного дзеркала яких становить 1,2 га. Значне рекреаційно-туристичне навантаження на озера та прилеглі території суттєво підвищує екологічні загрози, супроводжується засміченням, вирізанням чагарників та іншими протиправними діями з боку відвідувачів високогір'я.

На особливу увагу заслуговує оз. Бребенескул, яке розміщене на висоті 1791 м та є найвисокогірнішим в Україні (Екосистеми лентичних..., 2014). Воно є одним із найцінніших природних рекреаційних об'єктів високогір'я Чорногірського масиву та є гідрологічною пам'яткою природи. Озеро знаходиться у днищі глибоковрізаного кару південно-західної експозиції поблизу вершини Гутин-Томнатик (2016,4 м) у верхів'ї басейну пот. Бребенескул. Ця територія входить до складу природоохоронного об'єкту – Карпатського біосферного заповідника. Однак, невідповідна урегульованість рекреаційно-туристичної діяльності у Чорногорі, безконтрольна можливість таборування на ночівлі та тривалі зупинки, відсутність пальників та іншого необхідного для туристичних походів спорядження, а також низька екокультура туристів та рекреантів спричиняють негативні наслідки для цінних ландшафтних комплексів.

Таблиця 6.3.1.

**Морфометричні параметри високогірних льодовикових озер
Закарпатської області (Микітчак та ін., 2010; Карпенко, 2006;
Гера, Кишелюк, 2013)**

Назва озера	Абсолют- на висота озера, м	Площа вод- ного дзер- кала, га	Дов- жина, м	Ши- рина, м	Макси- мальна глибини, м
Чорногірський масив					
Бребенескул	1791	0,61	146,8	67,1	3,0
Брецул	1739	0,1	39,1	12,0	1,4
Верхнє Озірне	1637	0,24	122,2	24,7	3,2
Нижнє Озірне	1507	0,13	60,2	29,0	2,0
Свидовецький масив					
Драгобратське	1600	0,12	55	24	1,2
Герешаска	1577	1,2	125	110	1,2
Апшинець	1487	1,2	126	100	3,3
Ворожеска (верхнє і нижнє)	1460	0,7	95	95	4,5
	1445	0,2	76	28	1,9

Для визначення негативних екологічних наслідків ведення не-регульованої рекреаційно-туристичної діяльності у високогір'ї Українських Карпат нами було проведено польові обстеження ландшафтних комплексів околиць оз. Бребенескул (Карабінюк та ін., 2020). У результаті проведених досліджень зафіксовано 9 великих осередків вирізання головно гірської сосни (*Pinus mugo* Turra) і засмічення та 4 масштабні осередки витоптування загальною площею близько 2 га (Карабінюк та ін., 2020). За допомогою інструментального програмного забезпечення ArcGIS 10.4.1. укладено ландшафтну карту на рівні простих урочищ та підурочищ у масштабі 1 : 10 000, на якій виокремлено основні осередки деградації високогірних природних територіальних комплексів, що є результатом інтенсивної рекреаційно-туристичної діяльності (рис. 6.3.4).

Найбільшою екологічною проблемою ландшафтних комплексів околиць озера Бребенескул є масштабне вирізання гірської сосни (*Pinus mugo* Turra) на площі близько 0,8 га (Карабінюк та ін., 2020). Ці процеси є наслідком системного вирізання чагарника головно для розведення багаття з метою їжі й обігріву за умови відсутності пальників та іншого необхідного для походів у гори спорядження. У процесі польового обстеження території ідентифіковано та закартовано низку осередків, більшість із яких мали розмір від 6х13 до 10х14 м.

Близько 35 % цих осередків суцільного вирізання зосереджені у межах підурочища сильноспадиистої хвилястої ділянки днища кару (рис. 6.3.5). Найбільші осередки вирізання гірської сосни (*Pinus mugo* Turra) розміром понад 10х18 м зафіксовані в урочищі виходів пластів корінних порід та сильноспадиистої хвилястої ділянки днища Бребенескульського кару (рис. 6.3.6).

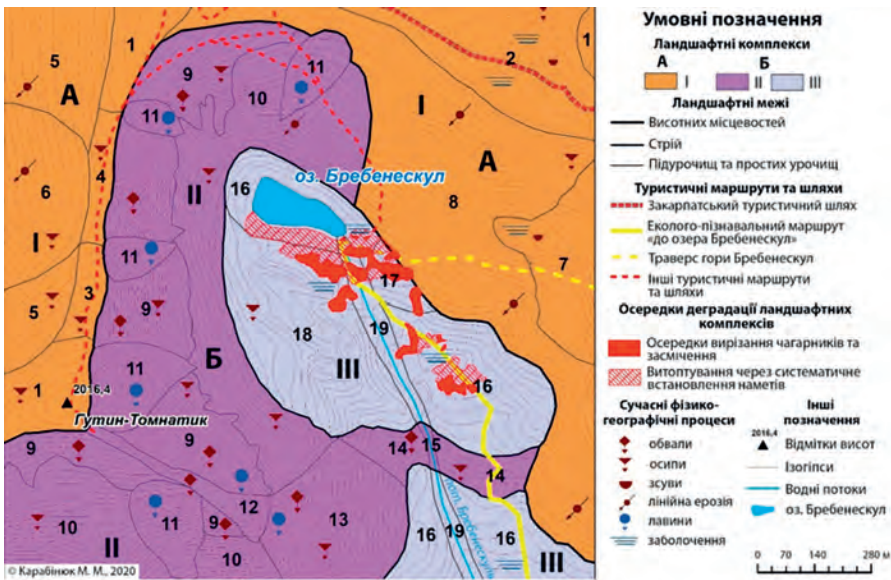


Рис. 6.3.4. Осередки деградації природних територіальних комплексів субальпійського й альпійського високогір'я Чорногори в околицях озера Бребенескул (Карабінюк та ін., 2020).

Негативний вплив на екологічний стан околиць льодовикового озера Бребенескул є засмічення побутовими відходами, у тому числі – пластиком та склом. Це не тільки забруднює природне середовище, але є небезпечним для самих туристів та рекреантів. Антропоізація високогірних ландшафтних комплексів околиць із. Бребенескул в Чорногорі також відбувається під інтенсивним витоптуванням та формуванням складної мережі невеликим стежок, у місцях концентрації яких пошкоджена лучна та чагарникова рослинність, проявляються ерозійні та інші процеси. Вирізання гірської сосни (*Pinus mugo* Turra) та інших чагарників, витоптування та прогресування стежкової дигресії призводить до змін у зволоженні й структурі ґрунтового покриву, впливають на характер акумуляції снігових мас і розвитку ерозії під дією опадів, погіршують функціонування та відновлювальні властивості високогірних ландшафтних комплексів загалом (Карабінюк та ін., 2020).



Рис. 6.3.5. Вирізання гірської сосни (*Pinus mugo Turra*) у підурочищі сильноспадистої хвилястої ділянки днища Бребенескульського кару (Фото автора)



Рис. 6.3.6. Вирізання гірської сосни (*Pinus mugo Turra*) у простому урочищі виходів пластів корінних порід у днищі Бребенескульського кару (Фото автора)

З метою зменшення рекреаційно-туристичного навантаження та антропоїзації високогірних ландшафтних комплексів Українських Карпат доречним є облаштувати місця відпочинку та зупинки для туристів на популярних туристичних маршрутах, що суттєво зменшить стихійних розміщень наметів. Також необхідно визначити ліміти максимального навантаження на основні туристичні маршрути й рекреаційні об'єкти та регулювати чисельність відвідувачів відповідно встановлених норм. Необхідним кроком організації рекреаційно-туристичної діяльності у високогір'ї є перевірка наявності пальників і балонів у туристів, встановлення сучасних засобів відстеження або фотофіксації про правопорушення та ін. Обов'язковим кроком покращення екологічного стану високогірних територій є організація систематичного прибирання та ведення геоecологічного моніторингу.

Список використаних джерел:

1. Байцар А. Л. Верхня межа лісу в ландшафтних комплексах Українських Карпат : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук. : 11.00.01. Київ, 1994. 21 с.
2. Баранник А. В. Гірсько-лучно-буроземні ґрунти Свидовецького і Чорногірського масивів Українських Карпат : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук : Львів, 2018. 20 с.
3. Гера Й. Б., Кишелюк А. В. Морфометричні особливості озерних улоговин Чорногірсько-Свидовецького масиву Українських Карпат. *Релієф, проблеми та перспективи розвитку географії в Україні* : Матеріали XIV-ої 199 студентської наукової конференції (м. Львів, 24 квітня 2013 р.). Львів : ЛНУ імені Івана Франка. 2013. С.165–175.
4. Екосистеми лентичних водойм Чорногори (Українські Карпати) / за ред. Т.І. Микітчака. Львів: ЗУКЦ, 2014. 288 с.
5. Карабінюк М. М., Калинич І. В., Пересоляк В. Ю. Морфометричні особливості рельєфу ландшафтів Чорногора і Свидовець в межах Закарпатської області. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Сер. Географія*. 2017. Вип. 43 (2). С. 10–19.
6. Карабінюк М. М. Ландшафтна диференціація негативних фізико-географічних процесів у субальпійському і альпійському високогір'ї Чорногори (ділянка “Шешул-Петрос”). *Фізична географія і геоморфологія*. 2019а. Вип. 3 (93). С. 7–17. DOI: <https://doi.org/10.17721/phgg.2019.3.01>
7. Карабінюк М. М. До питання зледеніння ландшафту Чорногора в Українських Карпатах (історичний аспект). *Довготермінові спостереження довкілля : досвід, проблеми, перспективи* : матеріали Міжнародного наукового семінару, присвяченого 75-річчю з дня народження Б. П. Мухи і 50-річчю роботи Розтоцького ландшафтно-геофізичного стаціонару Львівського національного університету іме-

- ні Івана Франка (Львів-Брюховичі, 10–12 травня 2019 р.). Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2019b. С. 84–88.
8. Карабінюк М. М., Шубер П. М. Зміни кліматичних умов у лісистою середньогір'ї північно-східного сектору ландшафту Чорногора. *Довготермінові спостереження довкілля : досвід, проблеми, перспективи* : матеріали Міжнародного наукового семінару, присвяченого 75-річчю з дня народження Б. П. Мухи і 50-річчю роботи Розтоцького ландшафтно-геофізичного стаціонару Львівського національного університету імені Івана Франка (Львів-Брюховичі, 10–12 травня 2019 р.). Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2019. С. 88–93.
 9. Карабінюк М. М. Природні територіальні комплекси субальпійського і альпійського високогір'я Чорногірського масиву Українських Карпат : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук : 11.00.01. Київ, 2020a. 21 с.
 10. Карабінюк М. М. Проблема всихання чагарників та її вплив на екологічний стан природних територіальних комплексів субальпійського й альпійського високогір'я Чорногори. *Конструктивна географія і картографія: стан, проблеми, перспективи* : матеріали міжнародної науково-практичної онлайн-конференції, присвяченої 20-річчю кафедри конструктивної географії і картографії Львівського національного університету імені Івана Франка (Україна, м. Львів, 1–3 жовтня 2020 р.). Львів: Простір-М, 2020b. С. 217–2020.
 11. Карабінюк М. М., Гнатяк І. С., Марканич Я. В. Антропізація цінних природних територіальних комплексів субальпійського й альпійського високогір'я Чорногори під впливом рекреаційно-туристичної діяльності в околицях озера Бребенескул (Українські Карпати). *Фізична географія та геоморфологія*. 2020. Вип. 1-2 (99-100). С. 13–25. DOI: <https://doi.org/10.17721/phgg.2020.1-2.02>
 12. Карабінюк М. М., Марканич Я. В. Динамічність кліматичних умов та сучасні тенденції їхніх змін у північно-східному секторі ландшафту Чорногора (Українські Карпати). *Природа Карпат: науковий щорічник Карпатського біосферного заповідника та Інституту екології Карпат НАН України*. 2020. Вип. №1(5) С. 58–70.
 13. Карабінюк М. М. Полонинське господарство у субальпійському й альпійському високогір'ї Чорногори: сучасний стан та організація // *Стійкий розвиток сільських територій у контексті реалізації державної екологічної політики та енергозбереження* : кол. монографія / за ред. Т. О. Чайка. Полтава : Вид-во ПП «Астроя», 2021a. С. 203–2016.
 14. Карабінюк М. М. Розвиток природних територіальних комплексів субальпійського й альпійського високогір'я Чорногори у голоцені та їх сучасна структура. *Природа Карпат: науковий щорічник Карпатського біосферного заповідника та Інституту екології Карпат НАН України*. 2021b. Вип. №1(6). С. 57–73.
 15. Карабінюк М. М., Буряник О. О., Роман Л., Карабінюк Я. В. Рекреаційно-туристична діяльність у Карпатському біосферному заповіднику: динаміка, сучасний стан та проблеми розвитку. *Людина та до-*

- вкілля. *Проблеми неоекології*. 2021. № 35. С.115–130. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2021-35-11>
16. Карпенко Н. Особливості поширення озер в Українських Карпатах. *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій*. 2006. С. 82–87.
 17. Ковалюх Н. Н., Петренко Л. В., Третяк П. Р. Геохронология нивально-гляціальних отложений среднегорья Украинских Карпат. *Бюро комис. по изучению четвертичного периода*. 1985. № 54. С. 113–118.
 18. Кравчук Я. С. Альпійський рельєф Українських Карпат. *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій : Збірник наукових праць*, 2006. С. 3–18.
 19. Малиновський К. А. Карпатські полонини і полонинське господарство. *Праці наукового товариства ім. Шевченка. Екологічний збірник «Екологічні проблеми Карпатського регіону»*. 2003. С. 293–309.
 20. Мельник А. В. Українські Карпати: еколого-ландшафтознавче дослідження: монографія. Львів, 1999. 286 с.
 21. Мельник А. В., Карабінюк М. М., Костів Л. Я., Сенічак Д. В., Ясків Б. В. Природні територіальні комплекси верхів'я басейну річки Лазещина в межах Чорногори. *Фізична географія та геоморфологія*. 2018. Вип. 90 (2). С. 5–24. DOI: <https://doi.org/10.17721/phgg.2018.2.01>
 22. Мельник А. В., Карабінюк М. М. Чинники формування та критерії виділення високогірного ландшафтного ярусу в Чорногорі (Українські Карпати). *Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій : збірник наукових праць*. 2018. Вип. 8. С. 24–41. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/gpc.2018.08.2012>
 23. Микітчак Т. І., Рожко І. М., Ленько О. В. Фізико-географічна та гідрохімічна характеристика озер та озерець масиву Чорногора (Українські Карпати). *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2010. Вип. 259. С.231–244.
 24. Міллер Г. П., Федірко О. М. Карпати Українські. *Географічна енциклопедія України*. Київ : Головна ред. УРЕ ім. П. М. Бажана, 1990. Т.2. С. 113–114.
 25. Міллер Г. П., Федірко О. М., Брусак В. П. Ландшафтна диференціація території КБЗ. Біорізноманіття Карпатського біосферного заповідника. Київ : ІнтерЕкоЦентр, 1997. С. 96–113.
 26. Рожко І. М. Рекреаційна оцінка гірських природно-територіальних комплексів для потреб туризму (на прикладі Українських Карпат) : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук : 11.00.11 Львів, 2000. 22 с.
 27. Стадницький Д. Г., Кравчук Я. С. Геолого-географічні передумови розвитку і поширення сучасних стихійних процесів в Українських Карпатах. *Геогр. проблеми Українських Карпат і Поділля : II з'їзд Геогр. т-ва. УРСР*. Київ, 1970. С. 70–81.
 28. Тиханович Є. Є. Поширення і динаміка лавинних природних територіальних комплексів в Українських Карпатах : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. геогр. наук : 11.00.01. Київ, 2016. 20 с.
 29. Karabiniuk M., Markanych Y., Buriyanyk O., Hnatiak I., Gostiuk Z. Methodical aspects of geoinformation analysis of landscape differentiation of modern

- negative geological and geomorphological processes in natural territorial complexes of the highlands of Chornohora (Ukrainian Carpathians). *International Conference of Young Professionals, GeoTerrace 2020* (December 7-9, 2020. Lviv, Ukraine). Lviv, 2020. Vol. 2020, P.1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20205709>
30. Karabiniuk M., Kalynych I., Leta V., Mykyta M., Melnychuk V. Geological conditions of development and landscape differentiation of modern geological and geomorphological processes in the highlands of the Chornohora massif (Ukrainian Carpathians). *Geodynamics*. 2022a. Vol. 1(32). P. 64–79. DOI: <https://doi.org/10.23939/jgd2022.02.064>
 31. Karabiniuk M., Melnychuk V., Romanko V., Radysh I., Kachailo, M. Pasture farming and its impact on the geoecological situation in the Rakhiv District of Transcarpathian Region. *16th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*. 2022b. Vol. 2022. pp. 1-5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580156>
 32. Karabiniuk M., Hostiuk Z., Burianyk O., Leta V., Terletska Ya. Mapping and geoinformation analysis of snow avalanche processes in geocomplexes of the subalpine and alpine highlands of the Chornohora (Ukrainian Carpathians). *International Conference of Young Professionals, GeoTerrace 2022*. 2022c. Vol. 2022. pp.1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022590019>

Розділ 7.

СУЧАСНІ ЗМІНИ В СТРУКТУРІ ЛІСОВОГО ПОКРИВУ ЗАКАРПАТТЯ

(Фельбаба-Клушина Л., Клушин В., Мікловш Л.)

7.1. СТРУКТУРА ЛІСІВ ТА ТЕНДЕНЦІЇ ЇХНІХ ЗМІН

Серед усіх типів фітоценозів ліси найпотужніше накопичують біомасу і слугують головними регуляторами біосферного балансу на нашій планеті. Згідно даних В.А. Бокова і А.В. Луцника (Боков, Луцник, 1998) понад 80 % фітомаси Землі зосереджено у лісах. До кінця 90 років щогодини у світі вирубувалося понад 21 га лісу, щорічно заготовлялося понад 5 млрд. м³ деревини. Такі темпи знищення лісового покриття спричинили послаблення біосферних функцій лісів на планеті.

Закарпатська область займає перше місце в Україні за відсотком лісистості території, яка становить 50,4 %. Панівними лісами є букові, тоді як в Українських Карпатах загалом панують ялинові ліси. За результатами геоботанічних досліджень П.М. Устименка в Українських Карпатах описано 1305 асоціацій лісової рослинності (за принципами домінантної класифікації), або близько 70 % фітоценофонду лісів України (Устименко, 2005). З території Закарпаття описано 600 асоціацій, що становить близько 50 % синтаксономічного різноманіття лісів України.

Узагальнення стану лісової рослинності зробила Л.М. Фельбаба-Клушина (2010). Вона вказує, що ліси упродовж останніх століть зазнали глибоких змін унаслідок господарської діяльності, оскільки не були розроблені теоретичні основи регіональних моделей ведення лісового господарства, а у підходах до охорони природи до тепер зберігаються тенденції заповідання територій лише за ознакою збереженості природних комплексів та переслідується мета збереження біорізноманіття, не враховуючи необхідність збереження й відновлення функціонального ядра природних екосистем. Таким функціональним ядром в Українських Карпатах є ліси у верхів'ях басейнів рік. На сьогодні площа лісів в Українських Карпатах скоротилася майже на 50% у порівнянні з первинним біогеоценотичним покривом. Однак голов-

ною загрозою погіршення функціональної ролі лісів є зміна їх вікової структури. Площа стиглих лісів скоротилася майже на 14 %, тоді як домінують молодняки, які займають не менше 40 % площі усіх лісів (Голубець, 1965; Голубець, Малиновський, 1967). Стигли та перестійні ліси завдяки різноманітній просторовій структурі та іншим показникам максимально виконують свої біосферні функції. Антропогенно змінені ліси Українських Карпат характеризуються спрощенням їх вертикальної і горизонтальної структури, збідненням флори та ценотичного різноманіття. В результаті цього погіршилися водний та радіаційний баланс території, знизилася біологічна продуктивність лісів, мають місце прояви розбалансованості механізмів саморегуляції лісових екосистем (Голубець, 1978, 1994, 2005, 2010; Голубець та ін., 1992; Голубець та ін., 2001, цит за Фельбаба-Клушина, 2010).

В Українських Карпатах смерекові ліси займають 37,7 % – 46,4 % лісової площі, букові ліси – 35,1 – 37,7 %, ялицеві – 6,8 % (Білоус та ін., 1975).

В Українських Карпатах, а саме на території Закарпаття, ялинові ліси характеризуються найвищою продуктивністю, яка становить 323, 9 м³/га, тоді як загальний показник продуктивності в Українських Карпатах становить 384 м³/га. Зміни клімату, що позначаються порушенням територіального розподілу опадів та літніми посухами, призводять до всихання ялиників. Це явище набирає значних масштабів на південному мегасхилі Карпат (Генсірук, 2006). У стиглих бучинах на території Закарпаття показник продуктивності деревостану становить у середньому 420-517 м³/га і є (Чубатий, 1972). У центрі його аралу (наприклад на Балканському півострові) цей показник удвічі більший (Молотков, 1966, цит за: Фельбаба-Клушина, 2010).

М.А. Голубець впродовж декількох десятиліть вивчав особливості лісового покриву Українських Карпат та динаміку різних показників лісу. Він встановив, що за 150-200 років до кінця минулого століття площі ялинових лісів зросли майже удвічі. Причому площі чистих ялиників до кінця минулого століття займали 126 тис. га, а в 70-их роках – 325 тис. га. Навпаки, площа букових лісів за вказаний період скоротилася майже на 40 %. Площа ялицевих лісів за вказаний період скоротилася на 30 % (Голубець та ін., 2001). Масове культивування ялини (*Picea abies* (L.) Н. Karst.) у минулому столітті спостерігалось у багатьох країнах Європи (Білоус та ін., 1975).

Завдяки широкому діапазону природних умов від низовини до альпійського поясу на території Закарпаття поширені також термофільні ліси з участю середземноморських видів (ясен білий (*Fraxinus ornus* L.), липа срібляста (*Tilia tomentosa* Moench, дуб пухнастий

(*Quercus pubescens* Willd.), дуб Далешампа (*Q. dalechampii* Ten.) (Фельбаба-Клушина, 2010).

Особливо цінними з точки зору функціональної ролі та наукової цінності є пралісові екосистеми з домінуванням бука лісового (*Fagus sylvatica* L.), що включені до переліку найцінніших об'єктів Всесвітньої спадщини. Основні їх площі зосереджені в межах заповідних територій Карпатського біосферного заповідника, Національного природного парку Синевир, Ужанського національного природного парку, національного природного парку Зачарований край. Найбільші площі таких лісів зосереджені в Угольсько-широколужанському масиві Карпатського біосферного заповідника і є одними з найбільших за суцільною площею пралісів у Європі (Праліси..., 2003).

Згідно даних І. Ю. Федурця та його колег (Федурця та ін., 1997), в Закарпатті ліси формацій ялини європейської (*Piceetea abietae*) та ялиці білої (*Abietea albae*) охоплюють лише 31,6 % лісопокритої площі. Це на 7 % менше, ніж в Українських Карпатах в цілому. Лісостани формацій дуба звичайного (*Querceta roboris*) та дуба скельного (*Querceta petraeae*) займають не більше 8 % лісопокритої площі.

В межах Закарпаття ліси розподілені нерівномірно у різних рослинних поясах. Найбільші площі лісів зосереджені в межах висот 400-800 м над р.м., тобто в межах нижнього лісового поясу. Деяко менша площа лісів верхнього лісового поясу (800-1200 м над р.м.) і незначна площа лісів (близько 10 %) зосереджена на Закарпатській низовині у заплавах Латориці, Боржави і Тиси, що увійшли до Регіонального ландшафтного парку «Притисянський». Заплави рік відрізняються за пануючими лісовими породами. Так, наприклад, у заплавах пониззя р. Латориця трапляються ясеневі діброви, що характеризуються високим флористичним різноманіттям й зосереджені на берегах стариць, рукавів і самого русла ріки. (Кіш та ін., 2009). У пониззі р. Боржава лісові масиви утворені в'язово-ясеневими лісами та грабовими дібровами за участі дуба звичайного (*Quercus robur* L.) та ясена вузьколистого (*Fraxinus angustifolia* Vahl.) і вони є ключовими суцільними ділянками рівнинних заплавних лісів України і Європи (Кіш та ін., 2009). У пониззі Тиси трапляються старовікові вербово-тополеві та тополеві ліси з тополі чорної (*Populus nigra* L.). Найбільший за площею заплавний клейковільховий ліс, якому приналежні риси старовікових заплавних лісів, зберігся в заповідному урочищі Егреш неподалік міста Мукачево (Кіш та ін., 2009). У таких фітоценозах ростуть рідкісні види флори, серед яких кропива київська (*Urtica kioviensis* Rogov.), страусове перо звичайне (*Matteucia struthiopteris* (L.) Tod.) та навіть представники роду *Sphagnum*. Окремі урочища увійшли до складу вищезгаданого парку, а інші оголошені

лісовими заказниками (урочища Сілаш (75,5 га Берегівський держлісгосп), Егреш (37,4 га Виноградівське лісництво), Острош (30,0 га Мукачівське лісництво) (Кіш та ін., 2009). У депресивних частинах рельєфу деяких заповідних урочищ сформувалися вільхово-ясеніві і вільхові ліси з елементами гігрофільного високотрав'я. Посеред цих фітоценозів зрідка зустрічаються плями сфагнових мохів – сфагну болотного (*Sphagnum palustre* L.) с. центрального (*S. centrale* C. Jens.), с. гостролистого (*S. capillifolium* (Ehrh.) Hedw.). Значна частка синтаксонів лісової рослинності Закарпаття є унікальними за структурою і видовим складом і не поширені більше ніде в Україні (Зелена книга України, 2009). Падіння півня ґрунтових вод та подальша антропогенна трансформація ландшафтів низовини призводять до зменшення площ заболочених вільхових лісів.

Згідно даних П.М. Устименка та колег, на території Закарпаття трапляються близько 35 % лісового раритетного фітоценофону України, з яких близько 20 % поширені виключно на території Закарпаття (Устименко та ін., 2007). Вони трапляються на Чорній горі, Юліївській горі та на Мужіївських горах. До останнього видання Зеленої книги України (2009) включено угруповання 72 формацій лісової рослинності, з яких угруповання 28 формацій ідентифіковані в межах Закарпатської області. А угруповання 12 формацій не трапляються більше ніде в Україні а тому є унікальними. До ендемічних лісових фітоценозів зокрема належать вільхово-бузкові ліси формацій *Alnetea (incanae) syringosa* та *Alnetea (glutinosae) syringosa*. Бузок угорський (*Syringa josikaeae* J.Jacq.ex Rchb.) є східно-карпатським ендемом, плейстоценовим реліктом, поширеним у Східних Карпатах на території України і Румунії. Угруповання з його домінуванням у підліску збереглися на південних схилах Українських Карпат переважно у верхній частині водозбору р. Латориця та на північному схилі у верхів'ї р. Стрий на Вододільному хребті. До цього часу збереглося 9 таких місцезростань з *Syringa josikaeae*, тоді як ще на початку минулого століття їх налічувалося понад 30 (Стойко та ін., 1980; Фельбаба-Клушина, 2005; Фельбаба-Клушина, Бізіля, 2006).

Таким чином, в межах Закарпатської області спостерігається порушення рівномірності лісового покриву у різних флористичних районах та на різних висотах. Має місце тенденція до переважання молодих лісів, зменшення площ зрілих та старовікових лісів. Старовікові ліси збереглися переважно на заповідних територіях. Рідкісними є заплавні клейковільхові ліси.

7.2. ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ЗНАЧЕННЯ ЛІСОВОГО ПОКРИВУ (гідрологічна і ґрунтозахисна роль)

Вивченню функцій лісів Українських Карпат було присвячено багато праць (Білоус та ін, 1975; Блистів, 2002; Голубець, 2010; Комендар, 1966; Олійник, 2008; Чубатий, 1968-1984). Найновіші відомості про функції лісів різного видового та вікового складу знаходимо у працях В.С. Олійника (1996, 1999а,б; 2008).

Узагальнюючи ці дані, бачимо, що показником водоохоронної ролі лісу є регулювання величин річного стоку річок певної території (Рахманов, 1984). Ліси суттєво зменшують поверхневий стік та поповнюють підземний стік, що призводить до зменшення непродуктивного паводкового стоку й одночасного до зростання найціннішої його складової, тобто підземного стоку (Львович, 1963). Водорегуляційна роль лісу полягає у перерозподілі вологи у різних біогеоценотичних горизонтах та у часі (протягом року). Лісовий покрив позитивно впливає на охорону та збереження водних ресурсів території (Міхович, 1986; Чубатий, 1984, цит за: Фельбаба-Клушина, 2010).

У працях різних авторів розглядається залежність гідрологічної та ґрунтозахисної ролі лісів від видового складу та вікової структури лісових ценозів, особливостей рельєфу та відносної висоти їх місцезростання над рівнем моря, від площі, яку вони вкривають та від того, якими методами ведеться лісоексплуатація. З'ясовано, що найбільший водоохоронно-захисний ефект виявляють стиглі букові та буково-ялицеві ліси завдяки складній просторовій структурі, де щільно упаковані екологічні ніші. Тому охорона старовікових лісів та максимальне заліснення водозборів рік сприяє збереженню та відновленню водних ресурсів, захисту ґрунтів від водної та вітрової ерозії, посиленню кліматоутворювальної функції лісів та збереженню біорізноманіття. Таким чином, одним з головних завдань лісового господарства в Українських Карпатах є збільшення лісистості водозборів та недопущення вирубування старовікових лісів (Чубатий, 1968).

Головним фактором, що визначає стан водоохоронної та водорегуляційної функцій лісів, є площа лісистості водозбору. Для забезпечення цієї функції їх площа у верхів'ях басейнів рік Карпат не повинна бути нижчою, ніж 70% території, а лісистість нижче 40 % площі водозбору вважається незадовільною для стабільного функціонування басейнових екосистем (Блистів, 2002; Олійник, 2008).

Водорегуляційна та водоохоронна роль лісів зростає із збільшенням висоти над рівнем моря у зв'язку зі збільшенням опадів з висотою, змін теплогового режиму та посиленого впливу особливостей рельєфу.

Водоохоронна роль лісу залежить також і від стану ґрунтового покриву та від інфільтраційних властивостей ґрунтів. У гірських приполонинних лісах ґрунти щербеністі, а тому їхня водопроникність досягає до 4000 мм за годину. Зовсім інша картина на луках. У лучних угрупованнях з домінуванням біловусу стиснутого (*Nardus stricta*) цей показник становить не більше 400 мм за годину. Найвищі інфільтраційні показники і найменші показники стоку характерні для ґрунтів букових лісів (Чубатий, 1984). Так, наприклад, при інтенсивності опадів 62-75 мм на годину на схилах крутизною 20°-30° стік у стиглій бучині становив 2,3-3,4 мм, інфільтрація – 95,5-96,6 %, а у стиглому ялиннику в тотожних умовах стік становив 14,1-57,8 мм, інфільтрація – 19,2-77,2 %. Тим часом, на пасовищі стік становив 63,1-67,1 мм а інфільтрація 11,7-16,3 %. Однак на дуже крутих схилах до 100° стік у стиглих бучинах і стиглих ялинниках був майже однаковий і становив 3,6 мм, а інфільтрація досягала 93,7 %. Що стосується підземного стоку, то у стиглих бучинах підземний стік протягом року становив від 61 до 553 % за відношенням до поверхневого стоку за цей період, а під ялинниками він був суттєво нижчий і становив від 45 до 347%. (Чубатий, 1972, 1984)

Форми рубок і методи трелювання деревини визначають стан водорегуляційної функції лісів. З'ясовано, що у результаті суцільно-лісосічних рубок і наземного спуску деревини з лісосіки під час дощів повністю змивається лісова підстилка і суттєво руйнується верхній шар ґрунту. Річний об'єм стоку з водозбору після суцільної рубки у буковому лісі зростає майже у 100 разів. Тому формування селів, зсувів та лавин найчастіше відбувається саме після рубок. Слід зазначити, що після дощів стік у лісі починається лише через декілька днів, а на луках і полях він формується відразу під час дощу. Як відомо, у Карпатах 75 % річкового стоку припадає на паводковий. Тому перерозподіл загального об'єму стоку і зменшення витрат на паводковий стік є найважливішою властивістю лісів. Однак, як вже зазначалося, для забезпечення цієї функції лісовий покрив басейнів гірських річок має становити не менше 70 % площі водозбору (Блистів, 2002; Олійник, 1996, 1999; 2008; Чубатий, 1968). Результати досліджень О.В. Олійника показали визначальний вплив лісистості водозборів на величину річкового стоку. Так, наприклад, гірські ліси затримують близько 25-30 % атмосферних опадів у залежності від їх інтенсивності і тривалості, у 1,5 разу знижують інтенсивність сніготанення, у 2-10 разів підвищують водопроникність ґрунту, у 3-4 рази уповільнюють формування поверхневого стоку (Чубатий, 1968).

У залежності від геоморфологічних особливостей водозбірних басейнів та кліматичних характеристик, зокрема, від кількості опадів,

в Українських Карпатах виділено чотири групи цих басейнів: басейни рік центральної привододільної частини південного мегасхилу Карпат із середньорічною кількістю опадів 1364 мм; басейни рік навітряного південного схилу Полонинського хребта із середньорічною кількістю опадів 1247 мм; група басейнів південного і північного мегасхилів переважно східної частини Привододільних Карпат з середньорічною кількістю опадів 1156 мм; басейни центральної та західної частин північного мегасхилу Карпат, Бескид в цілому і частково Горган з середньорічною кількістю опадів 1008 мм (Чубатий, 1984).

Головною причиною порушення гідрологічного балансу рік в Закарпатті на думку більшості дослідників є незбалансоване лісокористування. Воно проявилось у порушенні природного розподілу площ лісів у різних рослинних поясах та територіального розподілу різновікових лісів. Так, наприклад старовікові ліси займають переважно важкодоступні схили вище 800 м над рівнем моря, тоді як молодняки поширені у легкодоступних місцях вздовж річок і доріг. Тому часто в одних басейнах переважають молодняки а в інших старовікові ліси. Прикладом такого дисбалансу є ріка Латориця. Головна частина її водозбірного басейну лежить на Вододільному хребті з незначними висотами та легкодоступними схилами. Тому тут переважають молоді та середньовікові ліси з спрощеною вертикальною та горизонтальною структурою. Тут також мають місце значні площі занедбаних земель, на яких впродовж понад 30 років після розпаду колгоспів не відновилася лісова рослинність через виснаження ґрунтів. У басейнах інших рік стиглі та перестійні ліси теж розташовані переважно високо в горах у важко доступних місцях, а молодняки та середньовікові деревостани – нижче, поблизу доріг і населених пунктів. За підрахунками М.А. Голубця, з середини минулого століття біогеоценотичний покрив Бескидів під впливом діяльності людини втрачає близько 460 млн. м³ води щорічно (Голубець, 2010, цит за: Фельбаба-Клушина, 2010).

Ліси Українських Карпат завдяки випаровуванню вологи щорічно поповнюють атмосферу в середньому на 2,5-3 км³ води. Це має значний кліматоутворювальний ефект і суттєво пом'якшує негативні процеси потепління клімату (Чубатий, 1984)

Згідно з районуванням гірських лісів Карпат за їх водоохоронно-захисним значенням, ліси поділено на чотири групи (Чубатий, 1972, цит за: Фельбаба-Клушина, 2010): I. Привододільні гірські ліси водоохоронного значення; II. Водоохоронно-захисні ліси південного макросхилу Полонинських Карпат; III. Закарпатський низькогірний район лісів водорегуляційно-захисного значення; IV. Прикарпатський низькогірний район лісів водорегуляційного значення. Перший ра-

йон знаходиться у зоні найвищого атмосферного зволоження та холодного і прохолодного клімату, що стало причиною формування найгустішої в Українських Карпатах гідрографічної мережі. Він поділений на три підрайони: Іа. Чорногоро-Мараморосько-Чивчинський, Іб. Горганський, Ів. Бескидсько-Верховинський. Саме на масивах Чорногори, Марамороських Альп та Горган у верхів'ях рік Чорної Тиси та Білої Тиси, Тересви Терєблі, й Ріки випадає максимум опадів протягом року, найчастіше формуються повені, селєві потоки, зсуви ґрунтів. Тому це необхідно враховувати при розвитку природоохоронної стратегії Закарпатської області.

Приполонинні ліси разом із заростями гірської сосни жереп (*Pinus mugo* Turra) (жерепняки) та вільхи зеленої (*Duschekia alnobetula* (Ehrh.) Rouzar) (леличі) виконують особливо важливу водоохоронну та ґрунтозахисну функцію.

В.І. Комендар (1966) підкреслював, що всі зарості жерепняків та леличів в Українських Карпатах необхідно охороняти, а зруйновані природні фітоценози відновлювати штучно.

Головний висновок цих і деяких інших праць про роль лісів полягає в тому, що ліси є ключовими регуляторами гідрологічного балансу гірських регіонів та рівнинних територій, виявляють ґрунтозахисну та кліматоутворювальну функцію, що особливо актуально в умовах зростання дефіциту водних ресурсів та негативних змін клімату (Фельбаба-Клушина, 2010).

Таким чином, збільшення площі лісів, досягнення рівномірності лісового покриву у басейнах рік, оптимізація вікової та просторової структури лісів, запровадження найновітніших методик ведення лісового господарства та застосування регіональних моделей охорони природи, що базуються не лише на охороні біорізноманіття але й передбачають збереження й відновлення функціонального ядра природних екосистем є необхідною передумовою екологічного благополуччя в регіоні Українських Карпат.

Список літературних джерел:

1. Білоус З.П., Вайнагій І.В., Голубець М.А. та ін. Біологічна продуктивність смерекових лісів Карпат. – К.: Наук. думка, 1975. – 237 с.
2. Блистів В.І. Збереження і посилення водорегулюючої ролі гірських лісів Українських Карпат.// Приполонинні ліси Карпат: Тези доп. Міжнарод. робочої школи (с. Кострино, Україна, 26-29 квітня 2002 р.). – Ужгород, 2002. – С. 42.
3. Боков В.А., Луцник А.В. Основы экологической безопасности. – Симферополь: Сонат, 1998. – С. 30-31.
4. Генсірук С.І. Причини всихання ялинових лісів Карпат і заходи для припинення їх деградації // Зелені Карпати. – 2006. – №1-2. – С. 56-58.

5. Голубець М.А. Сучасний та відновлений лісовий покрив Українських Карпат // Матеріали III з'їзду Укр. ботан. т.-ва. – К.: Наук думка, 1965. – С. 94-95.
6. Голубець М.А. Ельники Украинских Карпат. – К.: Наук. думка, 1978. – 264 с.
7. Голубець М.А. Питання оптимізації біогеоценотичного покриву // Антропогенні зміни біогеоценотичного покриву в Карпатському регіоні / За ред. М.А. Голубця; АН України. Ін-т екології Карпат. – К.: Наук. думка, 1994. – С. 113-146.
8. Голубець М.А. Середовищезнавство. – Львів: Манускрипт, 2010. – 176 с.
9. Голубець М.А. Вступ до екосистемології. – Львів: Поллі, 2005. – 199 с.
10. Голубець М.А., Борсук Д.В., Гаврилюк М.В. и др. Биogeоценотический покров Бескид и его динамические тенденции. – К.: Наук. думка, 1992. – 240 с.
11. Голубець М.А., Козак І.І., Козловський М. П. та ін. Антропогенні зміни біогеоценотичного покриву в Карпатському регіоні // За ред. М. А. Голубця. – К.: Наук. думка, 1994. – С. 17-22 (165).
12. Голубець М.А., Малиновский К.А. Принципы классификации и классификация растительности Карпат // Ботан. журн. – 1967. – 52, 2. – С. 189-201.
13. Голубець М.А., Марискевич О. Г., Козловський М. П. та ін. Екологічна ситуація на північно-східному макросхилі Українських Карпат // За ред. М. А. Голубця. – Львів: Поллі, 2001. – 162 с.
14. Зелена книга України. Рідкісні і такі, що перебувають під загрозою зникнення, та типові природні рослинні угруповання, які підлягають охороні. / Під заг. ред. член-кореспондента Національної академії наук України Я. П. Дідуха. – К., 2009. – 446 с.
15. Кіш Р., Проць Б., Поляновський А. та ін. Регіональний ландшафтний парк «Притисянський» – збереження природної спадщини рівнинного Закарпаття. – Ужгород: Мистецька лінія, 2009. – 20 с.
16. Комендар В.І. Форпосты горных лесов. – Ужгород: Карпаты, 1966. – 205 с.
17. Левківський С.С., Хільчевський В.К., Ободовський О.Г. та ін. Загальна гідрологія: Підручник /за ред. С.М. Лисогора. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 264 с.
18. Ліси Закарпаття. Нариси з історії та часопис лісівництва. (Укладачі: Кий В., Коцур І., Давидова Ю. та ін) –Ужгород: ТОВ «РІК-У»- -367 с.
19. Львович М.И. Человек и воды. Преобразование водного баланса и речного стока. – М.: Географгиз, 1963. – 568 с.
20. Міхович А.Г. Нормативи оптимальної водоохоронної лісистості. // Водоохоронні лісонасадження. – К.: Урожай, 1986. – С. 95 – 108.
21. Молотков П.И. Буковые леса и хозяйство в них. – М.: Лесная промышленность, 1966. – 226 с.
22. В.С. Количественная оценка водорегулирующей роли буковых лесов Украинских Карпат // Лесоведение. – 1994. – № 4. – С.3-10.
23. Олійник В.С. Гідролого-лісівнича оцінка водозборів Карпат // Науковий вісник: Лісівницькі дослідження в Україні. – Львів: УкрДЛТУ, 1996. – Вип. 5. – С. 147-150.

24. Олійник В.С. Гидрологические последствия рубок ельников на элементарных водосборах в Украинских Карпатах // Лесоведение. – 1999а. – № 2. – С. 42-48.
25. Олійник В.С. Вплив віку деревостанів на формування стоку води в різних висотно-типологічних умовах Карпат // Науковий вісник: Лісівницькі дослідження в Україні. – Львів: УкрДЛТУ, 1999б. – Вип. 9.10. – С. 150-157.
26. Олійник В.С. Водоохоронно-захисна роль гірських лісів Українських Карпат, її антропогенні зміни та шляхи оптимізації / Автореф. дис. на здоб. наук. ст. доктора сільськогоспод. наук. – Львів, 2008. – 40 с.
27. Праліси у центрі Європи. Путівник по лісах Карпатського біосферного заповідника // Під ред. У. Брендлі, Я. Довганича. – Швейцарський федеральний інститут досліджень лісу, снігу і ландшафтів, Бірменсдорф, Швейцарія; Рахів, КБЗ, Україна, 2003. – 192 с.
28. Рахманов В.В. Гидрологическая роль лесов. – М.: Лесная промышленность, 1984. – 241 с.
29. Стойко С.М., Мілкіна Л.І., Жижин М.П. Охорона природи Українських Карпат та прилеглих територій. – К.: Наук. думка, 1980. – 264 с.
30. Устименко П.М. Фітоценотаксономічна різноманітність України: фітосозологія, методологія, аналіз та прикладні аспекти / Автореферат ... доктора біол. наук, спец. 03.00.05 ботаніка. – К, 2005. – 37 с.
31. Устименко П.М., Шеляг-Сосонко Ю.Р., Вакаренко Л.П. Раритетний фітоценофонд України. – К.: Фітосоціоцентр, 2007. – 268 с.
32. Федурця І.Ю., Печер І.І., Кічура В.П. та ін. Ліси Закарпаття. Сучасний стан та охорона. – Ужгород, 1997. – 53 с.
33. Фельбаба-Клушина Л.М. Фітоценотична характеристика та охорона угруповань *Syringa josikae* Jack (*Oleaceae*) в Українських Карпатах. // Укр. ботан. журн. – 2005. – 62, №4. – С. 484-495.
34. Фельбаба-Клушина Л.М., Бізіля К.М. Бузок угорський (*Syringa josikae* Jack.) //План дій щодо поліпшення збереження популяцій флори та фауни, що занесені до Червоної книги України та в міжнародні червоні переліки. В межах природно-заповідного фонду. – Харків: Райдер, 2006. – С.40-44.
35. Чубатий О.В. Водоохоронні гірські ліси. – Ужгород: Карпати, 1972. – 120 с.
36. Чубатий О.В. Гірські ліси – регулятори водного режиму. – Ужгород: Карпати, 1984. – 102 с.
37. Чубатий О.В. Захисна роль карпатських лісів. – Ужгород: Карпати, 1968. – 136 с.

Розділ 8.

ЗМІНИ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ЗАКАРПАТТЯ В УМОВАХ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

8.1. ВПЛИВ АНТРОПОГЕННИХ ЧИННИКІВ НА МІКРОБІОТУ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ (Кривцова М., Савенко М.)

За останні десятиліття відмічається інтенсифікація техногенного впливу на природні екосистеми, що призводить до значних змін у функціонуванні мікробних ценозів. Мікроорганізми чутливо реагують на зміни стану навколишнього середовища, а відповідно і, на вплив техногенного навантаження. Джерелами забруднення довкілля є застосування пестицидів, промислові викиди в атмосферу, стічні побутові та стоки промислових підприємств, паливна промисловість, транспорт, рідкі і тверді міські відходи, родовища важких металів.

Динаміка мікробних угруповань є чутливою біоіндикаторною системою, що відображає не тільки стан, але й функціонування мікробних угруповань, та у значній мірі, екосистеми в цілому.

Суттєві зміни у складі мікробіоти водних екосистем відображені у результатах моніторингових спостережень (Білкей та інші, 2018). Зокрема проведені моніторингові спостереження річки Уж. Авторами продемонстровано динаміка якісного та кількісного складу поверхневих вод річки Уж у декількох моніторингових ділянках з різним характером техногенного забруднення: 1) зоні впливу Перечинського лісохімічного комбінату; 2) ділянки, де у річку потрапляють комунально-побутові стічні води міста Ужгород; 3) поблизу розміщення присадибних ділянок і несанкціонованих сміттєзвалищ на берегах водойми.

За результатами просторово-часового моніторингу мікробіологічних показників річки Уж встановлено, що загальне число мікроорганізмів (ЗМЧ) коливається в широких межах. Основним чинником зміни бактеріального обсіменіння води на даних територіях служила зміна внутрішньорічного гідрологічного режиму річки. Так, найвищі показники загального ЗМЧ зафіксовані протягом лютого-березня в період весняного повноводдя та в період літньої межени, а найниж-

чі – у січні. Подібна тенденція характерна і для динаміки колі-індексу, проте, стабільно підвищений рівень спостерігається упродовж літа. Щодо коливання загальної кількості мікроскопічних грибів, можна відмітити підвищення на початку весни і подальше зниження влітку. Подібна тенденція може свідчити про розмноження мікроміцетів за сприятливих умов, зокрема, підвищення температури. Зниження концентрації мікроскопічних грибів улітку можна пояснити зростанням впливу сонячного випромінювання, яке, як відомо, сильніше у високогірних районах та в поверхневих водах з низьким рівнем потоку. В 100 м від струмка Доморадж бактеріологічні показники якості води помітно зростають. Упродовж року мікробне число води сягає наднормативних значень, взимку — зменшується, а з початком весни плавно підвищується. У цьому випадку прослідковується вплив хімічних речовин на зміну динаміки ЗМЧ. Зміна індексу БГКП у даній точці вказує його залежність від температурного фактору та водності річки, найвищі значення зафіксовані протягом літнього меженового періоду і перевищують допустимі значення в 24-28 разів, взимку – зменшуюся вдвічі, перевищуючи норми в 10-15 разів. Загальне число мікроскопічних грибів протягом року знаходилося в межах, що є незначним враховуючи підвищений уміст біогенних речовин і в цілому мало незначну тенденцію до зменшення взимку. За межами міста Перечин спостерігається подібна тенденція, проте рівень, як хімічного так і мікробіологічного забруднення дещо знижується, що пояснюється самоочисною здатністю річки в гірській частині та віддаленій відстані від потенційного джерела забруднення.

Вплив щільної міської забудови відображається на результатах бактеріологічного забруднення водойми в межах міста Ужгород. Найбільше це проявляється за змінами колі-індексу. Забруднення води бактеріями групи кишкових паличок пояснюється нерегульованим скидом не очищених або ж недостатньо очищених стічних вод, до того ж можна припустити, що підвищення температури та характер водності водойми, а саме обміління річки в цей період, веде до збільшення концентрацій забруднюючих речовин та розмноження сапрофітної мікрофлори за сприятливих умов. Подібними виявилися і результати хіміко-мікробіологічних досліджень гірської річки Бялка, що на території Польщі, де рівень бактеріального забруднення зростав влітку в результаті збільшення кількості туристів, а також тісно корелював з вмістом сполук нітрогену.

Не менш важливим чинником є і перехід річки до рівнинного типу, як наслідок – перенесення забруднюючих речовин до низинних територій. У пониззі річки Уж в межах села Сторожниця виявлено тенденцію до збільшення мікробіологічних показників якості води за ме-

жами села, максимальні значення ЗМЧ зафіксовані влітку та восени. У порівнянні з контрольною точкою перевищення загального мікробного числа за селом Сторожниця сягають тисячі разів. До того ж встановлено, що підвищення загальної кількості мікроорганізмів та мікроскопічних грибів у разі зростання концентрації нітратів, нітритів та азоту амонійного, що пояснюється надходженням біогенних речовин до водойми, одним з основних джерел яких є сільськогосподарські стічні води та змив з прилеглих територій. Варто зазначити й те, що в даній місцевості швидкість течії сповільнюється, а русло річки замулюється, що значно знижує її природні механізми самоочищення. Колі-індекс також сягає високих значень як до, так і за селом, це можна пояснити, по-перше, перенесенням забруднювальних речовин з вище розміщених за течією територій, а, по-друге, близьким розташуванням русла річки до забудов, зокрема, до низки дрібних домашніх фермерських господарств, що й слугують джерелом фекального забруднення.

Результати дослідження розподілу різних груп мікроорганізмів у водних середовищах свідчать про якісні та кількісні зміни у структурі мікробних спільнот під впливом антропогенного навантаження. На ділянках водойм, які піддаються антропогенному тиску, відмічено зменшення автохтонних грампозитивних груп мікроорганізмів і зростання кількості алохтонних грамнегативних мікробів. Під впливом хімічних сполук змінюється чисельність і співвідношення мікроорганізмів. Наднормові концентрації важких металів у водоймах пригнічують ріст міксоміцетів, тим самим порушуючи рівновагу в екосистемі. Зі свого боку така динаміка кількісного зниження мікроскопічних грибів може слугувати індикаторним показником забруднення водного об'єкту.

Результати досліджень вказують на нерівномірне розподілення мікроорганізмів різних фізіологічних груп залежно від територіального розміщення. Порівняльна характеристика співвідношення і чисельності представників мікробіоценозу вказує на те, що найбільш несприятлива екологічна ситуація характерна для техногенно трансформованої території, де під впливом тривалого забруднення спостерігається адаптивна відповідь мікроорганізмів на неналежні умови існування, що призводить до суцесійних змін мікробного ценозу. Для території поблизу с. Сторожниця, що знаходиться в зоні впливу сільськогосподарської діяльності, також характерні перебудови у структурі мікробіоценозу, які вказують на безперервне надходження забруднюючих речовин до водойми (Савенко та інші, 2021).

Антибіотикорезистентні мікроорганізми у техногенно трансформованих екосистемах. Справжнім викликом XXI сторіччя є проблема розвитку резистентності до антибіотиків, що ставить під

загрозу ефективність протимікробної терапії у боротьбі з інфекційними захворюваннями. За даними ВООЗ тільки на території Європи зафіксовано 37 000 смертей протягом 2016 року спричинених резистентністю мікроорганізмів до лікарських препаратів. Використання антибіотиків вже давно перетнуло межу клінічного профілю і користується значним попитом в сільськогосподарській та харчовій галузях, що унеможливорює введення контролю за раціональним застосуванням протимікробних препаратів.

Одним з наслідків нераціонального використання антибіотиків є зростання антибіотикорезистентних мікроорганізмів та їх генетичних детермінант стійкості не тільки в межах стаціонару, а й об'єктах навколишнього середовища. Результати наукових досліджень проведених за останнє десятиріччя вказують на значне поширення полі- й мультирезистентних мікроорганізмів та генів стійкості у поверхневих, стічних й ґрунтових водах, питній та бутильованій воді, ґрунті та харчових продуктах рослинного походження. Дані результати свідчать про потенційні ризики надходження антибіотичних речовин до організму людини через харчовий ланцюг, адже навіть споживання води неналежної якості може призвести до розвитку резистентності. Сучасні системи очисних споруд не здатні до повного очищення води від генетичних детермінант, найбільшим джерелом яких, як відомо, є лікарняні стоки та господарсько-побутові стічні води.

Ми проводили дослідження з визначення взаємозв'язків міграції антибіотикорезистентних мікроорганізмів у системі людина – водне середовище та оцінк ризиків розповсюдження резистентності. Зокрема, вивчення рівня антибіотикорезистентності ізолятів мікроорганізмів родини *Enterobacteriaceae*, виділених в умовах запальних процесів ротової порожнини та бактерій, що ізольовані з поверхневих вод (р. Уж).

Встановлено високий рівень антибіотикорезистентності мікроорганізмів родини *Enterobacteriaceae* як у водних екосистемах, так і організмі людини. Найвищі показники антибіотикостійкості виявлені щодо незахищених бета-лактамів, тетрациклінів, макролідів, цефалоспоринів I покоління. Результати дослідження доводять можливість роль водних екосистем у формуванні й міграції антибіотикорезистентних мікроорганізмів, як в навколишньому середовищі, так і на шляху до споживача. Отримані дані обґрунтовують доцільність введення нових показників санітарно-гігієнічного контролю за розповсюдженням антибіотикорезистентних мікроорганізмів (Савенко та інші, 2021; Savenko et al, 2021; Savenko et al, 2020).

Мікроорганізми техногенно трансформованих ґрунтів. Вплив об'єктів транспорту на природне середовище зумовлений будівни-

цтвом магістральних доріг, їх експлуатацією, спалюванням значної кількості палива, забрудненням прилеглих територій викидами, стоками, відходами, які порушують природну рівновагу в екосистемах. Цей вплив на середовище включає порушення стійкості природних ландшафтів транспортною інфраструктурою шляхом розвитку ерозії та зсувів; забруднення атмосфери відпрацьованими газами; постійний ріст рівня забруднення ґрунту нафтою, свинцем, продуктами видудування та опадання сипучих вантажів (вугілля, руда, цемент). До токсичних речовин, які виділяються дизелями, відносять оксид вуглецю, оксиди азоту, сажу, вуглеводневі сполуки, двоокисірки, сірководень. У відпрацьованих газах міститься також бенз(а)пірен і поліциклічні ароматичні сполуки, важкі метали. Ці речовини у підвищених кількостях при інтенсивному русі залізничного транспорту безперечно негативно впливають на всі компоненти прилеглих екосистем, у тому числі на атмосферне повітря. Залізничний транспорт – також джерело фізичного впливу (шум, вібрація, електромагнітне випромінювання) та біологічного забруднення при магістральних біогеоценозів. Водночас відбувається поширення та нагромадження шкідливих речовин на прилеглих полях і земельних угіддях, що не менш шкідливо для довкілля та здоров'я людини.

Мікробіологічні та біохімічні показники дозволяють визначити глибину впливу антропогенного навантаження вже на ранніх стадіях трансформації екосистеми, надати інтегральну оцінку стану ґрунту.

Проведені моніторингові дослідження впливу ксеобіотиків на мікробні угруповання ґрунту в зоні впливу транспортних засобів, автотранспорту, дії ксенобіотиків промислового походження (Бобрик та інші, 2012). Ґрунти, розташовані у безпосередній близькості до залізничних шляхів, відмінні за якісним та кількісним складом у порівнянні з техногенно трансформованими екосистемами. Зокрема, в зоні впливу залізничного транспорту відмічали знижений вміст амоніфікаторів, мікроміцетів, бактерій роду *Azotobacter*. Поряд із цим домінантними в мікробоценозах виступали бактерії групи кишкової палички, оліготрофи, олігонітрофіли, спорові, підвищена кількість яких указує на порушення процесів природного самоочищення екосистем, а отже, погіршений екологічний стан. Аналіз кількісного складу мікробоценозів та фітотестування дозволили виявити суттєвий негативний вплив залізничного транспорту на прилеглі екосистеми. Ґрунти поблизу залізничних шляхів характеризуються зниженою мікробіологічною активністю, що поступово підвищується на більших відстанях.

Встановлено також вплив автотранспорту на мікробіоту ґрунту прилеглих до автомагістралі територій. Дослідження проведені у

м. Ужгород поблизу автомагістралі на відстані 0-50 м від автошляху показали різку зміну показників мікробного ценозу ґрунту, що проявлялась у підвищенні кількості амоніфікаторів за рахунок умовно-патогенної мікробіоти та спорових мікроорганізмів, зниженні вмісту мікроміцетів та відсотку азотфіксуючої мікрофлори (Ігнатко та інші, 2012).

Тенденції зміни показників мікробіоти ґрунту поблизу джерела антропогенного навантаження встановлено і при дослідженні мікроорганізмів ґрунту поблизу Перечинського лісохімкомбінату. У результаті досліджень встановлено хімічне забруднення ґрунтів, наближених до заводу, що зумовлено підвищеним вмістом нітратів та ВМ, що перевищує ГДК. Також у зоні забруднення відбувається сильне закислення ґрунтів. Шляхом застосування кореляційного аналізу встановлено, що найчутливішими групами до вмісту полутантів у ґрунті є азотфіксатори та олігонітрофіли. Кількість актиноміцетів суттєво не змінювалась, а динаміка вмісту оліготрофів співпадала з підвищеним містом важких металів. Проведені дослідження показали наявність хімічного забруднення прилеглих до заводу територій (30 м) та як наслідок перебудову мікробних ценозів (Kryvtsova et. al, 2017).

Отже, мікробні угруповання чутливо реагують на техногенне навантаження, зміною співвідношення автохтонних та аллохтонних предствників, що неминуче відображається на функціонуванні екосистеми в цілому.

Список використаних джерел:

1. Kryvtsova M., Bobrik N., Sabov M., Sabov M. Microbiological indication of soils in zone of influence of Perechin timber and chemical plant. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. 2017. No 1. P. 258-263.
2. Savenko M.V., Kryvtsova M.V. Urban aquatic ecosystems as a factor of the spread of antibiotic resistant microorganisms and resistance genes. *Transylv. Rev. Syst. Ecol. Res. The Wetlands Diversity*. 2021, No 23(2). 1-12.
3. Savenko M.V., Kryvtsova M.V. Anthropogenic impact on the development of resistance to antibiotics in microorganisms of the Uzh River (Ukraine). *StudiaBiologica*. 2020, No 14 (3). 79-90.
4. Білкей М.В., Кривцова М.В. Просторово-часова характеристика мікробіологічних та гідрохімічних показників якості поверхневих вод річки Уж (України). *Біоресурси і природокористування*. 2018, Т. 10, № 5-6. С. 24-37.
5. Бобрик Н.Ю., Кривцова М.В., Ніколайчук В. І. Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія. 2012, №2, Том 20, 3-9.
6. Ігнатко Т.І., Бобрик Н.Ю., Колесник А.В., Кривцова М.В. Проблеми еколого збалансованого розвитку. Оцінка стану урбанізованих екосистем (на прикладі трав'яних газонів м. Ужгорода). 2012, С. 137-144.

7. Савенко М.В., Кривцова М.В., Федурця О.І. Вплив антропогенного навантаження на структуру мікробіоценозу річки Уж (Україна). Екологічні науки, 2012, № 4(37). С. 52-55.

8.2. ПРОБЛЕМИ ЗБЕРЕЖЕННЯ ФЛОРИСТИЧНОГО РІЗНОМАНІТТЯ (*Kim P.*)

Закарпаття – найзахідніший, відділений горами край є одним з найбільш цікавих, багатих та оригінальних природних регіонів України, де представлені одразу два біогеографічні регіони Європи – Паннонський, що включає Закарпатську низовину та Альпійський, до якого належать південні мегасхили Українських Карпат. Висока різноманітність природних умов – від рівнинних до високогірних, а також їхня мозаїчність, характерна для гірських країн, зумовлює тут найвище після Криму розмаїття рослинного світу – більше 50% всіх видів судинної флори України. Втім, на сьогодні в силу історичних причин, глобальних змін останніх десятиріч та, головним чином, через наслідки антропогенного впливу, насамперед, господарського освоєння земель та природних ресурсів для все більшої кількості видів рослин, що ростуть на території області, спостерігається швидке скорочення природних оселищ, інсуляризація та зменшення чисельності популяцій, чимало видів вже знаходяться під загрозою зникнення, а окремі види вже зникли чи можуть зникнути у найближчі роки (Червона книга, 2009). Тому збереження унікального флористичного багатства та різноманіття краю, створення умов для його відновлення є одним з головних прерогативних природоохоронних завдань сьогодення.

Питання збереження флористичного різноманіття території Закарпаття на законодавчому рівні, насамперед, державному почало розглядатись достатньо пізно. Найпершими заходами у цьому напрямку, розпочатими ще на початках ХХ ст. за австро-угорської доби, було створення заповідних територій, головним чином, лісових резерватів, де охороною охоплювався весь рослинний покрив резервованої території. В наступному, за чехословацького періоду 1919-1939 років, подібна практика охорони була продовжена, однак, окрім лісових (переважно, для збереження пралісових ділянок) на теренах Закарпаття була створено низку високогірних резерватів (Стойко, 1957, 1991). За радянських часів, після тривалої перерви, відновлення частини старих та формування нових резерватів продовжилось вже лише наприкінці 60-х років ХХ ст.

Вперше Питання безпосередньої охорони раритетних видів на нормативному рівні постало лише з виходом Червоних книг – “Чер-

воної книги СРСР” (Красная книга СССР, 1978) та “Червоної книги Української РСР” (побачила світ у 1980 р.) – що містили переліки рідкісних і таких, що знаходяться під загрозою зникнення рослин і тварин, короткі відомості про них та про необхідні заходи щодо їхньої охорони. В українській Червоній книзі до переліку видів, що підлягають охороні було включено 151 вид судинних рослин, з яких майже половина – 69 видів відмічені для території Закарпаття (з них деякі, зокрема, *Crocus banaticus*, *Narcissus angustifolius* – тільки для цього регіону). Виходу в світ цього зведення, підготованого колективом науковців, передували списки рідкісних рослин України, укладені в 70-х роках ХХ ст. В.І.Чопиком (до охорони пропонувалось 63-88 видів судинних рослин), які включали види флори Закарпаття (Чопик, 1970, 1978). Наступне, друге видання, Червоної книги – “Червона книга України”, яке з’явилося в роки Незалежності, у 1996 р. включало вже 541 вид рослин, з них 439 видів вищих рослин – майже втричі більше, ніж у першому виданні (143 види вказані для Закарпаття).

Сьогодні “Червона книга України” (надалі також ЧКУ) є законодавчим забезпеченням охорони рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення видів рослинного світу, згідно законів України “Про рослинний світ” від 9 квітня 1999 р. (чинна редакція), “Про Червону книгу України” від 7 лютого 2002 р. (чинна редакція). Останнє, третє, суттєво допрацьоване видання національної Червоної книги вийшло у 2009 р. До нього внесено 826 видів рослин, з них 611 видів судинних рослин – майже на третину більше, ніж у попередньому другому виданні. 207 видів, більше третини цього списку, трапляється в Закарпатті, з них 36 видів – винятково у цьому регіоні.

Тенденція до розширення національного переліку раритетних видів пов’язана, з одного боку, зі збільшенням відомостей про склад, сучасне поширення, чисельність та реальний стан популяцій судинних рослин в Україні.* З іншого боку – для значного відсотку видів, які ще нещодавно перебували поза загрозою, за час, який пройшов після першого видання Червоної книги зафіксовано зменшення чисельності популяцій, скорочення місцезростань через знищення чи трансформацію біотопів відповідного типу тощо.

Після ратифікації Україною Бернської конвенції під охороною держави також перебувають види внесені до Резолюції №6 (1998) цієї конвенції. В Україні поширені 52 види судинних рослин, що внесені до Резолюції №6, 12 з яких трапляються в Закарпатті (Судинні рослини..., 2017). Сім видів з них також одночасно включені до національної Червоної книги, три види (*Adenophora liliifolia*, *Iris aphylla* subsp.

* Тут і далі назви видів рослин українською наведені в Додатках 1 і 2

hungarica, *Tozzia carpathica*) внесені до регіонального червоного переліку (див. нижче), але два – *Poa deyllii* і *Campanula serrata* охороняються виключно Бернською конвенцією.

Разом з тим, перелік видів з території Закарпатської області, які внесені до нового видання національної Червоної книги далеко не повністю, або лише частково охоплює той видовий склад флори регіону, який на сьогодні в Закарпатті знаходиться під загрозою та потребує охорони. Багато видів, звичайні на іншій території України є рідкісними в Закарпатті, а багато з них сьогодні перебувають на межі зникнення і часто представлені кількома десятками особин, або навіть поодинокими екземплярами. Крім того, враховуючи сучасні концепції охорони, пріоритетне значення для збереження глобального фіторізноманіття мають ендемічні види рослин, як носії особливого генотипу з обмеженим поширенням тому переважна більшість ендеміків потребує особливої уваги та заходів охорони (Дідух, Царенко, 2003; Єна, 2003), зокрема, регіональної.

Питання охорони регіонально рідкісних видів на Закарпатті піднімалось неодноразово. Так С.С. Фодором (1973) був укладений перший варіант регіонального червоного списку, який нараховував 364 таксони судинних рослин (разом з підвидами і різновидностями). Пізніше були опублікований перелік, укладений В.І. Комендарем, С.С. Фодором та В.І. Вайнагієм (1987), який включав 213 таксонів. Найбільш на сьогодні деталізованим є Червоний список загрожених судинних рослин Закарпаття, укладений В.В. Крічфалушієм зі співавторами (Крічфалушій, Будніков, Мигаль, 1999), що нараховує 485 таксонів, і який став одним із перших в Україні регіональних червоних списків у сучасному розумінні. Також варто відмітити кілька запропонованих редакцій переліків раритетних видів Українських Карпат включно з територією Закарпаття (Стойко, 1977; Комендар, 1988; Малиновський, Царик, 1991; Kricsfalussy, Budnikov, 2007), або лише з її гірськими регіонами (Малиновський та ін., 2002).

Поряд з науковими публікаціями в Закарпатті було укладено кілька законодавчо закріплених на обласному рівні редакцій регіонального червоного списку видів судинних рослин, що підлягають особливій охороні в Закарпатській області, перша редакція якого була затверджена рішенням обласної ради ще у 1992 р. Перелік неодноразово доопрацьовувався, нові редакції, укладені нами разом з д.б.н. Даниликом І.М. (Інститут екології Карпат НАН України) та к.б.н. Процем Б.Г. (Державний природознавчий музей НАН України) були затверджені у 2008 та 2011 роках – після виходу нового видання Червоної книги України, до якої увійшло 68 таксонів з попереднього переліку. На сьогодні діючою є редакція червоного списку 2015 року –

“Перелік видів судинних рослин, що підлягають особливій охороні на території Закарпатської області”, затверджений рішенням обласної ради №1263 від 28.05.15 (Додаток 2), до редагування якої долучилися науковці Карпатського біосферного заповідника, Ужанського національного парку, Національного парку Синевир. Остання редакція переліку нараховує 321 таксон вищих рослин.

Таким чином, сьогодні в Закарпатті загальний перелік раритетних видів вищих рослин, що перебувають під охороною нараховує 530 таксонів, що складає близько четвертини природної флори цього регіону. Такий відсоток, загалом, відображає реальний сучасний стан загроз флористичному різноманіттю краю. Високий відсоток раритетної фракції рослин є характерною особливістю гірських країн, у т.ч. і в Європі, що вирізняються, порівняно з оточуючими територіями, підвищеним фіторізноманіттям, зокрема, присутністю в складі флори численних ендеміків, реліктів, видів з диз’юнктивним ареалом тощо. До прикладу, в Польщі Карпатський регіон займає лише 7% території, але там ростуть біля 85% всіх видів вищих рослин країни, 80% ендеміків і т.д., при цьому 20% видів рослин поза цим регіоном не трапляються (Czerwona księga..., 2008).

Важливою причиною також є те, що в силу історичних причин чи внаслідок антропогенної трансформації більшість специфічних біотопів з високим чи оригінальним фіторізноманіттям (ксеротермні ліси і луки, болота і мочарі, скельні відслонення, більшість біотопів високогір’я тощо) у Закарпатті трапляються, зазвичай, на невеликих ділянках, часто у вигляді фрагментів і тому значна частина видів природної флори сконцентрована на незначних площах, де представлена малочисельними, часто, ізольованими або поодинокими популяціями. Необхідно теж зауважити, що через розташування Закарпаття на перехресті двох особливо різко відмінних між собою біогеографічних регіонів – ксеротермного Паннонського та карпатсько-гірського Альпійського, багато видів представлені тут окраїнними пограничноареальними популяціями в кількох або навіть одному локалітетах, рослини яких ростуть тут на межі своїх екологічних діапазонів (можливостей), з пониженою життєвістю популяцій.

Лише у незначного відсотку рідкісних або тих, що перебувають під загрозою видів Закарпаття сучасний стан пов’язаний з безпосереднім знищенням людиною. Серед таких видів найперше слід згадати високодекоративні квітучі рослини, зокрема, весняні рослини-ефемероїди (*Erythronium dens-canis*, *Fritillaria meleagris* тощо) чи окремі види орхідей, легендарні рослини, як до прикладу, едельвейс (*Leontopodium alpinum*), деревні рослини з цінної деревиною (*Sorbus torminalis*) тощо. Частина видів також активно

заготовлювалась та продовжується заготовлюватись (переважно нелегально), в якості лікарської сировини (*Gentiana lutea*, *Rhodiola rosea*), що привело, як у випадку з *R. rosea* до тотального скорочення популяцій виду та навіть зникнення окремих з них.

Для окремих видів в останні десятиріччя провідним лімітуючим фактором скорочення популяцій стали зміни довкілля, пов'язані з кліматогенними змінами. Найперше це стосується холодолюбних високогірних аркто-альпійських, зазвичай, стенотопних видів, ізольовані реліктові популяції яких збереглися на схилах, вершинах і гребенях найвищих хребтів Українських Карпат (*Anthemis carpatica*, *Callianthemum coriandrifolium*, *Carex fuliginosa*, *C. rupestris*, *C. lachenalii*, *Dichodon cerastioides*, *Gentiana nivalis*, *Lloydia serotina*, *Oreochloa disticha*, *Pedicularis oederi*, *Primula minima*, *Salix herbacea*, *Saxifraga androsacea*, *S. carpatica*, *Saussurea alpina*, *Trifolium badium*, *Veronica bellidioides* тощо). Через обмежені висоти гір регіону за сучасних тенденцій змін клімату, найперше – глобального потепління ці види у зв'язку з неможливістю мігрувати вище або за відсутністю відповідних біотопів вище сучасного їх поширення можуть бути втрачені (до прикладу, *Oreochloa disticha*, *Veronica bellidioides*) вже в найближчий час (Кліматогенні зміни., 2016). Заростання скельних біотопів високогір'я деревно-чагарниковою рослинністю внаслідок просування верхньої лісу вгору також є опосередкований негативний вплив кліматогенних змін, через який сьогодні вже втрачені окремі мікролокуси рідкісних видів, що приурочені до скельних щілин та полиць (зокрема, зникли локалітети *Lloydia serotina*, *Carex rupestris* на скелях г. Смотрич на хребті Чорногора). Тренд просування вгору зафіксований для популяцій більшості наведених вище холодолюбних видів-арктоальпійців – досліджені популяції цих видів при порівнянні даних про їхнє сучасне та минуле місцезнаходження на кінець XIX – поч. XX ст., взяті з літературних джерел чи за даними старих гербарних зборів здійснили висотний підйом від кількох десятків до кількох сотень метрів, досягнувши в деяких випадках (мікролокалітет згаданої *Veronica bellidioides* нині на вершині г. Піп-Іван Марморошський – 1930 м. над р.м.) межі свого вертикального просування (Kobiv, 2017).

Також для багатьох видів (*Carex bicolor*, *C. pauciflora*, *Lycopodiella inundata*, *Oxyccocus microcarpus*, *Saussurea porcii*, *Saxifraga aizoides*, *Scheuchzeria palustris*, *Viola uliginosa*), скорочення та інсуляризація популяцій яких, головним чином, пов'язані зі змінами гідрологічного режиму, зумовленого антропогенними впливами, кліматичні зміни впливають опосередковано, підсилюючи негативний тренд впливу (Кліматогенні зміни., 2016).

Втім, однією з найбільш масштабних та значимих загроз для фіторізноманіття Закарпаття і раритетних видів зокрема є втрата чи трансформація середовища існування, що сьогодні виходить на перший план в глобальному планетарному вимірі. Незворотні наслідки таких процесів найяскравіше проявляються при втручаннях, які ведуть до прямого повного знищення екотопу. За історичний час такі згубні антропогенні впливи мали місце найперше на господарсько освоєній Закарпатській низовині. Зокрема, в кінці XIX – середині XX ст. відбулось тотальне осушення потужного болотного комплексу в урочищі Серне Мочар. Тут у гігантській безстічній депресії площею близько 15000 га, розташованій між м. Мукачево та м. Берегово з часів останнього гляціалу зберігся болотний масив верхового типу з унікальним рослинним і тваринним світом та особливо рідкісними для Паннонського регіону біотопами. Розпочаті наприкінці XIX ст., продовжені в XX ст. осушувальні роботи вкінці призвели до повного зникнення реліктових болотних екосистем масиву, їхнього специфічного біорізноманіття в 50-60-их роках XX ст. і, у підсумку, знищений один із найбільших із Паннонському регіоні післяльодовикових рефугіумів природного біорізноманіття минулих епох. Були втрачені місцезростання, (іноді єдині) численних, раритетних нині видів вищих рослин, які ще траплялись на території урочища у 30-40-их роках XX ст. і були зафіксовані дослідниками (Маргіттай, 1923). Зокрема, після осушення Серне Мочару зникли єдині в Україні локалітети *Ludwigia palustris*, *Utricularia bremii* та єдиний в Закарпатті локалітет *Utricularia minor*, останні два види були приурочені до озерець та дистрофних водойм серед сфагнових торфовищ. Також втрачені місцезростання численних рідкісних, включених до Червоної книги України (2009) видів – *Fritillaria meleagris*, *Iris sibirica*, *Narcissus angustifolius*, *Oxycoccus microcarpus*, внесених до регіонального червоного списку реліктових видів *Comarum palustre*, *Carex limosa*, *Calla palustris* тощо.

Втім, масштабні процеси скорочення природних екотопів особливо відчутно торкнулися всієї, густонаселеної нині, рівнинної Закарпатської низовини. Ще в недалекому минулому (до XVIII – першої половини XIX ст.) вся рівнинна частина Закарпатської низовини була майже суцільно вкрита лісами – переважно заплавленими дібровами, прирічковими вербово-тополевыми лісами-галереями, вільшняками. Значні площі займали низинні болота, мочарі, численні озера, стариці. Нині лісові площі займають лише біля 10-12% попередніх площ проте і вони часто є лісовими культурами зі зміненим складом, а більшу частину території перетворено у сільськогосподарські угіддя чи забудови. Сьогодні природні слабо порушені, або, навіть, трансформовані лісові ділянки збереглися лише у вигляді невеликих

острівців на рівнині, переважно у заплавах рік. До прикладу, домінуючий колись на рівнині біотоп заплавних в'язово-ясеневих дібров (Niklfeld, 1974) сьогодні зберігся лише в пониззі р. Латориця та р. Боржава. Важливим прихистком колишнього природного фіторізноманіття рівнини (так само і гірських регіонів краю) стали лучно-пасовищні угіддя екстенсивного використання, які, втім, в останній добі зазнали виразної деградації через занепад та згасання традиційного господарювання чи зміну способів користування.

Іншим осередком концентрації природного фіторізноманіття Закарпатської низовини є вулканічні пагорби – так зване вулканічне горбогір'я. В історичні часи воно було також переважно залісненим переважали діброви з видів комплексу дуба скельного та, рідше, дубово-букові і букові ліси, значні масиви яких, хоча і в дещо трансформованому вигляді залишилися лише на окремих горбах (зокрема, на г. Чорна гора, Шаланківський Гелмец, Мужівські горби, Юлівські гори). Найбільш унікальні ділянки з високим біорізноманіттям зосереджені на південних схилах деяких горбів, де після освоєння під сільськогосподарські угіддя, головним чином, виноградники збереглися острівні осередки низькорослих розріджених ксеротермофільних дубняків та, у вигляді фрагментів, реліктові останці паннонських лучних степів.

Всі згадані ділянки залишків природних екотопів Закарпатської низовини вирізняються високим фіторізноманіттям, особливо, на вулканічних пагорбах, однак тут через острівний характер, мізерні площі придатних екотопів чимало раритетних видів рослин представлені кількома (*Euphorbia lingulata*, *Saxifraga bulbifera* (ЧКУ)), а часто – і однією (*Doronicum hungaricum*, *Lathyrus transsylvanicus*, *Silene viridiflora* (всі ЧКУ), *Lathyrus lacteus*) невеликими ізольованими, переважно, відірваними від головного ареалу популяціями з невисокою чисельністю особин, або навіть з поодинокими екземплярами (*S. viridiflora*). Для популяцій таких видів постійно існує висока загроза швидкого зникнення при антропогенних втручаннях, природних змінах середовища, або комплексної дії несприятливих факторів та, з іншого боку, через ізольованість, практично відсутня можливість відновлення популяцій з інших локалітетів.

Найбільш глобальних змін зазнала рівнинна частина низовини у ХХ ст., коли окрім масштабного скорочення лісових площ, найперше, заплавних, відбулося тотальне осушення території і зарегулювання річок – випрямлення та каналізація русел, обмеження заплав дамбами. Це призвело до повної втрати малих річок та струмків, масштабного зникнення на рівнині невеликих водойм – ізольованих старорічищ, стариць та перезволожених ділянок – реліктових боліт верхово-

го типу, лісових і нелісових мочарів, боліт низового типу, заплавних і підмочених вільшняків тощо. Парадоксально, але на Закарпатській низовині – колишньому краї непроходимих боліт, трясовин та мочарів на початок XXI ст. не збереглося жодного болота і навіть одне з останніх – в ур. «Тоувар» – на теперішній час повністю пересушене та zdegradowane (Кіш та ін., 2009)..

Тому, як показують результати досліджень останніх років, для більшості видів раритетного фіторізноманіття, насамперед тих, які перебувають під особливою загрозою, прогресуючі за сучасної доби зміни гідрологічного режиму, скорочення, пересихання та трансформація домінуючих колись водних і перезволожених природних біотопів (боліт, мочарів, заплавних лісів) рівнинної частини низовини, стали провідною причиною скорочення популяцій і зникнення місцезростань (внесені до Червоної книги України *Iris sibirica*, *Leucanthemella serotina*, *Marsilea quadrifolia*, *Nymphoides peltata*, *Utricularia australis*, регіонально рідкісні *Buschia lateriflora*, *Crypsis alopecuroides*, *Cyperus michelianus*, *Elatine alsinastrium*, *E. triandra*, *Gentiana pneumonanthe*, *Juncus atratus*, *Schoenoplectus supinus*, *Senecio paludosus*, *Urtica kioviensis*, *Viola elatior*, *Viola pumila* та багато інших).

Подібна тенденція прослідковується і для гірської частини Закарпаття загалом. Знаково, що переважна більшість таксонів, які нині зниклі з флори регіону (*Beckmannia eruciformis*, *Ranunculus lingua*, згадана *Utricularia minor*, внесені до Червоної книги України (2009) *Juncus subnodulosus*, *Gladiolus palustris*, *Hammarbia paludosa*, *Schoenus ferrugineus*) чи з флори України (внесені до національної Червоної книги як зниклі в природі вже згадані *Utricularia bremii*, *Ludwigia palustris*, а також *Eleocharis multicaulis*, *Primula farinosa*, відмічені як зникаючі, але вже найімовірніше зниклі *Carex lachenalii*, *Sparganium angustifolium*) втрачені через трансформацію водно-болотних біотопів. Чимало приурочених до водних і перезволожених оселищ видів, які ще порівняно недавно, згідно старих гербарних зборів та повідомлень, масово траплялися на території області, нині, навіть у порівнянні з недалеким минулим кардинально скоротили кількість місцезростань та відомі з нечисленних поодиноких локалітетів (*Calamagrostis canescens*, *Pycreus flavescens*, *Stellaria palustris*, *Thelypteris palustris* тощо).

Для карпатсько-гірського регіону краю, як і для рівнинної його частини найбільш вразливу фракцію раритетної флори складають види перезволожених та водних біотопів, а також скельних ценозів передгір'я та високогірного поясу. Це лише в незначній мірі зумовлено природними факторами (зокрема, низька представленість скельних біотопів у високогір'ї), а, головним чином, пов'язане з антропогенною трансформацією ландшафтів в зв'язку з освоєнням території.

Для лісової зони гірської частини Закарпаття відчутний вплив на рослинне різноманіття та скорочення місцезростань раритетних видів мало безпосереднє зменшення площ природних біотопів, насамперед, через зведення лісів та переведення земель під сільсько-господарські угіддя, особливо у густонаселеній передгірній зоні. В нинішній час значні ризики щодо втрат локалітетів раритетних видів становлять різні види лісоексплуатаційних робіт, зокрема, рубки та пов'язані з ними розробка і зачищення лісосік, трелювання деревини, інші заходи, що здійснюються за допомогою задіяння різноманітної техніки. Її використання приводить до масштабних порушень ґрунтового покриву на лісових схилах, прямого знищення мікролокалітетів багатьох видів трав'яного ярусу, що ростуть під наметом лісу, зокрема, видів орхідей (Кіш, 2008) чи рідкісних видів, що трапляються невеликими куртинами (такі як внесені до Червоної книги України *Festuca drymeja*, *Lathyrus laevigatus*, *Scopolia carniolica*).

Втім, як і для рівнинної частини краю, сьогодні одним із ключових негативних факторів впливу на раритетну компоненту флори гірської лісової зони постають зміни гідрологічного режиму, пов'язані, найперше, з антропогенним чинником, зокрема, з особливостями лісоексплуатації (відчутна частка опадів не акумулюється на схилах та переводиться в підземний стік, а через незадовільний стан лісових доріг, стікає по ним і потрапляє безпосередньо у водотоки, викликаючи потужну ерозію та підвищуючи рівень паводків) та підсилені кліматогенними змінами останніх десятиріч. Загальний тренд таких змін гідрологічного режиму та їхній вплив на ліси гірської зони лише починає оцінюватися, однак, вже зараз спостерігається збільшення сухого періоду мажентей для багатьох невеликих струмків, повне пересихання та зникнення багатьох із них, так само як і лісових джерел. Найперше потерпають від цих процесів види рослин перезвожених біотопів, зокрема – приджерельних та прибережних (узбережжя струмків, середлісових мочарів, приджерельних болотечей тощо), для популяцій котрих констатується прогресуюче скорочення та зникнення місцезростань, як і деградація самих згаданих біотопів (Кліматогенні зміни., 2016).

Серед судинних рослин та біотопів гірської зони (включно з високогір'ям) сьогодні під найвищою загрозою перебувають види, приурочені до оліготрофних сфагнових боліт – торфовищ. На найбільших з них (болота Глуханя в с. Негровець, Чорне Багно у підніжжі г. Бужора, Андромеда в смт. Ясіня та ряд інших) в 60-их роках ХХ ст. були проведені меліоративні роботи по осушенню шляхом прокладання системи дренажних осушувальних каналів для відбору води з метою наступного господарського використання боліт – добування торфу чи для потреб тваринництва – випасу худоби, сінокосіння (Брадїс, Андрі-

енко, Лихобабіна, 1969; Болотні екосистеми..., 2006; Воронцов, Данилик, Канарський, 2011). Ці заходи, економічно абсолютно не вмотивовані, мали катастрофічні наслідки на болотні екосистеми і призвели поступової деградації та трансформації рослинності оліготрофних болотних біотопів, сукцесивної підміни їх на значних ділянках луговими мезофітними угрупованнями. Сьогодні дренажні системи на цих болотних масивах, незважаючи на неодноразові спроби їхнього перекриття та розладнання (Болотні екосистеми..., 2006), так чи інакше продовжують дренувати і осушувати залишки первісних болотних екосистем. Негативні наслідки осушення підсилюються кліматогенними змінами – скороченням холодного та продовженням теплого періоду, який в останнє десятиліття стає сухішим та спекотливішим, викликаючи літні посухи (Розроблення..., 2013). Подібні зміни наближають клімат до південних степового та середземноморського типу, віддаляючи від бореального (Кліматогенні зміни..., 2016), що суттєво впливає на зміну рослинного покриву Карпат та торфовищ насамперед. Трансформаційні процеси, викликані кліматогенними змінами, сьогодні спостерігаються майже на всіх торфовищах Закарпаття, зокрема, і на тих, де заходи по осушуванню не проводились, наприклад, у високогір'ї, однак, темпи та глибина деградації тут не до порівняння менші, аніж на меліорованих болотних масивах.

Загалом, для більшості торфовищ сьогодні чітко простежуються прогресуючий тренд мезофітизації – проникнення і розростання на сфагнових масивах лучних видів, збільшення площ лугової рослинності за рахунок витіснення аборигенних видів і угруповань, крім того, на торфовищах лісової зони мають місце процеси сільватизації – сукцесійного заростання порослю дерев та чагарниковою рослинністю.

Як підсумок, сьогодні більшість видів невеликої групи судинних рослин специфічної екології, що приурочені до торфовищ є рідкісними, внесеними до національної Червоної книги (*Carex dioica*, *C. pauciflora*, *Lycopodiella inundata* (єдине, існуюче нині в регіоні мвсцезростання на торфовищі Глуханя), *Scheuchzeria palustris*), чи регіонально раритетними видами, відомими з кількох місцезростань (*Andromeda polifolia*, *Calla palustris*, *Carex limosa*, *Menyanthes trifoliata*, *Pedicularis palustris*), або нині вже ліченими екземплярами з одного локалітету (*Ledum palustre*, *Comarum palustre*, *Viola uliginosa*), чи вже втраченими (вже згадані *Carex lachenalii*, *Hammarbia paludosa*, *Primula farinosa*, *Schoenus ferrugineus*). Окрім вказаних загроз для фіторізноманіття підсушених торфовищ лісової зони в останні роки критичною за руйнівними наслідками загрозою стала масштабна експансія молінії голувої (*Molinia caerulea* agg.). Сьогодні більшість торфовищ лісової зони Закарпаття, зокрема, всі великі потерпають від агресив-

ного заростання цим видом. На різних болотних масивах чи на їхніх частинах нині можна спостерігати різні стадії цього деградаційного процесу. Значні ділянки окремих торфовищ (наприклад, на болотно-му масиві Чорне Багно) нині вже цілком трансформовані – вкриті монодомінантними заростями молії голубої, потужні розрослі куртини якої та відмерлі рештки витіснили види аборигенного рослинного покриву включно з ценозоформуючими сфагновими мохами. Окремі торфовища, як, до прикладу, в ур. Гнила на пн. окол. с. Лумшори та ряд невеликих інших вже втрачені, оскільки їхній первісний рослинний покрив, витіснений молією, загинув та нині сукцесивно підмінений її монодомінантним угрупованням.

Враховуючи весь спектр загроз, більшість існуючих торфовищ, найперше – в лісовій зоні, потребують заходів активного менеджменту по збереженню та відновленню. Нині без впровадження реставраційних і ревіталізаційних заходів, насамперед, відновлення природного гідрологічного режиму, значна частина реліктових оліготрофних болотних масивів, у т.ч. і великі торфовища мають невтішний прогноз – вони можуть бути втраченими упродовж одного-двох десятиріч.

Висока частка раритетних видів регіону зосереджена у високогір'ї. Значна їхня частина приурочена до окремих вершин, скельних відслонень чи схилів, особливо у місцях виходу на поверхню вапняків чи карбонатомісних порід (до прикладу, на г. Петрос, г. Шпиці на хр. Чорногора, г. Близниця, скелі Драгобрату, Герешаски на хр. Свидовець, скелі Ненески на хр. Мараморошські Альпи тощо), формуючи своєрідні вузли концентрації або “гарячі точки” фіторізноманіття. Зазвичай, це види з низькою конкурентною здатністю, які представлені ізольованими малочисельними популяціями, чи мало з них є стенотопними видами, з вузькою еколого-ценотичною амплітудою, що лімітована специфічними екологічними умовами і їхня рідкісність пов'язана з відсутністю у високогір'ї екотопів відповідного типу (внесені до Червоної книги України *Aquilegia nigricans*, *Bupleurum ranunculoides*, *Dryas octopetala*, *Hedysarum hedysaroides*, *Minuartia pauciflora*, *Oreochloa disticha*, *Primula halleri*, *Ranunculus thora*, *Salix alpina*, *Saxifraga bryoides* та інші, вже згадані вище аркто-альпійські види, вузьколокальні карпатські ендеміки *Antennaria carpatica*, *Astragalus krajinae*, *Genista oligosperma*, який, можливо, зник, *Ptarmica tenuifolia* тощо). Такі види є достатньо вразливими, оскільки навіть невеликі втручання чи пошкодження середовища існування ведуть до швидкої елімінації місцезростань цих видів (Кияк, 2013).

Потужним фактором негативного впливу на рослинний покрив регіону, наростаючим за своїми шкодочинними наслідками, упро-

довж останніх двох десятиріч став бурхливий хаотичний розвиток туристичної індустрії та рекреації. Будівництво туристичних об'єктів, освоєння прилеглих територій, прибережної зони водойм та водотоків для рекреаційних потреб, прокладання нових шляхів для розвитку туристичної інфраструктури тощо стали новою серйозною і потужною загрозою для природного світу Закарпаття та вже призвели до втрати чи трансформації ділянок чи не всіх типів природних біотопів краю – від південних ксеротермних на рівнині до високогірних, стали причиною скорочення чи зникнення місцезростань численних видів флори, зокрема, раритетних. До прикладу, внаслідок розбудови та “очищення” рекреаційної зони узбережжя водойм втрачене єдине в краї місцезростання регіонально рідкісного галофільного виду *Triglochin maritimum* на побережжі солених водойм в смт. Солотвино, біля водойми у підніжжі сх. схилу г. Чорна гора біля м. Виноградів, де розбудований відпочинковий комплекс, знищені локалітети особливо загроженого, зникаючого у всій Європі лісового винограду (*Vitis sylvestris*), який у краї зберігся ліченими екземплярами і т.д.

Особливо потужний прес навантажень та втручань зазнає в останній добі високогір'я. Масштабні малоконтрольовані розбудови туристичної інфраструктури, зокрема, відпочинкових баз і містечок, лижних курортів, безконтрольний відбір води для їхнього функціонування, самовільне прокладання автомобільних шляхів на схилах, величезний нелімітований та неконтрольований потік туристів і відпочиваючих та пов'язане з цим забруднення, деградація і трансформація природних ділянок вже призвели до значних змін і втрат і сьогодні становлять найбільшу загрозу для біотопів і рослинного світу високогір'я. Яскравими прикладами таких процесів є деградація осередків найекстремальнішого за умовами біотопу карпатської гірської тундри – альпійських щільнодернинних низькотравних лук-пустищ, що нині збереглися лише на вершинах, експонованих до вітрів сідловинах та плакорах гребенів найвищих гір. Сьогодні найвищий локалітет біотопу на вершині та привершинних ділянках г. Говерла, сформований угрупованням осоки зігнутої (*Carex curvula*), практично втрачений через непомірне туристичне навантаження, а сама вершина вже майже повністю позбавлена рослинного покриву. З цієї ж причини зараз на межі повного зникнення перебуває єдиний в Українських Карпатах мікролокалітет *Oreochloa disticha* на вершині г. Туркул (Кияк, 2013). Так само відбувається процес деградації осередків альпійських лук-пустищ з ситником трироздільним (*Juncus trifidus*) на торф'янистих ґрунтах на хр. Свидовець, де вони часто приурочені до пригребеневих ділянок хребта, по яким також прокладені численні гірські дороги та проходять пішохідні маршрути. Інтенсив-

ний туристичний рух, як пішохідний, так і зі задіянням найрізноманітніших видів транспорту, зокрема, потужних позашляховиків, квадроциклів, мототехніки, прокладання нових ділянок дороги поруч із вже непрохідними і знищеними на цей час привели до безповоротної втрати значних площ пустищних лук на хребті, до прикладу, на підйомі до г. Близниця пологим північним гребенем хребта, де суцільна смуга повністю zdebastованого рослинного та ґрунтового покриву, місцями аж до оголення скелетних порід, сягає кількадесят метрів. Подібним чином сьогодні на Свидовецькому хребті також вже втрачені значні ділянки первинних альпійських чагарничкових угруповань лохинників (з *Vaccinium uliginosum*), які так само приурочені до екстремальних пригребеневих і привершинних ділянок та часто разом зі згаданими пустищними луками формують комплекси. Лохинники разом з рододендронниками (з *Rhododendron myrtifolium*) є найменш толерантними до витоптування угрупованнями альпійського поясу Карпат, які швидко деградуєть навіть при помірному регулярному витоптуванні (чи випасі), підмінюючись щільнодернинними угрупованнями або еродованими ділянками (Кияк, 1998).

Внаслідок надмірного рекреаційного навантаження потерпають водні об'єкти високогір'я, насамперед нечисленні озера. Наслідками масового притоку рекреантів (в окремі дні на берегах популярних озер, зокрема, біля оз. Несамовите на Чорногорі, оз. Герешаска на Свидівці, одночасно перебуває до кількох сотень людей) стали евтрофікація і мінералізація водойм, пошкодження, деградація чи трансформація рослинності прибережної зони та прилеглих ділянок (Екосистеми лентичних водойм Чорногори, 2014). Сьогодні через трансформаційні процеси, зокрема, евтрофікацію в оз. Герешаска вже втрачений єдиний в Україні реліктовий локалітет *Sparganium angustifolium* (Червона книга, 2009), під загрозою втрати одне з лічених, відомих сьогодні в Закарпатті оселищ оліго-мезотрофного рдесника альпійського (*Potamogeton alpinus*). Деградаційні процеси, пов'язані зі рекреаційними втручаннями охопили також комплекс прилеглих до озера торфовищ з низкою раритетних, зникаючих в регіоні видів – *Carex pauciflora*, *Scheuchzeria palustris* (обидва види внесені до ЧКУ), регіонально рідкісних *Carex limosa*, *Juncus castaneus*.

Згасання традиційного природокористування Ще одним фактором потужного негативного впливу на різноманіття рослинного світу краю, швидко прогресуючим в останні роки за масштабами та глибиною деструктивних процесів, стала деградація, заростання та, врешті, повна трансформація на значних площах нелісових трав'яних угруповань – лук і пасовищ. Сьогодні в Закарпатті, як і у цілій Європі луки і пасовища є важливою компонентою типових ландшафтів багатьох

регіонів та невіддільною частиною їхньої історії, водночас вони залишаються цінними сільськогосподарськими угіддями для виробництва кормів або випасу худоби, важливими місцями відпочинку і рекреації. У переважній більшості ці трав'яні угруповання є напівприродними, створеними шляхом вирубки лісової рослинності. Вони постали в результаті багатовікового традиційного екстенсивного господарювання та підтримувались завдяки довготривалому користуванню, головним чином, в якості сіножатей та пасовищ (Ellenberg, Leuschner, 2010). Разом з тим, лучно-пасовищні біотопи помірного клімату вирізняються особливо багатим біорізноманіттям та є одними з важливіших осередків концентрації нелісових видів природної флори і фауни, зокрема, середовищем існування численних їхніх раритетних представників (Duelli, Obrist, 2003; Wilson et al., 2012). Завдяки їхній природній цінності чимало ділянок угідь у Європейському союзі були включені до територій національного або європейського значення (Natura 2000). На жаль, в останні десятиріччя в Європі (а в останній добі – і в Україні та в Закарпатті) відбувається виразна деградація лучних-пасовищних біотопів, зниження їхнього біорізноманіття, ці екосистеми зазнають глобальних змін та стали одними з найбільш загрожених у світовому вимірі (Hoekstra et al., 2005). Головною причиною таких негативних трендів є занепад традиційного господарювання (випасання, вигінного скотарства, сінокосіння) – найперше, у місцевостях, віддалених від поселень, і зміна способів користування – недостатній господарський догляд або й повне занедбання ділянок з трав'яною рослинністю ведуть до їхньої поступової трансформації та зникнення. Особливо гостро постає це питання для територій, що мають соціологічний статус та, відштовхуючись від загальноновживаної парадигми охорони заповідних територій в Україні, повністю виведені не тільки з традиційного господарського використання, а й відсторонені від будь-якого активного втручання.

Сьогодні в Закарпатті через згадані тренди змін в господарюванні спостерігається швидка і масштабна трансформація широко розповсюджених низинно-передгірних лучно-пасовищних та рідкісних лучно-степових ділянок, значних за площами масивів лук і пасовищ гірської зони (головним чином, через сукцесивне заростання деревно-чагарниковою рослинністю). Також у зв'язку з занепадом вигінного скотарства, заповіданням значних ділянок високогір'я спостерігається поступове згасання пасовищних угідь субальпійських лук на полонинах, найперше, похідних біловусників та відновлення на їх місці корінних лісових угруповань та чагарникового криволісся. Крім того, тут, за відсутності пасторального впливу відбувається конкурентне витіснення світлолюбного злакового різнотрав'я (білову-

са (*Nardus stricta*) та ін. дрібних видів) високорослими дернинними злаками, чагарничками (чорницею (*Vaccinium myrtillus*), брусницею (*Vaccinium vitis-idaea*)) та сукцесійної трансформації угруповань у флористично збіднені угруповання щучників (з *Deschampsia cespitosa*), куничників (з *Calamagrostis villosa*) і, головним чином, чагарничкові пустоші чорничників,

На сучасному етапі в Європі з метою збереження цінних ділянок трав'яних біотопів, насамперед, з високим біорізноманіттям для таких, важливих у природоохоронному значенні територій все активніше застосовують управлінські заходи – розроблені різноманітні схеми екологічного менеджменту, що полягають у впровадженні комплексу факторів, які профілювали даний тип екосистем з намаганням зберегти на цих ділянках всі рівні динамічної і ценотичної організації фітосистем (Andrews, Rebane, 1994; Managing habitats..., 1995; Hansson, Fogelfors, 2000; Habitat management..., 2007). Такий підхід орієнтований на максимум біотичного і ценотичного різноманіття, яке виступає запорукою динамічної стабільності, стійкості і необмеженого в часі збереження трав'яних (лучно-пасовищних, лучно-степових, високогірних) екосистем, а на резервованих територіях – найповніше відповідає головному соцологічному завданню – збереження біорізноманіття і природних екосистем як еталонів природи (Ткаченко, 2004). В Європі додатки Директиви про біотопи Європейської спільноти (Habitats Directive (92/43/ЕЕС)) (Оселишчна концепція..., 2012) регламентують певні види діяльності на пріоритетних ділянках, проте підготовка планів управління, що відображають національні чи регіональні умови повинні розроблятися конкретними країнами-учасницями. Цій проблемі в Карпатах починає приділятися все більша увага і вже на сьогодні в сусідніх країнах Карпатського регіону вже розроблені перші науково обґрунтовані моделі екологічного менеджменту цінних ділянок лучно-пасовищних угідь та запропоновані дієві заходи для різних типів трав'яних угруповань (в т.ч. і для територій з різним соцологічним статусом) (Schmotzer A., Vojtkó, 1996; Irányelvek..., 1997; Šefferová Stanová, Plassman Čierna, 2011). Зокрема, у Словаччині розроблено менеджментові моделі для 20 типів нелісових біотопів, які включають інформацію про екологію окремого біотопу, його поширення, тренди та загрози, рекомендований активний менеджмент, відновний менеджмент, узагальнення менеджментових вимог щодо специфічних видів флори і фауни.

Для української частини Карпатського регіону за результатами багаторічних досліджень біології популяцій численних, головним чином, високораритетних, ендемічних чи реліктових видів флори переважно високогірної та гірської флори трав'яних угруповань (Стратегія

популяцій, 2001; Внутрішньопопуляційна., 2004; Жилиєв, 2005; Життєздатність..., 2009; Кияк, 2013; Зміни структури., 2018 та ін.) напрацьовані значні відомості щодо заходів менеджменту місцезростань з метою довготривалого збереження та відтворення популяцій цих видів. Що ж стосується самих угруповань лучно-пасовищних угідь, то дослідження і розробка моделей менеджменту для їхнього підтримання, збереження і відновлення в регіоні лише розпочинаються (Менеджментові моделі., 2018). Зокрема, колективом науково-дослідної лабораторії охорони природних екосистем (Ужгородський національний університет) зроблена спроба проаналізувати сучасний стан, головні загрози та можливі тренди розвитку для поширених в регіоні Українських Карпат та важливих у природоохоронному відношенні типів лучних екосистем: для сухих (ксеротермних) лук і лучностепових ділянок – поширених островними фрагментами, для широко розповсюджених низинних і низькогірних мезофільних сінокісних лук та біловусникових лук (Наукові основи., 2011; Розробка., 2014). Для цих типів біотопу на основі новітніх даних центральноєвропейського досвіду, вітчизняних напрацювань та за багаторічними результатами власних даних і спостережень рекомендуються пілотні розробки заходів поточного та пролонгованого в часі менеджменту.

Потужною загрозою флористичного і ценотичного різноманіття краю (як і загалом, біорізноманіття) є прогресуюче на часі біологічне забруднення через інвазії неаборигенних видів – глобальна проблема сьогодення, яка потребує окремого висвітлення, тому розглянута нами в окремому розділі.

Підсумовуючи далеко не повний огляд загроз та проблем збереження фіторізноманіття Закарпаття можна констатувати, що знищення чи трансформація середовища існування, які призводять до втрати природних місцезростань, нині є найбільш масштабною, значимою та руйнівною загрозою всьому біорізноманіттю, зрештою, як це спостерігається і в глобальному планетарному вимірі. Тому збереження біорізноманіття, насамперед, переважної більшості раритетних видів чи угруповань безпосередньо пов'язане зі збереженням середовища існування – характерних біотопів. Така концепція збереження біорізноманіття зумовлює необхідність формування нових підходів при розробці практичних рекомендацій охорони природи, які б забезпечили збереження сталості умов середовища при неминучому нині на ростанні антропогенного пресу на природне довкілля. Відповіддю на ці виклики стало розробка засад екологічної мережі в основі якої лежить так звана оселищна концепція збереження біорізноманіття, тобто ідея збереження певних типів біотопів (оселищ, *habitats*), як територій (місць) існування видів, або їх груп (Проць та ін., 2012; Кагало та

ін., 2012; Рекомендації., 2012; Кагало та ін., 2017). Саме екосистемний підхід до збереження біорізноманіття, реалізований через оселищну концепцію, сьогодні розглядається як пріоритетний в природоохоронній парадигмі Європи, як своєрідний інструмент уніфікації підходів до охорони біотичного й ландшафтного різноманіття. В Європі вирішення цього завдання здійснюється в рамках реалізації положень одного з базових природоохоронних документів Європейської Унії – “Оселищної Директиви” (“Директиви про біотопи”, “Habitats Directive” 92/43/ЕЕС) та розробки концепції оселищного підходу до визначення перспективних в екосистемному аспекті територій для збереження біорізноманіття, об’єднаних в мережу під назвою Natura 2000. Натомість в країнах, які не є членами Європейського Союзу інструментом для сприяння охороні природи в загальноєвропейському контексті є Emerald –, яка була ініційована й координується Бернською конвенцією (1979). Смарагдова мережа переважно має те саме підґрунтя й мету формування, що й Natura 2000, але діє за межами ЄС і у певному сенсі поширює природоохоронні стандарти ЄС за межі її кордонів та готує природоохоронне законодавство цих держав до інтеграції в ЄС (Проць та ін., 2012; Кагало та ін., 2012; Проектування., 2019). В основі природоохоронних програм, які впливають зі згаданої концепції (Natura 2000, Emerald – Смарагдова мережа) лежить принцип виділення ділянок земної поверхні (sites), які означаються певними, властивостями чи характеристиками: як місцевиростання чи місця існування певних видів рослин і тварин, місцезнаходження певних типів угруповань, екосистем тощо (Рекомендації., 2012).

Євроінтеграційні процеси, які сьогодні проходять в Україні значно активізували роботи по формуванню мережі Емеральд (Смарагдової) і адаптації європейського природоохоронного законодавства. В 2019 році Постійний комітет Бернської конвенції затвердив Оновлений перелік офіційно прийнятих територій мережі Емеральд, який для України включає вже 377 територій, однак, розробка пропозицій для розширення мережі продовжується (Території., 2020). Одним з основних елементів початку впровадження Оселищної Директиви і, аналогічно, розбудови Смарагдової мережі, є складання національних переліків типів оселищ і видів, які можуть знаходитися в Україні з наступною розробкою менеджмент-планів для усіх цих територій з детальним картуванням біотопів (Рекомендації., 2012; Національний каталог., 2018).

Одним із перших кроків у цьому напрямку в регіони і стала виконана інвентаризація, картування та укладання каталогу біотопів (на засадах Додатку I Оселищної Директиви) Natura 2000 Закарпатської низовини (Кіш, Андрик, Мірутенко, 2006). В наступному колективом

авторів було підготовлено адаптований до регіональних умов “Каталог типів оселищ (habitats) Українських Карпат та Закарпатської низовини” (Проць, Кагало, Кіш та ін., 2012), розроблено та адаптовано для України принципи соціологічної категоризації біотопів (Кіш та ін., 2012). Підсумком цього процесу стало укладання Національного каталогу біотопів України (2018), який, з одного боку максимально відобразив усе різноманіття типів біотопів природи України, а з іншого боку є придатним для картування територій Смарагдової мережі і сумісний з типами біотопів Резолюції 4 Бернської Конвенції і Додатку I Оселищної Директиви.

Втім, на загальнодержавному законодавчому рівні просування концепції оселищного підходу до охорони біорізноманіття в Україні поки перебуває на стадії узгоджень проектів законів, неодноразово відкладаючись на доопрацювання. В цьому контексті обнадійливим виглядає прецедент спроби забезпечення охорони окреми типів біотопів та започаткування оселищного підходу збереження біорізноманіття на регіональному рівні. Так для території Закарпаття нами був підготовлений перший в Україні регіональний “червоний список” біотопів, сформований на базі укладеного раніше переліку біотопів Українських Карпат та Закарпатської низовини, який в наступному за нашого подання був затверджений рішенням Закарпатської обласної ради від 28.05.2015 р., № 1263 як “Перелік оселищ (біотопів), що підлягають особливій охороні на території Закарпатської області” (Регіональний червоний список оселищ) з виділеними категоріями загроз та відповідністю типам біотопів Додатку I Оселищної Директиви (Додаток 3). На сьогодні по суті це перший в Україні перелік біотопів, охорона яких в межах регіону визнана та затверджена законодавчо. Як і у випадку з прийнятим вперше в Україні регіональним “Переліком інвазійних видів рослин Закарпатської області” (див. розділ “Загрози біологічних інвазій”) “червоний список” біотопів сприятиме покращенню охорони довкілля та збереження біорізноманіття в краї, обумовлюючи виділення територій різного рівня пріоритетності щодо охоронного статусу чи особливостей природокористування в залежності від репрезентативності рідкісних чи загрожуваних біотопів, як потенційних осередків фіторізноманіття та раритетного флорценофонду.

Список використаної літератури:

1. Болотні екосистеми регіону Східних Карпат в межах України/ Ковальчук А.А., Фельбаба-Клушина Л.М., Ковальчук Н.Є. та ін. // Під загальною редакцією Ковальчука А.А. – Ужгород: Ліра, 2006. – 228 с.
2. Брадїс Є.М., Андрієнко Т.Л., Лихобабіна Є.П. Оліготрофні болота Закарпатської області // Укр. ботан. журн. – 1969. – 26, № 1. – С. 29–35.

3. Внутрішньопопуляційна різноманітність рідкісних, ендемічних і реліктових видів рослин Українських Карпат / Й. Царик, Г. Жилиєв, В. Кияк, Ю. Кобів, І. Данилик, Р. Дмитрах, Н. Сичак, В. Білонога, Ю. Нестерук / За ред. М. Голубця і К. Малиновського. – Львів: Поллі, 2004. – 198 с.
4. Воронцов Д. П., Данилик І. М., Канарський Ю. В. Рослинний покрив оліготрофного болота «Андромеда» (Українські Карпати) // Біологічні системи. – 2011. – Т. 3, Вип. 3. – С. 282-287.
5. Дідух Я.П., Царенко П.М. Флора України: стан і заходи збереження // Збереження і невиснажливе використання біорізноманіття України: стан та перспективи. – Київ: Хімджест, 2003. – С. 24–37.
6. Екосистеми лентичних водойм Чорногори (Українські Карпати) / Микітчук Т., Решетило О., Костюк А. та ін. – Львів: ЗУКЦ, 2014. – 288 с.
7. Єна Ан.В. Оцінка загроз біорізноманіттю, пріоритетів, можливостей і заходів щодо їх збереження (ботанічні аспекти) // Оцінка і напрямки зменшення загроз біорізноманіттю України. – Київ: Хімджест, 2003. – С. 102–128.
8. Жилиєв Г.Г. Жизнеспособность популяций растений. – Львов: Б.В., 2005. – 303 с.
9. Життєздатність популяцій рослин високогір'я Українських Карпат / за редакцією Царика Й.В. – Львів: Меркатор, 2009. – 172 с.
10. Зміни структури популяцій рідкісних видів високогір'я Українських Карпат та проблеми їх збереження / за ред. В. Кияка. – Львів: Видавництво ННВК "АТБ", 2018. – 280 с.
11. Кагало О.О., Проць Б.Г., Данилик І.М., Чорней І.І., Кіш Р.Я. Принципи, категорії, поняття й терміни оселищної концепції збереження біотичної різноманітності – український контекст // Біотопи (оселища) України: наукові засади їх дослідження та практичні результати інвентаризації. / Під редакцією Я.П. Дідуха, О.О. Кагала, Б.Г. Проця. – Київ-Львів, 2012. – С. 29-36.
12. Кагало О.О., Проць Б.Г., Круглов І.С., Данилик І.М., Кіш Р.Я., Чорней І.І., Реслер І.Я. Методи вивчення оселищного різноманіття / Ред. Б.Г. Проць, О.О. Кагало. – Львів: Ліга Пресс, 2017. – 61 с.
13. Кияк В.Г. Вплив витоπτування та випасу на фітоценози альпійського поясу Карпат // Збереження флористичного різномааніття Карпатського регіону: матер. наук.-практ. конф. (1–4 жовтня 1998, Синевир, Україна). – Ужгород: "Колір принт", 1998. – С. 61–63. Кияк В.Г. Малі популяції рідкісних видів рослин високогір'я Українських Карпат. – Львів: Ліга-Прес, 2013. – 248 с.
14. Кіш Р.Я. Охорона рослинного світу // Порадник карпатського лісівника / За ред. М.В. Чернявського. – Івано-Франківськ: Фоліант, 2008. – С. 346-361.
15. Кіш Р.Я, Андрик Є.Й., Мірутенко В.В. Біотопи Natura 2000 на Закарпатській низовині. – Ужгород: Мистецька лінія, 2006. – 64 с.
16. Кіш Р., Проць Б., Поляновський А. та ін. Регіональний ландшафтний парк "Притисянський" – збереження природної спадщини рівнинного Закарпаття. – Ужгород: Мистецька лінія, 2009. – 20 с.

17. Кіш Р.Я., Проць Б.Г., Кагало О.О., Чорней І.І., Данилик І.М. Принципи созологічної категоризації раритетних типів оселищ // Біотопи (оселища) України: наукові засади їх дослідження та практичні результати інвентаризації. / Під редакцією Я.П. Дідуха, О.О. Кагала, Б.Г. Проця. – Київ-Львів, 2012. – С. 151-158.
18. Кліматогенні зміни рослинного світу Українських Карпат: монографія / Дідух Я. П., Чорней І. І., Буджак В. В., Токарюк А. І., Кіш Р. Я., Протопопова В. В., Шевера М. В., Козак О. М., Контар І. С., Розенбліт Ю. В., Норенко К. М.; наук.ред. Я. П. Дідух, І. І. Чорней. – Чернівці : Друк Арт, 2016. – 280 с.
19. Комендар В.І. Проблеми охорони фітогенофонду Карпат // Укр. бот. журн. – 1988. – 45, 1. – С. 1-6.
20. Комендар В.І., Фодор С.С., Вайнагій В.І. Рослини, що охороняються // Природні багатства Закарпаття. – Ужгород: Карпати, 1987. – С. 279-283.
21. Красная книга СССР: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды животных и растений / Главная ред. коллегия: А.М. Бородин, А.Г. Банников, В.Е. Соколов и др. – 2-е изд. – М.: Лесная промышленность, 1984. – Т. 2. – 480 с.
22. Крічфалушій В.В., Будніков Г.Б., Мигаль А.В. Червоний список Закарпаття. Види рослин та рослинні угруповання, що знаходяться під загрозою зникнення. – Ужгород, 1999. – 196 с.
23. Малиновський К.А., Царик Й.В. Проблема вивчення і охорони популяцій рідкісних видів флори Українських Карпат // Укр. бот. журн. – 1991. – 48, 3. – С. 13-21.
24. Малиновський К., Царик Й., Кияк В., Нестерук Ю. Рідкісні, реліктові, ендемічні та погранично-ареальні види рослин Українських Карпат. – Львів: Ліга-Прес, 2002. – 78 с.
25. Маргиттай А. Взносы к флоре Подкарпатской Руси // Квартальник IV-ой секции. – Мукачево: Паннония, 1923. – Ч. 1. – С. 8-79.
26. Моделі менеджменту для утримання, збереження та відновлення деяких типів нелісових біотопів / за ред. Шеферової-Станової В., Пласман Черна М., Кіш Р.Я. – К.: ФОП Клименко Ю.Я., 2018. – 52 с.
27. Наукові основи екологічного менеджменту созологічно значимих природних комплексів і фітобіоти Карпатського регіону / ДВНЗ “Ужгородський національний університет” (УжНУ); керівник НДР Комендар Василь Іванович; викон.: Андрик Є.Й., Кіш Р.Я., Будніков Г.Б. та ін. – Ужгород, 2011. – 184 с. – ДР 0109U000875
28. Національний каталог біотопів України / Борсукевич Л.М., Дідух Я.П., Куземко А.А., Мойсієнко І.І., Онищенко В.А., Садогурська С.С., Чорней І.І., Кіш Р.Я. та ін. / За ред. А.А. Куземко, Я.П. Дідуха, В.А. Онищенко, Я. Шеффера. К.: ФОП Клименко Ю.Я., 2018. – 442 с.
29. Оселищна концепція збереження біорізноманіття: базові документи Європейського Союзу / Ред. О.О. Кагало, Б.Г. Проць. – Львів: ЗУКЦ, 2012. – 278 с.
30. Перелік видів судинних рослин, що підлягають особливій охороні на території Закарпатської області («Регіональний червоний список») [Electronic resource]. – 2015a. – Mode of access: http://ecozakarp.at.gov.ua/?page_id=106.

31. Перелік оселищ (біотопів), що підлягають особливій охороні на території Закарпатської області («Регіональний червоний список») [Electronic resource]. – 2015б. – Mode of access: http://ecozakarp.at.gov.ua/?page_id=106.
32. Проектування і збереження територій мережі Емеральд (Смарагдової мережі). Методичні матеріали / Василюк О., Борисенко К., Куземко А., Марущак О., Тестов П., Гриник Є. – Київ: «LAT & K», 2019. – 78 с.
33. Проць Б.Г., Кагало О.О., Кіш Р.Я. та ін. Каталог оселищ Українських Карпат та Закарпатської низовини. – Львів: 2012. – 320 с.
34. Проць Б., Кагало О., Мочарська Л., Данилик І., Цюра Н., Реслер І., Чернявський М. Бернська конвенція та оселищна концепція збереження біорізноманіття: майбутнє для України. – Львів : ЗУКЦ, 2011. – 20 с.
35. Рекомендації щодо впровадження в Україні Директиви про оселища Європейського Союзу: стратегічний план дій (2012-2020) / Зінґстра Г., Костюшин В., Проць Б., Кагало О., Мочарська Л. – Львів: ЗУКЦ, 2012. – 60 с.
36. Розробка нових підходів соціологічної оптимізації природних комплексів Карпатського регіону як основа їх екологічного менеджменту. Звіт про науково-дослідну роботу / ДВНЗ “Ужгородський національний університет” (УжНУ); керівник НДР Комендар Василь Іванович; викон.: Андрик Є.Й., Кіш Р.Я., Будніков Г.Б. та ін. – Ужгород, 2014. – 170 с. – ДР 0112U001551
37. Розроблення сценаріїв зміни кліматичних умов в Україні на середньо- та довгострокову перспективу з використанням даних глобальних та регіональних моделей [Electronic resource]. – УкрГМІ., 2013б. – 135 с. – Mode of access: www.uhmi.org.ua/project/rvndr.
38. Судинні рослини Смарагдової мережі України під охоронною Бернської конвенції (за редакцією проф. Соломахи В.А.). – Київ, 2016. – 152 с.
39. Стойко С.М. О необходимости восстановления заповедников ценных лесных массивов Закарпатья // Бот. журн. – 1957. – 42, 9. – С. 1416-1426.
40. Стойко С.М. Карпатам зеленіти вічно. – Ужгород: Карпати, 1977. – 176 с.
41. Стойко С.М., Гадач Е., Шимон Т., Михалик С. Заповідні екосистеми Карпат. – Львів: Світ, 1991. – 248 с.
42. Стратегія популяцій рослин у природних і антропогеннозмінених екосистемах Карпат / Й. Царик, К. Малиновський, Г. Жил'єв, В. Кияк, Ю. Кобів, І. Данилик, Р. Дмитрах, М. Рудишин, Н. Сичак, Л. Гинда, В. Гісовський, Н. Речевська, А. Чорнобай, Ю. Нестерук / За ред. М. Голубця і Й. Царика. – Львів: Євросвіт, 2001. – 160 с.
43. Території, що пропонуються до включення у мережу Емеральд (Смарагдову мережу) України («тіньовий список», частина 3) / кол. авт., за ред. Василюка О.В., Куземко А.А., Коломійчука В.П., Куцонь Ю.К. – Чернівці: Друк Арт, 2020. – 408 с.
44. Ткаченко В.С. Фітоценотичний моніторинг резерватних сукцесій в Українському степовому природному заповіднику. – К.: Фітосоціоцентр, 2004. – 184 с.
45. Фодор С.С. Доповнення до флори Закарпаття, що підлягає охороні // Про охорону природи Карпат. – Ужгород: Карпати, 1973. – С. 98-114.
46. Чопик В.І. Рідкісні рослини України. – К.: Наук. думка, 1970. – 188 с.

47. Чопик В.И. Редкие и исчезающие растения Украины. – К.: Наук. думка, 1978. – 216 с.
48. Червона книга Української РСР. – К.: Наукова думка, 1980. – 504 с.
49. Червона книга України. Рослинний світ. – К.: Українська енциклопедія ім. М.П. Бажана, 1996. – 608 с.
50. Червона книга України. Рослинний світ/ за ред. Я.П. Дідуха – К.: Глобалконсалтинг, 2009. – 900 с.
51. Andrews J., Rebane M. Farming and Wildlife –a practical management handbook. RSPB. – 1994. – 358 p.
52. Czerwona księga Karpat Polskich. Rośliny naczyniowe. / Redakcja Zbigniew Mirek Halina Piękoś-Mirkowa. – Kraków: Instytut Botaniki im. W. Szafera, 2008. –614 s.
53. Duelli P., Obrist M.K. Regional biodiversity in an agricultural landscape: the contribution of seminatural habitat islands // Basic Appl. Ecol. – 2003. – 4. – P. 129-138.
54. Ellenberg H., Leuschner C. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. – 6. Aufl. –Stuttgart: Ulmer, 2010. – 1334 s.
55. Habitat management for conservation: a handbook of techniques / Ed. M. Ausden. – Oxford: Oxford University Press, 2007 – 411 p.
56. Hansson M., Fogelfors H. Management of a semi-natural grassland; results from a 15-year-old experiment in southern Sweden // Journal of Vegetation Science. – 2000. – 11. – 31-38.
57. Hoekstra J.M., Boucher T.M., Ricketts T.H., Roberts C. Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection // Ecol. Lett. – 2005. – 8. – P. 23-29.
58. Irányelvek a füves területek természetvédelmi szempontú kezeléséhez / Szerk. J. Kelemen. – Budapest: Természetbúvár Alapítvány kiadó. – 1997. – 388 old.
59. Kobiv Yu. Response of rare alpine plant species to climate change in the Ukrainian Carpathians // Folia Geobot. – 2017. – 52. – P. 217–226.
60. Kricsfalusy V., Budnikov G. (2007): Threatened vascular plants in the Ukrainian Carpathians: current status, distribution and conservation. – Thaiszia – J. Bot. 17: 11-32.
61. Managing habitats for conservation / Eds. Sutherland W.J., Hill D.A. – Cambridge: Cambridge University Press, 1995. – 399 p.
62. Niklfeld H. Atlas der Donauländer, Karte 171. – Wien: F. Deuticke, 1974.
63. Schmotzer A., Vojtkó A. Semi-dry grasslands in the Bükk mountains // Symposium on Research, Conservation, Management. – Aggtelek-Jósvafő. – 1996. – 102 P.
64. Šefferová Stanová V., Plassman Čierna M.(eds.) Manažmentové modely pre údržbu, ochranu a obnovu biotopov – Bratislava: DAPHNE – Inštitút aplikovanej ekológie, 2011. – 41 s.
65. Wilson J.B., Peet R.K., Dengler J., Pärtel M. Plant species richness: the world records // J. Veg. Sci. – 2012. – 23. – P. 796-802.

8.3. ПИТАННЯ ОХОРОНИ ФІТОЦЕНОТИЧНОГО РІЗНОМАНІТТЯ ЗАКАРПАТТЯ

(Фельбаба-Клушина Л.М., Клушин В.О., Мікловш Л.П.)

Живі організми у природі, як правило, живуть не ізольовано, а формують певні сполучення, які можуть складатися з індивідуумів одного виду, або ж видова різноманітність їх може бути значною. Сукупності рослинних організмів на певній території (ліс, лука, степ, болото) у ботанічній науці називають рослинним угрупованням або фітоценозом. Сукупність фітоценозів утворює рослинність (Фельбаба-Клушина, Комендар, 2001). У структурі рослинності тих чи інших регіонів є такі угруповання, які знаходяться під загрозою зникнення або ж є еталонами природи певного регіону і потребують охорони. Зокрема, це такі угруповання, які виникли у давні геологічні епохи і у теперішній час знаходяться у певній невідповідності з умовами середовища (реліктові угруповання), або ж знаходяться на межі свого ценоареалу, або ж вони зазнають руйнування через антропогенний вплив, або ж поступово трансформуються в угруповання інших типів організації через зміни клімату та інші чинники. Такі угруповання можна зберегти завдяки правильному природоохоронному режиму. Перший крок до їх збереження є їх виявлення, картування і встановлення негативних факторів, що створюють загрозу їхньому розвитку.

В Україні перший список рідкісних і зникаючих рослинних угруповань був опублікований С. М. Стойком і стосувався Українських Карпат (Стойко, 1977). Він дав визначення рідкісних, унікальних і типових фітоценозів, розробив їх категоризацію та висвітлив мотиви охорони. Питання охорони фітоценотичного різноманіття України вперше були підняті на національному рівні у 1987 році, коли була створена перша Зелена книга України (Зеленая книга..., 1987). До неї були включені рослинні угруповання, що потребували охорони на державному рівні. Зелена книга є офіційним державним документом в якому зведені відомості про сучасний стан рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення та типових рослинних угруповань, які підлягають охороні. До неї було включено 127 рідкісних, зникаючих і типових фітоценозів різних синтаксономічних рангів. З них на території Закарпаття зустрічаються 50 угруповань (24 синтаксони лісових, 15 лучних, 4 болотних та 7 водних), що становило близько 40 % від кількості усіх синтаксонів, які потрібно охороняти на території України.

У 2009 році було опубліковано друге видання Зеленої книги України (Зелена книга..., 2009). Як вже було відзначено, у новому виданні

«Зеленої книги України» (2009) кількість синтаксонів із території Закарпаття помітно збільшилася й це стосується, насамперед, болотної і водної рослинності.

Наводимо коротку характеристику рослинних угруповань, які включено до Зеленої книги України (2009).

Лісова рослинність

Угруповання букових лісів тисових (*Fageta (sylvaticae) taxosa (baccatae)*) та ялицево-букових лісів тисових (*Abieto (albae)-Fageta (sylvaticae) taxosa (baccatae)*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні»

Поширення в Україні: Закарпаття, Передкарпаття та Буковина.

Угруповання букових лісів (*Fageta (sylvaticae)*) з домінуванням у травостої листовика сколопендрового (*Phyllitis scolopendrium*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні»

Поширення в Україні: Українські Карпати (Угольський масив) Закарпатська обл.

Угруповання букових лісів (*Fageta (sylvaticae)*) з домінуванням у травостої лунарії оживаючої (*Lunaria rediviva*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні»

Поширення в Україні: Українські Карпати (Буковинські Карпати, Бескиди, Сянсько-Стрийська Верховина, Угольсько-Широколужанський масив, Горгани).

Угруповання букових лісів (*Fageta (sylvaticae)*) з домінуванням у травостої скополії карніолійської (*Scopolia carniolica*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні»

Поширення в Україні: Українські Карпати (Закарпатська обл. (Східні Бескиди, Воловеччина; Тячівщина, Широколужанський масив); Івано-Франківська обл., Львівська обл.

Угруповання букових лісів (*Fageta (sylvaticae)*) з домінуванням у травостої цибулі ведмежої (*Allium ursinum*)

Синфітосозологічний статус: «перебувають під загрозою зникнення»

Поширення в Україні: Українські Карпати (Буковинські Карпати, Сколівські Бескиди, Сянсько-Стрийська Верховина), Західне Поділля (Гологоро-Кременецький кряж, Розточчя, Кам'янецьке Придністров'я, Медобори).

Угруповання звичайногородбиново-букових лісів (*Sorbeto (auscipariae) - Fageta (sylvaticae)*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні».

Поширення в Україні: Закарпатська обл., Ужгородський район (лісовий масив Стужиця, гора Равка, територія Ужанського Національного природного парку)

Угруповання скельнодубово-букових лісів (*Querceto (petraeae)-Fageta (sylvaticae)*)

Синфітосозологічний статус: «перебувають під загрозою зникнення»
Поширення в Україні: Крайові хребти північно-східного (Івано-Франківська обл.) та південного (Закарпатська обл., Вулканічний хребет) макросхилів Українських Карпат (Буковинське Передкарпаття) (Чернівецька обл.).

Угруповання широколистолипово-букових лісів (*Tilieto (platyphyl-lae)-Fageta (sylvaticae)*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні»
Поширення в Україні: Українські Карпати, Угольськоський масив, Закарпатська обл.).

Угруповання звичайнодубових лісів (*Querceta roboris*) з домінуванням плюща звичайного (*Hedera helix*)

Синфітосозологічний статус: «перебувають під загрозою зникнення»
Поширення в Україні: Подільська та Волинська височини, Закарпатська низовина (заплави річок Тиси і Боржави), Передкарпаття (долина Дністра).

Угруповання ялицево-звичайнодубових лісів (*Abieto (albae)-Querceta roboris*)

Синфітосозологічний статус: «перебувають під загрозою зникнення»
Поширення в Україні: Передкарпаття (Львівська обл., Івано-Франківська обл.), Закарпаття.

Угруповання австрійськодубово-скельнодубових лісів (*Querceto (australis)-Querceta (petraeae)*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні»
Поширення в Україні: Передгір'я Вигорлат-Гутинського хребта (Юліївська гора, урочище Габорова Яноч (Закарпатська обл.)

Угруповання білоцвітоясенево-скельнодубових лісів (*Fraxineto (orni)-Querceto (petraeae)*) та білоцвітоясенево-далешамподубово-скельнодубових лісів (*Fraxineto (orni)-Querceto (dalechampii)-Querceta (petraeae)*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні»
Поширення в Україні: Передгір'я Вигорлат-Гутинського хребта (Чорна гора (Закарпатська обл.))

Угруповання далешамподубово-скельнодубових лісів *Querceto (dalechampii)-Querceta (petraeae)*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні»
Поширення в Україні: Вулканічне передгір'я Вигорлат-Гутинського хребта (Мужіївські гори, Юліївська гора, Чорна гора (Закарпатська обл.))

Угруповання скельнодубових лісів (*Querceta (petraeae)*)) з домінуванням у травостої перлівки одноквіткової (*Melica uniflora*)

Синфітосозологічний статус: «перебувають під загрозою зникнення»
Поширення в Україні: Гірський масив Красна Полонинського хребта
(Закарпатська обл.)

Угруповання скельнодубових лісів деренових (*Querceta (petraeae) cornosa (maris)*)

Синфітосозологічний статус: «перебувають під загрозою зникнення»
Поширення в Україні: Закарпаття (Ужгородський, Мукачівський райони), лісостепова зона Придністров'я (Хмельницька, Тернопільська, Чернівецька, Вінницька, Одеська обл), Гірський Крим.

Угруповання звичайнососново-скельнодубових лісів (*Pineto (sylvestris) Querceto (petraeae)*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні»
Поширення в Україні: Південний макросхил Бескидів (верхів'я р. Латориці) (Закарпатська обл)

Угруповання ссріблястолипово-скельнодубових лісів (*Tilieta (argenteae) Querceta (petraeae)*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні»
Поширення в Україні: Вулканічне передгір'я Вигорлат-Гутинського хребта (Юліївська гора, Біганська гора, Чорна гора (Закарпатська обл.))

Угруповання ялицево-скельнодубових лісів (*Abieto (albae)-Querceta (petraeae)*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні»
Поширення в Україні: Українські Карпати. Північно-східний схил у Передкарпатті (урочище Губичі, Львівська обл.), південно-західний схил у Закарпатті (Кузійський заповідний масив Карпатського біосферного заповідника).

Угруповання кедровососнових лісів (*Pineta cembrae*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні»
Поширення в Україні: Українські Карпати. Північно-східні макросхили Горган та Закарпаття (схили гір Попада, Малий і Великий Горган, Тавпиширка)

Угруповання клейковільхових лісів угорськобузкових (*Alnetea (glutinosae) syringosa (josikaeae)*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні»
Поширення в Україні: Українські Карпати. (Воловецько-Міжгірська верховина, Вододільний хребет верхів'я басейну р. Латориця)

Угруповання клейковільхових лісів (*Alnetea (glutinosae)*) з домінуванням у травостой страусового пера звичайного (*Matteuccia struthiopteris*)

Синфітосозологічний статус: «перебувають під загрозою зникнення»
Поширення в Україні: Закарпаття, Українське Полісся (Рівненська обл.)

Угруповання сіровільхових лісів (*Alnetea (incanae)* з домінуванням у травостой страусового пера звичайного (*Matteuccia struthiopteris*)

Синфітосозологічний статус: «типові»

Поширення в Україні: Українські Карпати (Івано-Франківська і Закарпатська області).

Угруповання сіровільхових лісів (*Alnetea (incanae)* угорськобузкових (*Alnetea (glutinosa) syringosa (josikaeae)*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні»

Поширення в Україні: Українські Карпати (Вододільний хребет, Полонинський хребет, Сянсько-Стрийська верховина, гірська частина Закарпаття та Львівщини: верхів'я басейнів рік Уж, Латориця, Ріка, Стрий)

Угруповання сріблястолипових лісів (*Tilieta argentea*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні»

Поширення в Україні: Передгір'я Вулканічного Вигорлат-Гутинського хребта (Косинські гори, Юліївська гора, Закарпатська обл.)

Угруповання широколистолипових лісів (*Tilieta platyphyllae*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні»

Поширення в Україні: Східні схили відрогів Вулканічного Вигорлат-Гутинського хребта (Косинські гори, Юліївська гора, Закарпатська обл.)

Угруповання яворових лісів (*Acereta pseudoplatani*) з домінуванням у травостой лунарії оживаючої (*Lunaria rediviva*)

Синфітосозологічний статус: «перебувають під загрозою зникнення»

Поширення в Україні: Українські Карпати: Сколівські Бескиди - Славський ДЛГ (Львівська обл.), Воловецький та Великоберезнянський ДЛГ, Свидовецько-Ясінянський ДЛГ (Закарпатська обл.); Буковинські Карпати (Чернівецька обл.), Придністров'я (Хмельницька обл.)

Угруповання яворових лісів (*Acereta pseudoplatani*) з домінуванням у травостой цибулі ведмежої (*Allium ursinum*)

Синфітосозологічний статус: «перебувають під загрозою зникнення»

Поширення в Україні: Українські Карпати: (Львівська і Закарпатська обл.)

Угруповання польськомодриново-ялинових лісів (*Lariceto (polonicae)-Piceeta (abietis)*) та польськомодрино-во-кедровососново-ялинових лісів ((*Lariceto (polonicae)-Pineto (cembrae)-Piceeta (abietis)*))

Синфітосозологічний статус: «рідкісні»

Поширення в Україні: Українські Карпати. Привододільні Горгани (урочище Кедрин, Закарпатська обл.), Скибові Горгани (урочище Манява, Івано-Франківська обл.)

Чагарникова та чагарничкова рослинність

Угруповання формації верби трав'яної (*Saliceta herbaceae*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні».

Поширення в Україні. Субальпійський і альпійський пояси Українських Карпат (Чорногірський і Свидовецький масиви).

Угруповання формації верби туполистої (*Saliceta retusae*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні».

Поширення в Україні. Субальпійський пояс Українських Карпат (Чорногірський і Свидовецький масиви) (Закарпатська та Івано-Франківська області).

Угруповання субформації звичайногоробиново–душекієвої (*Sorbeto (aucupariae)–Duschekieta (viridis)*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні».

Поширення в Україні. Гора Велика Равка (Закарпатська обл.).

Угруповання формації дріади восьмипелюсткової (*Dryadeta octopetalae*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні».

Поширення в Україні. Субальпійський та альпійський пояси Українських Карпат (Чорногірський та Свидовецький масиви) (Закарпатська обл.).

Угруповання формації наскельниці лежачої (*Loiseleurietta procumbentis*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні».

Поширення в Україні. Альпійський пояс Українських Карпат (Чорногірський масив) (Закарпатська та Івано-Франківська області).

Угруповання формації рододендрона східнокарпатського (*Rhododendreta kotschyi*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні».

Поширення в Україні. Субальпійський і альпійський пояси Українських Карпат (Чорногірський, Мармароський, Свидовецький масиви), (Закарпатська та Івано-Франківська області).

Лучні угруповання

Угруповання формації костриці безостої (*Festuceta inarmatae*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні».

Поширення в Україні. Субальпійський пояс Українських Карпат (Бескидський, Чорногірський, Свидовецький, Мармароський, Чивчинський масиви).

Угруповання формації костриці карпатської (*Festuceta carpaticae*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні».

Поширення в Україні. Субальпійський пояс Українських Карпат (Чорногірський, Свидовецький, Мармароський, Чивчинський ма-

сиви) (Івано-Франківська та Закарпатська області).

Угруповання формації костриці скельної (*Festuceta saxatilis*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні».

Поширення в Україні. Субальпійський пояс Українських Карпат (Мармароський та Чивчинський масиви) (Івано-Франківська, Закарпатська області).

Угруповання формації нарцису вузьколистого (*Narcissietea angustifolia*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні».

Поширення в Україні. Закарпатська низовина (Хустський район), високі гірні райони Українських Карпат (Свидовецький та Мармароський хребти) (Івано-Франківська та Закарпатська області).

Угруповання формації тонконога Дейла (*Poeta deylii*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні».

Поширення в Україні. Субальпійський та альпійський пояси Українських Карпат (Мармароський та Чорногірський масиви) (Івано-Франківська і Закарпатська області).

Болотні угруповання

Угруповання формації гірськососново-сфагнової (*Pineto (mugi)–Sphagneta*)

Синфітосозологічний статус: «перебувають під загрозою зникнення».

Поширення в Україні. Українські Карпати (переважно хребет Чорногора), субальпійський пояс (Закарпатська обл., Івано-Франківська обл.).

Угруповання формації пригніченоялиново-сфагнової (*Sphagneta depressipiceetosa*)

Синфітосозологічний статус: «перебувають під загрозою зникнення».

Поширення в Україні. Лісовий пояс Українських Карпат (Скибові та Привододільні Горгани) (Івано-Франківська, Закарпатська області).

Угруповання формації фускум-сфагнової пригніченозвичайно-соснової (*Sphagneta (fusci) depressipinetosa (sylvestris)*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні».

Поширення в Україні. Північна частина Західного Полісся (Волинська, Рівненська, Житомирська області), верхній лісовий пояс Українських Карпат (Сколівські Бескиди, Горгани) (Львівська, Закарпатська, Івано-Франківська області).

Угруповання формації осоки Девелла (*Cariceta davallianae*)

Синфітосозологічний статус: «перебувають під загрозою зникнення».

Поширення в Україні: Західне та Мале Полісся, Розточчя, Волинське лесове плато (Волинська, Рівненська, Хмельницька, Львівська області). На Закарпатті трапляється у Східних Бескидах.

Водні угруповання

Угруповання формації водяного горіху плаваючого (*Trapa natantis*)

Синфітосозологічний статус: «типові».

Поширення в Україні. Широколистянолісова, лісостепова і степова зони (в заплавах водоймах і затоках рік Дніпра, Прип'яті, Тетерева, Десни, Уборті, Ужа, Латориці, Боржави, Сіверського Дінця та Шацьких і придунайських озер).

Угруповання формації латаття сніжно-білого (*Nymphaeeta candidae*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні».

Поширення в Україні. Широколистянолісова і лісостепова зони (в озерах і заплавах водоймах Верхнього і Середнього Дніпра, річок Десни, Тетерева, Ужа, Здвижа, Уборті, Горині, Стира, Случі, Турії, верхньої течії річок Південного Бугу, Сули, Ворскли, Псла, Сіверського Дінця, в Шацьких озерах). Південна межа в Україні проходить по лінії Ужгород – Івано-Франківськ – Вінниця – Черкаси – Полтава – Харків.

Угруповання формації марсилії чотирилистої (*Marsileeta quadri-foliae*)

Синфітосозологічний статус: «перебувають під загрозою зникнення».

Поширення в Україні. Широколистянолісова і степова зони. Заплавні водойми р. Латориці (Закарпатська обл.), водойми придунайських озер (Одеська обл.).

Угруповання формації плавуну щитолистого (*Nymphoideta peltatae*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні».

Поширення в Україні. Широколистянолісова, лісостепова і степова зони.

У водоймах заплави річок Десни, Снову, Уборті, Південного Бугу, Дніпра, а також Кілійської дельти Дунаю і придунайських озер. Закарпатська низовина, пониззя р. Латориця.

Угруповання формації пухирника Брема (*Utricularieta bremii*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні».

Поширення в Україні. Спорадично у водоймах Українських Карпат та Закарпаття (Закарпатська обл.). (Ймовірно зникле угруповання)

Угруповання формації рдесника альпійського (*Potamogetoneta alpini*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні».

Поширення в Україні. Дуже рідко на території Українського Полісся, Лісостепу та у водоймах Українських Карпат (Сумська, Житомирська, Рівненська, Хмельницька, Закарпатська області).

Угруповання формації рдесника довгого (*Potamogetoneta praelongi*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні».

Поширення в Україні. Водойми широколистянолісової і лісостепової зони. В Закарпатській області поширений на озері Синевир.

Угруповання формації стрілолисту стрілолистого (*Sagittarieta sagittifoliae*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні».

Поширення в Україні. Широколистянолісова, лісостепова і степова зони (в озерах, ріках, заплавних водоймах, штучних водосховищах). На Закарпатській низовині поширений у пониззях річок Тиси й Латориці.

Угруповання формації латаття білого (*Nymphaeeta albae*)

Синфітосозологічний статус: «рідкісні».

Поширення в Україні. Широколистянолісова, лісостепова і степова зони (в озерах, руслах річок, заплавних водоймах, штучних водосховищах). На Закарпатській низовині трапляється у заплавах рік Латориця та Тиса.

Угруповання формації глечиків жовтих (*Nuphareta luteae*)

Синфітосозологічний статус: «типові».

Поширення в Україні. Широколистянолісова, лісостепова і степова зони (в озерах, ріках, заплавних водоймах). На Закарпатській низовині трапляється у заплавах рік Латориця та Тиса.

Угруповання формації сальвінії плаваючої (*Salvinietta natantis*)

Синфітосозологічний статус: «типові».

Поширення в Україні. Широколистянолісова, лісостепова і степова зони (в озерах, затоках, рукавах, старицях рік, штучних водосховищах). На Закарпатській низовині трапляється у заплавах рік Латориця та Тиса.

Таким чином, на території Закарпаття трапляється 28 лісових, 6 чагарникових та чагарничкових, 5 лучних, 4 болотних і 11 водних угруповань у ранзі формацій, які включені до Зеленої книги України (2009).

Список використаних джерел:

1. Зелена книга України. Рідкісні і такі, що перебувають під загрозою зникнення, та типові природні рослинні угруповання, які підлягають охороні / під заг. ред. Я. П. Дідуха. – К., 2009. – 446 с.
2. Зеленая книга Украинской ССР: Редкие, исчезающие и типичные, нуждающиеся в охране растительные сообщества / под общ. ред. Ю. Р. Шеляг-Сосонко. – К.: Наук. думка, 1987. – 216 с.
3. Стойко С. М. Карпатам зеленіти вічно / С. М. Стойко. – Ужгород: Карпати, 1977. – 172 с.
4. Фельбаба-Клушина Л. М., Комендар В. І. Фітоценологія з основами синфітосозології // Наук. ред. С. М. Зиман. – Ужгород: Ліра. 2001. – 204.

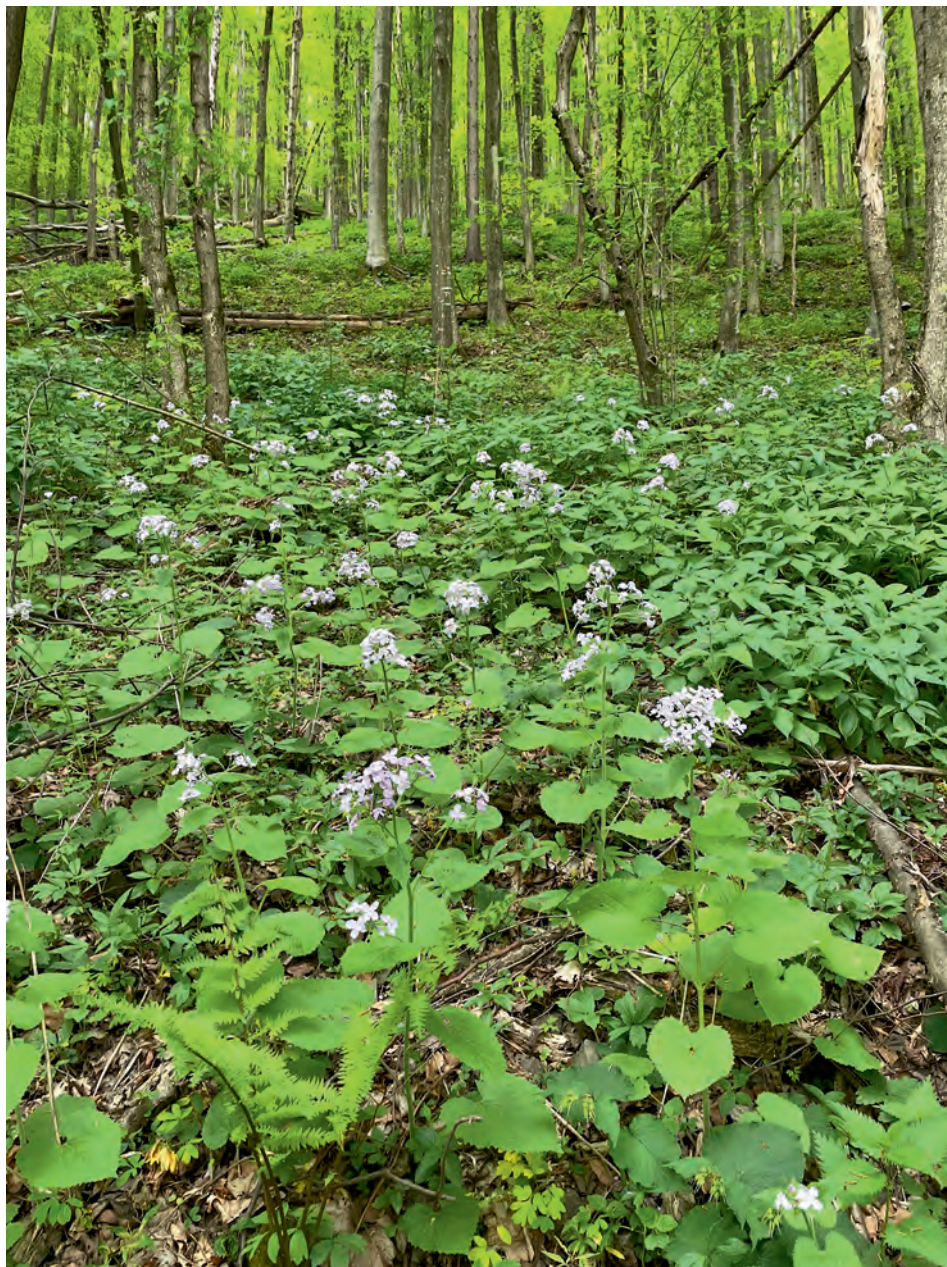


Рис. 8.3.1. Букові ліси (*Fageta (sylvatica)*) з домінуванням у травостой лунарії оживаючої (*Lunaria rediviva*) (Фото Л. Фельбаби-Клушиної, 06.05.2023., Східні Бескиди)



Рис. 8.3.2. Буково-яворові ліси скополієві (Фото Л. Фельбаби-Клушиної, 06.05. 2023, Східні Бескиди)



Рис. 8.3.3. Букові ліси ведмежоцибулеві (Фото Л. Фельбаби-Клушиної, 06.05.2023, Східні Бескиди)



Рис. 8.3.4. Скельнодубові ліси (*Querceta (petraeae)*)) з домінуванням у травостой перлівки одноквіткової (*Melica uniflora*)
(Фото Л. Фельбаби-Клушиної, 08.05.2023, Вулканічний хребет)



Рис. 8.3.5 Угруповання формації осоки Девелла (*Cariceta davalliana*)
(Фото Л. Фельбаби-Клушиної, 06.05.2023, Східні Бескиди)



Рис. 8.3.6. Угруповання формації марсилії чотирилистої
(*Marsileeta quadrifolia*) (Фото Л. Фельбаби-Клушиної,
05.09.2021, Закарпатська низовина)

8.4. ВПЛИВ АНТРОПОГЕННИХ ЧИННИКІВ НА ТВАРИННИЙ СВІТ *(Куртяк Ф., Мателешко О.)*

Важко уявити світ без тварин – царства, яке нараховує понад мільйон видів. Тварини впливають на життя кожної людини, незважаючи на те, чи вона їм симпатизує, чи недолюблює їх, чи вживає у їжу, чи навпаки – охороняє. Вони мають життєво важливе значення ще з тих часів, коли наш предок уперше пішов на полювання, і перехід на м'ясну їжу став одним із найважливіших чинників у еволюції людини. Значення тварин для людини і, загалом для природи, набагато ширше і вагомніше, ніж може здатися на перший погляд. Більшість домашніх тварин дають людині їжу, матеріали для одягу та взуття. Протягом багатьох століть тварини допомагали і допомагають людині виконувати різноманітну роботу, їх використовують у спорті та активному проведенні дозвілля, для реабілітації при різноманітних захворюваннях, для супроводу людей із вадами зору, інвалідів; як рятувальників при пошуку людей після сходження лавин у горах та під завалами після землетрусів. Від контакту з тваринами в природі людина отримує естетичне задоволення, утримання та догляд за домашніми тваринами надзвичайно важливі у вихованні позитивних рис характеру у дітей. Проте, деякі види тварин створюють людині чимало проблем і навіть шкодять сільському господарству; комахи-хижаки і комахи-паразити використовуються у біологічному способі боротьби з шкідливими членистоногими. Дикі ссавці – джерело небезпечних для людини хвороб.

Але основне значення тварин – екологічне і полягає у тому, що кожна життєва форма відіграє важливу роль в екологічному балансі на Землі. Хижаки контролюють чисельність популяцій трав'яїдних тварин, а тварини, які живляться падлом або екскрементами інших тварин очищають поверхню землі і збагачують її мінеральними та органічними речовинами, мікроорганізмами. Комахи і інші безхребетні є важливими ланками в ланцюгах живлення і становлять основу раціону багатьох видів птахів, ссавців, риб. Комахи та, частково, кажани і птахи є важливими запилювачами рослин і відповідальні за запилення біля 35% посівів, що забезпечують їжею людство. Більш того, багато видів квіткових рослин без запилення їх комахами взагалі не можуть існувати.

Зникнення видів завжди було природною частиною еволюційного процесу. Протягом історії Землі вчені нараховують п'ять етапів масового чи великого вимирання видів. Останній і найбільш відомий період вимирання видів спричинений, як вважають, падінням астероїда, був на зламі крейдового і третинного періодів (~63-65 млн. років тому), коли вимерли динозаври і ссавці отримали можливість еволюціонувати.

На думку багатьох вчених, сьогодні ми перебуваємо на ранньому етапі шостого періоду зникнення видів (голоценове вимирання), який розпочався, близько 50 тис. років тому. Це останнє велике вимирання не спричинене природними процесами, а прямо чи опосередковано зумовлене людиною. Види тварин, які у той чи інший спосіб входили в протиріччя з інтересами людини, послідовно знищувалися. Найбільш недавнє зникнення видів пов'язане із освоєнням нових земель європейцями у XV-XVI століттях. У наш час приблизно 1000-1100 видів тварин знаходяться перед загрозою зникнення.

Вважається, що основним і найзагрозливішим антропогенним фактором зникнення видів є деградація і фрагментація місць проживання тварин. Основними причинами деградації біотопів є сільське господарство, урбанізація і ін. Процес деструкції природних екосистем відбувається поетапно. Часом, може здаватися, що якийсь фрагмент природного ландшафту не є важливим для тварин, проте життєво важливим для окремого виду може бути поєднання певних елементів ландшафту чи оселищ. Цей процес підступніший, ніж пряме знищення, бо ніби немає підстав для зникнення виду, а він зникає. І, у першу чергу, зникають великі за розміром тварини (ссавці, птахи і ін.). Під першочерговою загрозою зникнення перебувають види, які мають обмежене розповсюдження (ендеміки) або є конституційно рідкісними, та види з обмеженими можливостями до розповсюдження, як і мешканці специфічних екологічних ніш (дупла старих дерев, мертва деревина, печери), що зникають разом із руйнуванням їхніх біотопів. Види, які живуть колоніально або у складно організованих соціальних групах, піддаються загрозі, коли їх чисельність знижується до певного критичного рівня.

Загрозу зникненню видів становлять також: 1) торгівля тваринами для домашнього утримання та біомедичних дослідів і ін.; 2) зміни клімату (так зване глобальне потепління), прогнозують, що воно може спричинити зникнення щонайменше 20-30% видів рослин і тварин або 40-70% при найбільш несприятливому розвитку подій; 3) забруднення високої інтенсивності; 4) види інтродуценти або інвазійні види руйнують оселища аборигенних видів, конкурують з ними за ресурси і зменшують можливість їхнього виживання; 5) захист сільськогосподарських тварин фермерами; 6) ізольовані нечисленні популяції втрачають можливість обміну генетичним матеріалом; 7) генетичне забруднення – неконтрольована гібридизація чи модифікація геному природних видів.

Масштаби вимирання видів внаслідок діяльності людини є досить значними. Архівні дані та археологічні знахідки свідчать, що протягом останніх 12 сторіч у Карпатах повністю було знищено вісім видів диких звірів та понад 10 видів птахів. В Українських Карпатах

охорона природи має давні традиції і описана у працях С.М. Стойка (1991), О.О. Гайдукевич (2007). Початковим етапом була видова охорона, яка полягала в турботі про збереження мисливської фауни; наступними стали етап поресурсної охорони природи; територіальної охорони природи; а починаючи з другої половини ХХ ст., в природоохоронній концепції настає екологічний етап і охорона природи розглядається як пріоритетна інтегральна екологічна, економічна та соціальна проблема міжнародного значення.

8.5. ЗАГРОЗИ ТА ЗМЕНШЕННЯ ЧИСЕЛЬНОСТІ ЗЕМНОВОДНИХ (Куртяк Ф.)

Земноводні, безперечно, займають суттєве місце у біоценозах Закарпаття. Видовий склад батрахофауни даної території уточнюється, в той же час, продовжується вивчення чисельності амфібій (Гассо та ін., 2001; Щербак, Щербань, 1980; Щербань, 1976). Попри наявність літературних даних, що стосуються чисельності земноводних території дослідження, аналіз їх і порівняння з сучасним станом є ускладненим, оскільки відомості в більшості зводяться до схематизованих оцінок: вид відсутній, дуже рідкісний, рідкісний, звичайний та зустрічається часто (Щербак, Щербань, 1980).

Які ж фактори впливають на поширення та чисельність амфібій краю?

З абіотичних факторів важливе значення для земноводних мають температура, вологість (при виході на сушу), хімізм води та ґрунту. Земноводні – пойкилотермні тварини, тому температура їх тіла та активність залежать від температури навколишнього середовища.

Оскільки шкіра земноводних гола, вони потребують значної вологості повітря. При швидкому висиханні зменшення маси навіть на 15% уже згубне для амфібій. Частково від пересихання шкіру захищає слиз. У ропух, які ведуть наземний спосіб життя, шкіра ущільнена, зроговіла. Це знижує можливість шкірного дихання, що компенсується збільшенням внутрішньої поверхні легенів.

При недостатній вологості навколишнього середовища шкіра цих земноводних вкривається тонкою сухою блискучою плівочкою, яка не пропускає воду. Пристосувальне значення має також поведінка земноводних: більшість наземних видів активні у присмерку та вночі, коли вологість повітря максимальна.

Амфібії не можуть жити в солоній воді або на засолених ґрунтах. Розчинені у воді солі концентрацією понад 10 % згубно впливають на личинок та дорослих земноводних.

Враховуючи кліматичні зміни останніх десятиліть, нами проведено дослідження, щодо зміни чисельності земноводних на теренах Закарпаття.

Основою даної роботи є власні обліки чисельностей, які проводили протягом 1999–2021 років на території Закарпатської низовини та передгір'їв (всього 1279 обліків по окремим видам) за допомогою маршрутного методу (Новиков, 1953; Протасов, 2002). Маршрутний метод використовувався нами, оскільки саме ним користувалися дослідники при вивченні чисельності амфібій на території Закарпаття в минулі періоди (Щербак, Щербань, 1980; Щербань, 1976), крім того, він є найбільш придатним і дає максимально повні дані при вивченні чисельності даної групи тварин (Коли, 1979). Довжина облікових ліній завжди перевищувала 1000 м, а чисельність видів екстраполювалася на 100 м маршруту. Обліки проводилися у 77 біотопах, що більш-менш рівномірно покривають територію дослідження. Крім того, здійснено аналіз відомих нам літературних джерел, де поряд з бальними оцінками наводять кількісні дані (всього 227 обліків по окремим видам) (Щербак, Щербань, 1980; Щербань, 1976). Обліки чисельності, при можливості, проводили в біотопах, які наводять в літературі, що дало можливість порівняти сучасні дані з чисельністю земноводних за даними 30–літньої давності. Чисельність земноводних у цій праці наводимо як “кількість особин на 100 м маршруту”.

Під “власними даними” в роботі розуміють збори та обліки, проведені нами на території Закарпатської низовини та передгір'я протягом 1999–2021 рр., під “літературними даними” – інформація про чисельність земноводних на цій же території за період 1971–1980 рр. (Щербак, Щербань, 1980; Щербань, 1976).

На основі власних зборів і літературних даних складена база даних по чисельності земноводних на території дослідження. Створення її, як і аналіз, здійснювався за допомогою пакету програм Microsoft Excel v. 9.0, градуирована тематична карта створена в пакеті програм для настільної картографії MapInfo v. 7.0.

Основні результати проведеної роботи викладені в табл. 8.5.1, де поряд з кількісними даними наведені і відсотки окремих видів у вибірках, та бальні оцінки, що пропонують в літературі: – вид відсутній, – + дуже рідкісний, + рідкісний, + + звичайний та + + + зустрічається часто (Щербак, Щербань, 1980; Щербань, 1976).

Проводячи аналіз табл. 8.5.1, можемо відзначити, що до дуже рідкісних видів авторами (Щербак, Щербань, 1980) віднесені види, чисельність яких на 100 м маршруту коливається в межах від $0,50 \pm 0,03$ (*L. montandoni*) до $0,59 \pm 0,12$ (*M. alpestris*). До рідкісних віднесено види з чисельністю від $0,60 \pm 0,07$ (*R. dalmatina*) до $4,91 \pm 1,79$ (*R. lessonae*), до

звичайних – від $4,72 \pm 1,55$ (*R. dalmatina*) до $20,04 \pm 2,48$ (*B. variegata*), до видів, що зустрічаються часто – від $0,38 \pm 0,03$ (*P. fuscus*) до $16,64 \pm 1,06$ (*B. bombina*).

Якщо аналізувати відсотки видів у вибірках, то виявляється, що до дуже рідкісних видів авторами віднесені види, відсоток яких у вибірках коливається від $2,88 \pm 1,41$ (*M. alpestris*) до $8,57 \pm 0,00$ (*L. montandoni*), до рідкісних видів – від $1,16 \pm 0,38$ (*R. dalmatina*) до $14,69 \pm 2,45$ (*P. lessonae*), до звичайних – від $1,16 \pm 0,38$ (*R. dalmatina*) до $6,98 \pm 0,73$ (*B. variegata*); до видів, що зустрічаються часто – від $0,14 \pm 0,09$ (*P. fuscus*) до $5,99 \pm 0,69$ (*B. bombina*).

Отже, використовуючи дані, представлені в табл. 8.5.2, ми маємо можливість кількісно охарактеризувати категорії наявності виду, що використовувалися авторами 1971–1980-х років (Щербак, Щербань, 1980; Щербань, 1976).

Порівнюючи наші та літературні дані з середньої чисельності (табл. 8.5.1), можемо відзначити, що сумарна чисельність всіх видів земноводних за нашими даними у 1,92 рази нижча, ніж за літературними.

Таблиця 8.5.1.

Аналіз чисельності та відсотку видів амфібій у вибірках на території Закарпатської низовини та передгір'я

Види	власні дані		літературні дані		%, у вибірці власні дані	%, у вибірці література	бали	
	середнє ± ст. похибка	n	середнє ± ст. похибка	n			низовина	передгір'я
Caudata								
<i>Salamandra salamandra</i>	5,29±2,61	31	3,67±0,70	13	2,49±1,23	0,90±0,17	–	+
<i>Lissotriton vulgaris</i>	6,09±0,68	127	16,16±7,47	23	2,87±0,32	3,96±1,83	++	+++
<i>Lissotriton montandoni</i>	1,06±0,06	12	35±0,00	1	0,50±0,03	8,57±0,00	–	–+
<i>Triturus cristatus</i>	2,66±0,42	31	8,88±1,62	15	1,25±0,20	2,17±0,40	–	+++
<i>Triturus dobrogicus</i>	5,43±0,82	144	9,52±2,48	13	2,53±0,38	2,33±0,61	++	–

Види	власні дані		літературні дані		%, у вибірці власні дані	%, у вибірці література	бали	
	середнє ± ст. похибка	n	середнє ± ст. похибка	n			низо-вина	пе-ред-гір'я
<i>Mesotriton alpestris</i>	1,25±0,25	8	11,75±5,75	2	0,59±0,12	2,88±1,41	–	– +
Anura								
<i>Bombina bombina</i>	35,32±2,24	203	24,47±2,81	18	16,64±1,06	5,99±0,69	+++	–
<i>Bombina variegata</i>	42,54±5,27	33	28,50±3,00	6	20,04±2,48	6,98±0,73	–	++
<i>Pelobates fuscus</i>	0,81±0,07	82	0,57±0,36	21	0,38±0,03	0,14±0,09	+++	– +
<i>Bufo bufo</i>	11,15±1,41	91	28,88±7,60	8	5,25±0,66	7,07±1,86	+++	+++
<i>Bufo viridis</i>	22,65±2,83	73	17,87±3,61	18	10,67±1,33	4,37±0,88	+	+
<i>Hyla arborea</i>	7,05±1,63	64	9,84±1,09	16	3,32±0,77	2,41±1,98	++	+++
<i>Pelophylax ridibunda</i>	22,60±2,26	84	41,44±10,59	8	10,64±1,06	10,14±2,59	+++	++
<i>Pelophylax kl. esculenta</i>	37,36±7,34	122	67,71±11,19	13	17,60±3,46	16,58±2,74	–	–
<i>Pelophylax lessonae</i>	10,42±3,81	47	60,00±10,00	7	4,91±1,79	14,69±2,45	+++	+
<i>Rana arvalis</i>	1,00±0,00	1	13,28±1,46	17	0,47±0,00	3,25±0,36	+	++
<i>Rana dalmatina</i>	1,28±0,14	95	4,72±1,55	13	0,60±0,07	1,16±0,38	++	+
<i>Rana temporaria</i>	0,98±0,16	31	26,23±10,04	15	0,46±0,08	6,42±2,46	+	+++
Сума	212,31±31,35	1279	408,49±88,32	227	100,00	100,00	22	25,5
Середнє	11,80±1,74		22,70±4,91		5,56±0,82	5,56±1,20		

За період часу, який охоплює дослідження, відбулася зміна домінування певних видів у вибірках у бік більшої представленості окремих видів і набагато меншої і майже рівної між собою частки інших. Даний факт однозначно свідчить про зменшення видового різноманіття, оскільки при рівній кількості видів різноманіття вище там, де

розподіл відносної чисельності більш рівномірний [6]. Такого роду висновки не можуть не викликати занепокоєння.

В табл. 8.5.2 представлене відношення наших даних (1999–2021 рр.) по чисельності та відсотку у вибірках амфібій, до таких за літературними відомостями (1971–1980 рр.).

Так, відзначимо, що чисельність саламандри збільшилася у 1,44 рази поряд з цим відсоток її у вибірці з типових біотопів – у 2,77. Чисельність та відсоток у вибірках збільшилися також у кумки звичайної – у 1,44 та 2,78 рази відповідно. Чисельність та відсоток у вибірці кумка гірської, за нашими даними, збільшується у 1,49 та 2,87 разів відповідно. Чисельність у вибірках часникової жаби та ропухи зеленої збільшилися у 1,42 та 1,27 разів а відсоток у вибірці у 2,71 та 2,44 рази відповідно.

За нашими даними зменшили свою чисельність та відсоток у вибірці наступні види: тритони звичайний у 2,65 та 1,38 рази, карпатський – 33,02 та 17,14, гребенястий – 3,34 та 1,74 та альпійський 9,40 та 4,88 відповідно по відношенню до літературних даних.

Також зменшилися чисельність та відсоток у вибірках ропухи сірої у 2,59 та 1,35 та ставкової жаби у 5,76 та 2,99 разів відповідно.

Значно знизилася чисельність та відсоток у вибірках всіх видів “бурих жаб”: гостромордої* у 13,28 та 6,91, прудкої – у 3,69 та 1,93 та трав’яної жаб – у 26,77 та 13,96 разів, відповідно.

Зменшення чисельності поряд з деяким збільшенням відсотку у вибірці спостерігається для наступних видів: дунайського тритону – у 1,75 та 1,09, квакші – у 1,40 та 1,38, озерної – 1,83 та 1,05 та їстівної (гібрид) жаб у – 1,81 та 1,06 рази відповідно.

Таблиця 8.5.2.

Відношення чисельності та відсотку видів амфібій у вибірках за період 1999–2021 рр. до даних – 1971–1980 рр. передгір’я

Види	Відношення даних обліку у 1999–2021 рр. до даних 1971–1980 рр.	
	за чисельністю амфібій	за відсотком у вибірці
Caudata		
<i>Salamandra salamandra</i>	1,44	2,77
<i>Lissotriton vulgaris</i>	0,38	0,72
<i>Lissotriton montandoni</i>	0,03	0,06
<i>Triturus cristatus</i>	0,30	0,58

* На сучасному етапі нам відома лише одна точка знахідки – околиці м. Чоп, Ужгородського району.

Види	Відношення даних обліку у 1999–2021 рр. до даних 1971–1980 рр.	
	за чисельністю амфібій	за відсотком у вибірці
<i>Triturus dobrogicus</i>	0,57	1,09
<i>Mesotriton alpestris</i>	0,11	0,20
Anura		
<i>Bombina bombina</i>	1,44	2,78
<i>Bombina variegata</i>	1,49	2,87
<i>Pelobates fuscus</i>	1,42	2,71
<i>Bufo bufo</i>	0,39	0,74
<i>Bufo viridis</i>	1,27	2,44
<i>Hyla arborea</i>	0,72	1,38
<i>Pelophylax ridibunda</i>	0,55	1,05
<i>Pelophylax kl. esculenta</i>	0,55	1,06
<i>Pelophylax lessonae</i>	0,17	0,33
<i>Rana arvalis</i>	0,08	0,14
<i>Rana dalmatina</i>	0,27	0,52
<i>Rana temporaria</i>	0,04	0,07
Середнє	0,62	1,70

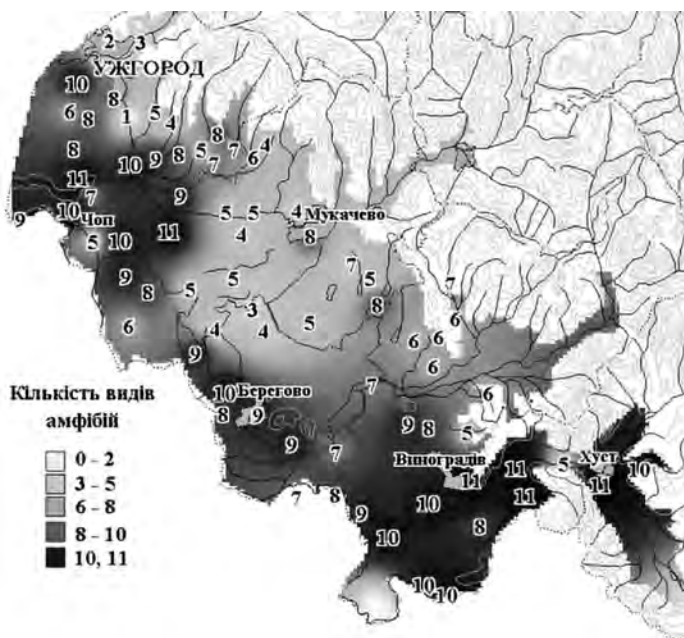


Рис. 8.5.1. Розподіл видового багатства амфібій на території Закарпатської низовини та передгір'я.

На даний час розподіл видового різноманіття земноводний по території дослідження доволі нерівномірний (рис. 8.5.1).

На основі аналізу 77 локалітетів, що рівномірно покривають територію дослідження, видно, що є чітка приуроченість найбільшого видового різноманіття до основних водних артерій регіону: річки Тиса, Латориця, Боржава та частково Уж. Подібного роду результат не є очевидним, оскільки в річках зустрічається лише один вид земноводних (*R. ridibunda*). Проте, така приуроченість пояснюється нами більшою стабільністю прирічкових біотопів.

Крім того, даний аналіз розподілу видового багатства дає можливість виділити найбільш важливі для охорони амфібій території, це перш за все південь Берегівського, центральна рівнинна частина Виноградівського та прирусліві біотопи р. Латориця в Ужгородському районі. Саме ці регіони характеризуються підвищеною видовою різноманітністю. Навпаки, звертає на себе увагу, надзвичайно мале поширення видів земноводних в центральній та південній частині Мукачівського району, що очевидно пов'язано з бідністю біотопів, позаяк, майже вся площа зайнята луками та пасовищами [Куртяк, 2004].

Розподіл видового багатства земноводних (рис. 8.5.1.) дає можливість в подальшому спроектувати, подібно до деяких Європейських регіонів програми, по напівприродному розведенні земноводних з подальшими випусканням у природу.

Аналізуючи літературні відомості по цій проблемі, зазначимо, що за останні десятиліття на досліджуваній території відмічається різке скорочення чисельності звичайного і гребенястого тритонів, прудкої жаби (Гассо та ін., 2001; Щербань, 1994). Попри відносну новизну даних, кількісних оцінок чисельності (окрім гребенястого тритона – 0,1–0,2 особини на 100 м маршруту (Гассо, та ін., 2001) не наводиться. Проте прослідкована в роботах тенденція зміни чисельності окремих видів нами в цілому підтверджується.

Певне зацікавлення викликає збільшення відсотку у вибірках та чисельності *B. viridis* на території низовини, що відмічається й іншими дослідниками (Гассо та ін., 2001). Оскільки з літературних джерел відоме зменшення чисельності по всій території Європи: Польщі (Zielinski, Klimkowski, 2003), Франції (Baumgart, 2003), Швеції (Claes, Goeran, 2003), Німеччини (Beckmann, 2003), Словаччини (Belansky, 2003) тощо.

Отже, територія Закарпатської низовини для даного виду може слугувати своєрідним резерватом в умовах тотального негативного впливу людини. Вивчаючи отримані дані, необхідно відзначити, що кореляція між чисельністю видів у вибірках та їх відсоткової представленості за періоди дослідження складає 0,54.

Середні значення відсотків видів у вибірках, незважаючи на великі різниці в значеннях чисельності окремих видів, в загальному склали: за нашими – $5,56 \pm 0,82\%$, а за літературними – $5,56 \pm 1,20\%$.

Таким чином, зниження чисельності видів, що найчастіше зустрічаються на території низовини, свідчить про суттєвий вплив зміни кліматичних умов на популяції амфібій краю та необхідність створення тут охоронних територій, оскільки антропогенний пресинг на батрахофауну (біля 90% використовується людиною) в цілому, як і видове її різноманіття, тут набагато більші, ніж у гірських регіонах.

8.6. ЗМІНИ У СКЛАДІ ІХТІОФАУНИ (Куртяк Ф.)

За останнє століття в іхтіофауні Закарпаття відбулись відчутні зміни. Цьому сприяли не тільки суттєві зміни в гідрографії наших рік, але й у способі водного господарювання, проведення робіт по акліматизації цінних промислових видів риби та екологічні катастрофи, зокрема обміління і забруднення водойм важкими металами тощо.

Порівняльний аналіз видового складу риби за останні сто років наведені в таблиці 8.5.1.

Аналізуючи наведені в таблиці дані бачимо, що В. Владиков (1926) відмічає в річках області 46 видів круглоротих та риби. Е.К. Власова (1956) доповнює цей список ще двома видами – густерою (*Abramis bjoerchna*) та американським сомиком (*Ictalurus nebulosus*).

І.І. Коліушев (1959) реєструє у водоймах Закарпаття 49 видів риби, відмічаючи додатково у складі іхтіофауни сріблястого карася (*Carassius gibelio*) та озерну форель (*Salmo trutta m. lacustris*).

Значне зростання видового складу риби Закарпаття спостерігається з 1959 по 1982 роки. Це пояснюється початком активних заходів по акліматизації промислових видів (товстолоба *Hypophthalmichthys molitrix*, білого амура *Ctenopharyngodon idella*, севанської форелі *Salmo ichtan*, гольця *Salvelinus fontinalis*, байкальського омуля *Coregonus autumnalis migratorius*, чудського сига *Coregonus lavaretus maraenoides*), а також виявлення нових видів для водойм Закарпаття європейського вугра (*Anguilla Anguilla*), берша (*Sander volgensis*), панонської плітки (*Rutilus pigus*), роднянської щипівки (*Gobitis aurata radnensis*), синця (*Abramis ballerus*).

За іхтіологічними дослідженнями Ю.В. Мовчана (1993), іхтіофауна басейну річки Тиси, куди входять усі ріки Закарпатської області, нараховує 60 видів та підвидів круглоротих та риби. Як нові види, автор наводить вівсянку (*Leucaspis delineatus*), товстолоба строкатого (*Aristichthys nobilis*), сонячного окуня (*Lepomis gibosus*). Під час іхтіоло-

гічних досліджень з 1998 року виявлено ще два нових вида – ротана (*Perccottus glehni*) та амурського чебачка (*Pseudorasbora parva*).

В загальному іхтіофауна досліджуваного регіону на сьогодні нараховує 62 види та підвиди круглоротих та риб, з яких 51 форма входить до складу аборигенної фауни, інші - 11 видів акліматизовані або проникли у водойми Закарпаття різними шляхами. Іхтіофауна басейну р. Тиси є унікальною для України, так як включає багато ендеміків.

Таким чином, 1926 по 2022 рік для всього басейну р. Тиса зареєстровано 77 видів та підвидів риб (практично половина видового складу риб річок Європи). Спільними для української та угорської ділянок р. Тиса та її притоків є 54 види. Це, на нашу думку, можна пояснити тим, що, протікаючи в різних умовах рельєфу, р. Тиса не є з однотипною за гідрологічними, гідрофізичними і гідрохімічними умовами.

За характером і складом іхтіофауни тут можна виділити 5 ділянок (пасом або зон). При виділенні цих ділянок ми враховували думку угорських та румунських іхтіологів Гарка, Дьоре, Чікаї, Банареску та Телекана за 1997, 1999 роки. Ці ділянки по основному руслу наступні:

1. Форелева – від витоків Тиси до с. В. Бичків;
2. Харіусова – від с. В. Бичків до м. Хуст;
3. Підустова – від м. Хуст до с. Тисачеч;
4. Вусачева – від с. Тисачеч до ст. Загонь;
5. Лящева – від ст. Загонь до впадіння Тиси в р. Дунай.

Як видно з вищенаведеного 2 ділянки, а саме форелева, харіусова повністю знаходяться на території Закарпаття. Оскільки в Угорщині Тиса не має вищезгаданих ділянок, тут відсутні (або зустрічаються як виняток) мінога угорська (*Eudontomyzon danfordi*), харіус (*Thymallus thymallus*), райдужна форель (*Oncorhynchus mykiss*), голец (*Salvenilus fontinalis*), форель озерна (*Salmo trutta m. lacustris*), голян (*Phoxinus phoxinus*), голец (*Nemachilus barbatulus*), ялець-андрута (*Leuciscus souffia agassizi*), пічкур карпатський (*Gobio gobio carpathicus*), бабець головац (*Cotus gobio*) та барвистоплавцевий бабець (*Cotus poecilopus*). Такі види, як осетер (*Acipenser guldenstaedti*) шип (*Acipenser nudiiventris*), синець (*Abramis ballerus*), великоротий окунь (*Micropterus salmoides*), йорж балона (*Gymnocephalus baloni*), бичок-цуцик (*Proterorhinus marmoratus*), бичок головац (*Neogobius kessleri*) відсутні у водоймах Закарпаття.

Таким чином, за останнє сторіччя в іхтіофауні Закарпаття відбулися як якісні, так і кількісні зміни. Кількісні зміни позначились на загальному зменшенні рибних запасів як в цілому, так і по окремих водоймах. З іхтіофауни Закарпаття зникли осетер (*Acipenser guldenstaedti*), білуга (*Huso huso*), шип (*Acipenser nudiiventris*), севрюга (*Acipenser stelatus*) у зв'язку із зміною гідробіологічного режиму річок (Турянін, 1982; Мовчан, 1993). Щоправда, усі ці види відносяться до

прохідних, які більш відомі з дельти Дунаю, але раніше для нересту піднімалися і в нижню течію р. Тиса.

Невдалою виявилась акліматизація севанської форелі (*Salmo ichari*), чудського сига (*Coregonus lavaretus maraenoides*), байкальського омуля (*Coregonus autumnalis migratorius*) та невідома доля пеляді (*Coregonus peled*) інтродукованої у деякі водойми (Мовчан, 1993). Крім того, у водойми області проникли різними шляхами карликовий сомик (*Ictalurus nebulosus*), сонячний окунь (*Lepomis gibosus*), вівсянка (*Leucaspis delineates*), ротан (*Perccottus glenii*) амурський чебачок (*Pseudorasbora parva*).

За останні роки, різко знизилася чисельність міноги угорської (*Eudontomyzon danfordi*), стерляді (*Acipenser ruthenus*), голова-тиці (*Hucho hucho*) форелі струмкової (*Salmo trutta m. fario*) харіуся (*Thymallus thymallus*), рибиця (*Vimba vimba*), чехоні (*Pelecus cultratus*), в'язя (*Leuciscus idus*), ляща (*Abramis brama*). Основними причинами цього процесу ми вважаємо у загальному обміління рік та погіршення їх хімічного складу води, кормової бази тощо. Як основні чинники цих процесів, слід відмітити інтенсивне вирубування лісів та викиди у русла рік різні забруднюючі речовини промислових підприємств не тільки області, але й закордону (достатньо згадати інтенсивне забруднення нашої найбільшої водної артерії р. Тиса важкими металами та ціанідами з промислових підприємств Румунії у 2000-2001 рр.).

Паралельно з скороченням запасів риб має місце досить інтенсивне зростання видового різноманіття. Зокрема іхтіофауна Закарпаття з 1926 по 1993 років поповнилась 14-ма видами та підвидами риб. Крім того, на нашу думку, такі види як чорний американський сомик (*Ictalurus melas*), йорж балона (*Ictalurus melas*), синець (*Abramis ballerus*), плітка панонська (*Rutilus pigus*), які знайдені у низинних течіях р. Тиса повинні зустрічатись у водоймах Закарпаття.

Ми вважаємо, що є три шляхи проникнення цих видів у водойми Закарпаття:

1. Завезені випадково при плановій акліматизації інших видів.
2. Шляхом занесення ікри перелітними водоплавними птахами.
3. Завезені, як акваріумні риби.

Все вище наведене говорить про те, що іхтіофауна Закарпаття не є стабільною і до того ж немає єдиної думки серед дослідників про таксономічну належність окремих видів. Іхтіофауна Закарпаття потребує детальної інвентаризації та додаткових досліджень водойм області, з метою збагачення чисельності окремих видів риб та розробки методів збереження генофонду іхтіофауни не враховуючи неодноразові забруднення р. Тиса важкими металами та ціанідами, які привели ще до більш серйозних наслідків.

8.7. ВПЛИВ АНТРОПІЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЕНТОМОФАУНУ ОСНОВНИХ БІОТОПІВ (Мателешко О.)

На основі багаторічних спостережень та аналізу колекційних матеріалів можна однозначно стверджувати, що господарська діяльність людини в значній мірі впливає на поширення і чисельність окремих груп і таксонів комах.

Основними антропоічними факторами впливу на комах є:

- Вирубування лісів
- Меліорація
- Забудова, створення агроценозів
- Застосування пестицидів
- Забруднення водойм
- Руйнування дна і берегів водойм
- Випалювання біотопів
- Випасання худоби
- Рекреація

Причому в різних типах екосистем цей вплив і причини зменшення чисельності популяцій комах може бути різним.

Альпійські луки і пустища

У складі ентомокомплексів значна частка арко-альпійських та європейських монтанних елементів, є низка ендемічних і реліктових



Рис. 8.7.1. Альпійський пояс Чорногори, г. Говерла
(фото О. Ю. Мателешко)

видів і підвидів. Характерні рідкісні види-індикатори: *Carabus fabricii*, *Carabus silvestris transsylvanicus*, *Carabus hampei incompsus*, *Nebria transsylvanica*, *Chrysolina carpatica*, *Erebia manto*. Унаслідок поширення на дуже обмежених площах і значного антропогенного (рекреаційного та пасовищного) навантаження альпійські біотопи вразливі в більшій мірі, ніж субальпійські.

Субальпійські чагарниково-лучні комплекси

У складі ентомокомплексів – голарктичні й палеарктичні бореальні та бореально-монтанні, аркно-альпійські та європейські монтанні елементи. Характерні рідкісні види: *Oreina plagiata*, *Oreina viridis*, *Parnassius mnemosyne*, *Pieris bryoniae*, *Erebia manto*. Біотопи цього типу є вразливими унаслідок фрагментарного поширення і значного антропогенного навантаження (рекреаційного та випасання худоби).



Рис. 8.7.2. Субальпійські луки Полонинського хребта, полонина Руна
(фото О. Ю. Мателешко)

Високогірні водойми

У складі ентомокомплексів – голарктичні й палеарктичні бореальні та бореально-монтанні, арко-альпійські та європейські монтанні елементи. Характерні рідкісні види: *Somatochlora alpestris*, *Hydroporus longicornis*, *Agabus solieri*, *Crenitis punctatostriata*. Біотопи цього типу є

вкрай вразливими унаслідок незначних площ і надмірного антропогенного навантаження, передусім рекреаційного (забруднення і руйнування прибережних ділянок).



Рис. 8.7.3. Тимчасове озеро на Чорногорі, г. Брескул
(фото О. Ю. Мателешко)

Верхній лісовий пояс

Ентомокомплекси мають відносно багатий видовий склад за участю голарктичних і палеарктичних бореальних та бореально-монтанних видів, а також європейських монтанних видів. Серед видів-індикаторів – *Carabus irregularis*, *Quedius transsylvanicus*, *Lacon*

lepidopterus, *Pseudogaurotina excellens*. Досить розповсюджений у регіоні тип біотопів із середнім ступенем трансформованості. Основні фактори негативного впливу: руйнування внаслідок скорочення площ старих природних лісів.



Рис. 8.7.4. Верхній лісовий пояс на Чорногорі, г. Менчул
(фото О. Ю. Мателешко)

Пояс букових лісів

У видовому складі ентомокомплексів домінують темперантні й неморальні палеарктичні, європейсько-сибірські, західно-палеарктичні лісові елементи та значна участь європейських монтанних видів. Характерні види: *Carabus intricatus*, *Carabus irregularis*, *Lucanus cervus*, *Rosalia alpina*, *Cucujus cinnabarinus*, *Ludius ferrugineus*, *Eurythyrea*



Рис. 8.7.5. Буковий ліс Вулканічного хребта, масив г. Маковиця
(фото О. Ю. Мателешко)

austriaca, *Apatura iris*, *Limenitis populi*, *Lopinga achine*, *Aglaia tau*, *Endromis versicolora*, *Catocala fraxini*, *Catocala sponsa*, *Phlogophora scitha*.

Один з найпоширеніших у регіоні типів біотопів, якому загалом властивий середній ступінь трансформованості. Основні фактори негативного впливу: руйнування природних біотопів виду внаслідок скорочення площ старих природних лісів.

Термофільні діброви

Ентомокомплекси вирізняються багатим видовим складом за участю західно-палеарктичних неморальних, європейсько-сибірських лісостепових і середземноморсько-понтійських видів. Характерні види: *Calosoma sycophanta*, *Lucanus cervus*, *Eurythrea quercus*, *Cetonischeta aeruginosa*, *Cerambyx*

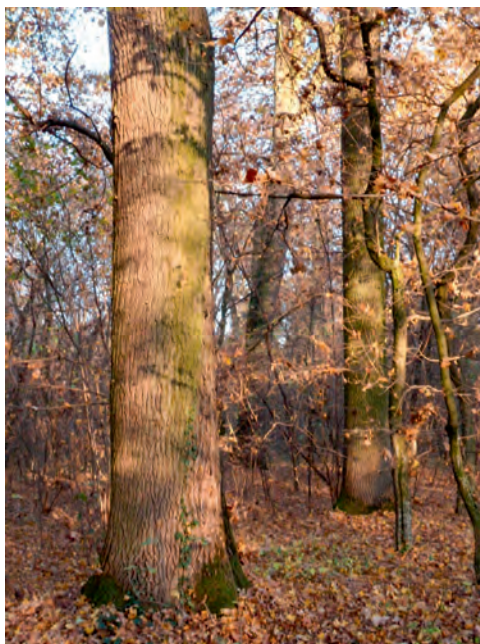


Рис. 8.7.6. Дубовий ліс в ок.
м. Берегова (фото О. Ю. Мателешко)

cerdo, *Purpuricenus kaehleri*, *Brintesia circe*, *Hipparchia fagi*, *Marumba quercus*, *Arctia villica*, *Catocala sponsa*, *Catocala conversa*. Біотопи цього типу дуже фрагментарно поширені (Вулканічні Карпати), характеризуються високим ступенем трансформованості та високим ризиком зникнення внаслідок скорочення площ старих дубових лісів.

Заплавні й долинні листяні ліси

Ентомокомплекси вирізняються багатим видовим складом, у якому домінують температурні й неморальні палеарктичні, європейсько-сибірські та західно-палеарктичні лісові елементи. Характерні рідкісні види: *Carabus clatratus*, *Osmoderma eremita*, *Aromia moschata*, *Apatura iris*, *Limenitis populi*, *Nymphalis vaualbum*, *Euphydryas maturna*, *Lopinga achine*, *Catocala fraxini*, *Catocala sponsa*, *Eudia pavonia*, *Saturnia pyri*, *Endromis versicolora*. Біотопи цього типу мають досить обмежене поширення і характеризуються високим ступенем антропогенної трансформованості та значним ризиком подальшої деградації внаслідок зниження рівня ґрунтових вод, вирубування лісів, забудови.



Рис. 8.7.7. Стариця Берегівський р-н (фото О. Ю. Мателешко)

Лісостепові комплекси

Лісостепові ентомокомплекси – одні з найбагатших за видовим складом, у якому значна частка термофільних західно-палеарктичних неморальних і середземноморсько-понтійських степових елементів. Характерні рідкісні види: *Poecilimon schmidtii*, *Saga pedo*, *Cetonischema aeruginosa*, *Protaetia fieberi*, *Purpuricenus kaehleri*, *Libelloides macaronius*,

Iphiclides podalirius, *Colias myrmidone*, *Melitaea britomartis*, *Brintesia circe*, *Hipparchia fagi*, *Hamearis lucina*, *Proserpinus proserpina*, *Hemaris tityus*, *Eudia pavonia*, *Saturnia pyri*, *Eriogaster catax*, *Pericallia matronula*, *Ammobiota festiva*, *Arctia villica*, *Rhyparia purpurata*. Біотопи цього типу мають фрагментарне поширення і зазнають сильного антропогенного пресу внаслідок випасання худоби, випалювання трави, штучного заліснення.



Рис. 8.7.8. Південний схил Берегівського горбогір'я, ок. с. Мужієво (фото О. Ю. Мателешко)

Болотисті й торфові луки

Оселища своєрідного гігрофільного комплексу ентомофауни за участю як зональних температурних і неморальних, так і бореальних фауністичних елементів. Характерні рідкісні види: *Euphydryas aurinia*, *Boloria eupomia*, *Coenonympha hero*, *Lycaena helle*, *Maculinea alcon*, *Maculinea teleius*, *Maculinea nausithous*, *Diachrysia zosimi*. Біотопи цього типу зазнають сильного антропогенного пресу, пов'язаного з осушувальною меліорацією і випасанням худоби.



Рис. 8.7.9. Заболочена лука в долині р. Уж, ок. с. Невицьке
(фото О. Ю. Мателешко)

Струмки, потоки та їх береги

Гірські струмки і потоки та їх береги є оселищами багатой та своєрідної ентомофауни. Характерні рідкісні види: *Cordulegaster bidentata*, *Leistus baenningeri*, *Nebria jokischii*, *Nebria fuscipes*, *Nebria reitteri*, *Deltomerus carpathicus*, *Oreodytes borealis*, *Ditylus laevis* і ін. Основні фактори загрози: руйнування місць проживання видів унаслідок трелювання зрубаної деревини по потоках.

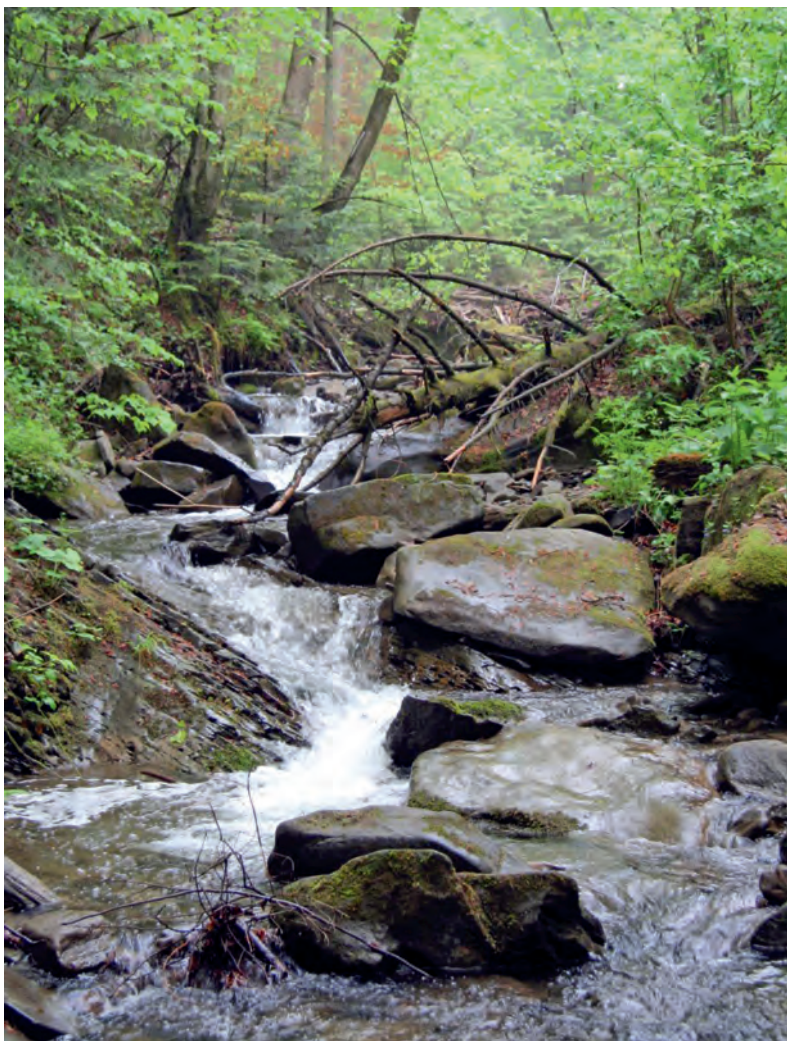


Рис. 8.7.10. Гірський потік Полонинського хребта, ок. с. Жорнава
(фото О. Ю. Мателешко)

Список використаних джерел:

1. Киселюк О., Тимочко В. Б., Чумак В. О., ... Мателешко О. Ю. та ін. Тваринний світ. – В кн. Карпатський національний природний парк. – Міністерство охорони природи; Яремче: Фоліант, 2009. – С. 170-232.
2. Ковальчук А.А., Фельбаба-Клушина Л.М., Ковальчук Н.Є., ... Мателешко О.Ю. Болотні екосистеми регіону Східних Карпат в межах України. – Ужгород: Ліра, 2006. – 228 с.
3. Комендар В.І., Мигаль А.В, Кіш Р.Я, Мателешко О.Ю., Санісло Я.П. Природні цінності української частини регіону Берег: сучасний стан і відтворення. – Ужгород, 2010. – 56 с.

4. Крічфалушій В. В., Іванега І. Ю. Луговой О. Є., ... Мателешко О. Ю. Ужанський національний природний парк. – Ужгород, 2001. – 120 с.
5. Мателешко О. Ю. Водні твердокрилі Українських Карпат. – Ужгород: Мистецька Лінія, 2008. – 200 с.
6. Микітчак Т., Решетило О., Костюк А., ..., Мателешко О. Екосистеми лентичних водойм Чорногори (Українські Карпати). – Львів: ЗУКЦ, 2014. – 288 с.
7. Національний природний парк «Синевир». Історія та сьогодення / кол. авторів; за ред. О.Б. Колесника, О.Г. Радченка.- Ужгород: ТДВ «Патент», 2019.- 440 с.
8. Червона книга Українських Карпат. Тваринний світ / заг. редакція – О. Ю. Мателешко, Л. А. Потіш. – Ужгород: Карпати, 2011. – 336 с.

8.8. ЗАГРОЗИ ПОШИРЕННЯ ТА ВПЛИВ ІНВАЗІЙНИХ ВИДІВ (Кіш Р., Шпонтак Ю., Томенчук Д., Мірутенко В., Бесеганич І.)

Серед переліку екологічних загроз Закарпаття окремо необхідно виділити проблему, яка за своїми наслідками впливу та незворотних змін біорізноманіття (і фіторізноманіття зокрема) сьогодні розглядається як один з найбільш потужних руйнівних чинників аборигенних екосистем глобального масштабу. Мова йде про інвазії неаборигенних організмів («адвентивних», «чужорідних»), видів, зокрема, адвентивних рослин та пов'язане з ними біологічне забруднення – загрози планетарного масштабу, оскільки інвазії охопили всі континенти та торкнулася всіх, навіть найвіддаленіших куточків Землі. Окрім безпосередньої шкоди сільському господарству та здоров'ю людини, яку заподіюють занесені види, вони також впливають на довкілля. Вже сьогодні екологічна ціна інвазій чужорідних організмів – невинуваті збитки природним видам, місцезростанням (оселищам) та екосистемам, які за глибиною впливів деструктивних процесів, особливо щодо втрат біорізноманіття, можуть порівнюватися до повного знищення та незворотної втрати біотопу та становить другу, після руйнування природних місцезростань, загрозу біорізноманіттю планети (Протопопова, Мосякін, Шевера, 2002; Протопопова, Шевера, 2019; Chornesky, Randall, 2003; Davis, 2003). Високими є економічні втрати – прямі і опосередковані збитки, пов'язані з інвазіями занесених видів, втрати вигод тощо у багатьох країнах вимірюються мільярдами доларів щорічно (McNeely et al., 2001).

До інвазійних рослин належать неаборигенні види, які завдяки біологічним особливостям та ефективним способам поширення масово й швидко розселяються у нових регіонах, можуть рости не лише на порушених діяльністю людини територіях, а також серед природ-

ної рослинності (у лісах, на луках, по берегах річок тощо) та зменшують їхнє біологічне різноманіття. Кліматогенні зміни останніх десятиріч, що приводять до порушення структури природних екосистем, створюючи нові ніші у рослинному покриві, суттєво збільшують можливості вкорінення та натуралізації таких видів (Протопопова, Шевера, 2019).

Проблема навали чужинців настільки серйозна, що набула глобального характеру й привернула увагу не лише фахівців, а і державних та міжнародних інституцій і стала предметом обговорення, наприклад, на міжнародній конференції ООН з проблеми сталого розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992) та міжнародній конференції ООН з проблеми неаборигенних видів (Трондхейм, 1996). Результатом стала розробка Глобальної стратегії з проблеми інвазійних неаборигенних видів (McNeely et al., 2001) та Європейської стратегії з проблеми інвазійних неаборигенних видів (Genovesi, Shine, 2004). Відповідно до основних положень Стратегій країни були зобов'язані розробити Національні стратегії запобігання й контролю інвазій та створення регіональних зведень або Чорних списків («Black lists») інвазійних видів рослин, які б відображали регіональну специфіку.

В Україні, як і в інших європейських країнах проблема адвентивізації флори є надзвичайно гострою і актуальною – сьогодні в країні адвентивна фракція флори становить понад 830 видів, що складає вже біля 14% (нині це середній загальноєвропейський показник) від загальної кількості видів флори (Протопопова, Мосякін, Шевера, 2002), щорічно примножуючись на кілька таксонів. Особливо небезпечними є високоінвазійні види, поширення яких має характер експансії – т.з. види-“трансформери”, які вже подолали репродукційний і ценотичний бар'єри, можуть виступати як едифікатори та здатні змінювати характер екосистем (Протопопова, Шевера, 2005). Для таких видів характерні високий ступінь натуралізації, ефективні і швидкі темпи розповсюдження, широка екологічна амплітуда. Загроза інвазивних видів-трансформерів є особливо відчутною через їхнє проникнення та натуралізацію в природні біотопи, в яких вони не тільки часто стають стабільною складовою угруповання, а й нерідко швидко виходячи на домінуючі позиції та витісняючи аборигенні види призводять до значних втрат біорізноманіття та до повної і, часто, незворотної трансформації або й зникнення біотопу. За історичний час в Україні характеру експансії набуло поширення від 42 до 64 видів (залежно від поглядів на процес), зокрема, *Ambrosia arttemisifolia*, *Acer negundo*, *Amorpha fruticosa*, *Helianthus tuberosus*, *Fallopia japonica*, *Heracleum manthegazzianum*, *Phalacrologium annuum*, *Solidago canadensis* тощо, (Протопопова, Шевера, 2019; Zavialova et al.,

2021). Окремі з них (*F. japonica*, *H. manthegazzianum*, *S. canadensis* та ряд інших), переважно, на порушених місцях формують часом значні за площею монодомінантні угруповання.

Сьогодні накопичений значний дослідницький матеріал, опубліковані численні зведення по поширенню та ступеням натуралізації багатьох адвентивних та високоінвазійних видів рослин у різних регіонах України, розроблені заходи запобігання, протидії та боротьби з неаборигенними експансіями реалізація яких на практиці, без отримання державної підтримки, втім, має несистемний та малоефективний характер (Протопопова, Мосякін, Шевера, 2002; 2003). Зокрема, в Інституті ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України було розроблено робочий варіант Національної стратегії контролю неаборигенних рослин в Україні, підготовлено доповнення до чинних законодавчих актів, запропоновано пріоритетні напрями Концепції, заходи контролю фітоінвазій та відновлення аборигенної фракції флори тощо, однак, ці пропозиції не було реалізовані. (Протопопова, Мосякін, Шевера, 2002).

В Закарпатті, незважаючи на високий відсоток малотрансформованих природних територій, значна частина яких має природоохоронний статус, проблему біологічного забруднення через інвазії неаборигенних видів рослин можна розглядати, як одну з найбільш потужних загроз для флористичного і ценотичного різноманіття регіону.

В останній добі проявляється прогресуюча тенденція проникнення видів адвентивних рослин, у т.ч. інвазійних, і на території об'єктів природно-заповідного фонду регіону, викликаючи зміни у видовому складі флори, а інколи і у її структурі. Так, наприклад, у флорі Національного природного парку «Синевир» адвентивна фракція флори представлена 104 видами судинних рослин, з них 11 видів – віднесені до інвазивних, серед яких найбільшу загрозу для біорізноманіття становить *Phalacrolobos annuum* (*Erigeron annuus*), *Impatiens parviflora*, *Salix fragilis*, проникнення та початок експансії борщівника Мантегацці (*Heracleum mantegazzianum*) тощо (Протопопова, Тях, Шевера, 1999; Шевера та ін., 2019). У Національному природному парку «Ужанський» зафіксовано 118 видів адвентивних рослин, серед яких до інвазійних належать *Acer negundo*, *Ambrosia artemisiifolia*, *I. glandulifera*, *Echinocystis lobata*, *Helianthus subcanescens*, *Heracleum sosnowskyi*, *Fallopia japonica* тощо (Кваковська, 2008, 2012).

Чимало з цих видів були навмисне завезені та культивувалися як декоративні, лікарські чи кормові або медоносні рослини. Зокрема, борщівники Сосновського та Мантегацці, які походять із високогір'я Кавказу були завезені для культивування як декоративні, а пізніше як кормові рослини, які також вважаються добрими медоносами. Борщів-

ник Мантегацці був вони інтродукований у 60-х роках ХХ ст. С.С. Харкевичем в Центральний республіканський ботанічний сад АН УРСР, звідки вперше потрапив на Закарпаття – до Ботанічного саду та на біологічну базу на полонині Рівна Ужгородського державного університету), а пізніше масово культивувався у колгоспах та радгоспах регіону (Кліматогенні зміни..., 2016; Protoropova, Shevera, 2005). Вже у 70-роках ХХ ст. з'являються перші осередки здичавілих рослин виду, найперше у районах, де його культивували, а у 90-х роках розпочалася масова експансія виду. Нині вид широко розповсюджений на антропогенних екотопах у складі синантропних рослинних угруповань, продовжує інтенсивно поширюватись уздовж шляхів, узбережжями річок, де, проникаючи у прирічкові заплавні біотопи, на вологі луки, місцями формує значні за площею монодомінантні угруповання. Високі зарості борщівників, пригнічуючи рослинний покрив, різко зменшують біорізноманіття природних біотопів, крім того вони, викликаючи при доторканні у сонячну погоду важкі опіки, є небезпечними для людини.

Сьогодні проникненню і натуралізації адвентивних та високоінвазійних видів рослин сприяють розташування краю на транскордонні кількох країн та на перетині важливих магістральних центральноевропейських шляхів, широкий діапазон екологічних умов, густа річкова мережа, традиції культивування численних видів з декоративною метою та ін, а в останній добі – значні площі довго або періодично не оброблюваних земель сільськогосподарського користування, найперше – в найбільш освоєній низинно-передгірній частині. Саме такі порушені закинуті ділянки антропогенного походження з відсутньою або пониженою конкуренцією з боку аборигенних видів флори стають стартовими первинними полігонами вкорінення, натуралізації, накопичення діаспор та подальшої експансії адвентивних і, насамперед, інвазивних видів рослин на прилеглі території, в т.ч. і у природні біотопи.

Важливим фактором, що сприяє біологічному забрудненню довкілля також є відсутність як законодавчого підґрунтя, так і розробленої системи контролю, механізмів та засобів реалізації заходів контролю за інвазійними видами державного або ж регіонального рівня. За останніми оцінками нині рівня інвазивних на території Закарпаття досягнув 31 вид судинних рослин, серед яких, крім вже вище згаданих – *Asclepias syriaca*, *Echinocystis lobata*, *Impatiens parviflora*, *Rudbeckia laciniata*, *Salix fragilis*, *Solidago gigantea* тощо (Додаток 4; Шевера та ін., 2017). Як показують численні дослідження, вже сьогодні інвазійні види проникли майже у всі типи природних біотопів Закарпаття по всьому висотному градієнту – від рівнини до високогір'я, вносячи суттєві зміни в їхню структуру та функціонування (Protoropova,

Shevera, 1998; Prots, 2013; Prots, Simpson, 2011; Simpson, Prots, 2013; Вихор, Проць, 2012, 2014; Шевера та ін., 2017; Протопопова, Шевера, 2019). Згідно отриманих даних, найбільшого впливу від поширення інвазійних видів зазнають лісові типи біотопів, насамперед рівнинні та прирічкові. Так в заплавах вербово-тополевих лісах-галереях, поширених у пониззях річок, виявлено більш або менш значні колонії 11 інвазійних видів, в прирічкових ясенево-вільхових лісах – дев'ять видів, заплавах в'язово-ясеневих дібровах на Закарпатській низовині – вісім видів, в лісах біотопу субпаннонських грабових дібров, що формують головні площі рівнинних лісових урочищ – сім видів. Загалом у лісових біотопах Закарпаття виявлено 17 інвазійних видів рослин (Кліматогенні зміни..., 2016; Шевера та ін., 2017). Місцями експансія цих видів може набувати тотального характеру, повністю вкриваючи суцільним наметом трав'яний ярус та чагарниковий підлісок, як, до прикладу, в ряді лісових урочищ рівнини – зарості *Vitis riparia* на окремих ділянках масивів в'язово-ясеневих дібров. Тому глобальним наслідком вкорінення інвазійних видів рослин у природні рослинні угруповання є збіднення їхнього видового складу, порушення структури, що, врешті-решт, може призвести до суттєвим змін у найбільш вразливих екосистемах регіону.

Одним із перших кроків у справі розробки і організації заходів контролю за фітоінвазіями в регіоні та законодавчого розв'язання проблеми на державному рівні сьогодні є прийнятий Закарпатською обласною радою перший в Україні регіональний “Перелік інвазійних видів рослин Закарпатської області”, затверджений рішенням № 721 сесії від 23 березня 2017 року і, згодом, опублікований (Додаток 4; Шевера та ін., 2017). Список, нараховує 31 вид інвазивних судинних рослин, які підлягають моніторингу та контролю. Є сподівання, що згаданий перелік стане основою подальших моніторингових досліджень у регіоні та сприятиме розробленню і впровадженню ефективних заходів контролю інвазійних видів рослин в області.

Сьогодні подібні переліки укладені ще для кількох областей України, затвердження яких, втім, в силу різних причин відкладено. Всі вони разом з розробленими місцевими планами дій можуть стати підґрунтям для української загальнодержавної програми боротьби з інвазіями. Також нагальними на часі є прийняття Національної стратегії запобігання й контролю інвазій та подальшого пакету документів для формування законодавчої основи моніторингу, дослідження, способів запобігання, контролю інвазій, дослідження біоекологічних особливостей на регіональному рівні та наступною розробкою плану дій до вирішення проблеми захисту від інвазій – невідкладних заходів, до яких повинні долучитися різноманітні науково-дослідні та

природоохоронні інституції. Ігнорування та відтермінування розробки і впровадження плану дій запобігання, контролю й захисту від інвазій може мати вкрай негативні та непередбачувані наслідки на здоров'я населення та на довкілля, насамперед на природні екосистеми.

Досить потужним видом біологічного забруднення екосистем є також інвазії видів тварин. Як вже відмічалось вище, регіон розташований на стику кордонів декількох країн, тому основними способами проникнення інвазійних видів тварин є транскордонні переміщення вантажів і завезення рослинного посадкового матеріалу (саджанці плодових та декоративних рослин тощо).

В останні роки спостерігається стрімке зростання чисельності інвазійних видів безхребетних, як то іспанський слимак (*Arion vulgaris*), сонечко-арлекін (*Harmonia axyridis*), західний кукурудзяний жук (*Diabrotica virgifera virgifera*), самшитова вогнівка (*Cydalima perspectalis*), каштанова мінуюча міль (*Cameraria ochridella*), *Phyllonorycter robiniella*, *Phyllocnistis vitegenella*, *Scaphoideus titanus* та деяких інших (Мірутенко та ін., 2023).

Більшість з цих видів, за виключенням *Harmonia axyridis*, є фітофагами і в результаті своєї харчової активності спричиняють пошкодження сільськогосподарських, лісових та декоративних рослин. Отже, є причиною досить вагомих збитків для сільськогосподарських підприємств та місцевих громад.

Натомість *Harmonia axyridis* – хижий жук з родини *Coccinelidae*, який досить «агресивно» конкурує з місцевими видами-хижаками і є однією з причин зменшення чисельності аборигенних видів в екосистемах, що в свою чергу, відображається на стані біорізноманіття регіону загалом.

Також в регіоні відмічені численні інвазії хребетних тварин. Зокрема з'явилися інвазійні види риб – сонячний окунь (*Lepomis gibbosus*), товстолоб строкатий (*Aristichthys nobilis*), ротань (*Perccottus glehni*), амурський чебачок (*Pseudorasbora parva*) (Бондар, Куртяк, 2017; Kurtyak, 2018), сомик чорний (*Ameiurus melas*), сомик коричневий (*Ameiurus nebulosus*) та деякі інші (Görner et al., 2014); плазунів – черепаха червоновуха (*Trachemys scripta*) (Куртяк, Куртяк, 2013; Hleba, 2016) та ссавців – ондатра болотяна (*Ondatra zibethicus*) (Görner et al., 2014).

Інвазії хребетних тварин відбувалися дещо іншими шляхами. Найбільш імовірно, що ці види могли бути завезені випадково при акліматизації інших видів, ікра деяких видів риб була занесена перелітними водоплавними птахами, а що стосується черепахи червоновухої, то, очевидно, що цей вид був завезений як декоративний, але з часом окремі власники тераріумісти випускали їх у природні водойми.

Вплив інвазійних видів на навколишнє середовище здійснюється в першу чергу через зміни біорізноманіття. Всі зазначені інвазійні види спричиняють конкурентний тиск на аборигенні види, що в результаті призводить до зменшення чисельності популяцій останніх і до порушення природного стану місцевих екосистем. Багато інвазійних видів викликають ланцюгові реакції в угрупованнях та/або впливають як на біотичні, так і на абіотичні компоненти екосистем.

Інвазійні види здатні змінювати екосистемні послуги, впливаючи на популяції, угруповання, екосистемні процеси та спричиняючи певні абіотичні зміни. Практично всі екосистемні послуги можуть зазнавати негативного впливу інвазійних видів.

Список використаних джерел:

1. Бондар П.П., Куртяк Ф.Ф. Зміни складу іхтіофауни Закарпатської області України за останні 100 років // Матеріали Всеукраїнської зоологічної конференції «Фауна України на межі ХХ–ХХІ ст. Нові концепції зоологічних досліджень». 12–16 вересня 2017, Харків: тези доповідей. Харків, 2017. – С. 100–101.
2. Вихор Б.І., Проць Б.Г. Борщівник Сосновського (*Heracleum sosnowskyi* Manden.) на Закарпатті: екологія, поширення та вплив на довкілля // Біологічні студії. – 2012. – Т. 6, № 3. – С. 185–196.
3. Вихор Б., Проць Б. Вплив інвазійних видів рослин на природні та напівприродні типи оселищ Закарпаття // Біологічні студії. – 2014. – Т. 8, № 3-4. – С. 221–232. Протопопова В.В., Мосякін С.Л., Шевера М.В. Фітоінвазії в Україні як загроза біорізноманіттю: сучасний стан і завдання на майбутнє. – К.: Ін-т ботан. НАН України, 2002. – 32 с.
4. Кваковська І.М. Аналіз синантропної флори Ужанського національного природного парку // Наук. зап. Держ. природознавч. музею. – Львів, 2008. – Вип. 24. – С. 109–114.
5. Кваковська І.М. Флора Ужанського національного природного парку, її аналіз та охорона: автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.05 / Нац. акад. наук України, Ін-т ботаніки ім. М. Г. Холодного. – К., 2012. – 20 с.
6. Кліматогенні зміни рослинного світу Українських Карпат: монографія / Дідух Я. П., Чорней І. І., Буджак В. В., Токарюк А. І., Кіш Р. Я., Протопопова В. В., Шевера М. В., Козак О. М., Контар І. С., Розенбліт Ю. В., Норенко К. М.; наук.ред. Я. П. Дідух, І. І. Чорней. – Чернівці: Друк Арт, 2016. – 280 с.
7. Куртяк Ф.Ф., Куртяк М.Ф. Червоновуха прісноводна черепаха *Trachemys scripta elegans* (Wied 1839) (Reptilia; Testudines), як інвазивна загроза на Закарпатті // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія, Вип. 34, 2013, С. 58–62.
8. Мірутенко В., Фурик Ю., Ловас П., Демчинська М., Савчин Н., Чумак В., Гуца О., Гусар М. (2023) Знахідки деяких інвазійних видів безхребетних тварин на території Закарпатської області // Знахідки чужо-

- рідних видів рослин та тварин в Україні. Серія: «Conservation Biology in Ukraine». Вип. 29. Чернівці, Друк Арт, С. 305-307.
9. Протопопова В.В., Мосякін С.Л., Шевера М.В. Вплив адвентивних видів рослин на фітобіоту України. // Оцінка і напрямки зменшення загроз біорізноманіттю України. – Київ: Хімджест, 2003. – С. 129–155.
 10. Протопопова В.В., Шевера М.В. Фітоінвазії. I. Аналіз основних термінів // Пром. ботан. – 2005. – Вип. 5. – С. 55–60.
 11. Протопопова В. В., Шевера М. В. Інвазійні види у флорі України. I. Група високо активних видів // Geo & Bio. – 2019. – Т. 17. – С. 116-135.
 12. Протопопова В.В., Тюх Ю.Ю., Шевера М.В. Характеристика адвентивної фракції флори Національного природного парку «Синевир» // В кн.: Проблеми екологічної стабільності Східних Карпат: матер. міжнар. наук.-практ. конф. (24—27 червня 1999, Синевир, Україна). – Синевир, 1999. – С. 157—158
 13. Шевера М.В., Протопопова В.В., Томенчук Д.Є., Андрик Є.Й., Кіш Р.Я. Перший в Україні офіційний регіональний список інвазійних видів рослин Закарпаття // Вісн. НАН України. – 2017. – 10. – С. 53-61.
 14. Шевера М.В., Протопопова В.В., Мигаль А.В., Тюх Ю.Ю., Дербак М.Ю. Інвазивні види у флорі Національного парку «Синевир» // Національний парк «Синевир». Історія та сьогодення. – Ужгород: ТДВ «Патент», 2019. – С. 161-164.
 15. Chornesky E. A., Randall J. M. The threat of invasive alien species to biological diversity: Setting a future Course // *Annales of Missouri Botanical Garden*. – 2003. – 90, 1. – P. 67–76.
 16. Davis M. Biotic Globalization: does competition from introduced species threaten biodiversity? // *BioScience*. – 2003. – 53. – P. 481–489.
 17. Hleba V. 2016 *Trachemys scripta* Image ID # 37986 In: UkrBIN: Ukrainian Biodiversity Information Network [public project & web application]. UkrBIN, Database on Biodiversity Information. Available from: https://ukrbn.com/show_image.php?imageid=37986
 18. Genovesi P., Shine C. European strategy on invasive alien species: Convention on the Conservation of European Wildlife and Habitats (Bern Convention). – Council of Europe Press, 2004.
 19. Görner T., Botta-Dukát Z., Heltai M., Fehér Z., Márton M., Patkó L., Kuciel H., Solarz W., Szewczyk M., Schneider E., Olosutean H., Banaduc A., Dumbravă A., Lazarević P., Baković D., Zatezalo A., Branković S., Gojdičová E., Krištín A., Kautman J., Vavrová L., Urban P., Zach P., Kulfan J., Voloshchuk M., Kozurak A., Kurtiak F., Chumak V. // Draft list of invasive alien species of the Carpathian Region. Ed. J. Kadlečík. The State Nature Conservancy of the Slovak Republic, Banská Bystrica, Slovakia. 2014, P.: 228-234.
 20. Kurtyak F. Changes in composition of ichtiofauna of basin of the river Tisa within Ukraine for the last 100 years // *Sborník abstraktů z konference «Zoologické dny Praha 2018»*. 8-9, února 2018. – P. 126–127.
 21. McNeely, J.A., H.A. Mooney, L.E. Neville, P. Schei, and J.K. Waage (eds.). *A Global Strategy on Invasive Alien Species*. – IUCN on behalf of the Global Invasive Species Programme, Gland, Switzerland, and Cambridge, UK, 2001. – 1-62 p.

22. Protopopova V., Shevera M. Expansion of alien plants in riverside in Tisa river basin (Transcarpathia). // *Thaiszia – J. Bot.* – 1998. – 8, 2. – P. 33-42.
23. Protopopova V., Shevera M. *Heracleum mantegazzianum* Sommier et Levier in Ukraine. The ecology and management of the Giant Alien *Heracleum mantegazzianum*. Final Inter. Workshop of the «Giant Alien» Project: programme and proceedings (21—23 Feb. 2005, Giessen). P. 26.
24. Prots B. Invasion success of alien plant species in the Carpathian region of Ukraine // *Scientific Herald of Chernivtsi University. Biological systems.* – 2013 – 5, 1. – P. 116-121.
25. Prots B., Simpson M. Habitats suitability of highly invasive plants species in Ukrainian part of the Upper Tysa basin // *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research.* – 2011. – 11. – P. 95-108.
26. Simpson M., Prots B. Predicting the distribution of invasive plants in the Ukrainian Carpathians under climatic change and intensification of anthropogenic disturbances: implications for biodiversity conservation // *Environ. Conser.* – 2013. – 40, 1. – P. 1-15.
27. Zavalova L.V., Protopopova V.V., Kucher O.O., Ryff L.E., Shevera M.V. Plant invasions in Ukraine // *Environmental & Socio-economic Studies.* – 2021. – 9 (4). – P. 1-13.

Розділ 9.

ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА ЕКОСИСТЕМИ ЗАКАРПАТТЯ ТА ЗАХОДИ З АДАПТАЦІЇ

(Станкевич-Волосянчук О.)

Найбільш помітними наслідком змін клімату для нашого краю є не поступове потепління, хоча вже очевидними стали малосніжні теплі дощові зими. Найбільш помітними є незвичайні або аномальні погодні та атмосферні явища – хвилі тепла, «тропічні ночі», град, шквальні вітри, тривалі засухи, дуже сильні дощі, надзвичайно спекотні дні. В майбутньому область очікуватимуть частіші повені та паводки, які чергуватимуться із засухами. Тому основним завданням для мінімізації наслідків змін клімату є впровадження комплексних заходів, спрямованих на затримання дощових вод у природних, агро- та урбоекосистемах.

Адаптація до зміни клімату – це пристосування до наявних або очікуваних ризиків, спричинених зміною клімату. Вчасні заходи з адаптації створюють додаткові можливості та дозволяють зекономити витрати на боротьбу з наслідками зміни клімату. Умовно кажучи, інвестування в адаптацію до змін клімату заощаджує третину витрат на ліквідацію наслідків у вигляді природних лісових пожеж, руйнівних паводків, зсувів, селів, потребу в енергоресурсах та продовольстві, охорону здоров'я та лікування людей (Адаптація до змін клімату, 2015; Дідух, 2009).

Урбосередовище

До основних негативних наслідків змін клімату, які проявляються у містах, належать: 1) тривалі «хвилі тепла» (періоди, протягом яких максимальні добові температури повітря понад 6 послідовних днів перевищують середні максимальні температури повітря для конкретного населеного пункту в конкретний сезон); 2) поява днів з «тропічними ночами» (явище, коли температура повітря після заходу сонця не опускається нижче + 25 °C) (Сафранов та ін., 2021; Шевченко, Власюк, 2015); 3) підтоплення в наслідок зливових опадів або паводків; 4) урагани, шквали, град (Кирби, 2020); 5) деградація та ско-

рочення площ зелених насаджень; 6) погіршення якості питної води та її дефіцит; 7) поширення раніше рідкісних інфекційних хвороб та алергічних реакцій тощо.

Все це негативно впливає на стан довкілля у населених пунктів, особливо, коли мова йде про міста, де живе багато людей, де є квартали висотної житлової забудови, дороги, транспортні розв'язки. Міста стають більш енергозалежними саме у літній період, коли для комфортного проживання є необхідним кондиціонування приміщень, додаткове зволоження вулиць та встановлення кюветів з питною водою. Хвилі тепла дуже важко переносять люди із серцево-судинними захворюваннями, іноді наслідком таких погодних умов є часті звернення у поліклініки, лікарні, а також летальні випадки. Подовження вегетаційного періоду алергічних рослин, поширених в урболандшафтах, також завдають неприємностей алергікам.

Усі ці негативні наслідки можна пом'якшити, одночасно суттєво оздоровивши середовище проживання людей. Стратегія та план здійснення заходів, спрямованих на адаптацію до змін клімату повинна бути розроблена для кожного міста. Це визначатиме не лише локальну кліматичну політику, але й конкретні кроки, які повинно зробити місто, виходячи з актуальних для нього умов і проблем. Водночас є заходи, універсальні для кожного міста. Ці заходи спрямовані на: 1) збільшення площ зелених насаджень; 2) збереження дощової води в екосистемах міста; 3) розвиток розподіленої ВДЕ-електрогенерації (Станкевич-Волосянчук, 2021); 4) оптимізація використання питної та технічної води; 5) розвиток громадського транспорту.

Збільшити площу зелених насаджень для кожного міста, особливо в історичних центрах міста, у кварталах багатоповерхової житлової забудови чи промислових кварталах, не завжди вдається. Однак існує не менш ефективне рішення, яке полягає у вертикальному озелененні урбосередовища. Вертикальне озеленення можна успішно використовувати як у вже існуючих парках, скверах, садках приватних садиб через живопліт, перголи (рис. 9.1) тощо, так і в районах цільної житлової чи офісної забудови чи промислової зони через зелені фасади (рис. 9.2.), зелені стріхи, парклети (рис. 9.3).

Вертикальним озелененням урбосередовища досягається одразу кілька цілей: очищення повітря та зменшення кількості вуглекислого газу у повітрі, продукування кисню, охолодження поверхонь через випаровування води. Доведено, що на сонці бетонні, керамічні чи асфальтові поверхні нагріваються вище 50 °С, а вкриті зеленню – до 27-28 °С. Вертикальне озеленення не лише суттєво покращує мікроклімат та якість атмосферного повітря у містах, але й нівелює потребу у кондиціонуванні приміщень у будинках.



Рис. 9.1. Пергола з екстенсивним зеленим фасадом та живопліт у м. Еберсвальде, Німеччина (Фото автора)



Рис. 9.2. Екстенсивний та інтенсивний зелений фасад у м. Брно, Чехія (Фото автора)



*Рис. 9.3. Зелена стріха у м. Брно, Чехія (фото автора)
та парклет у м. Сан-Франциско у США (фото з Інтернету)*

Збереження дощової води у містах, яка в період сильних дощів нерідко призводить до колапсу міської каналізаційної системи та підтоплення міста, можна вирішити в інший спосіб (Кравчак та ін., 2010). Зокрема, це: 1) створення водопроникних поверхонь у місцях паркування авто, на доріжках у парках, скверах, майданчиках; 2) створення дощових садків та канав (Каталог зелених рішень, 2021), які здатні поглинати й затримувати до 90% зливових вод; 3) збереження різнотрав'я на газонах; 4) збір дощової води з дахів у природні та штучно створені водойми чи у наземні/підземні ємності (резервуари).



*Рис. 9.4. Паркінги з водопроникною поверхнею та
дощова канава (фото з Інтернету)*



Рис. 9.5. Різнотрав'я на газонах (фото з Інтернету) та озеро, створене дощовими водами з дахів багатоповерхівок у м. Новий Лісковець, Чехія (фото автора)

Усі ці заходи затримують дощову воду у місті, створюючи здоровий мікроклімат у період засухи (рис 9.4-9.5). У період злив вода накопичуватиметься не на асфальті та бетонних поверхнях, забиваючи зливи каналізаційної системи, а проникатиме у ґрунт та накопичуватиметься у створених мікроекосистемах (Kravčík et al., 2007). Заміна стрижених газонів на газони з різнотрав'ям, яке імітує природні луки, має на меті не лише досягнути естетичного ефекту, але й зниження температури на поверхні (стрижений газон не випаровує достатню кількість води для охолодження і без додаткового поливу вигорає) та збереження біорізноманіття.

Розвиток локальних мереж ВДЕ-електрогенерації у населених пунктах дозволяє не лише зменшити енергозалежність громад від центральних електромереж, але й досягти енергопасивності бюджетних установ та житлового фонду. Окрім того, малі (потужністю до 1 МВт) та домові дахові СЕС (до 30 кВт) дозволяють закрити великі площі поверхонь плоских дахів та дахів з малим ухилом вкритих руберойдом чи металопластом, які перегріваються, поглинаючи сонячне тепло. Ці площі можна використати для генерації електроенергії (рис. 9.6).



Рис. 9.6. Створення затінку та генерація електроенергії в аеропортах м. Медфорд, США та м. Тбілісі, Грузія (фото автора)

Водне господарство

Часто зазначають, що адаптація у галузі водних ресурсів є основою політики адаптації до змін клімату (Масей, 2012). При цьому будь-які заходи у цій галузі не можуть розроблятись, ігноруючи комплексний підхід, який включатиме питання лісового та сільсько-го господарства, промисловості, житлово-комунальної сфери та збереження біорізноманіття. У найближчому майбутньому Закарпаття зіткнеться з проблемою паводків та тривалих засух. Тому захист населення від руйнівної сили паводків, а також забезпечення його якісною водою у всі сезони, є основним завданням.

Тож як зробити так, щоб область залишалась з водою цілий рік і не потерпала від руйнівних паводків? Будівництво гребель та водосховищ – це останній захід у переліку таких, оскільки ці гідротехнічні споруди не ліквідовують причин збільшення поверхневого стоку у

річки під час опадів, а лише тимчасово пом'якшують наслідки. Більше того – через створення додаткового базису ерозії та зміну природного гідрологічного режиму вони призводять до подальшої деградації річкових екосистем та до втрати біорізноманіття (Мережко, Хімко, 1999; Станкевич-Волосянчук, 2017). Тому починати потрібно з аналізу причин обміління річок та зниження ґрунтових вод, зокрема з осушення боліт, неконтрольованого забору гравійно-піщаної суміші з русел річок, неналежного утримання систем меліоративних каналів, забудови заплав, руйнації та ущільнення ґрунтів на гірських схилах в результаті роботи важкої техніки під час лісозаготівлі та неконтрольованого джипінгу у лісах та полонинах тощо.

Струмки і потоки, як притоки річок останнього порядку, зазнають негативного впливу трелювальної техніки під час лісозаготівлі та моторизованого транспорту, зокрема джипінгу у горах. Однак саме у гірських лісах та на полонинах формується стік річки, тому цілісність цих екосистем є важливою для стабільності режиму усєї річки. Руйнівна сила паводку у нижній течії є прямо пропорційною гідрологічному стану верхньої течії (Клименко, 2010). Тому заходи з пом'якшення впливу паводків повинні стосуватися не нижньої течії річки, де знаходяться більшість населених пунктів області, а, у першу чергу, верхньої течії, зокрема водозборів, де формується стік. Ці заходи мають бути спрямовані на недопущення збільшення поверхневого стоку в результаті руйнації ґрунту. Дощові і талі води повинні залишатись на полонинах та у лісах, формуючи підземний водоносний шар, акумулюючись у верхових озерах та лісових водоймах, мочарах, болотах (Kravčík et al., 2007). Такі заходи мають базуватись на інтегрованому підході до водного менеджменту і відображатись у *Плані управління річковим басейном р. Тиса*.

Основні заходи повинні бути спрямовані на ревіталізацію боліт, заплав та меандрів річок, де це можливо. У Закарпатті переважна кількість гірських річок є вільно текучими і це є перевагою для адаптації до змін клімату. Цілісні річкові екосистеми здатні краще пристосовуватись до будь-яких кліматичних змін. Не даремно в рамках реалізації Стратегії біорізноманіття ЄС для 2030 року країни ЄС планують відновити вільну течію 25 тисяч кілометрів річок, щоб гарантувати нормальне водозабезпечення навколишніх регіонів. У контексті реалізації цієї стратегії в грудні 2021 року Єврокомісією було затверджено Методичне керівництво з ліквідації гребель для відновлення вільних течій річок, яке тлумачить термін «вільно текучі річки» / «free-flowing rivers», як річки або інші поверхневі водні об'єкти (наприклад, озера), які не ушкоджені штучними бар'єрами і не від'єднанні від їх заплави (Guidance on Barrier Removal for River Restoration, 2021). Тому при роз-

робіті плану заходів у рамках Плану управління річковим басейном р. Тиса необхідно, там, де це можливо, уникати водорегуляційних заходів. Це стосується будівництва гідротехнічних споруд типу підпірних гребель, які сегментують річку та сповільнюють її природну течію, а також дамб вздовж русел, які штучно відмежовують русло із заплавою річки (Каталог природо орієнтованих рішень, 2021).

Кожен населений пункт в області, відповідно до Водного кодексу України, також повинен мати *карти загроз затоплення території* (відображають території, які можуть бути затопленими внаслідок затоплення з низькою, середньою та високою імовірністю) та *ризиків затоплення території* (відображають потенційні негативні наслідки, пов'язані із затопленнями з низькою, середньою та високою імовірністю), й відповідно до них здійснювати просторове планування.

Також необхідно поступово переходити до циркулярної економіки: сприяти зниженню споживання води у промисловості, енергетиці, сільському господарстві та побуті через застосування субсидій, податків і штрафів. Наприклад, необхідно заохочувати як суб'єктів господарювання, так і власників домогосподарств збирати і використовувати дощову воду, встановлювати системи очищення води з умивальників з подальшим її використанням у якості технічної води. Так можна досягти скорочення використання питної води для технічних потреб або поливу.

Лісове господарство

Майже половина території Закарпатської області вкрита лісами, лівова частка яких є гірськими. Це означає, що практично весь стік води у річки формується у верхів'ї на лісових площах (Чубатий, 1984; Гудима, 2019). Цілісність ґрунту та лісової підстилки у лісах, а також рослинного покриву на схилах є запорукою водорегуляційної функції лісу (Букша, 2002; Букша та ін., 2000). Ліси впливають на клімат й водночас зміни клімату впливають на ліси.

Сьогодні в області існує проблема всихання ялинових монокультур, насаджених на місці бучин, а також суттєвого осушення дібров на рівнині та у передгір'ї. Проблема всихання ялини пов'язано з загальним потеплінням та поширення шкідників і хвороб у ялинових монокультурах. Ця проблема розв'язується застосуванням комбінованих систем рубок, спрямованих на формування корінних різновікових насаджень, які є більш стійкими до змін клімату. З дібровами передгір'я та рівнинної частини Закарпаття ситуація значно складніша. Вона пов'язана з водним режимом річок.

В останні десятиліття постерігається збільшення поверхневого стоку води у горах та швидке формування паводку під час сильних

дощів, хоча площа заліснення території є відносно високою (більше 70 %), зокрема у басейні р. Уж (Barka et al., 2015) та у верхній течії р. Тиса. Та не дивлячись на це ліси Карпат стрімко втрачають воду.

Мова йде про дуже щільну розгалужену мережу лісових доріг, зокрема тимчасових та трельовальних волоків на лісосіках, які сегментують лісовий ландшафт, ущільнюють ґрунт та «меліорують» лісові масиви (рис. 9.7). Саме ці лісові дорогий волокни відіграють роль «каналів», по яких потоками стікає вода під час дощів, а також в період сніготанення. Пошкоджений важкою лісовою технікою та ущільнений ґрунт не може увібрати в себе воду. Так ліс втрачає воду, так формуються паводкові хвилі, які зносять усе на своєму шляху (рис. 9.8). Чим більша площа такого ущільненого ґрунту, тим більше знижується роль лісів у водорегуляції. Втрата лісом води в результаті може призвести не тільки до заміни домінуючих порід, але й до зменшення річного приросту та продуктивності лісів Карпат.



Рис. 9.7. Мережа лісових доріг та трельовальні волокни на лісосіці, де проводилась суцільна рубка в околицях с. Гукливий, Закарпаття (фото автора)

Вирішення цієї проблеми досягається заходами з рекультивації лісових доріг та волоків після закриття лісосіки. Такі роботи виконуються також важкою технікою – бульдозером. Мета таких робіт – розпушити ґрунт для підвищення його водопроникності та формувати

потрібний мікрорельєф на схилах різної крутизни, який дозволить спрямовувати дощову і талу воду на непорушену лісову підстилку лісу та/або накопичувати її у створених лісових мікроводоймах (рис. 9.9). Так само відбувається й у пралісах – вивернуті з корінням старі дерева утворюють характерний мікрорельєф. У заглибинах від вивернутого коріння, накопичується волога та живуть і розвиваються різні біологічні організми – від грибів до хребетних тварин (Станкевич-Волосянчук та ін., 2022). Такі мікроводойми є місцем розмноження кумки жовточеревої та тритонів карпатського й альпійського, які занесені до Червоної книги України. Ці ж приваблюють на годівлю, наприклад, лелеку чорного, теж червонокнижний вид, який сьогодні дуже потерпає від обезводнення лісів. Таким чином, рекультивація лісових доріг дозволяє не тільки зберегти воду у лісі, але й біорізноманіття лісових видів.



Рис. 9.8. Трелювання лісу лісовими дорогами та потоки води по цих дорогах у вологий період, ДП «Брустурянське ЛМГ» та ДП «Ясінянське ЛМГ» (фото автора).

Інші заходи з затримання води у лісі стосуються будівництва власне лісових доріг, які сьогодні лісгосподарськими підприємствами практично не будуються. Технологія будівництва лісових доріг передбачає будівництво бічних водостоків з системою колодязів, куди стікається вода і трубою під дорожнім полотном виводиться у ліс. Вздовж дороги з дерева або бетону будуються водоперепускні лотки, які також відводять воду в ліс і запобігають розмиву дороги.

Для затримання поверхневого стоку у лісі в ерозійних ярах чи тимчасових потоках будують каскад загат із дерева, каменю чи бетону (рис. 9.10). Це дозволяє затримати воду під час найбільших злив, запобігаючи утворенню потужних паводкових хвиль. Такими заходами вдається зупинити ерозійні процеси ґрунту та задернити його поверхню. З часом на таких місцях рельєф вирівнюється, на місці ярів з'являється ліс.



Рис. 9.9. Рекультивація лісових доріг та волоків після виконання лісосічних робіт у Чеській Республіці (фото з сайту www.aqua-inova.com)



Рис. 9.10. Каскад загат у лісових ярах, які є наслідком ерозії ґрунту, та у тимчасових потоках у Словаччині (фото автора)

Завдяки таким заходам дощова і тала вода потрапляє у річки поступово. Вона встигає наситити водою ґрунт і підземні горизонти та профільтруватись.

Деякі лісогосподарські підприємства у країнах ЄС практикують збирати дощові води з лісосік, де недавно проведено лісовідновлення, та з лісових доріг у спеціально створені лісові водойми. Такі заходи є досить вартісними, тому не кожне лісогосподарське підприємство може собі їх дозволити. Ці водойми можна використовувати також як джерело води у разі лісових пожеж (рис. 9.11).



Рис. 9.11. Лісова водойма, створена дощовими водами на території лісогосподарського підприємства у Словаччині (фото автора)

У США Закон про чисту воду вимагає від лісогосподарських підприємств ретельно підходити до планування рубок у лісах, враховуючи усі лісові водотоки. Це так званий інтегрований водозбірний принцип управління лісовими ресурсами, метою якого є підвищення гідрологічної ролі лісів (Best Management Practices for Forestry, 2005).

Водозбір – це вся суша та водойми, з яких вода стікає до певної точки. Можна визначити територію водозбору для озера, струмка, річки. Розмір територій водозбору коливається від кількох акрів (для маленького струмка) до сотень гектарів (для великої річки). Під час планування рубок гідрологи лісогосподарських підприємств у США досліджують звідки надходить і стікає вода на території того водозбору, де плануються лісосічні роботи. Площа рубок та будівництва доріг на високих висотах може вплинути на кількість і час стоку на

нижчих висотах в межах одного й того ж водозбору. Коли стає зрозуміло, де, коли та скільки води тече в районі рубки, гідрологами визначається найкраще місце розташування доріг і волоків з мінімальною шкодою для довкілля.

Після проведення рубки з врахуванням особливостей водотоків у межах водозбору, в американських лісгоспах здійснюються рекультиваційні роботи на лісосіці. Через рік проводиться моніторинг та оцінювання досягнутого результату.

Сільське господарство

Зміни клімату впливають також на сільське господарство. З одного боку, подовження вегетаційного періоду та ще м'якші зими дозволяють вирощувати у Закарпатті раніше екзотичні для нашого клімату фрукти, такі, як фігу, ківі та хурму. З іншого – сільське господарство потребує систем крапельного поливу, засобів боротьби зі шкідниками та хворобами, через нестійкість звичних для нас сортів до нових умов. Раптові стихії також стають викликом для сільського господарства, так як це суттєво впливає на врожай. Для Закарпаття зміна клімату може також стати відчутною через виноробство. Наприклад, європейці першими відчували зміну клімату на побутовому рівні, адже французькі вина, які століттями вважалися еталонними, стрімко змінюють свої властивості (якість) разом зі зміною клімату (Адаменко, 2019).

Не тільки клімат впливає на сільське господарство, але й навпаки. Виробництво сільськогосподарської продукції призводить до викидів трьох парникових газів: вуглекислого газу метану та оксиду азоту. На сільське господарство припадає майже половина світового обсягу викидів двох найбільш потужних парникових газів після вуглекислого: оксиду азоту і метану. Оксид азоту утворюється при мікробіологічних і хімічних перетвореннях органічної речовини, як в окислювальних (нітрифікації) так і відновлювальних реакціях (денітрифікації). Обсяг викидів залежить від типу ґрунтів, вологості, температури і системи обробітку ґрунту. Метан утворюється в результаті переробки мікробами в анаеробних умовах органічної речовини в травному тракті жуйних та інших тварин (кишкова ферментація), при зберіганні органічних добрив, а також при всіх перетворювальних процесах в умовах браку кисню у повітрі.

Заходи з адаптації сільського господарства до змін клімату повинні полягати у таких заходах: 1) пошук можливостей для виробництва та використання відновлюваних джерел енергії у господарстві (тепло та електроенергія, згенеровані за допомогою вітру, сонця, біомаси, біогазу). Особливо це важливо для тваринницьких господарств, або господарств, які вирощують птицю. Накопичені відходи тваринни-

цтва мають стати основою виробництва біометану; 2) вирощування низькорослих рослин та рослин, що затримують біогенні елементи, щоб після збору врожаю не залишався оголений ґрунт; 3) вирощування багаторічних трав як частини сівозміни; 4) зменшення оранки, застосовування системи нульового обробітку ґрунту (No-Till) та інші відновлювальні агропрактики; 5) надання переваги органічним добривам (перегною та компосту); 6) запобігання водній ерозії; 7) вирощування ґрунтопокривних культур (редьки, гірчиці), які очищують ґрунт від нематод, дротяників та патогенних мікроорганізмів, збагачують землю комплексом корисних речовин і є антагоністами пирію. Вони зменшують ерозію ґрунту внаслідок сильних дощів і повеней, допомагають краще утримувати вологу в ґрунті під час посухи; 8) надання переваги місцевим сортам культур, які є менш вибагливими до клімату та стійкіші до хвороб. Наприклад, у деяких країнах Європи (Швейцарії, Чехії) фермери повернулись до вирощування спельти – менш врожайного виду пшениці, але яка є більш стійкою культурою в умовах змін клімату. Спельту вирощують також малі фермерські господарства у Закарпатті та у Львівській області.

Список використаних джерел:

1. Адаменко Т. Зміна клімату та сільське господарство в Україні: що варто знати фермерам? – Київ, 2019. – 36 с.
2. Адаптація до зміни клімату. Брошура для тих, хто хоче дізнатись про це більше, а також тих, хто хоче діяти. – АССРКР «ФОРЗА», 2015. – 40 с.
3. Букша І. Ф. Внесок лісового господарства України у зменшення ризику зміни клімату// Деякі аспекти глобальної зміни клімату в Україні: збірник статей. – Ініціатива з питань зміни клімату. – К.: 2002. – С. 132–148.
4. Букша І.Ф., Пастернак В.П., Бондарук Г.В. Сценарне моделювання та прогноз динаміки лісових ресурсів при змінах клімату//Лісівництво і агролісомеліорація. – 2000. – Вип.98. – С. 44–52.
5. Гірські ліси – регулятори водного режиму / О.В. Чубатий. – Ужгород: Вид-во «Карпати», 1984. – 104 с.
6. Дідух Я. Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дії / Вісник Національної академії наук України. – 2009. – №2. – с. 34-44.
7. Каталог зелених рішень / авт. кол.: А. Зозуля, М. Рябика. – Львів: ПЛАТО, 2021. – 62 с.
8. Каталог природоорієнтованих рішень / авт. кол.: М. Рябика, О. Гусакова, А. Зозуля, А. Бушовська та ін. – Львів: УКМ, 2021. – 116 с.
9. Кирби А. Клімат в опасости // Под ред. К. Штулбергер, К. Геберлайн. – UNEP, 2020. – 64 с.
10. Клименко В. Г. Гідрологія України: Навчальний посібник для студентів-географів. – Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2010 . – 124 с.

11. Кравчik М., Когутяр Ю., Ковач М. та ін. Вода без кордонів. Вода та кліматична стабільність регіону (переклад зі словацької). – Кошіце, 2010. – 176 с.
12. Масей Е. Е.. Досвід Європейського Союзу в адаптації до зміни клімату та застосування його в Україні. – ОБСЄ, 2012. – 40 с.
13. Мережко О. І., Хімко Р. В. Річки Карпат. – Київ, 1999. – 124 с.
14. Сафранов Т. А. Особливості динаміки хвиль тепла в окремих містах України / Т. А. Сафранов, Г. П. Катеруша, О. В. Катеруша, Яраї Камбіз // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, серія «Геологія. Географія. Екологія», 2021. – Вип. 55. – С. 232-244. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-17>
15. Основні чинники водного режиму та їх роль у формуванні паводків / В. Д. Гудима – 25 травня 2019. – режим доступу: <http://ukrrimf.org.ua/uk/osnovni-chinniki-vodnogo-rezhimu-ta-yih-rol-u-formuvanni-pavodkiv/>
16. Станкевич-Волосянчук О. Проблемы строительства малых ГЭС на горных реках Карпат // Интегрированное управление трансграничным бассейном Днестра: платформа для сотрудничества и современные вызовы: Метериалы международной конференции (Тирасполь, 26-27 октября 2017). – 2017. – С. 356-359.
17. Станкевич-Волосянчук О. Застосування відновлювальних джерел енергії або як громадам стати енергонезалежними? – Ужгород: РІК-У, 2021. – 52 ст.
18. Станкевич-Волосянчук О., Шпарик Ю., Глеб Р., Дедусь В., Покинй-череда В., Волосянчук Р. Мертва деревина як лісова екосистема: навчально-методичний посібник для вузів / за ред. Я. С. Гасинець, Р. Т. Волосянчук, О. І. Станкевич-Волосянчук. – Ужгород: РІК-У, 2022. – 128 с.
19. Шевченко О. Г., Власюк О. Я. Оцінка вразливості та заходи з адаптації до зміни клімату. Ужгород. – НЕЦУ, 2015. – 8 с.
20. Barka I., Bucha T., Hlásny T., Kičura A., Kočický D., Koržov V., Kovalčík M., Mareta M., Parpan V., Parpan T., Petráš R., Schwarz M., Sitková Z., Sujová K.. Manažment lesa a hrozba vzniku povodní na slovenskej a ukrajinskej strane povodia rieky Bodrog. Zvolen, 2015, 237 s.
21. Best Management Practices for Forestry: Protecting New Hampshire's Water Quality. – University of New Hampshire Cjpptrative Extension, 2005. – 100 p.
22. Biodiversity Strategy 2030. Barrier Removal for River Restoration. – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021. – 50 p.
23. Kravčík M., Pokorný J., Kohutiar J., Kováč M., Tóth E. Voda pre ozdravenie klímy – Nová vodná paradigma. – Žilina, 2007. – 90 s.

Розділ 10.

РОЗВИТОК ПРИРОДНИХ ТА ТЕХНОГЕННИХ ПРОЦЕСІВ У ЗАКАРПАТСЬКІЙ ОБЛАСТІ

10.1. ГЕОЛОГО-ГЕОМОРФОЛОГІЧНІ ЕКЗОГЕННІ ТА ТЕХНОГЕННІ ПРОЦЕСИ *(Каблак Н., Ничвид М., Калинич І.)*

За останні десятиліття в Карпатському регіоні почастишали випадки екологічних катастроф. Території із спостережуваними деформаціями земної поверхні (геотектонічні рухи, зсуви) зустрічаються у відносно густонаселених районах, у промислових, сільськогосподарських, міських рекреаційних районах, а також у ландшафтах із різним рівнем охорони природи. Будь-які поверхневі переміщення через небезпечні процеси можуть руйнувати структури різних типів на земній поверхні, загрожувати життю та майну людини та серйозно впливати на охорону навколишнього середовища. Через зміни клімату Карпатському регіону дедалі більше загрожують раптові та сильні метеорологічні явища (сильні опади, снігопади, зсуви та сселі), що спричиняють сильні повені, які загрожують населенню та економіці.

Екзогенні геологічні процеси

Територія Закарпатської області охоплює гірську частину Українських Карпат (~70%), що характеризується найбільш високою динамікою геологічного середовища, та рівнинну частину Закарпатської низовини. Найбільш чітке співвідношення рельєфу зі структурним планом спостерігається у Зовнішніх Карпатах, де чергування гірських хребтів і улоговин, їхні висоти, характер розчленування та напрямки простягання пов'язані з серією покривів, що мають значний вплив на напрямок і будову річкових долин, які, в свою чергу, формують регіональні умови розвитку зсувів, селів та інших небезпечних інженерно-геологічних процесів [10]. Серед усіх екзогенних геологічних процесів, що мають розвиток на території Закарпатської області, зсуви є одним з найпоширеніших (табл. 10.1.1.).

Таблиця 10.1.1.

Поширення ЕГП на території Закарпатської області

ВидЕГП	Площа поширення, км²	Кількість проявів, шт.	Ураження, %
Зсуви	385,21	328	3,0
Карст (відклади, що здатні до карстування)	2680,0	24*	21,0
Селенебезпечні водотоки	1822,0	276	14,3
Підтоплення	1,0	4**	0,01
Бічна ерозія	159,94	519	

* - карстопрояв

** - населений пункт

Зсуви на території Закарпатської області розвиваються у четвертинних глинистих елювіально-делювіальних відкладах на схилах річок та у корі вивітрювання вулканічних порід. За типом зміщення – це зсуви-течії та зсуви блокового ковзання. Основні характеристики зсувів: абсолютні відмітки 409-471 м, крутизна повздовжнього, невеликі розміри: довжина 270-419 м, ширина профілю 19,5 – 25,0 201-348 м, середня потужність 6,7-16,0 м [7].

Істотно впливають на виникнення надзвичайних ситуацій понад 20 видів геологічних процесів природного, природно-техногенного і техногенного походження, а також густота мережі річок 0,8-1,6 км/км², на яких часто формуються паводки та розвивається бічна ерозія і зволожений клімат. Основною руйнівною силою цих процесів є ґрунтові води. Зокрема, рівень підземних вод на Закарпатській низовині з кінця 60-х років минулого століття до початку 90-х знизився приблизно на 2 м, а із середини 80-х спостерігається тенденція до підвищення середньорічної температури повітря та збільшення кількості сумарних атмосферних опадів, що є певною мірою наслідком зміни клімату. На рис. 10.1.1 представлена класифікація факторів виникнення та розвитку зсувних процесів, виділені фактори-умови і фактори-процеси, що визначають різні види впливу на коефіцієнт стійкості та режим стійкості зсувних схилів [9].

Всього на території Закарпатської області в 2020 році зафіксовано 21 активний зсув загальною площею 0,592841 км², з яких 9 – новоутворені (загальна площа – 0,032500 км²), а 12 – активізовані частково або повністю раніше закартовані древні або сучасні зсуви (загальна площа 0,560341 км²).

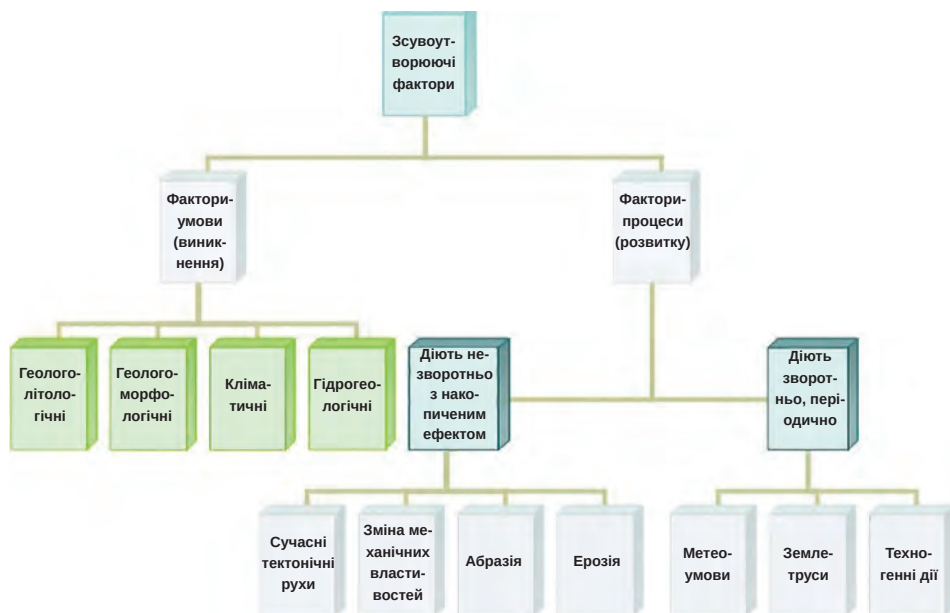


Рис.10.1.1. Класифікація факторів виникнення та розвитку зсувних процесів

Активізація бокової ерозії у 2020 році відмічена в басейнах річок Чорна Тиса та Ріка, в меншій мірі – Тересва на 20 ділянках, з яких 12 – новоутворені, а 8 – закартовані в попередні роки. Довжина окремих новоутворених ділянок бокової ерозії варіює від перших десятків метрів до 1,5 км, загальна довжина 12 новоутворених ділянок – 3,7 км.

Всього на території області в 2020 р. зафіксовано сходження селевих потоків по 3-х водотоках, загальна площа басейнів яких складає 16,13398 км².

Система моніторингу геологічного середовища Закарпатської області

Несприятливі кліматичні умови зумовили катастрофічну активізацію небезпечних екзогенних геологічних процесів (НЕГП) восени 1998 р. – навесні 1999 р., весною 2001 р. та влітку 2008 р.

Однією з найнебезпечніших у межах Карпатського регіону є територія Закарпатської області, де зареєстровано на 2021 р. 3288 зсувопроявів площею 385,21 км², що становить 18% від загальної площі зсувів в Україні, а також 24 карстові лійки загальною площею 0,224 км², 519 ділянок бічної ерозії водотоків загальною довжиною 159,94 км, 276 селенебезпечних водотоків загальною площею 1822 км² [6]. В небезпечній зоні впливу екзогенних геологічних процесів (ЕГП) опинились понад 900 житлових будинків. Окрім цього, існує потенційна

загроза руйнації ще понад 1750 житлових будинків, які перебувають в зоні дії НЕГП.

Аномальна кількість атмосферних опадів, яка спостерігалася в Закарпатській області навесні та на початку літа поточного року, зумовила активізацію зсувів на території Рахівського, Хустського, Тячівського і Ужгородського адміністративних районів.

Зокрема, 28.06.2020 р. в с. Лопушне Хустського району майже по всій площі активізувався древній зсув на ділянці розміром 530×250 м (площа 0,1234 км²) внаслідок перезволоження порід на схилі після інтенсивної зливи, якій передували майже щоденні дощі в кінці весни та на початку літа.

Ділянка активізації зсуву охоплює майже весь схил середньою крутизною біля 22-25°, нижня та середня частини якого зайняті, в основному, трав'яною рослинністю, а верхня – молодим лісом та чагарниками. На нижній та середній частинах схилу утворились численні глетчероподібні підпорядковані зсуви – потоки розміром від 20×10 до 70×20 м зі стінками відриву заввишки від перших десятків сантиметрів до 2,0–2,5 м. Вище по схилу на тілі древнього зсуву утворились численні тріщини заколу з розширенням 5-10 см та вертикальним зміщенням до 20 см, які простежуються по простяганню на 50–70 м. Потужність порід, що деформуються, варіює від 1-1,5 до 2,5-3,5 м, складені вони делювіально-зсувними глинами і суглинками четвертинного віку та відторженнями корінних порід (фліш неогену). Більша частина зсувного матеріалу текучої консистенції (в тому числі і дерева та кущі) змістилася до підніжжя схилу, загромадивши заплаву струмка Бранище, де розташовані 6 житлових будинків. Потужність накопиченого зсувного матеріалу під стінами будинків – від 0,2-0,3 до 2,5-3,0 м. Зсувним матеріалом повністю зруйнований один житловий будинок, інші будинки в тій чи іншій мірі пошкоджені.

На території цього ж населеного пункту утворились 7 нових невеликих за розмірами (від 30×20 до 170×100 м) та глибиною закладання (3-5 м) зсувів потоків загальною площею 0,0298 км²), закладених в делювіально-колювіальних глинах та суглинках голоцену. Зсувним матеріалом загромаджені стіни 2-х житлових будинків, ще 5 будинків опинились у небезпечній зоні дії зсувів.

В Тячівському районі 05.01.2022 у с. Німецька Мокра, вул. Марії Терезії та у с. Тарасівка, вул. Шевченка через перезволоження відбувся зсув ґрунту на будинки. А 17 грудня 2022 р. відбувся зсув ґрунту на горі поруч з селом Підплеша, Нересницької громади Тячівського району. Зсув гірської породи стався внаслідок затяжних дощів.

В Рахівському районі активізація зсувів відмічена в смт. Ясіня та с. Лазецька. Найбільшою за масштабом проявлення є ділянка акти-

візації древнього зсуву розміром 830×250 м площею $0,1218 \text{ км}^2$, розташованого в смт. Ясіня.

Зсув активізувався 25.06.2020 р. із-за перезволоження порід на схилі після аномальної кількості атмосферних опадів у вигляді інтенсивних зливових дощів. В голові зсуву простежується стінка відриву висотою до 20 м, поблизу якої утворилося безстічне пониження розміром 20×15 м (депресійна частина зсуву), заповнене водою. Потужність порід, що деформуються, сягає 25-30 м, представлені вони делювіально – зсувними глинами і суглинками та відторженнями корінних порід (фліш палеогену), горизонтальний шлях зсувних мас вниз по схилу сягає 25–30 м. На тілі зсуву є численні тріщини заколу, проміжні стінки відриву висотою від 1,0 до 3,0 м з розширенням до 0,5 м. В 50 м вище по схилу від основної стінки відриву зафіксовані численні дугоподібні тріщини заколу та стінки відриву заввишки 1,0-1,5 м, довжиною до 50-70 м. В язиковій частині (місце злиття двох тимчасових водотоків) та на обох бортах зсуву утворилися вали видавлювання висотою від перших десятків сантиметрів до 3,0-4,0 метрів. Безпосередньо на тілі зсуву, нижче по схилу від основної стінки відриву, розташовані два житлові будинки, які змістилися вниз по схилу на відстань біля 30 метрів. Будинки значно пошкоджені, для проживання не придатні. В зоні впливу зсуву, на відстані від 30 до 120 м від бортових частин активного зсуву, розташовані 5 житлових будинків, які не пошкоджені. На момент обстеження загрози їх руйнуванню від зсувного процесу немає. Так 26 червня 2020 р. стався потужний зсув ґрунту в урочищі Робша, смт Ясіня Рахівського району. У помешканні з'явилися тріщини, які розділили будинок навпіл. Зсув був зумовлений внаслідок перезволоження ґрунту.

18 грудня 2022 р. на Рахівщині поблизу урочища Кузій на автодорогу державного значення Н-09 Мукачево - Рахів - Івано-Франківськ - Львів стався зсув ґрунту і каміння над підпірною стінкою. Ґрунтові маси частково ускладнили рух на проїжджій частині.

Окрім цього, на території Рахівського району закартовано ще 11 активних зсувів розміром від 30×20 до 170×100 м загальною площею $0,193120 \text{ км}^2$, з яких 2 новоутворені (загальна площа $0,002700 \text{ км}^2$), а 9 – закартовані в попередні роки древні або сучасні (загальна площа $0,19042 \text{ км}^2$). В зоні впливу зсувів перебувають сім житлових будинків, які пошкоджені, причому один з них не придатний для проживання. Зсувним матеріалом було загромаджене узбіччя автодороги Мукачево-Рогатин на відстані біля 50 м, існує загроза руйнування опори залізничного моста.

Активізація зсувного процесу відмічена також і в с. Новоселиця Ужгородського району, де в 2008 році утворився зсувний потік розмі-

ром 40×80 м. В наступні роки зсув тимчасово стабілізувався, а навесні поточного року активізувався на значно більшій площі ($0,114828 \text{ км}^2$). Язиком зсуву заввишки до 5 м частково перекрито узбіччя сільської дороги. Безпосередньо на тілі зсуву, в язиковій його частині, розташовані 10 житлових будинків, які в тій чи іншій мірі пошкоджені (не дивлячись на те, що більшість будинків відремонтовані, на їх стінах та фундаментах спостерігаються наскрізні тріщини від волосоподібних до 1,5-2,5 см завширшки).

Новий зсув стався 19 січня 2023 у селі Абранка, що за 20 км від Воловця. Внаслідок зсуву ґрунту зруйновано дві будівлі.

Всього на території області в поточному році зафіксовано 21 активний зсув загальною площею $0,592841 \text{ км}^2$, з яких 9 – новоутворені (загальна площа $0,032500 \text{ км}^2$), а 12 – активізовані частково або повністю раніше закартовані древні або сучасні зсуви (загальна площа $0,560341 \text{ км}^2$).

Активізація бокової ерозії у 2020 році відмічена в басейнах річок Чорна Тиса та Ріка, в меншій мірі – Тересва на 20 ділянках, з яких 12 – новоутворені, а 8 – закартовані в попередні роки. Довжина окремих новоутворених ділянок бокової ерозії варіює від перших десятків метрів до 1,5 км, загальна довжина 12 новоутворених ділянок – 3,7 км. На ділянках бічної ерозії, які закартовані в попередні роки, збільшилась тільки ширина розмиву, при цьому їх загальна довжина залишилася незмінною (2,405 км). Загальна протяжність ділянок активізації бічної ерозії складає 6,105 км.

Боковою ерозією водотоків зруйновані берегоукріплення, розмісті авто- та комунальні дороги на відстані від перших десятків до 250 м в селах Лопушне (рис. 10.1.2), Свобода та Синевирська Поляна Хустського району, а також смт. Ясіня та селах Білин, Кваси і Лазещина Рахівського району. В Тячівському районі господарські об'єкти в зоні впливу бічної ерозії відсутні.

Станом на 01.01.2021 р. на території Закарпатської області обліковано 531 ділянку бічної ерозії водотоків загальною довжиною 163,64 км ($159,94 \text{ км} + 3,7 \text{ км}$).

Сходження грязекам'яних селевих потоків на території області у 2020 році відмічене в басейнах річок Ріка і Тересва на території Хустського та Тячівського адміністративних районів. В басейні річки Ріка селеві потоки зійшли поблизу с. Підчумаль та в с. Лопушне Хустського району в результаті зливи, що мала місце 28.06.2020 р. (рис. 10.1.2). У першому випадку селевим матеріалом було загроможжене полотно автодороги Хуст–Міжгір'я на відстані близько 30 м, а в другому – присадибні ділянки 4-х домогосподарств.



Рис. 10.1.2. Дорога в с. Лопушне, зруйнована бічною ерозією

На селеутворення впливають такі фактори як літолого-стратиграфічні, інженерно-геологічні, геоморфологічні, тектонічні, ландшафтні, метеорологічні, техногенні. Аналіз даних довгострокового моніторингу ЕГП свідчить, що при інших рівних умовах основною причиною масової їх активізації є кліматичний фактор, в першу чергу підвищена кількість дощових опадів і швидке сніготанення, що призводить до перезволоження ґрунтів і виникнення повеней [5]. Інтенсивні дощі, які мали місце навесні та на початку літа 2020 р. зумовили локальну активізацію ЕГП на території Хустського, Рахівського, Тячівського і Ужгородського адміністративних районів Закарпатської області. Влітку та восени інтенсивність опадів практично не відрізнялася або була меншою від середньостатистичних за багаторічний період. На цьому фоні активізація ЕГП не відмічена.

В басейні р. Тересва селевий потік зійшов по правій безіменній притоці р. Мокрянка після зливи в кінці червня поточного року (точна дата не встановлена) і розвантажився в заплаві останньої. Господарські об'єкти в зоні впливу селі відсутні. Об'єм винесеного уламкового матеріалу по кожному із селенебезпечних струмків не перевищує перші тисячі кубічних метрів. Всього на території області в поточному році зафіксоване сходження селевих потоків по 3-х водотоках, загальна площа басейнів яких складає 16,13398 км². По двох водотоках селеві потоки зійшли вперше (загальна площа басейнів 6,178794 км²), а по одному – також під час повені 2001 року (площа басейну 7,498798 км²).

Таким чином, станом на 01.01.2021 р. на території Закарпатської області обліковано 278 селенебезпечних водотоків, загальна площа басейнів яких складає 1828 км² (1822 км² + 6 км²).

5 січня 2022 на території Закарпатської області зійшли два селеві потоки на дорогу регіонального значення Р21 у с. Нижній Бистрий Хустського району та на автодорогу національного значення Н09 у м.Рахів.

Необхідно зазначити, що дані щодо моніторингу поширення та розвитку ЕГП на досліджуваній території можуть бути далекими від реальних внаслідок недостатнього фінансування робіт. Так, пооб'єк-тним планом ДП «Західукргеологія» на 2020 р. передбачено фінансу-вання робіт по об'єкту на суму 150,0 тис. грн, в той час як для виконан-ня геологічного завдання проектом передбачено щороку проведення комплексу польових та камеральних робіт на суму біля 1445,0 тис. грн. з підрядними роботами або 1434,0 тис. грн. – без останніх.

Опираючись на дані, отримані в результаті вивчення режиму ЕГП на спостережних пунктах 1-ї категорії, можна дійти висновку, що після останньої масової активізації ЕГП, пов'язаної зі стихійним лихом 23-27 липня 2008 року, спостерігається тимчасова стабілізація процесу. Така тенденція пояснюється порівняно низькими кількостя-ми атмосферних опадів за ці роки.

Графічне відображення зсувів та селевих потоків на території За-карпаття відображено на рис. 10.1.3.

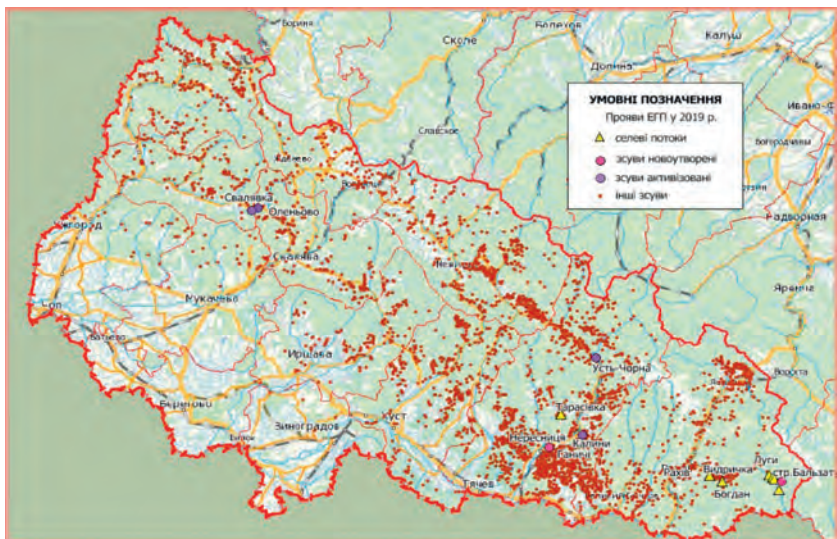


Рис. 10.1.3. Активізація зсувів та селевих потоків на території Закарпатської області

Результати моніторингу ЕГП Закарпатської області за 2020 р. на-дані в таблицях нижче (табл. 10.1.2.-10.1.4.).

Таблиця 10.1.2.

Моніторинг процесів зсувів на території Закарпатської області

Заг. к-ть зсувів, шт. 2020 р.	Площа зсувів, км ²	К-ть активних, шт.	Площа активних зсувів, км ²	К-ть активних з 2019 р., шт.	К-ть новоутворених у 2020 р., шт.	К-ть зсувів, виявлених в період до вичення території, шт.	На забудованих територіях				К-ть господарських об'єктів в зоні зсувів, шт.
							Загальна кількість зсувів, шт.	Площа зсувів, км ²	К-ть актив зсувів, шт.	Площа активна зсувів, км ²	
3297	385,803	21	0,593	12	9	0	0	0	21	0,593	37

Таблиця 10.1.3

Моніторинг карстових процесів на території Закарпатської області

Загальна кількість карстопроявів, шт. у 2020р.	З них поверхневі карстопрояви (воронки), шт.	Площа поверхневих карстопроявів, км ²
24	24	0,224

Таблиця 10.1.4

Моніторинг селевих потоків на території Закарпатської області

К-ть селебезпечних водотоків, шт. у 2020 р.	Площа селебезпечних водотоків, км ²	К-ть селеутворюючих осередків, шт.	Загальна площа селеутворюючих осередків, км ²	Селебезпечний водоток				Селебезпечний басейн			
				Назва водотоку	Дата проходження селю	Об'єм захопленого матеріалу, м ³	К-ть випадків проходження селів за весь період спостережень у 2020 р., шт.	Назва басейну	К-ть випадків проходження селів, шт.	К-ть випадків проходження селів за весь період спостережень, шт.	К-ть господарських об'єктів в зоні проходження селю, шт.
3	16,13398	3	-	Безіменний	06.2020	7500	1	Тиса	3	4	5
				Безіменний	28.06.2020	1745	1				
				Вільховий	28.06.2020	750	1				

Знак « - » означає, що джерелом твердої складової селів слугували пухкі відклади четвертинного віку, накопичені на днищах селебезпечних водотоків, точну площу поширення яких визначити практично не можливо.

Техногенні процеси під впливом людської діяльності в межах Закарпатської області

За даними Державної геологічної служби в межах території України зафіксовано понад 26,0 тис. поверхневих та підземних карстопро-явів [2]. У районах ведення гірничих робіт та інтенсивного техногенного навантаження продовжується розвиток техногенного карсту, інколи з катастрофічними проявами процесу. Особливого розвитку цей процес набув у районах видобування соляних корисних копалин (Солотвинське, Калуське, Ново-Карфагенське тощо) в межах Закарпатської, Івано-Франківської, Львівської та Донецької областей.

Солотвинське родовище кам'яної солі розміщене в південно-східній частині Тячівського району Закарпатської області та приурочене до Верхньотисянської (Солотвинської) западини Закарпатського прогину. Приповерхнєве залягання кам'яної солі, що утворилося внаслідок постседиментаційного галокінезу – тиску на соляні породи теригенних товщ, які залягають вище, їх перехід у ластичнотекучий стан та видавлювання у приповерхнєву ділянку розрізу. При цьому переміщення пластично-текучих соляних мас відбувалося з ділянки підвищеного геостатичного тиску до області його понижених значень.

З погляду тектоніки Солотвинське родовище є штоком солянодіапірової структури. Під четвертинними відкладами шток має в плані грушоподібну форму завдовжки 1880 м і завширшки 760 м. Довга вісь орієнтована в напрямку північний захід – південний схід. Соляний шток має асиметричну будову. Південно-західне крило круте (60–80°), а північно-східне – пологіше (до 60°) [3].

З погляду геоморфології Солотвинське родовище лежить у межах широкої долини р.Тиси, у правобережній її частині, на ділянках поширення другої і частково першої над-заплавної терас (район Затону – старих затоплених шахт, де локалізовані соляні озера).

Родовище локалізовано в межах зони гумідного клімату, де кількість опадів майже вдвічі переважає кількість випаруваної вологи. Середня багаторічна кількість опадів дорівнює 873 мм, з яких 45% випадає в травні–серпні, при зафіксованому максимумі 294 мм. Інфільтрація атмосферних вод відбувається у четвертинні відклади з перетоком у бокові вмісні породи та до рівня соляного дзеркала [4].

Згідно з архівними даними, Солотвинське родовище розробляється підземним шляхом понад 245 років. Промислова розробка Солотвинського родовища кам'яної солі почалася в 1778 році. За час розробки було побудовано та перебувало в експлуатації 9 копалень. Установлена в природних умовах гідродинамічна рівновага на Солотвинському родовищі була порушена наприкінці XVIII – у другій половині XX ст., коли почалося будівництво глибших копалень, порівняно з тими,

що були тут у середні віки. Це шахти «Христина» (1778 р.), «Альберт» (1781 р.), «Кунігунда» (1789 р.), «Миколай» (1798 р.), «Старий Людвіг» – шахта № 7 (1808 р.), шахта № 8 (1886 р.) та шахта № 9 (1975 р.). Пройдені близько поверхні підземні виробки старих шахт стали місцями проникнення надсолених вод у соленосну товщу. Сьогодні усі копальні, крім шахти № 9, затоплені. У шахті № 9 рівень ропи підтримується на відмітці 60 м в умовах частково засипаного ствола копальні [11].

Усі сім старих шахт раніше були закриті з економічних та технічних (аварійних) причин, і донедавна їх стан визначався як екологічно збалансований, оскільки їх своєчасно законсервували засипкою або затопленням (природним, штучним або комбінованим).

Центральна частина соляного масиву, в якій знаходяться затоплені виробки шахти № 7, потрапила в розвиток руйнівних процесів. Найдовше працювали шахти №8 та №9. У виробках соляних копалень працювали алергологічні лікарні: на шахті № 8 – обласна алергологічна лікарня, на шахті № 9 – Українська алергологічна лікарня. З діяльністю шахт № 8 і № 9, власне, і пов'язаний розвиток екологічно небезпечної ситуації [1].

Видобуток солі ДП «Солотвинський соляний рудник» було припинено з початку 2007 року. У 2009 році підприємство припинило закачування шахтних вод у поверхневі водойми. Були затоплені робочі горизонти соляної шахти та підземні відділення обласної та Української алергологічних лікарень. Територія гірничих виробок Солотвинського солерудника була оголошена зоною надзвичайної ситуації у 2010 році. Водночас Експертна комісія визнала ситуацію на Солотвинському солеруднику як надзвичайну ситуацію державного рівня.

Відсутність фінансування аварійно-відновлювальних робіт та технічного переоснащення призвела до руйнування цілісного майнового комплексу, активізації карстових процесів як на території підприємства, так і за його межами.

Передумовою створення масштабного карсту було забезпечення руху агресивних вод і винесення насичених розсолів. Саме цю роль виконувала розповсюджена дренажна система, яка була створена в декілька рівнів у самому соляному масиві для забезпечення можливості ведення гірничих робіт. Проте в штольнях і котлованах почали фіксуватися вивали (падіння) порід, що спричинило збільшення об'ємів новоутворених порожнин. Через недофінансування Солотвинського солерудника ці падіння не були вчасно ліквідовані. Утворювалися штучні дамби, які створювали підпір надсолених вод і прискорене їх просочування в соляний масив по ослабленим зонам, насамперед у районі Чорного Мочару. Це призвело до катастрофіч-

них наслідків, які сьогодні спостерігаються на родовищі. Порушення встановленого в геологічному часі природного режиму надсолевих вод призвело до активізації розчинення солей. Наявність розгалуженої системи дренажних виробок в основі четвертинних відкладів і у верхній частині соляного тіла створило зони підземного розвантаження. Це також розширило зону активного водообміну до легко-розчинної кам'яної солі і стало основною причиною інтенсивного закарстовування території. Затоплення шахт № 7 (рис. 10.1.4.) та № 8 (рис. 10.1.5.) призвело до появи нових карстових руслових утворень, руйнування водонепроникного покриття (навісу) та утворення провалів, через які стікають атмосферні води. Техногенно активізований карст в межах Солотвинського родовища спричинив докорінні зміни рельєфу земної поверхні, збільшення коефіцієнта стоку, зміни місць живлення та розвантаження підземних вод.



Рис. 10.1.4. Фотографії деяких воронок у в межах Солотвинського родовища (авторство: Іван Проданець). Затоплена шахта № 7 (матеріали аерознімання станом на 2020 р. виконано за допомогою БПЛА – Tarot 680PRO Hexacopter)

З метою оцінки ситуації на території шахт підприємства “Солотвинський солерудник” у 2016 році діяла Дорадча місія Механізму цивільного захисту ЄС (EUCPT). Заходи місії втілювалися за підтримки Міністерського комісаріату з питань Стратегії ЄС для Дунайського регіону, Міністерства зовнішньої економіки і закордонних справ Угорщини, Міністерства закордонних справ України, Представництва України при ЄС, Закарпатської обласної ради та Закарпатської облас-

ної державної адміністрації. Силами спеціалістів були підготовлені матеріали для Дорадчої Місії, які мали на меті сприяти створенню конкретного плану дій для вирішення питання надзвичайної ситуації.



Рис. 10.1.5. Фотографії деяких воронок у межах Солотвинського родовища (авторство: Іван Проданець). Шахта № 8 (матеріали аерознімання станом на 2020 р. виконано за допомогою БПЛА – Tarot 680PRO Hexacopter

Крім цього, стрімкий розвиток соляного карсту спонукав ряд країн-сусідів зони стихійного лиха – Угорщини та Румунії взяти участь у спільному плануванні потенційних шляхів вирішення проблеми. У 2015 р. Міністерство закордонних справ України за ініціативи низки державних структур (Державна служба з надзвичайних ситуацій, Міністерство аграрної політики і продовольства України, Міністерство екології та природних ресурсів, Закарпатська державна обласна адміністрація, ФАО ООН та ін.) та угорські урядові і державні організації ініціювали звернення до ЄС щодо залучення експертної місії Європейського Союзу в Україну для проведення оцінки загроз і ризиків надзвичайної ситуації державного рівня, що склалася на території ДП «Солотвинський солерудник».

Для визначення динаміки зсувів та карсту в смт Солотвино було проведено аерознімальні роботи у два етапи: навесні 2020 та восени 2021 р. За результатами аерознімання створено: ортофотоплани та тривимірні цифрові моделі рельєфу для прогнозування карстів та зміщень (рис. 10.1.6-10.1.8) [8].



Рис. 10.1.6. 3D схема карстів Карст 1: шахта №7



Рис. 10.1.7. 3D схема карстів Карст 2: Чорний Мочар



Рис. 10.1.8. 3D схема карстів Карст 3: шахта №8

На основі створених картографічних матеріалів виконано дослідження карстових проявів на території смт. Солотвино з проведенням порівняння впливу деструктивних процесів за 2010–2021 роки. Підсумовуючи виконані розрахунки можна зазначити, що процеси збільшення розмірів карстових воронок, мають не лінійний характер. Площі воронок на місці шахт №7 та №8 станом на 2021 рік складають 4,5518 га та 4,3711 га відповідно. Утворене озеро Чорний Мочар має площу в 2,1487 га. Це свідчить про продовження впливу підземних вод на соляні відклади [8].

Нинішня ситуація на державному підприємстві «Солотвинський солерудник» являється критичною та потребує уваги з боку держави для врегулювання негативних явищ, розвиток яких загрожує життю та здоров'ю мешканців смт. Солотвино. Наявність дослідної бази за тематикою проблеми свідчить, що ендегенні процеси продовжують поширювати за межі зони колишнього видобутку. Необхідно проведення регулярних моніторингових місій для відстеження динаміки розвитку деструктивних явищ на території селища. Адже відповідно до Загальнодержавної програми №3 «Відновлення чистого та безпечного довкілля» заплановані заходи з екологічного відновлення Солотвинських соляних шахт на 2026-2032 роки.

Список використаних джерел:

1. Босевська, Л. П., & Хрущов, Д. П. (2011). Надзвичайна екологічна ситуація в Солотвино: геологічні причини і стратегія розв'язання проблеми. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 19(32), 1-14. Retrieved from URL <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/>

2. Державна екологічна інспекція у Закарпатській області, (2020). Retrieved from URL <https://zak.dei.gov.ua/>
3. Дяків В., Гайдин, А. (2021). КАРСТОВА ГІДРОГЕОЛОГІЧНА СИСТЕМА СОЛОТВИНСЬКОГО РОДОВИЩА, ЕФЕКТ САМОТАМПОНУВАННЯ КАРСТОВОГО КАНАЛУ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ВІДНОВЛЕННЯ СПЕЛЕОЛІКАРНИ У ШАХТИ№ 9. *Вісник Львівського Університету. Серія геологічна*, (35). doi: <http://dx.doi.org/10.30970/vgl.35.07>
4. Дяків В.О. Закономірності розвитку техногенно активізованого соляного карсту в процесі затоплення шахт № 8 та № 9 Солотвинського солерудника *Географія*. № 9, 2012.
5. Іванов, Є. (2007). Ландшафти гірничопромислових територій / Євген Іванов. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка.
6. Інформаційний щорічник щодо активізації небезпечних екзогенних геологічних процесів за даними моніторингу ЕГП – Київ, Державна служба геології та надр України, Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2021. – 78 с.
7. Калинич І.В., Каблак Н.І., Скаканді С.В. Динаміка розвитку зсувних процесів на території Закарпатської області Київ: / Містобудування та територіальне планування. – 2017. – №64. – С. 535-543.
8. Калинич, І. В., Ничвид, М. Р., Каблак, Н. І., Проданець, І. І., & Ваш, Я. І. (2022). MONITORING OF GEODYNAMIC PROCESSES IN THE TYSA RIVER BASIN USING AUTEL EVO II PRO RTK UAV. *Geodesy, cartography and aerial photography*. Issue 95, 2022, 77-93, <https://doi.org/10.23939/istcgcap2022.95.077>
9. Ничвид М., Голінка М. МОНІТОРИНГ СУЧАСНИХ ЕКЗОГЕННИХ ПРОЦЕСІВ, - *Збірник наукових праць студентів географічного факультету*, Випуск 1, Ужгород, Видав. ФОП Сабов А.М., 2017 р. с.123-132.
10. Шехунова С. Б., Сюмар Н. П., Лобасов О. П., Стадніченко С. М. Аналіз просторових закономірностей поширення зсувів у межах Закарпатської області засобами ГІС. – *УКРАЇНСЬКИЙ ГЕОГРАФІЧНИЙ ЖУРНАЛ*. – 2022, 3(119).
11. Шехунова С.Б., Алексеєнкова М.В., Стадніченко С.М. Закономірності розвитку природних та природно-техногенних небезпечних геологічних процесів та території містечка Солотвино (Закарпаття, Україна). – *Збірник наукових праць ІГН НАН України* . Том 12. 2019 С.70-83 DOI:10.30836/igs.2522-9753.2019.185745

10.2. НЕБЕЗПЕЧНІ ТА СТИХІЙНІ МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ЯВИЩА (Озимко Р., Карабінюк М.)

З плином часу взаємодія людини та сил природи не втратила своєї значущості, а в деякій мірі навпаки – набула ще більшого розмаху. Адже щоразу стикаємося з інформацією про жорстокі руйнування

будівель, гідроспоруд, затоплення територій, псування майна та навіть людськими жертвами. Одними з таких руйнівних сил природи виступають небезпечні та стихійні метеорологічні явища. За своєю природою вони є атмосферними явищами, які стрімко розвиваються в просторово-часовому відношенні, що ускладнює їх прогнозованість. Ці явища завдають великої шкоди різним галузям економіки будь-якої країни, порушуючи її розвиток. Загальні збитки від них можуть сягати десятків, а то й сотні мільйонів гривень за рік. Дуже часто такі явища спостерігаються в комплексі з іншими небезпечними чи стихійними явищами, що посилює їх негативний вплив. Наприклад сильні зливи супроводжуються грозами, градом, шквалистим вітром; сильні снігопади – хуртовинами, налипанням мокрого снігу, сильним вітром тощо.

В історії гідрометеорологічної служби України критерії небезпечних та стихійних явищ неодноразово змінювалися. Сьогодні діють нові критерії небезпечних та стихійних метеорологічних явищ прийняті Українським гідрометеорологічним центром у 2019 році. Тому згідно нових стандартів діють наступні визначення та поняття (Положення про..., 2019):

1. *Небезпечні метеорологічні явища I рівня небезпечності (НМЯ I)* – «це явища погоди, які за кількісними показниками, тривалістю та територією розповсюдження створюють певні незручності для населення та функціонування господарського комплексу країни».

2. *Стихійні метеорологічні явища II рівня небезпечності (СМЯ II)* – «це явища природи, які за кількісними показниками, тривалістю та територією розповсюдження несуть загрозу для населення та порушують функціонування господарського комплексу країни».

3. *Стихійні метеорологічні явища III рівня небезпечності (СМЯ III)* – «це явища природи, які за кількісними показниками, тривалістю та територією розповсюдження створюють загрозу життю людей на значних територіях, призводять до масштабних пошкоджень об'єктів господарського комплексу країни, завдають шкоди довкіллю».

Територія Закарпатської області характеризується, в загальному, відносно сприятливим кліматом для життя та діяльності населення. Однак, природно-географічні особливості території та характер циркуляції атмосфери зумовлюють, порівняно з рівнинною частиною України, значний розвиток різноманітних небезпечних та стихійних метеорологічних явищ. До найнебезпечніших та найпоширеніших процесів належать значні, сильні та надзвичайні опади (Стихійні метеорологічні..., 2006; Звіт про..., 2013; Семергей-Чумаченко, Озимко, 2019; Озимко, 2020; Карабінюк, Марканич, 2020) критерії яких наведені в табл. 10.2.1.

Зосередимо увагу на атмосферних опадах, які досягають критеріїв СМЯ II та СМЯ III, як таких, що найбільш негативно впливають на навколишнє природне середовище та життєдіяльність людини. Надалі подається характеристика просторово-часового розподілу сильних та надзвичайних опадів в Закарпатті протягом типового кліматологічного періоду (1990-2019 рр.).

Таблиця 10.2.1.

**Види атмосферних опадів критеріїв НМЯ I, СМЯ II та СМЯ III
(Положення про..., 2019)**

Назва явища	Критерії НМЯ I (кольорове позначення – жовтий)		Критерії СМЯ II (кольорове позначення – помаранчевий)		Критерії СМЯ III (кольорове позначення – червоний)	
	кількіс- ний по- казник	трива- лість	кількіс- ний по- казник	трива- лість	кількісний показник	трива- лість
Сніг	значний сніг 7-19 мм	≤ 12 год	сильний сніг 20-29 мм	≤ 12 год	надзви- чайний сніг ≥ 30 мм	≤ 12 год
Мокрий сніг	значний мокрий сніг 15-49 мм	≤ 12 год	сильний мокрий сніг 50-79 мм	≤ 12 год	надзви- чайний мокрий сніг ≥ 80 мм	≤ 12 год
Дощ	значний дощ 15-49 мм	≤ 12 год	сильний дощ 50-79 мм	≤ 12 год	надзви- чайний дощ ≥ 80 мм	≤ 12 год
Дощ у се- ленебез- печних районах	значний дощ 15-29 мм	≤ 12 год	сильний дощ 30-49 мм	≤ 12 год	надзви- чайний дощ ≥ 50 мм	≤ 12 год
Злива	-	-	сильна злива 30-49 мм	≤ 1 год	надзви- чайна зли- ва ≥ 50 мм	≤ 1 год
Тривалі дощі	-	-	сильні тривалі дощі 100- 149 мм	> 12 год ≤ 48 год	надзви- чайні три- валі дощі ≥ 150 мм	> 12 год ≤ 48 год

З 1 січня 1990 року по 31 грудня 2019 року 33 стаціонарними пунктами гідрометеорологічних спостережень в Закарпатській області всього було зафіксовано 3104 одиничні випадки дощів, мокрих снігопадів та снігопадів критеріїв СМЯ II та СМЯ III, багаторічна динаміка яких представлена на рис. 10.2.1 (Озимко, 2020). На рисунку прослідковуються значні відмінності в кількості СМЯ між різними та навіть суміжними роками. Найбільша різниця відмічається між 2000 та 2001 рр. (157 одиничних випадків), а найбільші амплітуди коливань спостерігаються між першим (1990-1999 рр.) та другим (2000-2009 рр.) десятиріччям. За досліджуваний період максимум повторюваності СМЯ припав на 1998 р. (222 одиничні випадки), а мінімум – на 1990 р. (36 одиничних випадків). Таким чином абсолютна амплітуда багаторічного ходу повторюваності СМЯ склала 186 одиничних випадків за 30 років.

У середньому за рік по території Закарпатської області спостерігається 103 одиничні випадки опадів критеріїв СМЯ, що є високим показником та може умовно вважатися середньорічною кліматологічною нормою. На рис. 10.2.1 виявлений додатний тренд повторюваності стихійних опадів за 1990-2019 рр. Якщо така тенденція збережеться, то у майбутньому слід очікувати збільшення кількості випадків СМЯ. Різкі міжрічні коливання повторюваності стихійних метеорологічних явищ можуть негативно позначитися на їх своєчасному прогнозуванні та адаптації до наслідків (Семергей-Чумаченко, Озимко, 2019).

Аналіз кривої розподілу багаторічної мінливості сильних та надзвичайних опадів (див. рис. 10.2.1.) виявляє певні ритми у повторюваності, а зважаючи на багаторічний період досліджень – певні цикли. Ритми – це повторення певних атмосферних (або взагалі природних) процесів чи коливання їх інтенсивності, а також пов'язані з цим коливання значень метеорологічних елементів, які не мають строго періодичний характер: амплітуда коливань при ритмах непостійна, а проміжки між настанням явища або між екстремальними значеннями не строго рівні. Ритми з великими (багаторічними) проміжками часу між повтореннями процесу або екстремальними значеннями його інтенсивності чи між екстремальними значеннями елементу, називають циклами (International meteorological..., 1992). Ритмічність прослідковується щодо максимумів повторюваності у 1992, 1995, 1998, 2001, 2004 (2005), 2007 (2008), 2010 та 2016 (2017) роках. Таким чином, досить чітко виділяються 3-річні цикли повторюваності сильних та надзвичайних опадів. Винятком є тільки період з 2011 по 2015 рр. Звичайно у кількісному співвідношенні піки повторюваності не завжди співпадали, але знаходились вище середньорічного значення.

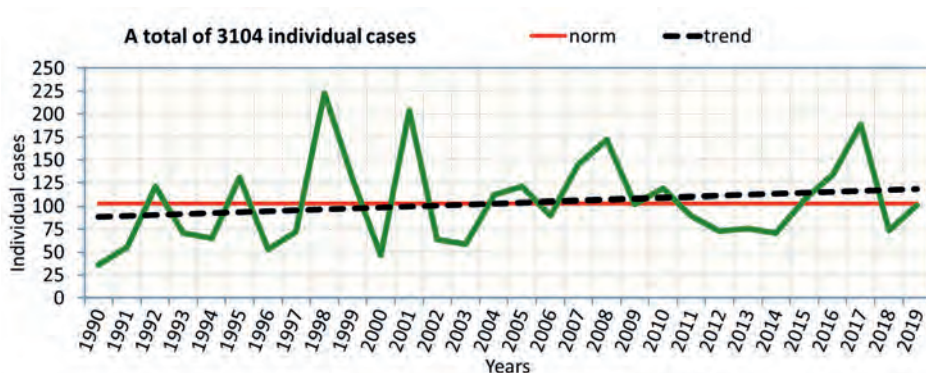


Рис. 10.2.1. Багаторічна динаміка одиничних випадків сильних та надзвичайних опадів у Закарпатській області (Озимко, 2020)

На рис. 10.2.2 представлена динаміка сильних і надзвичайних опадів в розрізі пір року, що надає можливість виділити міжсезонні коливання та зміни у повторюваності опадів, які досягли критеріїв СМЯ. Протягом останнього тридцятиріччя (1990-2019 рр.) взимку відбувалося різке збільшення одиничних випадків сильних і надзвичайних опадів, про що свідчить чіткий додатний тренд та наростаюча амплітуда коливань. При цьому взимку 1991 та 1997 рр. не було жодного одиничного випадку сильних чи надзвичайних опадів, а максимум повторюваності припав на 2017 рік – 83 одиничні випадки. Очевидно, що саме в цю пору року варто очікувати інтенсивне збільшення частоти випадання опадів критеріїв СМЯ і відповідно ускладнення погодних умов (Озимко, 2020).

Навесні тренд практично рівномірний, отже міжрічна амплітуда варіювання кількості одиничних випадків більш-менш згладжена відносно середнього значення (19 одиничних випадків), хоч в окремі роки фіксувались суттєві відмінності з максимумом у 2001 році – 92 одиничні випадки та мінімумом у 2012 році – 1 одиничний випадок. Влітку прослідковується незначний додатний тренд повторюваності одиничних випадків. Виділяються два максимуми: 1998 р. (93 одиничні випадки) та 2008 р. (112 одиничних випадків). Саме влітку спостерігалася третина (997 одиничних випадків) всіх сильних та надзвичайних опадів, що пов'язано зі значною кількістю сильних дощів. Середньорічна повторюваність сильних та надзвичайних опадів становить 33 одиничні випадки. Тільки восени спостерігався незначний від'ємний тренд повторюваності випадків. Як і влітку, виділяються два піки: у 1992 р. (89) та у 1998 р. (109 одиничних випадків). В середньому восени фіксувалося 29 одиничних випадків сильних і надзвичайних опадів (Озимко, 2020).

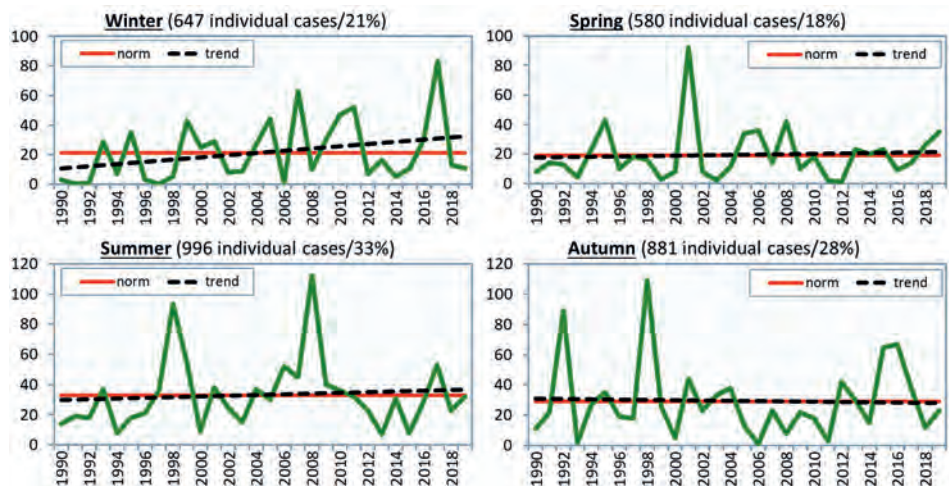


Рис. 10.2.2. Сезонна повторюваність одиничних випадків сильних та надзвичайних опадів у Закарпатській області (вісь абсцис – роки, вісь ординат – кількість одиничних випадків) (Озимко, 2020)

З усіх сезонів тільки взимку були роки коли не фіксувались сильні чи надзвичайні опади. Різке збільшення повторюваності одиничних випадків опадів критеріїв СМЯ взимку пояснюється підвищенням температури повітря у холодний період року, що зумовило зміну структури опадів. У Закарпатській області спостерігається тенденція до збільшення повторюваності числа днів з дощем і зменшення числа днів зі снігом, особливо взимку, яка значно посилилась з початку XXI ст. (Балабух, 2008; Балабух, Лук'янець, 2015). Також це може пояснюватися більш швидкими кліматичними змінами саме в цей сезон року серед яких, можливо, матиме місце перебудова циркуляційних механізмів в атмосфері. Суттєві міжрічні коливання повторюваності сильних і надзвичайних опадів з максимальною різницею в 80-90 одиничних випадків доводять складність складання довгострокових прогнозів погоди та кліматичних прогнозів для території Закарпатської області.

У розрізі пір року також виділяються цикли повторюваності (див. рис. 10.2.2). Взимку чітко прослідковується 6-річний цикл максимумів повторюваності в 1993 р. (29), 1999 р. (43), 2005 р. (44), 2011 р. (52) та 2017 р. (83 одиничні випадки), який йде по наростаючій кривій. Весною відслідковуються менш чіткі 6-річні цикли максимумів повторюваності у 1995 р. (43), 2001 р. (92), 2008 р. (42), 2013 р. (23) та 2019 р. (35 одиничних випадків). Влітку виділяються 10-річні цикли повторюваності максимумів у 1998 р. (93), 2008 р. (112) та 2017 р. (54 одиничні випадки). Восени помітні нечіткі 6-річні цикли повторювано-

сті максимумів фіксованих одиничних випадків СМЯ у 1992 р. (89), 1998 р. (109), 2004 р. (38), 2012 р. (42) та 2016 р. (67 одиничних випадків).

Отже, в Закарпатській області, в усі пори року спостерігається суттєва міжрічна мінливість повторюваності одиничних випадків сильних і надзвичайних опадів. Найпомітніші зміни повторюваності зафіксовані взимку та влітку.

З рис. 10.2.3 одразу помітно, що основна частка опадів припадає на сильні та надзвичайні дощі (81%/2526 одиничних випадків), значно менше – на снігопади (11%/333 одиничні випадки) та мокрі снігопади – (8%/245 одиничних випадків). Диференціація фазового стану сильних опадів (СМЯ II) практично відповідає загальній картині співвідношення. Проте при порівнянні надзвичайних опадів (СМЯ III) вдвічі більше обсягу припадає на мокрі снігопади (16%/74 одиничні випадки), трохи менше на снігопади (12%/58 одиничних випадків) і звичайно основна маса – на дощі (72%/333 одиничні випадки). Така суттєва нерівномірність розподілу фаз опадів зумовлена кліматичними особливостями Закарпатської області та переважанням синоптичних процесів характерних для теплого півірччя при яких навіть в холодний період року досить часто випадають дощі (Озимко, 2020).

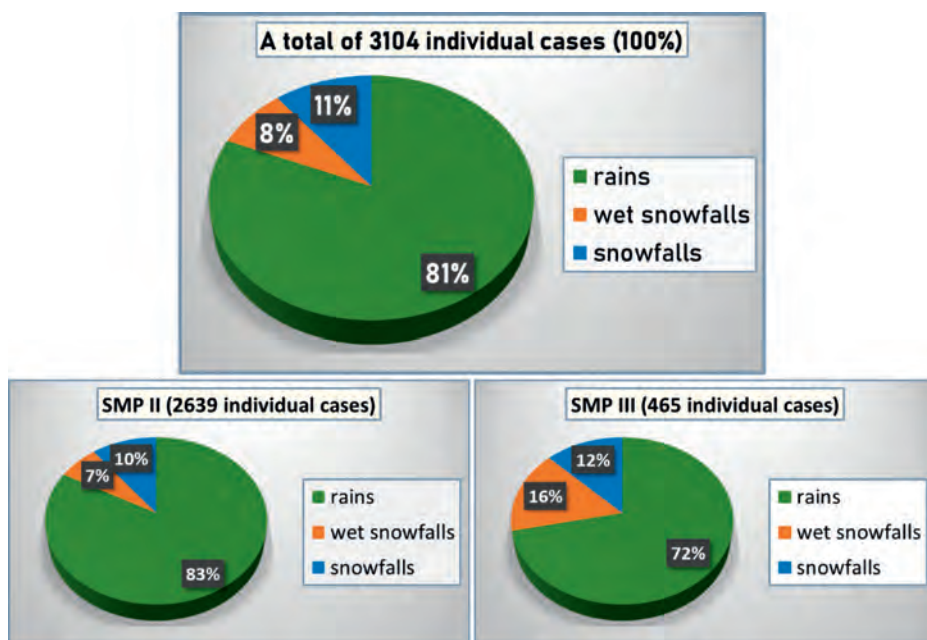


Рис. 10.2.3. Співвідношення сильних та надзвичайних опадів у Закарпатській області за різними фазами протягом 1990-2019 рр. (Озимко, 2020)

Список використаних джерел:

1. Звіт про науково-дослідну роботу: Проведення просторового аналізу тенденцій зміни частоти та інтенсивності екстремальних гідрометеорологічних явищ на території України внаслідок зміни клімату. 2013. URL: <http://uhmi.org.ua/project/rvndr/extrime.pdf>.
2. Карабінюк М. М., Марканич Я. В. Динамічність кліматичних умов та сучасні тенденції їхніх змін у північно-східному секторі ландшафту Чорногора (Українські Карпати). *Природа Карпат: науковий щорічник Карпатського біосферного заповідника та Інституту екології Карпат НАН України*. 2020. Вип. №1(5) С. 58–70.
3. Озимко Р. Р. Сильні та надзвичайні опади у Закарпатській області: дис. ... доктора філософії (PhD) за спец. 103 Науки про Землю: Одеса, 2020. 207 с.
4. Положення про порядок складання та доведення попереджень, оперативних інформацій, оповіщень, донесень про виникнення і розвиток небезпечних та стихійних метеорологічних явищ I, II та III рівнів небезпечності: затв. Наказом Українського гідрометеорологічного центру від 27.12.2019 № 245. Київ: УкрГМЦ, 2019. 18 с.
5. Семергей-Чумаченко А. Б., Озимко Р. Р. Динаміка виникнення стихійних опадів на території Закарпатської області з 1990 по 2019 рр. *International Academy Journal Web of Scholar*. 2020. № 5 (47). С. 23-26.
6. Семергей-Чумаченко А. Б., Озимко Р. Р. Сильні дощі та зливи у Закарпатській області як стихійні метеорологічні явища (1999-2018 рр.). *Український географічний журнал*. 2019. № 4 (108). С. 11-17.
7. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.): монографія / за ред. В. М. Ліпінського, В. І. Осадчого, В. М. Бабіченко. Київ: Ніка-Центр, 2006. 312 с.

Розділ 11.

ЕКОЛОГІЧНА ОСВІТА

11.1. ОСОБЛИВОСТІ ТА МІСЦЕ ЕКООСВІТИ У НАШОМУ ЖИТТІ

*(Вакерич М., Гасинець Я., Мірутенко В., Балаж М.,
Попович Г., Гютлер А.)*

Екологічна ситуація на планеті стимулює до швидкої перебудови мислення світового суспільства, формування екологічної свідомості та екологічної культури. У зв'язку з цим екоосвіта й ековиховання стають новими пріоритетними напрямками освіти. Досвід країн Європейського Союзу свідчить, що базуючись на принципах екологічної політики країни, високому рівні екологічної культури та активній позиції суспільства у природозбережувальній діяльності, можна покращити стан довкілля. Проте високий рівень екологічної культури не можливий без належного рівня екологічної освіти, що має здійснюватися на основі комплексності та безперервності. Підвищення рівня освіти суспільства на основі інтеграції знань та модернізація усього освітнього простору з елементами сталого розвитку суспільства та є актуальним. В країнах Західної Європи та Японії систематичне екологічне виховання починається вже з раннього дитинства (Ловас та ін., 2023).

Сучасна екологічна освіта є системною складовою національної системи освіти, яка функціонує на підставі чинного законодавства про освіту та Національної стратегії розвитку освіти України на період до 2021 року. Характерною рисою сучасної екологічної освіти є її спрямованість на гармонізацію взаємодії суспільства і природи, розв'язання екологічних проблем та сталий розвиток суспільства. Цілі та завдання екологічної освіти визначаються з урахуванням мети і завдань національної екологічної політики (Орфанова та ін., 2016).

Екологічна освіта сьогодні – це безперервний комплексний процес формування екологічного світогляду, екологічної свідомості та культури всього суспільства в цілому. В її фундаменті лежить засвоєння системи знань про закони функціонування, життєдіяльності та взаємодії всього живого, роль людини у збереженні довкілля; процес екологічного виховання і навчання, освоєння професійних знань, умінь, необхідних для природоохоронної діяльності (Мальований, 2010).

В умовах переходу до «Нової української школи» (НУШ) особлива увага присвячена екологічній освіченості та вихованню учнів, що виражається у одній з ключових компетентностей «Екологічна грамотність і здорове життя». В ході набуття даної компетентності здобувач освіти повинен уміти розумно та раціонально користуватися природними ресурсами в рамках сталого розвитку, усвідомлювати роль навколишнього середовища для життя і здоров'я людини, повинен розвинути здатність і бажання дотримуватися здорового способу життя.

У системі безперервної освіти дошкільне виховання є першим щаблем. Тут у дошкільників відбуваються формування та закріплення звичок гігієнічного характеру, вироблення найпростіших практичних навичок, усвідомлення елементарних проблем навколишнього середовища.

У класах початкової школи відбувається закріплення і розвиток знань про навколишнє природне й соціальне середовище, отримані школярем в колі сім'ї і дошкільних закладах. Основна роль цьому відводиться на уроках з предмету «Я досліджую світ» з залученням завдань з екології, ігор, а також деяких видів практичного спілкування з природою. У цьому віці закладаються основи екологічної культури, цілісного уявлення про природу, формується наукове та бережливе ставлення до природного середовища, усвідомлюється необхідність його охорони, засвоюються норми поведінки в довкіллі й навички елементарних екологічно грамотних дій. Це відбувається також на уроках рідної мови, образотворчого мистецтва, музики, трудового навчання тощо, де по-новому розкриває природознавчий матеріал, збагачує і допомагає розвивати навички спілкування з природними об'єктами.

В теперішній час в середній шкільній ланці головна роль в екологічній освіті відводиться навчальним предметам «Біологія» та «Основи здоров'я». Хоча в умовах НУШ з'являються нові інтегровані курси «Пізнаємо природу», «Природничі науки», «Довкілля», «Здоров'я, безпека та добробут», на «плечі» яких ляже основний вантаж виховання екологічно свідомої людини. В цих класах розвиваються «екологізовані» моральні цінності, доступні учням підліткового віку. Метою виховання дітей даного віку (11-14 років) є формування позитивного ставлення до навколишнього середовища. Це відбувається також на уроках географії, літератури, фізики.

У старших класах при вивченні інтегрованих курсів НУШ «Здоров'я та навколишнє середовище», «Біосфера і людина», «Основи екології», «Екологія людини», «Природа і культура», «Охорона навколишнього середовища» закріплюється і вдосконалюється моральна орієнтація школяра в його відносинах з природою. Тут закладаються основи діалектичного розуміння єдності природи і суспільства,

а охорона природи розглядається як частина загальної та загально-прийнятої культури людини. На цьому етапі формується сучасний світогляд, що будується на інтегративних знаннях про навколишній світ і проявляється у відповідальному ставленні, що базується на переконаності в необхідності охорони природного середовища. Важлива роль екологічної практики (Вакерич та ін., 2023).

Провідні фахівці шкільної педагогіки дотримуються думки, щоб вчитель, що відповідає за екологічне виховання учнів, постійно мав перед собою певне надзавдання: компетентність випускника школи повинні відповідати новітнім науковим досягненням, що тісно корелюють з екологічною культурою, з її гуманістично цілісним економічним, правовим, моральним, естетичним і практичним ставленням людини до природи.

Важливо, щоб випускник входив у доросле життя, маючи стійкі ціннісні установки бережливого ставлення до довкілля. При цьому важливим є розуміння здобувача, що його діяльність дійсно пов'язана не тільки з його особистим благополуччям і благополуччям його близьких, але і всього людства.

Рівень розвитку сучасної освіти в цілому і екоосвіти зокрема, залежить від впровадження нових оригінальних та інноваційних методів і прийомів навчання і виховання. Сюди належить повсюдна і безперервна від молодших учнів до випускних класів комп'ютеризація екологічної освіти. Необхідним є також продовження впровадження позакласної роботи вчителя, наприклад, «літній екологічний табір», або починаючи з молодших класів проектних уроків типу «Ліс – мій друг», «Природа і мистецтво» тощо (Висоцька, 2018).

Екологічна освіта – це органічна і пріоритетна частина всієї системи освіти, що надає їй нову якість, що формує інше ставлення не тільки до природи, але і до суспільства, до людини. Екологізація освіти означає формування нового світогляду і новий підхід до діяльності, що базується на формуванні ноосферно-гуманітарних та екологічних цінностей.

Відповідна шкільна освіта та виховання, їх сучасність і прогресивність залежать в першу чергу від спрямованості і якості професійної підготовки вчителя. Але, водночас, формування належного ставлення до навколишнього світу, пов'язане в першу чергу з наслідуванням тих моделей і того ставлення, яке характерне для людей з найближчого оточення дитини. Батьки, також як і вчителі, подають дитині перший приклад моральності.

Література

1. Ловас П. С., Мірутенко В. В., Рошко В. Г., Вакерич М. М. (2023). Актуальні аспекти змісту біологічних дисциплін та інноваційні методики й

- технології їх навчання і викладання в закладах вищої освіти України. Академічні Візії, 19. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7781714>
2. Мальований М.С. Формування екологічної свідомості та її роль в забезпеченні екологічної безпеки // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. 2010. № 2. С. 68–75.
 3. Орфанова М.М., Орфанова М.М., Яцишин Т.М., Рибак О.І. Інноваційні технології у формуванні трирівневої екологічної освіти // Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна. Серія «Екологія». 2016. Вип. 14. С.98–101.
 4. Вакерич М., Швартау В., Гасинець Я., Фельбаба-клушина Л., Петросова В. Шляхи формування екологічно освіченого суспільства в системі освіти України // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Навколишнє середовище для майбутнього через наукову освіту» Proceedings of the International scientific practical conference «Environment for the future by science education» 1-2 червня 2023 р., Ужгород, Україна. – с. 12.
 5. Висоцька О.Є. Формування розвивального освітнього середовища учня на засадах освіти для сталого розвитку засобами предметів природничого циклу // зб. наук. Праць всеукраїнського круглого столу (12 березня 2018 р., м. Полтава) / Технології інтеграції змісту освіти. 2018. Вип. 10. С. 109–116.

11.2. НАУКОВА ОСВІТА ЩОДО ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ **(Івана Слепакова)**

Основна мета наукової освіти полягає в тому, щоб підвищити наукову грамотність студентів за допомогою діяльності, яка передбачає планування, вимірювання, аналіз даних, розробку та оцінку процедур, систематичне документування та інтерпретацію результатів. Приклади такої діяльності є ті, які дозволяють учням займатися власними дослідженнями та відкривати для себе науку.

На діаграмі (рис. 11.2.1), створеній шляхом поєднання етапів дослідницького циклу Ллевелліна (2009) і Веннінга (2005), показано, як цикл запиту пов'язаний з етапами дослідження. У звичайній практичній діяльності, де не використовується метод IBSE (наукова освіта, заснована на дослідженні), вчитель дозволяє учням виконувати здебільшого завдання, у яких вони дотримуються лише наданих заздалегідь інструкцій. IBSE вимагає інтерактивності, коли студенти змушені логічно міркувати на рівні I, використовувати практичні навички на рівні II, самостійно розробляти процедуру на рівні III та формулювати дослідницьку проблему на рівні IV. Найвищий рівень V – це відкрите дослідження, яке дозволяє студентам самостійно виявляти проблему та працювати через весь цикл дослідження.

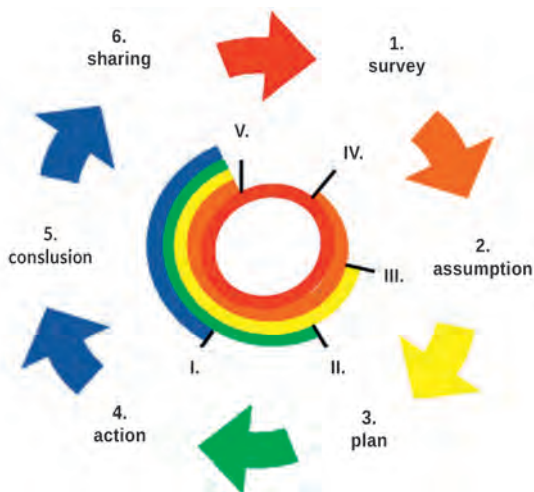


Рис. 11.2.1. Рівні дослідження (Slepáková, 2014).

Викладачі повинні розвивати інтерес учнів до науки та мотивувати підростаюче покоління стати активними дослідниками науки та потенційними майбутніми науковцями, які зможуть брати участь у вирішенні глобальних проблем у майбутньому. Це бачення може здаватися складним для досягнення, але, з іншого боку, це, ймовірно, один із способів змінити ставлення молодого покоління до глобальних проблем, даючи їм можливість професійно обговорювати їх з молодими науковцями та сіяти зерно знань, академічних навичок, ентузіазму та залученості.

Завдання вчителя – допомогти учням усвідомити негативний вплив людини на навколишнє середовище та мотивувати учнів брати активну участь у захисті навколишнього середовища, особливо на регіональному рівні. Учні вчать досягати цієї мети, наприклад, досліджуючи фактори, що впливають на життя організмів, і знаходячи зв'язки між ними. Іншим завданням екологічної освіти є розуміння принципів сталого розвитку та критична оцінка використання зелених технологій.

Екологічна освіта – це глобальна спроба підвищити обізнаність про стан навколишнього середовища та необхідність його охорони. Теми, пов'язані зі зміною клімату, різноманітні, але в школах обмежений простір для освітніх заходів із цих питань. Розподіл часу в школах практично неможливий для детального викладання екологічних тем. Часто це наскрізна тема інших предметів. Якби реалізація була повністю в руках викладача, зрозуміло, що якість нижча, а потенціал викладача вичерпаний. Підготовка якісного дидактичного підходу із залученням професійного аспекту вивченого є складним процесом.

Ідеї екологічного навчання повинні відображати сучасні тенденції. Однією з таких тем, безсумнівно, є викладання теми «Водорості як біопаливо» або «Водорості як біоплівки». Розробка освітньої концепції для такої комплексної теми займає багато часу та потребує наукових знань, на яких базується дослідницька діяльність учнів.

Викладання екологічних тем без наукових знань не може призвести до ефективного формування позитивного ставлення до довкілля та потреби його охорони. Щоб учні відчували потребу та бажання відповідально ставитися до природних ресурсів, їм необхідно знати закони природи та розуміти екологічні взаємозв'язки. Хороший учитель впливає на учнів з метою, щоб вони набували звичок, корисних для збереження умов життя.

Розвиток наукової та екологічної компетенції має бути безпосередньо пов'язаний з освітою «на природі». Спостереження та моніторинг природних об'єктів і процесів у мінливих природних умовах є ідеальною можливістю для варіативних підходів у навчанні, які підтримують увагу учнів. Спостереження за живими організмами в їх природному середовищі дає об'єктивне уявлення про закони природи. Через маніпуляції з живим матеріалом і вивчення процедур вимірювання та аналізу даних учні вивчають основи наукової роботи. Робота з таблицями для визначення (ключами) розвиває навички процедурного аналізу та синтезу. Змінні умови навколишнього середовища та варіативність засобів навчання дозволяють учням висувати гіпотези та пропонувати експерименти для їх перевірки. Звичайно навчання на свіжому повітрі не завжди можливо, і тим більше оцінювання отриманих даних часто доводиться проводити в школі.

Цифрові інструменти відіграють важливу роль у викладанні екологічних тем, що не може бути відсутнім у сучасній школі, адже їх використання у викладанні біології пов'язане з сучасною тенденцією цифрової трансформації. Процес цифрової трансформації спрямований на покращення суб'єкта шляхом внесення значних змін у його характеристики за допомогою поєднання інформаційних, комп'ютерних, комунікаційних і зв'язкових технологій (Vial, 2021). Простіше кажучи, йдеться про підвищення якості системи (наприклад, освіти) шляхом впровадження сучасних ІКТ або цифрових інструментів. Важливу роль у цифровій трансформації шкіл відіграють освітні цифрові ресурси. Це, наприклад, моделювання, анімація, навчальні відео, тести, програми, програмне забезпечення, програми або веб-сайти, які залучають учнів до навчальної діяльності та сприяють досягненню цілей навчання. Цифрові ресурси складаються з окремих цифрових носіїв – тексту, відео, зображень, аудіо тощо. Результати дослідження (Navaridas-Nalda F. et al, 2020) показали, що вплив директорів шкіл є критично важли-

вим у цифровій трансформації на основі інтеграції якісного цифрового контенту, і це, головним чином, через відкрите обговорення, яке дає змогу вчителям бачити інтеграцію цифрового контенту в навчання як можливість покращити успішність учнів, а не проблему, яку потрібно усунути. Прикладом такого цифрового ресурсу для широкого спектру заходів в природі, що підтримується віртуальною лабораторією у формі навчальних відео або ідентифікаційних ключів, є платформа EFFUSE, доступна на effuse.science.upjs.uk. Для молодого покоління цифровий світ є звичною частиною життя, тому важливо використовувати цифрове середовище в освітньому процесі.

Складним завданням у здійсненні дослідницької діяльності, до того ж безпосередньо на місцях, є оцінка навичок та отриманих знань учнів. З огляду на те, що освіта на у природі в школах проводиться рідко, необхідно підходити до оцінювання такої діяльності формально, а не узагальнювати. Формуюче оцінювання (оцінювання для навчання або оцінювання розвитку) походить від латинського слова *formo* (змінювати, переформовувати). Мета формувального оцінювання – допомогти учню в процесі навчання. Це включає діяльність, пов'язану з отриманням інформації про те, де знаходиться учень у процесі навчання, де він має бути та як найкраще туди потрапити (Kireš et al., 2016).

Існує декілька інструментів формувального оцінювання, як-от картка самооцінки, резюме та інші. Прогнозну картку ми надаємо як приклад ефективної оцінки будь-якої тематичної спрямованості на прикладі теми, пов'язаної з водоростями – гетероконтофітами (Табл. 11.2.1.). У картці з прогнозами учні повинні вирішити, чи є твердження правильним чи хибним, до і після уроку.

Таблиця 11.2.1.

Прогнозна картка				
Прогнозна картка				
Тема: Heterokontophyta				
Перед уроком		Твердження	Після уроку	
Правдиве твердження	Неправдиве твердження		Правдиве твердження	Неправдиве твердження
П	Н	1. Водорості Heterokontophyta мають 2 однаково довгих джгутика і запасуючу речовину хризоламінарин.	П	Н

П	Н	2. Для жовтозелених водоростей, діатомових і зелених водоростей характерний відкритий мітоз.	П	Н
П	Н	3. Eustigmatophyceae мають стигму, відкладену всередині хлоропласту.	П	Н
П	Н	4. За формою чашок клітини діатомових водоростей поділяють на центральні та периферичні.	П	Н
П	Н	5. Діатомові водорості мають унікальний тип клітинної стінки, фрустулу, яка інкрустована CaCO_3 .	П	Н
П	Н	6. Бурі водорості мають клітинну водорість, що складається з двох частин – твердої та аморфної.	П	Н

Використання інструментів формувального оцінювання допомагає учням аналізувати власний навчальний процес і водночас інформує їх про прогалини чи неправильні уявлення, з якими вони приходять на уроки. Практична наука дозволяє позбутися помилкових уявлень і замінити неточні знання правильними.

Уявлення учнів про природу та її закони, максимально наближені до дійсності, учні можуть засвоїти, якщо вони мають можливість працювати з реальними природними об'єктами і, по можливості, у своєму природному середовищі. Це причина, чому необхідно підтримувати навчання в природі – «практична наука», яку можна визначити учням, які отримують матеріали, проводять експерименти, досліджують явища та випробовують свої ідеї. Одним із найефективніших способів застосування «практичної науки» є викладання природничих наук у природному середовищі та формування інтересу учнів до наук про навколишнє середовище.

Література

1. Llewellyn, D. Facilitator's guide: inquire within, second edition: implementing inquiry based science standards in grades 3-8, Corwin Press, Thousand Oaks, CA, 2009. 47 s. ISBN 978-1-4129-6582-8
2. Kireš, M., Jwšková, Z., Ganajová, M., Kimáková, K., Bádateľské aktivity v prírodovednom vzdelávaní, časť A. Bratislava: Štátny pedagogický ústav, 2016. 128s. ISBN 978-80-8118-155-9.

3. Slepáková, I., Kimáková, K. (2015) Hodnotenie zručností v bádateľsky orientovanej výučbe biológie, 6 (1) pp.133–143. ISSN 1804-7106. <http://www.scied.cz/index.php/scied/article/viewFile/138/141>
4. Vial, G. Understanding digital transformation: A review and a research agenda. *The Journal of Strategic Information Systems* [online]. 2019, #28(2). pp.118-144. ISSN 09638687. doi:10.1016/j.jsis.2019.01.003
5. Wenning, C., J. Levels of inquiry: Hierarchies of pedagogical practices and inquiry processes. *Journal of Physics Teacher Education Online*, 2005, #2(3). pp. 3-11. http://www.phy.ilstu.edu/pte/publications/levels_of_inquiry.pdf

ДОДАТКИ

Додаток 1

ПЕРЕЛІК ВИДІВ СУДИННИХ РОСЛИН ФЛОРИ ЗАКАРПАТТЯ, ВНЕСЕНИХ ДО ЧЕРВОНОЇ КНИГИ УКРАЇНИ (2009)

1.	<i>Aconitum jacquinii</i> Reichenb. (<i>A. anthora</i> L. subsp. <i>jacquinii</i> (Reichenb. ex Bbeck) Domin; <i>A. anthora</i> L. s.l.) Аконіт Жакена
2.	<i>Aconitum lasiocarpum</i> (Rchb.) Gayer Аконіт опушеноплодий
3.	<i>Agrostis rupestris</i> All. Мітлиця скельна
4.	<i>Allium ursinum</i> L. subsp. <i>ucrainicum</i> Kleopov et Oxner Цибуля ведмежа українська
5.	<i>Anacamptis coriophora</i> (L.) R.M. Bateman, A.M. Pridgeon et M.W. Chase (<i>Orchis coriophora</i> L.) Плодоріжка блощичний
6.	<i>Anacamptis laxiflora</i> (Lam.) R.M. Bateman, A.M. Pridgeon et M.W. Chase (<i>Orchis laxiflora</i> Lam.) Плодоріжка рідкоквіткова
7.	<i>Anacamptis morio</i> (L.) R.M. Bateman, A.M. Pridgeon et M.W. Chase (<i>Orchis morio</i> L.) Плодоріжка салеповий
8.	<i>Anacamptis palustris</i> (Jacq.) R.M. Bateman, A.M. Pridgeon et M.W. Chase (<i>Orchis palustris</i> Jacq. = <i>O. laxiflora</i> Lam. subsp. <i>palustris</i> (Jacq.) Bonnier et Layens) Плодоріжка болотна
9.	<i>Anemone narcissiflora</i> L. (incl. <i>A. laxa</i> (Ulbr.) Juz.) Анемона нарцисоквіта
10.	<i>Antennaria carpatica</i> (Wahlenb.) Bluff et Fingerh. Котячі лапки карпатські
11.	<i>Anthemis carpatica</i> Waldst. et Kit. ex Willd. Роман карпатський
12.	<i>Aquilegia nigricans</i> Baumg. Орлики чорніючі
13.	<i>Aquilegia transsilvanica</i> Schur Орлики трансильванські
14.	<i>Asplenium adiantum-nigrum</i> L. Аспленій чорний

15.	<i>Aster alpinus</i> L. Айстра альпійська
16.	<i>Astragalus krajinae</i> Domin (<i>Astragalus australis</i> (L.) Lam. subsp. <i>krajinae</i> (Domin) Dost.) Астрагал Крайни
17.	<i>Atropa bella-donna</i> L. Белладонна звичайна
18.	<i>Bellardiochloa violacea</i> (Bell.) Chiov. Белардіохлоа фіолетова
19.	<i>Betula obscura</i> A.Kotula Береза темна
20.	<i>Biscutella laevigata</i> L. (incl. <i>B. laevigata</i> L. subsp. <i>austriaca</i> Jord.) Mach.-Laur., <i>B. laevigata</i> L. subsp. <i>hungarica</i> Soó) Очки гладенькі
21.	<i>Botrychium lunaria</i> (L.) Sw. in Schrad Гронянка півмісяцева, ключ-трава
22.	<i>Botrychium matricariifolium</i> (A. Braun ex Döll) W.D.J. Koch Гронянка ромашколиста
23.	<i>Botrychium multifidum</i> (S.G. Gmel.) Rupr. Гронянка багатороздільна
24.	<i>Vipleurum ranunculoides</i> L. Ласкавець жовтецевий
25.	<i>Vipleurum tenuissimum</i> L. Ласкавець тонкий
26.	<i>Callianthemum coriandrifolium</i> Reichenb. Рутовик коріандролистий
27.	<i>Campanula carpatica</i> Jacq. Дзвоники карпатські
28.	<i>Campanula kladniana</i> (Schur) Witasek Дзвоники Кладна
29.	<i>Carduus collinus</i> Waldst. et Kit. Будяк горбковий
30.	<i>Carex bicolor</i> All. Осока двоколірна
31.	<i>Carex bohemica</i> Schreb. Осока богемська
32.	<i>Carex buxbaumii</i> Wahlenb. Осока Буксбаума
33.	<i>Carex davalliana</i> Smith Осока Девелла
34.	<i>Carex fuliginosa</i> Schkuhr Осока темно-бура
35.	<i>Carex lachenalii</i> Schkuhr. (<i>C. tripartita</i> All.) Осока Ляхеналія

36.	<i>Carex pauciflora</i> Lightf. Осока малоквіткова
37.	<i>Carex rupestris</i> All. Осока скельна
38.	<i>Carex strigosa</i> Huds. Осока щетиниста
39.	<i>Carex umbrosa</i> Host Осока затінкова
40.	<i>Carex vaginata</i> Tausch Осока піхвова
41.	<i>Cephalanthera damasonium</i> (Mill.) Druce Булатка великоквіткова
42.	<i>Cephalanthera longifolia</i> (L.) Fritsch Булатка довголиста
43.	<i>Cephalanthera rubra</i> (L.) Rich. it. Булатка червона
44.	<i>Chamaecytisus albus</i> (Hacq.) Roth. Зіновать біла
45.	<i>Chamaecytisus podolicus</i> (Blocki) Klásková Зіновать подільська
46.	<i>Chamaecytisus rochelii</i> (Wierzb.) Rothm. Зіновать Рошеля
47.	<i>Coeloglossum viride</i> (L.) C.Hartm. Язичок зелений
48.	<i>Colchicum autumnale</i> L. Пізноцвіт осінній
49.	<i>Conioselinum vaginatum</i> (Spreng.) Thell. Свистуля татарська
50.	<i>Corallorhiza trifida</i> Chatel. Коральковець тричінадрізаний
51.	<i>Crepis jaquinii</i> Tausch Скереда Жакена
52.	<i>Crocus banaticus</i> J. Gay Шафран банатський
53.	<i>Crocus heuffelianus</i> Herb. (<i>C. vernus</i> (L.) Hill subsp. <i>vernus</i>) Шафран Гейфеля
54.	<i>Cypripedium calceolus</i> L. Зозулині черевички справжні
55.	<i>Cystopteris alpina</i> (Lam.) Desv. (<i>C. regia</i> auct. non (L.) Desv.; <i>C. fragilis</i> (L.) Bernh. subsp. <i>alpina</i> (Wulf.) Desv.) Міхурниця альпійська
56.	<i>Cystopteris montana</i> (Lam.) Bernh. ex Desv. Міхурниця гірська

57.	<i>Cystopteris sudetica</i> A. Braun et Milde Міхурниця судетська
58.	<i>Dactylorhiza cordigera</i> (Fries) Soó Пальчатокорінник серценосний
59.	<i>Dactylorhiza fuchsii</i> (Druce) Soó subsp. <i>fuchsii</i> (<i>D. longebracteata</i> (F.W. Schmidt) Holub subsp. <i>fuchsii</i>) Пальчатокорінник Фукса
60.	<i>Dactylorhiza incarnata</i> (L.) Soó subsp. <i>incarnata</i> Пальчатокорінник м'ясочервоний типовий
61.	<i>Dactylorhiza maculata</i> (L.) Soó Пальчатокорінник плямистий
62.	<i>Dactylorhiza majalis</i> (Reichenb.) P.F. Hunt et Summerhayes Пальчатокорінник травневий
63.	<i>Dactylorhiza sambucina</i> (L.) Soó Пальчатокорінник бузиновий
64.	<i>Dactylorhiza traunsteineri</i> (Sout. ex Rchb.) Soó Пальчатокорінник Траунштейнера
65.	<i>Delphinium elatum</i> L. (incl. <i>D. nacladense</i> Zapal. <i>D. elatum</i> L. subsp. <i>nacladense</i> (Zapal.) Holub) Дельфіній високий
66.	<i>Dichodon cerastoides</i> (L.) Reichenb. Рогачка роговикова
67.	<i>Dictamnus albus</i> L. Ясенець білий
68.	<i>Diphasiastrum alpinum</i> (L.) Holub Діфазіаструм альпійський
69.	<i>Diphasiastrum complanatum</i> (L.) Holub Діфазіаструм сплюснутий
70.	<i>Diphasiastrum issleri</i> (Rouy) Holub (<i>D. complanatum</i> (L.) Holub subsp. <i>issleri</i> (Rouy) Jermy) Діфазіаструм Ісслера
71.	<i>Doronicum clusii</i> (All.) Tausch (<i>D. clusii</i> subsp. <i>villosum</i> (Tausch) Vierh.; <i>D. stytiacum</i> (Vill.) Dalla Torre) Сугайник Клузія
72.	<i>Doronicum hungaricum</i> (Sadl.) Reichenb. fil. Сугайник угорський
73.	<i>Draba aizoides</i> L. Крупка айзовидна
74.	<i>Dryas octopetala</i> L. Дріада восьмипелюсткова
75.	<i>Echinops exaltatus</i> Schrad. Головатень високий
76.	<i>Eleocharis carniolica</i> W.D.J. Koch Ситняг карніолійський

77.	<i>Eleocharis multicaulis</i> (Smith) Desv. Ситняг багатостебловий
78.	<i>Epipactis albensis</i> Nováková et Rydlo Коручка ельбська
79.	<i>Epipactis atrorubens</i> (Hoffm. ex Bernh.) Bess. Коручка темночервона
80.	<i>Epipactis helleborine</i> (L.) Crantz Коручка чемерникова
81.	<i>Epipactis microphylla</i> (Ehrh.) Sw. Коручка дрібнолиста
82.	<i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz Коручка болотна
83.	<i>Epipactis purpurata</i> Smith Коручка пурпурова
84.	<i>Epipogium aphyllum</i> Sw. Надбородник безлистий
85.	<i>Erigeron alpinus</i> L. Злинка альпійська
86.	<i>Erythronium dens-canis</i> L. Еритроній собачий зуб
87.	<i>Festuca drymeja</i> Mert. et Koch Костриця гірська
88.	<i>Festuca heterophylla</i> Lam. Костриця різнолиста
89.	<i>Festuca porcii</i> Hack. Костриця Порціуса
90.	<i>Festuca saxatilis</i> Schur (<i>F. rupicola</i> Heuffel subsp. <i>saxatilis</i> (Schur) Rauschert) Костриця скельна
91.	<i>Fraxinus ornus</i> L. Ясен білоцвітий
92.	<i>Fritillaria meleagris</i> L. Рябчик шаховий
93.	<i>Galanthus nivalis</i> L. Підсніжник білосніжний
94.	<i>Genista oligosperma</i> (Andrae) Simonk. (<i>G. tinctoria</i> (L.) subsp. <i>oligosperma</i> (Andrae) Prodan) Дрік малонасінний
95.	<i>Genistella sagittalis</i> (L.) Gams (<i>Chamaespartium sagittale</i> (L.) P. Gibbs) Дрочок крилатий
96.	<i>Gentiana acaulis</i> L. Тирлич безстебловий
97.	<i>Gentiana laciniata</i> Kit. ex Kanitz Тирлич роздільний

98.	<i>Gentiana lutea</i> L. Тирлич жовтий
99.	<i>Gentiana nivalis</i> L. Тирлич сніговий
100.	<i>Gentiana punctata</i> L. Тирлич крапчастий
101.	<i>Gentiana verna</i> L. Тирлич весняний
102.	<i>Gladiolus imbricatus</i> L. Косарики черепитчасті
103.	<i>Gladiolus palustris</i> Gaudin (Boros,) Косарики болотні
104.	<i>Goodyera repens</i> (L.) R. Br. Гудайєра повзуча
105.	<i>Gymnadenia conopsea</i> (L.) R.Br. subsp. <i>conopsea</i> Билинець комарниковий
106.	<i>Gymnadenia densiflora</i> (Wahlenb) A. Dietr. (<i>G. conopsea</i> (L.) R. Br. subsp. <i>densiflora</i> (Wahlenb) K. Richt Билинець щільноквітковий
107.	<i>Gymnadenia odorattissima</i> (L.) Rich. Билинець найзапашніший
108.	<i>Hammarbya paludosa</i> (L.) O. Kuntze Хамарбія болотна
109.	<i>Hedysarum hedysaroides</i> (L.) Schinz et Thell. Солодушка гірська
110.	<i>Herminium monorchis</i> (L.) R. Br. Бровник однобульбовий
111.	<i>Hyperzia selago</i> (L.) Bernh. ex Schrank et C. Mart. Баранець звичайний
112.	<i>Iris pseudocyperus</i> Schur (<i>I. graminea</i> L. subsp. <i>pseudocyperus</i> (Schur) Soó) Півники несправжньосмикавцеві
113.	<i>Iris sibirica</i> L. Півники сибірські
114.	<i>Jovibarba hirta</i> (L.) Opiz. (<i>J. hirta</i> (L.) Opiz. subsp. <i>pressiana</i> (Domin) Soo; <i>J. preissiana</i> (Domin) Omelcz. et Czopik) Борідник шерстистоволосистий
115.	<i>Juncus bulbosus</i> L. Ситник бульбистий
116.	<i>Juncus subnodulosus</i> Schrank Ситник тупопелюстковий
117.	<i>Larix polonica</i> Racib. (<i>L. decidua</i> Mill. subsp. <i>polonica</i> (Racib.) Domin) Модрина польська
118.	<i>Lathyrus laevigatus</i> (Waldst. et Kit.) Gren. Чина гладенька

119.	<i>Lathyrus transsylvanicus</i> (Spreng.) Reichenb. fil. Чина трансільванська
120.	<i>Leontopodium alpinum</i> Cass. Білотка альпійська, шовкова косиця
121.	<i>Leucanthemella serotina</i> (L.) Tzvel. Леукантемела пізня
122.	<i>Leucojum aestivum</i> L. Білоцвіт літній
123.	<i>Leucojum. vernum</i> L. subsp. <i>carpaticum</i> (Spring.) O. Schwarz Білоцвіт весняний карпатський
124.	<i>Ligularia sibirica</i> (L.) Cass. Язичник сибірський
125.	<i>Lilium martagon</i> L. Лілія лісова
126.	<i>Liparis loeselii</i> (L.) Rich. Жировик Лезеля
127.	<i>Listera cordata</i> (L.) R. Br. Зозулині сльози серцелисті
128.	<i>Listera ovata</i> (L.) R. Br. Зозулині сльози яйцевидні
129.	<i>Lloydia serotina</i> (L.) Reichenb. Ллойдія пізня
130.	<i>Loiseleuria procumbens</i> (L.) Desv. Наскельниця лежача
131.	<i>Lonicera caerulea</i> L. Жимолость голуба
132.	<i>Ludwigia palustris</i> (L.) Elliott Людвігія болотна
133.	<i>Lunaria rediviva</i> L. Лунарія оживаюча
134.	<i>Lycopodiella inundata</i> (L.) Holub Лікоподієлла заплавна
135.	<i>Lycopodium annotinum</i> L. Плаун річний
136.	<i>Malaxis monophyllos</i> (L.) Sw. Малаксис однолистий
137.	<i>Marsilea quadrifolia</i> L. Марсилія чотирилиста
138.	<i>Minuartia pauciflora</i> (Kit. ex Kanit) Dvorakova (<i>M. zarecznyi</i> (Zapał.) Klokov, <i>M. verna</i> auct. non (L.) Hierr, <i>M. gerardii</i> auct. non (Willd.) Hayek) Мінуарція рідкоквіткова
139.	<i>Muscari botryoides</i> Mill. (incl. <i>M. transsylvanicum</i> Schur; <i>M. botryoides</i> (L.) Mill. subsp. <i>transsylvanicum</i> (Schur) Soó) Гадюча цибулька гроноподібна

140.	<i>Narcissus angustifolius</i> Curt.(<i>N. poeticus</i> L. subsp. <i>angustifolius</i> (Curt.) Asch. et Graebn.; <i>N. poeticus</i> L. subsp. <i>radiiflorus</i> (Salisb.) Backer) Нарцис вузьколистий
141.	<i>Neotinea ustulata</i> (L.) R.M. Bateman, A.M. Pridgeon et M.W. Chase (<i>Orchis ustulata</i> L.) Неотінея обпалена
142.	<i>Neottia nidus-avis</i> (L.) Rich. Гніздівка звичайна
143.	<i>Nymphoides peltata</i> (S.G. Gmel.) O. Kuntze Плавун щитолистий
144.	<i>Orchis mascula</i> (L.) L. subsp. <i>mascula</i> Зозулинець чоловічий
145.	<i>Orchis militaris</i> L. Зозулинець шоломоносний
146.	<i>Orchis pallens</i> L. Зозулинець блідий
147.	<i>Orchis purpurea</i> Huds. Зозулинець пурпуровий
148.	<i>Orchis signifera</i> Vest. (<i>Orchis mascula</i> L. subsp. <i>signifera</i> (Vest) Soó) Зозулинець прикрашений
149.	<i>Oreochloa disticha</i> (Wulf.) Link Горянка дворядна
150.	<i>Ornithogalum boucheanum</i> (Kunth) Aschers. Рястка Буше
151.	<i>Oxycoccus microcarpus</i> Turcz. ex Rupr. (<i>Vaccinium microcarpum</i> (Turcz. ex Rupr.) Schmalh. Журавлина дрібноплідна
152.	<i>Oxuria digyna</i> (L.) Hill Кисличник двостовпчиковий
153.	<i>Pedicularis sylvatica</i> L. Шолудивник лісовий
154.	<i>Pinguicula alpina</i> L. Товстянка альпійська
155.	<i>Pinguicula vulgaris</i> L. Товстянка звичайна
156.	<i>Pinus cembra</i> L. Сосна кедрова, сосна європейська
157.	<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich. subsp. <i>laxiflora</i> (Drejer) Løjtnant (<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich.) Любка рідкоквіткова
158.	<i>Platanthera chlorantha</i> (Cust.) Reichenb. Любка зеленоквіткова
159.	<i>Primula farinosa</i> L. Первоцвіт борошністий

160.	<i>Primula halleri</i> J.F. Gmel. Первоцвіт Галлера
161.	<i>Primula minima</i> L. Первоцвіт дрібний
162.	<i>Pseudorchis albida</i> (L.) Á. Löve et D. Löve (<i>Leucorchis albida</i> (L.) E. Mey.) Псевдорхіс білуватий
163.	<i>Ptarmica lingulata</i> (Waldst. & Kit.) DC. (<i>Achillea lingulata</i> Waldst. & Kit.) Чихавка язиколіста
164.	<i>Ptarmica tenuifolia</i> (Schur) Schur (<i>Achillea oxiloba</i> (DC.) Schultz Bip. subsp. <i>schurii</i> (Schultz Bip.) Heimerl.; <i>A. schurii</i> Schultz Bip.) Чихавка тонколіста
165.	<i>Pulsatilla scherfelii</i> (Ullep.) Skalicky (<i>P. alba</i> Reichb.) Сон білий
166.	<i>Quercus cerris</i> L. Дуб бургундський, дуб чимбарний
167.	<i>Ranunculus thora</i> L. (<i>R. tatrae</i> Borb.) Жовтець Тора
168.	<i>Rhodiola rosea</i> L. Родіола рожева
169.	<i>Rhododendron myrtifolium</i> Schott et Kotschy (<i>R. kotschyi</i> Simonk.) Рододендрон миртолистий
170.	<i>Salix alpina</i> Scop. Верба альпійська
171.	<i>Salix herbacea</i> L. Верба трав'яна
172.	<i>Salix retusa</i> L. (<i>S. retusa</i> L. subsp. <i>kitaibeliana</i> (Willd.) Reichb.; <i>S. kitaibeliana</i> Willd.) Верба туполиста
173.	<i>Salix starkeana</i> Willd. Верба Старке
174.	<i>Salvinia natans</i> (L.) All. Сальвінія плаваюча
175.	<i>Saussurea alpina</i> (L.) DC. Сосюрея альпійська
176.	<i>Saussurea porcii</i> Degen Сосюрея Порца
177.	<i>Saxifraga aizoides</i> L. Ломикамінь аїзовидний
178.	<i>Saxifraga androsacea</i> L. Ломикамінь переломниковий
179.	<i>Saxifraga bryoides</i> L. Ломикамінь моховидний
180.	<i>Saxifraga bulbifera</i> L. Ломикамінь бульбоносний

181.	<i>Saxifraga carpatica</i> Sternb. Ломикамінъ карпатський
182.	<i>Saxifraga pedemontana</i> All. subsp. <i>cymosa</i> Engler (<i>S. cymosa</i> Waldst. et Kit.) Ломикамінъ півзонтиковий
183.	<i>Scheuchzeria palustris</i> L. Шейхцерія болотна
184.	<i>Schoenus ferrugineus</i> L. Сашник іржавий
185.	<i>Scopolia carniolica</i> Jacq. Скополія карніолійська
186.	<i>Securigera elegans</i> (Pančič.) Lassen (<i>Coronilla elegans</i> Pančič; <i>C. latifolia</i> (Hazsl.) Jáv.) В'язіль стрункий
187.	<i>Sedum antiquum</i> Omelcz. et Zaverucha Очиток давній
188.	<i>Selaginella helvetica</i> (L.) Spring Селягінелла швейцарська
189.	<i>Selaginella selaginoides</i> (L.) C. Mart. Селягінелла плауноподібна
190.	<i>Sempervivum marmoreum</i> Griseb. (<i>S. schlehanii</i> Schott) Молодило мармурове
191.	<i>Sempervivum montanum</i> L. (incl. <i>S. montanum</i> L. subsp. <i>carpaticum</i> Wettst. ex Hayek) Молодило гірське карпатське
192.	<i>Senecio carpathicus</i> Herbich (<i>S. abrotanifolius</i> L. subsp. <i>carpathicus</i> (Herbich) Nyman) Жовтозілля карпатське
193.	<i>Silene viridiflora</i> L. Смілка зеленоквіткова
194.	<i>Sorbus torminlis</i> (L.) Crantz Берека
195.	<i>Sparganium angustifolium</i> Michx. (<i>S. affinae</i> Schnizl.) Іжача голівка вузьколиста
196.	<i>Spirantes spiralis</i> (L.) Chevall. Скручений спіральний
197.	<i>Staphylea pinnata</i> L. Клюкичка периста
198.	<i>Stipa transcarpatica</i> Klok. (<i>S. crassiculmis</i> P. Smirnov subsp. <i>euroanatolica</i> Martinovský; <i>S. pulcherrima</i> agg.) Ковила закарпатська
199.	<i>Succisella inflexa</i> (Kluk) G. Beck Комонничок зігнутий
200.	<i>Swertia perennis</i> L. (incl. <i>S. alpestris</i> Baumg. ex Fuss, <i>S. perennis</i> L. subsp. <i>alpestris</i> (Baumg. ex Fuss) Simonk.) Сверція багаторічна

201.	<i>Syringa josikaea</i> Jacq. fil. Бузок східнокарпатський
202.	<i>Taxus baccata</i> L. Тис ягідний
203.	<i>Trapa natans</i> L. Водяний горіх плаваючий
204.	<i>Traunsteinera globosa</i> (L.) Reichenb. Траунштейнера куляста
205.	<i>Trifolium badium</i> Schreb. Конюшина коричнева
206.	<i>Trifolium rubens</i> L. Конюшина червонувата
207.	<i>Utricularia australis</i> R. Br. (<i>U. neglecta</i> Lehm.) Пухирник південний
208.	<i>Utricularia bremii</i> Heer Пухирник Брема
209.	<i>Utricularia minor</i> L. Пухирник малий
210.	<i>Veronica aphylla</i> L. Вероніка безлиста
211.	<i>Veronica bellidioides</i> L. Вероніка стокроткова
212.	<i>Veronica fruticans</i> Jacq. Вероніка куциста
213.	<i>Viola alba</i> Besser Фіалка біла
214.	<i>Waldsteinia geoides</i> Willd. Вальдштейнія гравілатоподібна
215.	<i>Woodsia alpina</i> (Bolt.) S. F. Gray. Вудсія альпійська
216.	<i>Woodsia ilvensis</i> (L.) R.Br. Вудсія ельбська

Додаток 2

**ПЕРЕЛІК ВИДІВ СУДИННИХ РОСЛИН, ЩО ПІДЛЯГАЮТЬ
ОСОБЛИВІЙ ОХОРОНІ НА ТЕРИТОРІЇ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ
(затверджений рішенням Закарпатської обласної ради від
28.05.2015 р., № 1263)**

1.	<i>Achillea pannonica</i> Scheele Деревій паннонський
2.	<i>Achillea setacea</i> Waldst. et Kit. Деревій щетинистий
3.	<i>Acinos alpinus</i> (L.) Moench subsp. <i>baumgartenii</i> (Simk.) Pawł. (<i>Acinos baumgartenii</i> (Simk.) Klok.) Щебрушка альпійська Баумгартена
4.	<i>Aconitum bucovinense</i> Zapał. Аконіт буковинський
5.	<i>Aconitum</i> х <i>czarnohorensse</i> (Zapał.) Mitka Аконіт чорногірський
6.	<i>Aconitum degenii</i> Gayer (<i>A. paniculatum</i> Lam. nom illeg.) Аконіт Дегена
7.	<i>Aconitum firmum</i> Rchb. subsp. <i>firmum</i> Аконіт міцний типовий
8.	<i>Aconitum firmum</i> Rchb. subsp. <i>fissurae</i> Nyárády (<i>A. romanicum</i> Wołoszcz.) Аконіт міцний вузьколистий
9.	<i>Aconitum</i> х <i>gayeri</i> Starmühl. Аконіт Гайєра
10.	<i>Aconitum gracile</i> Reichenb. (<i>A. variegatum</i> L. subsp. <i>gracile</i> (Rchb.) Gayer) Аконіт стрункий
11.	<i>Aconitum hosteanum</i> Schur (<i>A. moldavicum</i> Hacq. subsp. <i>hosteanum</i> (Schur) Graebn. et P. Graebn.) Аконіт Госта
12.	<i>Aconitum lasiocarpum</i> (Rchb.) Gayer subsp. <i>kotulae</i> (Pawł.) Starmühl. et Mitka Аконіт шерстистовустий Котули
13.	<i>Aconitum</i> х <i>nanum</i> (Baumg.) Simonk. Аконіт маленький
14.	<i>Adenophora liliifolia</i> (L.) A. DC. Аденофора лілієлиста
15.	<i>Aegonychon purpureocaeruleum</i> (L.) Holub (<i>Buglossoides purpureocerulea</i> (L.) I.M. Johnston; <i>Lithospermum purpureo-caeruleum</i> L.) Егоніхон фіолетово-голубий
16.	<i>Agrostemma githago</i> L. Кукіль звичайний
17.	<i>Aira elegans</i> Willd. ex Gaudin (<i>A. capillaris</i> Host non al, <i>A. elegantissima</i> Schur) Аїра витончена
18.	<i>Alchemilla babiogorensis</i> Pawł. Приворотень баб'єгірський

19.	<i>Alchemilla baltica</i> Sam. ex Juz. Приворотень балтійський
20.	<i>Alchemilla cymatophylla</i> Juz. Приворотень хвилястолистий
21.	<i>Alchemilla deylii</i> Plocek Приворотень Дейла
22.	<i>Alchemilla firma</i> Buser Приворотень міцний
23.	<i>Alchemilla hoverlensis</i> M. Pawlus et O. Lovelius Приворотень говерлянськмй
24.	<i>Alchemilla incisa</i> Buser Приворотеньнадрізаний
25.	<i>Alchemilla obtusa</i> Buser Приворотень пригуплений
26.	<i>Alchemilla pseudoincisa</i> Pawł. Приворотень несправжньо надрізаний
27.	<i>Alchemilla reniformis</i> Buser Приворотень нирковидний
28.	<i>Alchemilla walasii</i> Pawł. Приворотень Валаса
29.	<i>Alkanna tinctoria</i> (L.) Tausch (Bucek) Алкана красильна
30.	<i>Allium angulosum</i> L. Цибуля гранчаста
31.	<i>Anchusa barrelieri</i> (All.) Vitm. Воловик Баррельє
32.	<i>Andromeda polifolia</i> L. Андромеда багатоліста
33.	<i>Anthyllis alpestris</i> Reichenb. (<i>A. vulneraria</i> L. subsp. <i>alpestris</i> (Kit. ex Schult.) Aschers. et Graebnn.; <i>A. calcicola</i> (Schur) Schur) Заяча конюшина альпійська
34.	<i>Arabis sudetica</i> Tausch (<i>A. allionii</i> DC.) Гусимець судетський
35.	<i>Arenaria leptoclados</i> (Reichenb.) Guss. subsp. <i>leptoclados</i> (<i>A. serpyllifolia</i> L. subsp. <i>leptoclados</i> (Reichenb.) Guss.) Піщанка тонкостеблова
36.	<i>Arenaria tenella</i> Kit. in Schul. (<i>A. ciliata</i> L.) Піщанка ніжна
37.	<i>Asparagus officinalis</i> L. Холодок лікарський
38.	<i>Asplenium x alternifolium</i> Wulfen Аспленій черговолістий
39.	<i>Avenula pubescens</i> (Hudson) Dumort. subsp. <i>laevigata</i> (Schur) Holub (<i>Avenastrum laevigatum</i> Schur) Вівсик пухнастий гладенький
40.	<i>Bartsia alpina</i> L. Бартсія альпійська

41.	<i>Batrachium circinatum</i> (Sibth.) Spas Водяний жовтець завитий, мочалка округла
42.	<i>Batrachium rhipiphyllum</i> (Bast. ex Boreau) Dumort (<i>B. floribundum</i> (Bab.) Dumort; <i>Ranunculus peltatus</i> Schrank) Водяний жовтець щитовий
43.	<i>Batrachium trichophyllum</i> (Chaix) Bosch Водяний жовтець волосистий
44.	<i>Beckmannia eruciformis</i> (L.) Host Бекманія звичайна
45.	<i>Bifora radians</i> M. Bieb. Біфора промениста
46.	<i>Bromopsis ramosa</i> (Huds.) Holub (<i>Bromus ramosa</i> Huds.) Стоколос гіллястий
47.	<i>Vupleurum longifolium</i> L. subsp. <i>vapincense</i> (Vill.)Todor (<i>B. vapincense</i> Vill.) Ласкавець фіолетовий
48.	<i>Vupleurum rotundifolium</i> L. Ласкавець круглолистий
49.	<i>Buschia lateriflora</i> (DC.) Ovcz. Бушія бокоцвіта
50.	<i>Calamagrostis canescens</i> (Web.) Roth Куничник сіруватий
51.	<i>Calla palustris</i> L. Образки болотні
52.	<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull Вереск звичайний
53.	<i>Campanula glomerata</i> L. subsp. <i>farinosa</i> (Andrz.) Kirschl. Дзвоники скупчені мучнисті
54.	<i>Campanula glomerata</i> L. subsp. <i>subcapitata</i> (Popov) Fed. Дзвоники скупчені майжеголовчасті
55.	<i>Campanula rapunculus</i> L. Дзвоники ріпчасті
56.	<i>Cardamine parviflora</i> L. Жеруха дрібноцвіта
57.	<i>Cardaminopsis neglecta</i> (Schult.) Hayek Кардамінопсис занедбаний
58.	<i>Carex appropinquata</i> Schum. Осока зближена
59.	<i>Carex diandra</i> Schrank. Осока двотичинкова
60.	<i>Carex dioica</i> L. Осока двудомна
61.	<i>Carex disticha</i> Huds. Осока дворядна
62.	<i>Carex hartmanii</i> Cajand. Осока Гартмана
63.	<i>Carex humilis</i> Leyss. Осока низька

64.	<i>Carex limosa</i> L. Осока багнова
65.	<i>Carex praecox</i> Schreber subsp. <i>curvata</i> (Knaf.) Kük. Осока рання зігнута
66.	<i>Carex rhizina</i> Blytt ex Lindbl. (<i>C. pediformis</i> C.A. Meyer subsp. <i>rhizodes</i> (Blytt) H. Lindb.) Осока кореневищна
67.	<i>Catabrosa aquatica</i> (L.) Beauv. Катаброза водяна
68.	<i>Centaurea kotschyana</i> Heufel ex Koch Волошка східнокарпатська
69.	<i>Centaurea melanocalathia</i> Borbas (<i>C. phrygia</i> L. subsp. <i>melanocalathia</i> (Borbas) Dostal) Волошка чорноголова
70.	<i>Centaurea stricta</i> Waldst. et Kit. (<i>C. triumfetti</i> All. subsp. <i>stricta</i> (Waldst. et Kit.) Dostal) Волошка стиснута
71.	<i>Cerastium eriophorum</i> Kit. in Schult. (<i>C. lanatum</i> auct. non Lam.; <i>C. alpinum</i> subsp. <i>lanatum</i> auct. non (Lam.) Asch. et Graebn.) Роговик вовнистий
72.	<i>Cerastium pumilum</i> Curt. Роговик низький
73.	<i>Cerastium sylvaticum</i> Waldst. et Kit. Роговик лісовий
74.	<i>Cerastium tauricum</i> Spreng. (<i>C. brachypetalum</i> Pers. subsp. <i>tauricum</i> (Spreng.) Murb.) Роговик кримський
75.	<i>Cerastium tenoreanum</i> Ser. (<i>C. brachypetalum</i> Pers. subsp. <i>tenoreanum</i> (Ser.) Soó) Роговик Тенора
76.	<i>Cerasus fruticosa</i> (Pall.) Woronow (<i>Prunus fruticosa</i> Pall.) Вишня степова
77.	<i>Chamaecytisus elongatus</i> (Waldst. et Kit.) Tzvel. Зіновать протягнута
78.	<i>Chamaecytisus ratisbonensis</i> (Schaeff.) Rothm. Зіновать регенсбурзька
79.	<i>Chamaecytisus triflorus</i> (Lam.) Skalický Зіновать триквіткова
80.	<i>Chimaphila umbellata</i> (L.) W. Barton Зимолубка зонтична
81.	<i>Chrysosplenium alpinum</i> Schur Жовтяниця альпійська
82.	<i>Cicuta virosa</i> L. Цикута отруйна
83.	<i>Cimicifuga europaee</i> Schipcz. Клопогін європейський
84.	<i>Clematis recta</i> L. Ломиніс прямий

85.	<i>Cnidium dubium</i> (Schkuhr) Thell. Стожильник сумнівний
86.	<i>Comarum palustre</i> L. (<i>Potentilla palustris</i> (L.) Scop.) Вовче тіло звичайне
87.	<i>Convolvulus cantabrica</i> L. Березка кантабрійська
88.	<i>Cortusa matthioli</i> L. subsp. <i>sibirica</i> (Andrz.) Nyár. Кортуза Маттіолі сибірська
89.	<i>Cruciata pedemontana</i> (Bellardi) Ehrend. Круціата п'ємонтська
90.	<i>Crypsis alopecuroides</i> (Piller et Mitterp.) Schrad. Скритниця китниковидна
91.	<i>Cyperus michelianus</i> (L.) Delile (<i>Dichostylis micheliana</i> (L.) Nees) Смикавець Мікелі
92.	<i>Dactylis slovenica</i> Domin (<i>D. glomerata</i> L. subsp. <i>slovenica</i> Domin) Грястиця словацька
93.	<i>Danthonia alpina</i> Vest. Дантонія альпійська
94.	<i>Dianthus carthusianorum</i> L. subsp. <i>saxigenus</i> (Schur) Jáv. et Soó Гвоздика картузіанська скельна
95.	<i>Dianthus carthusianorum</i> subsp. <i>subalpinus</i> (Rehman) Májovský et Králik (<i>D. carpathicus</i> Wołoszcz.) Гвоздика картузіанська субальпійська
96.	<i>Diantus glabriusculus</i> (Kit.) Borb. (<i>D. collinus</i> Walst. et Kit subsp. <i>glabriusculus</i> (Kit.) Thaisz Гвоздика голувата
97.	<i>Dianthus tenuifolius</i> Schur Гвоздика тонколиста
98.	<i>Draba carinthiaca</i> Норре (<i>D. siliquosa</i> Bieb.) Крупка каринтійська
99.	<i>Drosera rotundifolia</i> L. Росичка круглолиста
100.	<i>Dryopteris affinis</i> (Lowe) Fras.-Jenk. subsp. <i>borreri</i> (Newman) Fras.-Jenk. (<i>D. borreri</i> (Newm.) Newm. ex Oberholzer et Tavel) Щитник споріднений Борера
101.	<i>Dryopteris assimilis</i> S. Walker (<i>D. expansa</i> auct. non (C. Presl) Fras.-Jenk et Jermy; <i>D. expansa</i> var. <i>alpina</i> (Moore) Viane) Щитник схожий
102.	<i>Dryopteris cristata</i> (L.) A. Gray Щитник гребенястий
103.	<i>Dryopteris remota</i> (A. Br. ex Doell) Druce Щитник розставлений
104.	<i>Echinops sphaerocephalus</i> L. Головатень круглоголовий
105.	<i>Elatine alsinastrum</i> L. Руслиця мокрична
106.	<i>Elatine triandra</i> Schkuhr (<i>Elatine ambigua</i> Wight) Руслиця тритичинкова

107.	<i>Eleocharis mitracarpa</i> Steud. Ситняг ковпаковий
108.	<i>Eleocharis quinqueflora</i> (F.X. Hartman) O. Schwarz Ситняг п'ятиквітковий
109.	<i>Epilobium anagallidifolium</i> Lam. Зніт курячоочковий
110.	<i>Epilobium alsinifolium</i> Vill. Зніт мокричниколистий
111.	<i>Epilobium lanceolatum</i> Sebast. et Mauri Зніт ланцетолистий
112.	<i>Epilobium nutans</i> F.W. Schmidt Зніт пониклий
113.	<i>Equisetum variegatum</i> Shleich. ex Weber et Mohr Хвощ рябий
114.	<i>Eriophorum gracile</i> W.D.J. Koch Пухівка струнка
115.	<i>Erysimum odoratum</i> Ehrh. subsp. <i>odoratum</i> (<i>E. pannonicum</i> Crantz) Жовтушник запашний типовий
116.	<i>Euphorbia carpatica</i> Wołoszcz. Молочай карпатський
117.	<i>Euphorbia lingulata</i> Heuff. Молочай язичковий
118.	<i>Euphorbia lucida</i> Waldst. et Kit. Молочай глянсуватий
119.	<i>Euphorbia palustris</i> L. Молочай болотяний
120.	<i>Euphorbia sojakii</i> (Chrtek et Krisa) Dubovik (<i>E. austriaca</i> A. Kerner) Молочай Сойяка
121.	<i>Euphrasia salisburgensis</i> Funck Очанка зольцбурзька
122.	<i>Ferulago sylvatica</i> (Bess.) Reichenb. Ферульник лісовий
123.	<i>Festuca apennina</i> De Not. (<i>F. pratensis</i> Hudson subsp. <i>apennina</i> (De Not.) Hegi) Костриця апеннінська
124.	<i>Festuca carpatica</i> F. Dietr. Костриця карпатська
125.	<i>Festuca inarmata</i> Schur Костриця безоста
126.	<i>Festuca pseudodalmatica</i> Krajina ex Domin Костриця несправжньодалматська
127.	<i>Festuca tatrae</i> (Csakó) Degen Костриця татранська
128.	<i>Festuca tenuifolia</i> Sibth. (<i>F. filiformis</i> Pourret) Костриця тонколиста
129.	<i>Gagea minima</i> (L.) Ker-Gawl. Зірочки маленькі

130.	<i>Gagea spathacea</i> (Hayne) Salisb. Зірочки чохлаваті
131.	<i>Gagea villosa</i> (Bieb.) Duby (<i>G. arvensis</i> (Pers.) Dumort.) Зірочки мохнаті
132.	<i>Galatella linosyris</i> (L.) Reichenb. fl. (<i>Aster linosyris</i> (L.) Bernh.) Солонечник звичайний
133.	<i>Galium abaujense</i> Borbás Підмареник абауйський
134.	<i>Galium anisophyllum</i> Vill. Підмаренник різнолистий
135.	<i>Galium hercynicum</i> Weigel Підмаренник герцинський
136.	<i>Galium rubioides</i> L. Підмаренник мареновидний
137.	<i>Galium transcarpaticum</i> Stojko et Tasenkevitch Підмаренник закарпатський
138.	<i>Gentiana cruciata</i> L. Тирлич хрещатий
139.	<i>Gentiana pneumonanthe</i> L. Тирлич звичайний
140.	<i>Gentianopsis ciliata</i> (L.) Ma Yu-Chuan (<i>Gentiana ciliata</i> L.; <i>Gentianella ciliata</i> (L.) Borkh.) Тирличник війчастий
141.	<i>Glyceria declinata</i> Bréb Лепешняк похилений
142.	<i>Helianthemum grandiflorum</i> (Scop.) DC. subsp. <i>grandiflorum</i> Сонццвіт великоквітковий
143.	<i>Helianthemum grandiflorum</i> (Scop.) DC. subsp. <i>glaucescens</i> (Murb.) Holub (<i>H. glaucescens</i> (Murb.) Tzvel.) Сонццвіт великоквітковий сизуватий
144.	<i>Helianthemum nummularium</i> (L.) Miller subsp. <i>obscurum</i> (Čelak) Holub (<i>H. chamaecistus</i> Mill; <i>H. hirsutum</i> (Thuill.) Méral; <i>H. ovatum</i> (Viv.) Dunal in DC; <i>H. obscurum</i> Pers.) Сонццвіт звичайний темний
145.	<i>Heracleum carpathicum</i> Porcius Борщівник карпатський
146.	<i>Heracleum palmatum</i> Baumg. (<i>H. sphondylium</i> L. subsp. <i>transsilvanicum</i> (Schur) Brummitt) Борщівник пальчастий
147.	<i>Hierochloë odorata</i> (L.) P. Beauv. Чаполоч пахуча
148.	<i>Inula aspera</i> Poir. (<i>I. salicina</i> L. subsp. <i>aspera</i> (Poir.) Hayek; <i>I. cordata</i> Boiss.) Оман шорсткий
149.	<i>Inula conyzae</i> (Greiss.) Meikle (<i>I. conyza</i> DC.) Оман блошиний
150.	<i>Inula germanica</i> L. Оман німецький

151.	<i>Iris germanica</i> L. Півники німецькі
152.	<i>Iris hungarica</i> Waldst. et Kit. (<i>Iris aphylla</i> L. subsp. <i>hungarica</i> (Waldst. et Kit.) Hegi) Півники угорські
153.	<i>Iris variegata</i> L. Півники рябі
154.	<i>Juncus acutiflorus</i> Ehrh. ex Hoffm. Ситник гостропелюстковий
155.	<i>Juncus atratus</i> Krock. Ситник темноцвітий
156.	<i>Juncus castaneus</i> Smith Ситник каштановий
157.	<i>Juncus thomasi</i> Ten. Ситник Томаса
158.	<i>Juncus triglumis</i> L. Ситник трилусковий
159.	<i>Juniperus sabina</i> L. Ялівець козакий
160.	<i>Kohlruschia prolifera</i> (L.) Kunth (<i>Petrorhagia prolifera</i> (L.) P. W. Ball et Heywood) Кольраушія пагононосна
161.	<i>Koeleria transsylvanica</i> Schur (<i>K. macrantha</i> (Ledeb.) Schultes subsp. <i>transsylvanica</i> (Schur) Beldie) Кипець трансільванський
162.	<i>Lactuca quercina</i> L. subsp. <i>chaixii</i> (Vill.) Čelak. (<i>L. chaixii</i> (Vill.)*) Латук (салат) дуболистий Ше
163.	<i>Lathyrus lacteus</i> (M. Bieb.) Wissjul. (<i>L. pannonicus</i> (Jacq.) Carcke subsp. <i>collinus</i> (Ortmann) Soó)* Чина молочнобіла
164.	<i>Lathyrus latifolius</i> L. Чина широколиста
165.	<i>Lathyrus palustris</i> L. Чина болотна
166.	<i>Ledum palustre</i> L. Багно звичайне
167.	<i>Leontodon hispidus</i> L. subsp. <i>opimus</i> (Koch) Finch et P.D. Sell (<i>L. opimus</i> Koch) Любочки шорсткі блискучі
168.	<i>Leontodon pseudotaraxaci</i> Schur (<i>L. montanus</i> Lam. subsp. <i>pseudotaraxaci</i> (Schur) Finch et P.D. Sell) Любочки несправжньокульбабові
169.	<i>Leucanthemum margaritae</i> (Gáyer in Jávorka) Soó Королиця Маргарити
170.	<i>Leucanthemum subalpinum</i> (Schur) Tzvel. (<i>L. raciborskii</i> M. Pop et Chrshan.; <i>L. vulgare</i> Lam. subsp. <i>alpicola</i> (Gremli) Á. et D. Löve; <i>L. vulgare</i> subsp. <i>subalpinum</i> (Schur) Soó) Королиця субальпійська
171.	<i>Lilium bulbiferum</i> L. Лілія цибулинконосна

172.	<i>Limosella aquatica</i> L. Мулянка водяна
173.	<i>Lindernia procumbens</i> (Krock.) Borbas Ліндернія простерта
174.	<i>Linum austriacum</i> L. Льон австрійський
175.	<i>Linum extraaxillare</i> Kit. Льон гірський
176.	<i>Linum flavum</i> L. Льон жовтий
177.	<i>Linum trigynum</i> L. Льон триматочковий
178.	<i>Lotus tenuis</i> Waldst. et Kit. ex Willd. Лядвенець тонкий
179.	<i>Luzula spicata</i> (L.) DC. Ожика колосиста
180.	<i>Lycopus exaltatus</i> L. Вовконіг високий
181.	<i>Melampyrum saxosum</i> Baumg. Перестріч скельний
182.	<i>Melica ciliata</i> L. Перлівка віїчаста
183.	<i>Melica picta</i> C. Koch Перлівка ряба
184.	<i>Melica transsilvanica</i> Schur Перлівка трансільванська
185.	<i>Menyanthes trifoliata</i> L. Бобівник трилистий
186.	<i>Myricaria germanica</i> (L.) Desv. Мірикарія німецька
187.	<i>Nepeta pannonica</i> L. Котяча м'ята паннонська
188.	<i>Nonea pulla</i> (L.) DC. Куряча сліпота звичайна
189.	<i>Nymphaea alba</i> L. Латаття біле
190.	<i>Nymphaea candida</i> J.Presl. Латаття сніжно-біле
191.	<i>Oenanthe banatica</i> Heuff. Омег банатський
192.	<i>Oenanthe silaifolia</i> Bieb. subsp. <i>hungarica</i> (Simon) Bertová Омег морківнолистий угорський
193.	<i>Ophioglossum vulgatum</i> L. Вужачка звичайна
194.	<i>Orlaya grandiflora</i> (L.) Hoffm. Орлайя великоквіткова
195.	<i>Orobanchе alsatica</i> Kirschl. Вовчок ельзаський

196.	<i>Orobanche caryophyllacea</i> Smith. (<i>O. vulgaris</i> Poir.) Вовчок гвоздиковидний
197.	<i>Orobanche teucarii</i> Holandre* Вовчок самосиловий
198.	<i>Oxycoccus palustris</i> Pers. (<i>Vaccinium oxycoccos</i> L.) Журавлина болотна
199.	<i>Padus avium</i> Mill. subsp. <i>petraea</i> (Tausch) Pavl. ex J. Holub (<i>P. racemosa</i> (Lqam.) Gilib. subsp. <i>petraea</i> (Tausch) Pavl.; <i>Prunus padus</i> L. subsp. <i>borealis</i> Cajander) Черемха скельна
200.	<i>Pedicularis palustris</i> L. Шолудивник болотний
201.	<i>Peucedanum alsaticum</i> L. Смовдь-кукотина
202.	<i>Peucedanum palustre</i> (L.) Moench Смовдь болотна
203.	<i>Phelipanche purpurea</i> (Jacq.) Soják (<i>Orobanche purpurea</i> Jacq.)* Вовчок пурпуровий
204.	<i>Phleum ambiguum</i> Ten. Тимофіївка сумнівна
205.	<i>Phyllitis scolopendrium</i> (L.) Newm. (<i>Asplenium scolopendrium</i> L.) Листовик сколопендровий
206.	<i>Pinus sylvestris</i> L. Сосна звичайна
207.	<i>Plantago altissima</i> L. Подорожник найвищий
208.	<i>Plantago atrata</i> Hoppe subsp. <i>carpathica</i> (Pilg.) Soó Подорожник карпатський
209.	<i>Plantago urvillei</i> Opiz (<i>P. media</i> L. subsp. <i>stepposa</i> (Kuprian.) Soó) Подорожник степовий
210.	<i>Poa media</i> Schur Тонконіг середній
211.	<i>Poa nemoralis</i> L. subsp. <i>carpathica</i> Jirásek Тонконіг карпатський
212.	<i>Poa pannonica</i> A.J. Kerner Тонконіг паннонський
213.	<i>Poa remota</i> Forselles Тонконіг розсунутий
214.	<i>Polycnemum verrucosum</i> Láng Наземка бородавчаста
215.	<i>Polygala amara</i> L. subsp. <i>brachyptera</i> (Chodat) Hayek (<i>P. subamara</i> Fritsch; <i>P. amblyptera</i> Rchb.) Китятки гіркі гірські
216.	<i>Polygala amarella</i> Crantz Китятки гіркуваті
217.	<i>Potamogeton acutifolius</i> Link Рдесник гостролистий

218.	<i>Potamogeton alpinus</i> Balb. Рдесник альпійський
219.	<i>Potamogeton gramineus</i> L. Рдесник злаколистий
220.	<i>Potamogeton praelongus</i> Wulfen Рдесник довгий
221.	<i>Potamogeton trichoides</i> Cham. et Schlecht. Рдесник волосовидний
222.	<i>Potentilla alba</i> L. Перстач білий
223.	<i>Potentilla crantzii</i> (Crantz) G. Beck ex Fritsch (<i>P. verna</i> L.) Перстач Крантца
224.	<i>Potentilla goldbachii</i> Rupr. Перстач Гольдбаха
225.	<i>Potentilla laciniosa</i> Kit. ex Nestl. Перстач розрізаний
226.	<i>Potentilla patula</i> Waldst. & Kit. Перстач розлогий
227.	<i>Potentilla rupestris</i> L. Перстач скельний
228.	<i>Potentilla thuringiaca</i> Bern. ex Link Перстач тюрінгський
229.	<i>Ptarmica vulgaris</i> Blackw. ex DC. (<i>Achillea ptarmica</i> L.) Чихавка звичайна
230.	<i>Pulmonaria angustifolia</i> L. Медунка вузьколиста
231.	<i>Pulmonaria filarszkyana</i> Jáv. Медунка Філярського
232.	<i>Pycreus flavescens</i> (L.) Beauv. ex Reichenb. (<i>Cyperus flavescens</i> L.) Ситовник жовтуватий
233.	<i>Pyrola carpatica</i> Holub et Krisa* Грушанка карпатська
234.	<i>Pyrola chlorantha</i> Sw. Грушанка зеленоцвіта
235.	<i>Pyrola media</i> Sw. Грушанка середня
236.	<i>Quercus polycarpa</i> Schur Дуб багатоплідний
237.	<i>Radiola linoides</i> Roth* Радіола льновидна
238.	<i>Ranunculus arvensis</i> L. Жовтець польовий
239.	<i>Ranunculus lingua</i> L. Жовтець язиколлистий
240.	<i>Ranunculus oreophilus</i> Bieb. (<i>R. hornschurchii</i> Horpe) Жовтець гірськолюбний
241.	<i>Ranunculus polyphyllus</i> Waldst. et Kit. ex Willd. Жовтець багатоллистий

242.	<i>Ranunculus pseudomontanus</i> Schur Жовтець несправжньогірський
243.	<i>Rhynchospora alba</i> (L.) Vahl Ринхоспора біла
244.	<i>Rosa pimpinellifolia</i> L. (<i>R. spinosissima</i> L.) Шипшина бедренцелиста
245.	<i>Rubus bifrons</i> Vest. Ожина двобічна
246.	<i>Rubus constrictus</i> P.J. Müller et Lefèvre Ожина перетягнута
247.	<i>Rubus gothicus</i> Friderichsen et Gelert ex E.H.L.Krause Ожина готична
248.	<i>Rubus grabowskii</i> Weihe ex Günther et al. Ожина Грабовського
249.	<i>Rubus haesitans</i> Martensen et Walsemann Ожина чіпка
250.	<i>Rubus montanus</i> Libert ex Lejeune Ожина гірська
251.	<i>Rubus praecox</i> Bertoloni Ожина рання
252.	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott Ожина в'язолиста
253.	<i>Rumex palustris</i> Smith Щавель багновий
254.	<i>Rumex scutatus</i> L. Щавель щитковий
255.	<i>Sagina apetala</i> Ard. (<i>S. ciliata</i> Fr.) Моховинка безпелюстка
256.	<i>Sagina nodosa</i> (L.) Fenzl. Моховинка вузлувата
257.	<i>Sagina subulata</i> (Sw.) C. Presl. Моховинка шиловидна
258.	<i>Salix phylicifolia</i> L. (<i>S. phylicifolia</i> (L.) subsp. <i>rhaetica</i> (Anderson) A. Skvorts.; <i>S. rhaetica</i> Anderson; non <i>S. bicolor</i> Ehrh. ex Willd.) Верба філіколиста
259.	<i>Salix rosmarinifolia</i> L. (<i>S. repens</i> L. subsp. <i>rosmarinifolia</i>)L.) Čelak.) Верба розмаринолиста
260.	<i>Saxifraga adscendens</i> L. Ломикамінь висхідний
261.	<i>Scabiosa lucida</i> Vill. subsp. <i>barbata</i> E.I. Nyárády (<i>S. opaca</i> Klok.) Скабіоза світла бородата
262.	<i>Scabiosa lucida</i> Vill. subsp. <i>pseudobanatica</i> (Schur) Chrtek Скабіоза світла несправжньобанатська
263.	<i>Schoenoplectus supinus</i> (L.) Palla (<i>Scirpus supinus</i> L.) Куга лежача
264.	<i>Scirpoides holoschoenus</i> (L.) Soják subsp. <i>australis</i> (Murr.) Soják (<i>Scirpus holoschoenus</i> L.; <i>Holoschoenus vulgaris</i> Link.) Комишівник звичайний

265.	<i>Scirpus radicans</i> Schkuhr Комиш укорінливий
266.	<i>Scolochloa festucacea</i> (Willd) Link Тростяниця кострицевидна
267.	<i>Sedum alpestre</i> Vill. Очиток альпійський
268.	<i>Sedum annuum</i> L. Очиток однорічний
269.	<i>Sedum atratum</i> L. Очиток чорнуватий
270.	<i>Sedum hispanicum</i> L. Очиток іспанський
271.	<i>Sedum urvillei</i> DC. (<i>S. hillebrandii</i> Fenzl.; <i>S. sartorianum</i> Boiss. subsp. <i>hillebrandii</i> (Fenzl.) D.A. Webb) Очиток Дюрвілля
272.	<i>Senecio fluviatilis</i> Wallr. Жовтозілля надрічкове
273.	<i>Senecio paludosus</i> L. subsp. <i>lanatus</i> Holub Жовтозілля багнове шерстисте
274.	<i>Seseli libanotis</i> (L.) W.D.J. Koch subsp. <i>libanotis</i> (<i>Libanotis montana</i> Crantz) Жабриця-ладанник
275.	<i>Seseli pallasii</i> Bess. (<i>S. varium</i> Trev.) Жабриця Паласа
276.	<i>Sesleria heufleriana</i> Schur subsp. <i>heufleriana</i> Сеслерія Гейфлера
277.	<i>Silene jundzillii</i> Zapal. Смілка Юндзілла
278.	<i>Soldanella montana</i> Willd. Сольданела гірська
279.	<i>Sparganium minimum</i> Wallr. Іжача голівка маленька
280.	<i>Stellaria barthiana</i> Schur Зірочник Барта
281.	<i>Stellaria longifolia</i> Muehl. ex Willd. (<i>S. diffusa</i> Willd ex Schlecht.) Зірочник довголистий
282.	<i>Stellaria palustris</i> Retz. Зірочник болотний
283.	<i>Swertia punctata</i> Baumg. Сверція крапчаста
284.	<i>Symphytum tanaicense</i> Steven (<i>S. officinale</i> L. subsp. <i>uliginosum</i> (A. Kerner) Numan; <i>S. uliginosum</i> A. Kerner) Живокіст донський
285.	<i>Taraxacum fontanicola</i> Soest. (<i>T. fontanum</i> Hand-Mazz. s.l.) Кульбаба джерельна
286.	<i>Taraxacum nigricans</i> (Kit.) Rchb. Кульбаба чорнувата
287.	<i>Taraxacum palustre</i> (Lyons) Symons Кульбаба болотна

288.	<i>Teucrium scordium</i> L. subsp. <i>palustre</i> (Lam.) Gams Самосил часниковий болотний
289.	<i>Thelypteris palustris</i> Schott Теліптерис болотний
290.	<i>Thesium alpinum</i> L. Льонолижник альпійський
291.	<i>Thesium linophyllum</i> L. Льонолижник льонолистий
292.	<i>Thlaspi dactyloides</i> Heuff. subsp. <i>dactyloides</i> (<i>Noccaea dactyloides</i> (Heuff.) F.K. Mey.) Талабан дакійський
293.	<i>Thymus pulcherimus</i> Schur Чебрець гарний
294.	<i>Tilia tomentosa</i> Moench (<i>T. argentea</i> Desf. in DC) Липа пухнаста
295.	<i>Tordylium maximum</i> L. Торділій великий
296.	<i>Tozzia carpathica</i> Wołoszcz. (<i>T. alpina</i> L. subsp. <i>carpathica</i> (Wołoszcz.) Dostál) Тоція карпатська
297.	<i>Trichophorum cespitosum</i> (L.) C. Hartm. (<i>Baeothryon cespitosum</i> (L.) A. Dietr.; <i>Scirpus cespitosum</i> L.) Пухівочка дерниста
298.	<i>Trifolium pratense</i> L. subsp. <i>kotulae</i> (Pawl.) Soják Конюшина лучна Котули
299.	<i>Trifolium striatum</i> L. Конюшина смугаста
300.	<i>Triglochin maritimum</i> L. Тризубець морський
301.	<i>Trisetum alpestre</i> (Host) Beauv. subsp. <i>alpestre</i> Трищетинник альпійський
302.	<i>Trisetum ciliare</i> (Kit.) Domin (<i>T. fuscum</i> (Kit. ex Schultes) Schultes) Трищетинник війчастий
303.	<i>Trisetum flavescens</i> (L.) Beauv. subsp. <i>taticum</i> Chrtek Трищетинник жовтуватий татранський
304.	<i>Typha schottlandensis</i> Koch et Sond. Розіт Шотландська
305.	<i>Urtica kioviensis</i> Rogow. Кропива київська
306.	<i>Utricularia vulgaris</i> L. Пухирник звичайний
307.	<i>Valeriana simplicifolia</i> (Reichenb.) Kabath (<i>V. dioica</i> L. subsp. <i>simplicifolia</i> (Reichenb.) Nymán) Валеріана цілолиста
308.	<i>Valeriana transsylvanica</i> Schur Валеріана трансільванська
309.	<i>Verbascum glabratum</i> Friv. Дивина голенька
310.	<i>Verbascum lanatum</i> Schrad. Дивина шерстиста

311.	<i>Veronica alpina</i> L. (<i>V. pumila</i> Jacq.; <i>V. alpina</i> L. subsp. <i>pumila</i> (All.) Dostál) Вероніка альпійська
312.	<i>Veronica jacquinii</i> Baumg. (<i>V. austriaca</i> L. subsp. <i>jacquinii</i> (Baumg.) Watzl.) Вероніка Жакена
313.	<i>Veronica prostrata</i> L. Вероніка лежача
314.	<i>Viola dacica</i> Borbás Фіалка дакійська
315.	<i>Viola elatior</i> Fries (<i>V. canina</i> L. subsp. <i>elatior</i> (Fries) Rouy et Fouc.) Фіалка висока
316.	<i>Viola pumilla</i> Chaix Фіалка низика
317.	<i>Viola saxatilis</i> F.W. Schmidt (<i>V. tricolor</i> L. subsp. <i>subalpina</i> Gaudin) Фіалка скельна
318.	<i>Viola uliginosa</i> Besser Фіалка багнова
319.	<i>Vitis sylvestris</i> C.C. Gmel. Виноград лісовий
320.	<i>Wolffia arrhiza</i> (L.) Horkel ex Wimmer Вольфія безкоренева
321.	<i>Zannichelia palustris</i> L. Цанікелія болотна

**ПЕРЕЛІК ОСЕЛИЩ (БІОТОПІВ), ЩО ПІДЛЯГАЮТЬ ОСОБЛИВІЙ
ОХОРОНІ НА ТЕРИТОРІЇ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ (затверджений
рішенням Закарпатської обласної ради від 28.05.2015 р., № 1263)**

№	Групи оселищ	UA Code	Українська назва типу оселища	Ступінь раритетності	Відповідність типам оселищ (біотопів) Natura 2000
1	Гало-фільний	Га1	Паннонські напівзасолені луки	CR	-
2	Піщано-піонерний	Пп2	Силікатні скелі з піонерною рослинністю <i>Sedo-Scleranthion</i> чи <i>Sedo albi-Veronicion dillenii</i>	VU	8230 Силікатні скелі з піонерною рослинністю <i>Sedo-Scleranthion</i> чи <i>Sedo albi-Veronicion dillenii</i> / Siliceous rock with pioneer vegetation of the <i>Sedo-Scleranthion</i> or of the <i>Sedo albi-Veronicion dillenii</i>
3	Піщано-піонерний	Пп3	Наскельні карбонатні або базифільні трав'яні угруповання <i>Alysso-Sedion albi</i>	VU	6110* Наскельні карбонатні або базифільні трав'яні угруповання <i>Alysso-Sedion albi</i> / Rupicolous calcareous or basophilic grasslands of the <i>Alysso-Sedion albi</i>
4	Водний	Во2	Оліготрофні та мезотрофні водойми з угрупованнями <i>Littorelletea uniflorae</i> та/або <i>Isoeto-Nanojuncetea</i>	CR	3130 Оліготрофні та мезотрофні водойми з рослинністю <i>Littorelletea uniflorae</i> та/або <i>Isoeto-Nanojuncetea</i> / Oligotrophic to mesotrophic standing with vegetation of the <i>Littorelletea uniflorae</i> and/or <i>Isoeto-Nanojuncetea</i>
5	Водний	Во3	Природні евтрофні водойми з угрупованнями <i>Magnopotamion</i> та/або <i>Hydrocharition</i>	VU	3150 Природні евтрофні озера з рослинністю типу <i>Magnopotamion</i> або <i>Hydrocharition</i> / Natural eutrophic lakes with <i>Magnopotamion</i> or <i>Hydrocharition</i> – type vegetation
6	Водний	Во4	Низинні та гірські водотоки з рослинністю <i>Ranunculion fluitantis</i> та/або <i>Callitricho-Batrachion</i>	CR	3260 Водотоки від рівнинних до монтанних поясів з рослинністю <i>Ranunculion fluitantis</i> та <i>Callitricho-Batrachion</i> / Water courses of plain to montaine levels with the <i>Ranunculion fluitantis</i> and <i>Callitricho-Batrachion</i> vegetation

7	Водний	Во5	Мілководдя з рослинністю макрофітів (<i>Ranunculus aquatilis</i>)	VU	-
8	Прибережний	Пб1	Мулисті береги річок з рослинністю <i>Chenopodium rubri</i> та <i>Bidention</i>	VU	3270 Мулисті береги річок з рослинністю <i>Chenopodium rubri</i> p.p. та <i>Bidention</i> p.p. / Rivers with muddy banks with <i>Chenopodium rubri</i> p.p. and <i>Bidention</i> p.p. vegetation
9	Прибережний	Пб4	Гірські ріки та їх прибережна трав'яна рослинність	VU	3220 Гірські ріки та їх прибережна трав'яна рослинність / Alpine rivers and the herbaceous vegetation along their banks
10	Прибережний	Пб5	Гірські ріки та їхня прибережна чагарникова рослинність з мірикарією німецькою (<i>Myricaria germanica</i>)	CR	3230 Альпійські ріки та їхня прибережна чагарникова рослинність з <i>Myricaria germanica</i> / Alpine rivers and their ligneous vegetation with <i>Myricaria germanica</i>
11	Прибережний	Пб6	Альпійські ріки та їхня прибережна чагарникова рослинність з <i>Salix elaeagnos</i>	VU	3240 Альпійські ріки та їхня прибережна чагарникова рослинність з <i>Salix elaeagnos</i> / Alpine rivers and their ligneous vegetation with <i>Salix elaeagnos</i>
12	Чагарниковий	Ча3	Ксеротермні субпанонські чагарники	EN	40A0* Субконтинентальні peri-Паннонські чагарники / Subcontinental peri-Pannonic scrub
13	Чагарниковий	Ча6	Сухі вересовища	VU	-
14	Чагарниковий	Ча9	Зарості рододендрону східнокарпатського (<i>Rhododendron kotschyi</i>)	EN	4070* Криволісся з <i>Pinus mugo</i> та <i>Rhododendron hirsutum</i> (<i>Mugo-Rhododendretum hirsuti</i>) / Bushes with <i>Pinus mugo</i> and <i>Rhododendron hirsutum</i> (<i>Mugo-Rhododendretum hirsuti</i>)
15	Чагарниковий	Ча12	Субальпійські зарості листяних чагарників з участю верби сілезької (<i>Salix silesiaca</i>)	VU	4080 Субарктичні чагарники за участі верб / Sub-Arctic <i>Salix</i> spp. Scrub
16	Чагарниковий	Ча13	Зарості сланких верб у субальпійському та альпійському поясах	EN	4080 Субарктичні чагарники за участі верб / Sub-Arctic <i>Salix</i> spp. Scrub

17	Чагарниковий	Ча14	Субальпійське гірськососнове криволісся (жерепняки, <i>Pinion mugo</i>)	VU	4070* Криволісся з <i>Pinus mugo</i> та <i>Rhododendron hirsutum</i> (<i>Mugo-Rhododendretum hirsuti</i>) / Bushes with <i>Pinus mugo</i> and <i>Rhododendron hirsutum</i> (<i>Mugo-Rhododendretum hirsuti</i>)
18	Чагарниковий	Ча15	Субальпійські чагарники з дущекією зеленою (<i>Duschekia viridis</i> , зеленівільшняки)	VU	-
19	Альпійський	Ап1	Альпійські луки на силікатах	VU	6150 Альпійські та бореальні луки на силікатах / Siliceous alpine and boreal grasslands
20	Альпійський	Ап2	Низькотравні мохові альпійські луки на силікатах	EN	-
21	Альпійський	Ап4	Вологі скельні жолоби із високотравними угрупованнями	VU	-
22	Альпійський	Ап6	Ділянки альпійських наскельних угруповань на карбонатовмісному субстраті	EN	-
23	Альпійський	Ап7	Високогірні луки на карбонатних ґрунтах	VU	6170 Альпійські та субальпійські луки на вапняках / Alpine and subalpine calcareous grasslands
24	Альпійський	Ап8	Луки лісового та субальпійського поясів на карбонатних ґрунтах	EN	6170 Альпійські та субальпійські луки на вапняках / Alpine and subalpine calcareous grasslands
25	Ксеротермний	Кс1	Сухі напівприродні злаково-різнотравні луки на карбонатовмісних ґрунтах	VU	6210 Напівприродні лучні степи, остепнені луки та чагарникові зарості на вапнякових субстратах (*важливі місцезростання для орхідних) / Semi-natural dry grasslands and scrubland facies on calcareous substrates (<i>Festuco-Brometalia</i>) (*important orchid sites);
26	Ксеротермний	Кс2	Субпаннонські лучні степи	CR	6240* Субпаннонські лучні степи / Sub-pannonic steppic grasslands

27	Ксеро-термний	Кс3	Наскельні паннонські ксеротермні трав'яні угруповання	EN	6190 Наскельні паннонські ксеротермні трав'яні угруповання / Rupicolous pannonic grasslands (<i>Stipo-Festucetalia pallentis</i>)
28	Лучно-пасовищний	Лу1	Заплавні луки річкових долин <i>Cnidion venosi</i>	EN	6440 Заплавні луки річкових долин <i>Cnidion venosi</i> / Alluvial meadows of river valleys of <i>Cnidion venosi</i> ;
29	Лучно-пасовищний	Лу7	Молінієві луки (<i>Molinion caeruleae</i>)	VU	6410 Луки з <i>Molinia</i> на вапнякових, торф'яних або глинисто-мулових ґрунтах (<i>Molinion caeruleae</i>) / <i>Molinia</i> meadows on calcareous, peaty or clayey-silt-laden soils (<i>Molinion caeruleae</i>)
30	Болотний	Бо1	Активні верхові (оліготрофні) болота	CR	7110* Активні верхові болота / Active raised bogs
31	Болотний	Бо2	Деградовані верхові (оліготрофні) болота здатні до природного відновлення	CR	7120 Деградовані верхові болота здатні до природного відновлення / Degraded raised bogs still capable of natural regeneration
32	Болотний	Бо3	Перехідні трясовини та сплавини	EN	7140 Перехідні трясовини та сплавини / Transition mires and quaking bogs
33	Болотний	Бо4	Депресії на торф'яних субстратах (<i>Rhynchosporion</i>)	CR	7150 Депресії на торф'яних субстратах з <i>Rhynchosporion</i> / Depressions on peat substrates of the <i>Rhynchosporion</i> ;
34	Болотний	Бо5	Лужні низинні болота	CR	7230 Лужні низинні болота / Alkaline fens
35	Болотний	Бо6	Висячі або схилі болота	CR	-
36	Болотний	Бо7	Евтрофні болота на різних стадіях осушувальної дигресії	VU	-
37	Струмково-джерельний	Сд1	Низинно-передгірні джерела на силікатних породах	VU	-
38	Струмково-джерельний	Сд2	Гірські та субальпійські джерела на силікатних породах	VU	-

39	Струмково-джерельний	Сд3	Холодні жорстководні джерела на туфах і травертинах (<i>Cratounerion</i>)	EN	7220* Заболочені жорстководні (твердоводні) джерела на травертинах з утворенням туфа та з угрупованнями <i>Cratounerion</i> / Petrifying springs with tufa formation (<i>Cratounerion</i>);
40	Скельний	Ск3	Карбонатні скелясті схили з хазмофітною рослинністю	VU	8210 Карбонатні скельні стіни та схили з хазмофітною рослинністю / Calcareous rocky slopes with chasmophytic vegetation
41	Скельний	Ск6	Осипища карбонатних порід у монтанно-му та альпійському поясах	VU	8120 Calcareous and calcshist screes of the montane to alpine levels (<i>Thlaspietaia rotundifolia</i>).
42	Скельний	Ск8	Малодоступні печери	VU	8310 Малодоступні печери / Caves not open to the public
43	Лісовий	Лс1	Заболочені рівнинні вільхові ліси	CR	-
44	Лісовий	Лс2	Заплавні вербо-тополеві ліси-галереї (<i>Salicion albae</i>)	VU	91E0* Заплавні ліси з <i>Alnus glutinosa</i> та <i>Fraxinus excelsior</i> (<i>Alno-Padion</i> , <i>Alnion incanae</i> , <i>Salicion albae</i>) / Alluvial forests with <i>Alnus glutinosa</i> and <i>Fraxinus excelsior</i> (<i>Alno-Padion</i> , <i>Alnion incanae</i> , <i>Salicion albae</i>)
45	Лісовий	Лс3	Гірські заплавні сіровільхові ліси-галереї (<i>Alnion incanae</i>)	VU	91E0*3 аплавні ліси з <i>Alnus glutinosa</i> та <i>Fraxinus excelsior</i> (<i>Alno-Padion</i> , <i>Alnion incanae</i> , <i>Salicion albae</i>) / Alluvial forests with <i>Alnus glutinosa</i> and <i>Fraxinus excelsior</i> (<i>Alno-Padion</i> , <i>Alnion incanae</i> , <i>Salicion albae</i>)
46	Лісовий	Лс4	Прибережні заплавні дубово-в'язово-ясене-ві ліси (<i>Ulmenion minoris</i>)	EN	91F0 Прибережні мішані ліси з <i>Quercus robur</i> , <i>Ulmus laevis</i> та <i>Ulmus minor</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> або <i>Fraxinus angustifolia</i> вздовж великих річок (<i>Ulmenion minoris</i>) / Riparian mixed forests of <i>Quercus robur</i> , <i>Ulmus laevis</i> and <i>Ulmus minor</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> or <i>Fraxinus angustifolia</i> , along the great rivers (<i>Ulmenion minoris</i>)

47	Лісовий	Лс5	Заплавні ясенево-вільхові ліси рівнини та передгір'я	VU	91E0* Заплавні ліси з <i>Alnus glutinosa</i> та <i>Fraxinus excelsior</i> (<i>Alno-Padion</i> , <i>Alnion incanae</i> , <i>Salicion albae</i>) / Alluvial forests with <i>Alnus glutinosa</i> and <i>Fraxinus excelsior</i> (<i>Alno-Padion</i> , <i>Alnion incanae</i> , <i>Salicion albae</i>)
48	Лісовий	Лс6	Сухі ацидофільні дубові ліси	VU	-
49	Лісовий	Лс7	Вологі ацидофільні осиково-березово-дубові ліси (молінієві діброви)	CR	9190 Старовікові ацидофільні дубові ліси з <i>Quercus robur</i> на піщаних рівнинах / Old acidophilous oak woods with <i>Quercus robur</i> on sandy plains
50	Лісовий	Лс8	Рівнинні дубові ліси з перстачем білим (<i>Potentilla alba</i>)	CR	91I0* Євросибірські степові ліси <i>Quercus</i> spp. / Euro-Siberian steppic woods with <i>Quercus</i> spp.
51	Лісовий	Лс9	Паннонські ксеротермні дубові ліси	EN	91H0* Паннонські ліси з <i>Quercus pubescens</i> / Pannonian woods with <i>Quercus pubescens</i>
52	Лісовий	Лс10	Понтично-паннонські лісостепові дубові ліси	CR	91I0* Євросибірські степові ліси <i>Quercus</i> spp. / Euro-Siberian steppic woods with <i>Quercus</i> spp.
53	Лісовий	Лс12	Термофільні паннонсько-балканські скельнодубові ліси	EN	91M0 Паннонсько-балканські ліси з австрійського та скельного дубів / Pannonian-Balkan turkey oak-sessile oak forests
54	Лісовий	Лс19	Середньоєвропейські букові ліси <i>Cephalanthero-Fagion</i> на вапняках	VU	9150 Середньоєвропейські букові ліси <i>Cephalanthero-Fagion</i> на вапняках / Medio-European limestone beech forests of the <i>Cephalanthero-Fagion</i>
55	Лісовий	Лс20	Середньоєвропейські яворово-букові гірські ліси	VU	9140 Середньоєвропейські субальпійські букові ліси з <i>Acer</i> and <i>Rumex arifolius</i> / Medio-European subalpine beech woods with <i>Acer</i> and <i>Rumex arifolius</i>
56	Лісовий	Лс21	Ліси <i>Tilio-Acerion</i> на схилах, кам'яних осипищах і в ущелинах	VU	9180* Ліси <i>Tilio-Acerion</i> на схилах, кам'яних осипищах і в ущелинах / <i>Tilio-Acerion</i> forests of slopes, screes and ravines
57	Лісовий	Лс22	Ялицеві та смереково-ялицеві ліси монтанного та альпійського поясів	VU	-

58	Лісовий	Лс26	Високогірні смерекові ліси на верхній межі поширення	VU	9410 Ацидофільні ліси з <i>Picea</i> від монтанного до гірсько- го поясів <i>Vaccinio-Piceetea</i> / <i>Acidophilous Picea forests of</i> <i>the montane to alpine levels</i> <i>(Vaccinio-Piceetea)</i>
59	Лісовий	Лс27	Високотравні смерекові ліси	VU	9410 Ацидофільні ліси з <i>Picea</i> від монтанного до гірсько- го поясів <i>Vaccinio-Piceetea</i> / <i>Acidophilous Picea forests of</i> <i>the montane to alpine levels</i> <i>(Vaccinio-Piceetea)</i>
60	Лісовий	Лс29	Болотні смереко- ві ліси	CR	91D0* Заболочені ліси / Bog woodland
61	Лісовий	Лс31	Карпатські ре- ліктові соснові ліси	EN	-
62	Лісовий	Лс33	Березово- ялиново-соснові ліси на греботах	VU	-
63	Лісовий	Лс34	Модринові та/ або кедрові висо- когірні ліси	VU	9420 Альпійські ліси з <i>Larix</i> <i>decidua</i> та/або <i>Pinus cembra</i> / <i>Alpine Larix decidua and Pinus</i> <i>cembra forests</i>

Назва. Назва, об'єм та розуміння біотопів подано згідно регіонального «Каталогу оселищ Українських Карпат та Закарпатської низовини» (Проць, Кагало, Кіш та ін., 2012), які, у випадку, якщо виявлений тип біотопу в розумінні авторів збігається з його інтерпретацією в Natura 2000, українська назва та об'єм, здебільшого, відповідає офіційній назві та об'єму біотопу в переліку Додатка І Директиви про біотопи Європейського Союзу.

Код. Окрім назви, кожний тип біотопу позначений літерно-цифровим кодом, у якому літерний індекс – це абревіатура назви виділених груп (класів) біотопів, а цифра є порядковим номером типу біотопу в межах групи.

Природоохоронний статус. Визначеною абревіатурою за категоріями IUCN відзначено природоохоронний статус типу біотопу. Соціологічна категоризація раритетних типів біотопів виконана згідно розроблених рекомендацій (Кіш та ін., 2012).

Природоохоронні категорії оцінки стану типів біотопу, яким загрожує зникнення:

CR – IUCN категорія “CR” – Critically Endangered, тип біотопу знаходиться під критичною загрозою зникнення (перебуває в критичному або критично загроженому стані),

(тип біотопу, знищення якого передбачуване в часі, якщо факто-

ри впливу продовжуватимуть діяти й надалі, а також не будуть запроваджені дієві заходи його охорони);

EN – IUCN категорія “EN” – Endangered, тип біотопу знаходиться під високою загрозою зникнення (перебуває у небезпечному стані),

(тип біотопу, який у своєму типовому вигляді значно змінився (деградував), або через безперервний антропогенний вплив знаходиться під постійною загрозою);

VU – IUCN категорія “VU” – Vulnerable, тип біотопу знаходиться під загрозою зникнення (вразливий)

(тип біотопу, який у своєму типовому вигляді відчутно змінився (деградував), або через безперервний антропогенний вплив знаходиться під постійною загрозою);

Natura 2000. Наведено код біотопу та його оригінальна офіційна назва згідно з Додатком I Директиви Європейського Союзу 92/43/ЄЕС “Про збереження природних біотопів та видів природної фауни і флори”.

(*) - помічені пріоритетні оселища.

Назва та розуміння обсягу біотопу прийняті за останньою редакцією “Тлумачного посібника з визначення типів оселищ Європейського Союзу” (2007, версія EUR27) (Оселищна концепція., 2012). При цьому офіційна назва та обсяг і розуміння біотопу можуть мати певні розбіжності, що не суперечить настановам, які наведені у вступі до Тлумачного посібника. Тому, в окремих випадках, оригінальні англійські назви типів біотопів за Natura 2000, виділених як еквіваленти для певних біотопів каталогу, можуть не зовсім відповідати назвам останніх або їх інтерпретації. Нерідко тип біотопу за Natura 2000 розглядається в широкому, або й дуже широкому розумінні й включає кілька біотопів каталогу, іноді навіть з різних груп типів. Прочерк означає, що біотоп не включене до переліку біотопів мережі Natura 2000.

**ПЕРЕЛІК ІНВАЗІЙНИХ ВИДІВ РОСЛИН ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ
(ЗАТВЕРДЖЕНИЙ РІШЕННЯМ ШОСТОЇ СЕСІЇ VII СКЛИКАННЯ
ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ РАДИ від 23.03.2017 р., № 721)
(за Шевера та ін., 2017)**

Назва виду	Походження	Загальний ареал	Ступінь натуралізації
<i>Acer negundo</i> L. – Клен ясенелистий	Пн. Америка	Голарктичний	Агріоепекофіт
<i>Amaranthus retroflexus</i> L. – Шириця звичайна	Пн. Америка	Голарктичний	Епекофіт
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L. – Амброзія полинолиста	Пн. Америка	Космополіт	Епекофіт
<i>Amorpha fruticosa</i> L. – Аморфа кущова	Пн. Америка	Європ.-Амер.	Епекофіт
<i>Asclepias syriaca</i> L. – Ваточник сирійський	Пн. Америка	Європ.-Пн. Амер.	Епекофіт
<i>Bidens frondosa</i> L. – Череда листяна	Пн. Америка	Голарктичний	Агріоепекофіт
<i>Coryza canadensis</i> (L.) Cronq. – Злінка канадська	Пн. Америка	Космополіт	Епекофіт
<i>Echinocystis lobata</i> Torr. et A. Gray – Ехіноцистис щипуватий	Пн. Америка	Плюрирегіон.	Агріофіт
<i>Elodea canadensis</i> Michx. – Елодея канадська	Пн. Америка	Голарктичний	Агріофіт
<i>Erechtites hieracifolia</i> (L.) Raf. – Ерехтитес нечуйвітро вий -	Пн. Америка	Голарктичний	Агріоепекофіт
<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marshall – Ясен пенсильванський	Пн. Америка	Плюрирегіон.	Агріоепекофіт
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav. – Галінсога дрібноцвіта	Пн. Америка	Плюрирегіон.	Агріоепекофіт

<i>Heracleum mantegazzianum</i> Sommier et Levier – Борщівник Мантегацці	Кавказ	Пн. Амер.- Європ.- Кавказ.	Епекофіт
<i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden. – Борщівник Сосновського	Кавказ	Європ.-Кавказ.	Епекофіт
<i>Impatiens glandulifera</i> Royle – Розрив-трава залозиста	Пд.-Сх. Азія	Європ.-Сх. Азій.	Агріоепекофіт
<i>Impatiens parviflora</i> DC. – Розрив-трава дрібноквіткова	Центр. Азія	Голарктичний	Агріоепекофіт
<i>Parthenocissus inserta</i> (A. Kern.) Fritsch – Дикий виноград	Пн. Америка	Європ.-Пн. Амер.	Колонофіт
<i>Phalacrolooma annuum</i> (L.) Dumort. (<i>Erigeron</i> <i>annuus</i> (L.) Desf.) – Тонкопромінник однорічний	Пн. Америка	Європ.-Кавказ.- Пн. Амер.	Агріоепекофіт
<i>Fallopia japonica</i> (Houtt.) Ronse Decr. (<i>Reynoutria</i> <i>japonica</i> Houtt.) - Гірчак японський	Сх. Азія	Плюрирегіон.	Епекофіт
<i>Fallopia bohemica</i> (Chrtek & Chrtkova) J.P. Bailey (<i>Reynoutria bohemica</i> (Chrtek & Chrtkova) J.P. Bailey) – Гірчак богемський	Гібридне	Плюрирегіон.	Епекофіт
<i>Fallopia sachalinensis</i> (F. Schmidt) Ronse Decr. (<i>Reynoutria sachalinensis</i> (F. Schmidt) Rons) - Гірчак сахалінський	Сх. Азія	Плюрирегіон.	Епекофіт
<i>Robinia pseudoacacia</i> L. – Робінія звичайна, біла акація	Пн. Америка	Голарктичний	Епекофіт
<i>Rudbeckia laciniata</i> L. – Рудбекія роздільнолиста	Пн. Америка	Голарктичний	Агріоепекофіт

<i>Salix fragilis</i> L. – Верба ламка	Мала Азія	Європ.- Середземномор.- Передньоазій.	Агріофіт
<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem. & Schult. – Мишій сизий	Середземно- мор.	Не з'ясовано	Епекофіт
<i>Solidago canadensis</i> L. – Золотушник канадський	Пн. Америка	Плюрирегіон.	Агріоепекофіт
<i>Solidago gigantea</i> Aiton. – Золотушник пізній	Пн. Америка	Голарктичний	Агріоепекофіт
<i>Vitis vinifera</i> L. – Виноград справжній	Не встановлено	Не з'ясовано	Колонофіт
<i>Xanthium albinum</i> (Widd.) H. Scholz – Нетреба ельбінська -	Середньоев- роп.	Плюрирегіон.	Агріоепекофіт
<i>Xanthium italicum</i> Miretti – Нетреба італійська	Середземно- мор.	Не з'ясовано	Епекофіт

Екологічні проблеми Закарпаття. Навчальний посібник / Н. Каблак, Я. Гасинець, Л. Фельбаба-Клушина, В. Мірутенко та ін.; за заг. ред. проф. Н. Каблак та проф. Л. Фельбаба-Клушина. – Ужгород : РІК-У, 2023. – 356+324 с. : фото.

ISBN 978-617-8276-79-9

Навчальний посібник містить наукові матеріали, які присвячені висвітленню сучасних екологічних проблем Закарпатської області. Значна увага приділена особливостям природних умов регіону. Акцент зроблено на питаннях збереження біорізноманіття в умовах змін клімату. При його написанні автори використали як аналіз літературних джерел, так і результати власних досліджень. Він буде корисний для вчителів шкіл, студентів та аспірантів вищих навчальних закладів природничого спрямування, працівників природо-заповідного фонду, представників влади.

Цей посібник підготовлений за фінансової підтримки Європейського Союзу, в рамках проекту HUSKROUA/1901/6.1/0075 «Навколишнє середовище для майбутнього через наукову освіту» (EFFUSE) Програми транскордонного співробітництва Європейського інструменту сусідства Угорщина-Словаччина-Румунія-Україна 2014-2020. Його зміст є виключною відповідальністю ГО «Інститут розвитку Карпатського регіону» і не обов'язково відображає погляди Європейського Союзу.

УДК 502+504(477.87)

ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЗАКАРПАТТЯ

Навчальний посібник

Колектив авторів:

Каблак Н., Гасинець Я., Фельбаба-Клушина Л., Мірутенко В.,
Вакерич М., Балаж М., Бесеганич І., Гюртлер А., Лета В., Калинич І.,
Карабінюк М., Кіш Р., Клушин В., Кривцова Н., Куртяк Ф.,
Мателешко О., Мікловш Л., Ничвид М., Озимко Р., Попович Г.,
Сабадош В., Савенко М., Шпонтант Ю., Станкевич-Волосянчук О.,
Сивохоп Я., Томенчук Д.

Коректура авторська

Гарнітура Noto Serif. Папір офсет. Друк офсет. Формат 70х100/16.
Ум.друк.арк. 55,3. Замов. № 156К. Наклад 1000 прим.

Оригінал-макет виготовлено та видруковано:
ТОВ «РІК-У», 88006, м. Ужгород, вул. Карпатської України, 36
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5040 від 21.01.2016 р.





PARTNERSHIP WITHOUT BORDERS

ENVIRONMENTAL ISSUES OF ZAKARPATTIA

Textbook

Project HUSKROUA/1901/6.1/0075
“Environment for the Future by Scientific Education”



Uzhhorod – 2023

ENVIRONMENTAL ISSUES OF ZAKARPATTIA. Manual. N. Kablak, Ya. Hasynets, L. Felbaba-Klushyna, V. Mirutenko, M. Vakerych, M. Balazh, I. Besehanych, A. Hiurtler, V. Leta, I. Kalynych, M. Karabiniuk, R. Kish, V. Klushyn, N. Kryvtsova, F. Kurtiak, O. Mateleshko, L. Miklovsh, M. Nychvyd, R. Ozymko, H. Popovych, V. Sabadosh, M. Savenko, Yu. Shpontak, O. Stankevych-Volosianchuk, Ya. Syvokhop, D. Tomenchuk. – Uzhhorod: RIK-U, 2023. – 264 p. (500 copies).

The textbook contains scientific materials devoted to the coverage of contemporary environmental issues of Zakarpattia. Considerable attention is paid to the peculiarities of its natural conditions. Emphasis is placed on the preservation of biodiversity in the face of climate change. While devising this textbook, the authors resorted to the analysis of literary sources as well as the findings of their own research. It will benefit school teachers, students and postgraduates of higher educational institutions majoring in natural sciences, employees of the nature reserve fund, and representatives of the authorities.

This textbook was produced with the financial support of the European Union within the project HUSKROUA/1901/6.1/0075 “Environment for the Future by Scientific Education” (EFFUSE) of ENI CBC Programme Hungary-Slovakia-Romania-Ukraine 2014-2020. Its contents are the sole responsibility of NGO “Institute of Development of Carpathian Region” and do not necessarily reflect the views of the European Union.

More information on the project is available on the links below:

<https://effuse.science.upjs.sk/index.php/en/>
<https://idcr.info/current-project.php?id=11&lang=en>

Editorial board: Prof. L. M. Felbaba-Klushyna, Doc. of Biology

Prof. N. I. Kablak, Doc. of Technical Sciences

Assoc. Prof. Ya. S. Hasynets, PhD in Biology

Assoc. Prof. V. V. Mirutenko, PhD in Biology

*Recommended for publishing by the Academic Council of STATE UNIVERSITY
«Uzhhorod National University»
(protocol No. 12 of November 23, 2023)*

ENVIRONMENTAL ISSUES OF ZAKARPATTIA

CONTENTS

INTRODUCTION	6
CHAPTER 1. FEATURES OF GEOGRAPHICAL LOCATION: FEATURES AND NATURAL CONDITIONS OF ZAKARPATTIA	7
1.1. Orographic and Hydrographic Features (V. Sabadosh)	7
1.2. Natural Conditions and Anthropogenic Factors Affecting the Hydroecological State of the Upper Reaches of Tisza River Basin (V. Leta, M. Karabiniuk).....	11
1.3. Hydroecological State of the Upper Reaches of Tisza River Basin (V. Leta).....	28
1.4. Characteristics of Current Climatic Conditions and Climate Change Manifestations (R. Ozymko, M. Karabiniuk).....	33
1.5. Soils and Vegetation Cover (V. Sabadosh).....	47
1.6. Territorial Faunal Complexes (V. Sabadosh).....	51
1.7. Landscape Tiering and Its Features (M. Karabiniuk).....	54
1.8. Contemporary Landscape Structure (M. Karabiniuk).....	59
CHAPTER 2. GENERAL CHARACTERISTICS OF ENVIRONMENTAL DISEQUILIBRIUM MANIFESTATION IN ZAKARPATTIA (L. Felbaba-Klushyna, N. Kablak, Ya. Syvokhop)	66
CHAPTER 3. AIR POLLUTION ISSUES IN ZAKARPATTIA OBLAST (M. Vakerych).....	69
3.1. Air Pollution Sources, National Issues of Their Conservation	69
3.2. State of the Air in Zakarpattia: Main Pollution Threats and Conservation Issues	81
CHAPTER 4. POLLUTION ISSUES OF THE WATER BODIES OF ZAKARPATTIA (M. Vakerych).....	83
4.1. Sources of Polluting Water Bodies, National Issues of Their Preservation.....	83
4.2. Water Resources of Zakarpattia: Major Pollution Threats and Conservation Issues	85
CHAPTER 5. ISSUES OF SOIL POLLUTION IN ZAKARPATTIA (Ya. Hasynets)	92
5.1. Sources of Soil Pollution and Types of Soil Degradation, National Issues of Soil Conservation.....	92
5.2. Soil Resources of Zakarpattia: Main Threats of Pollution and Degradation, Issues of Conservation	101
CHAPTER 6. ENVIRONMENTAL THREATS TO THE LANDSCAPE DIVERSITY OF HIGHLAND AREAS IN ZAKARPATTIA (M. Karabiniuk).....	112
6.1. Genesis and Evolution of Highland Landscapes Complexes.....	112
6.2. The Impact of Climate Change on Development and Modern Landscape Diversity.....	117
6.3. Ecological Threats and Anthropogenisation of Highland Landscape Complexes.....	125

CHAPTER 7. MODERN CHANGES IN THE STRUCTURE OF THE FOREST COVER OF ZAKARPATTIA (<i>L. Felbaba-Klushyna, V. Klushyn, L. Miklovsh</i>).....	135
7.1. Forest Structure and Trends in Their Change.....	135
7.2. Functional Importance of Forest Cover (Hydrological and Soil Protection Role).....	137
CHAPTER 8. CHANGES IN THE BIODIVERSITY OF ZAKARPATTIA IN THE CONTEXT OF ANTHROPOGENIC PRESSURE	143
8.1. Impact of Anthropogenic Factors on the Microbiota of Natural Ecosystems (<i>M. Kryvtsova, M. Savenko</i>)	143
8.2. Problems of Floral Diversity Preservation (<i>R. Kish</i>)	145
8.3. Protection of Phytocoenotic Diversity of Zakarpattia (<i>L. Felbaba-Klushyna, V. Klushyn, L. Miklovsh</i>).....	162
8.4. Influence of Anthropogenic Factors on the Fauna (<i>F. Kurtiak, O. Mateleshko</i>).....	172
8.5. Threats and Decline of Amphibians (<i>F. Kurtiak</i>).....	173
8.6. Changes in the Composition of the Ichthyofauna (<i>F. Kurtiak</i>).....	177
8.7. The Influence of Anthropogenic Factors on the Entomofauna of Main Biotopes (<i>O. Mateleshko</i>).....	179
8.8. Threats of Spread and Impact of Invasive Species (<i>R. Kish, Yu. Shpontak, D. Tomenchuk, V. Mirutenko, I. Besehanych</i>).....	186
CHAPTER 9. THE IMPACT OF CLIMATE CHANGES ON THE ECOSYSTEMS OF ZAKARPATTIA AND ADAPTATION MEASURES (<i>O. Stankiewicz-Volosianchuk</i>).....	192
CHAPTER 10. DEVELOPMENT OF NATURAL AND TECHNOLOGICAL PROCESSES IN ZAKARPATTIA OBLAST	202
10.1. Geological and Geomorphological Exogenous and Technogenic Processes (<i>N. Kablak, M. Nychvyd, I. Kalynych</i>).....	202
10.2. Dangerous and Spontaneous Meteorological Phenomena (<i>R. Ozymko, M. Karabiniuk</i>).....	214
CHAPTER 11. FEATURES AND PLACE OF ENVIRONMENTAL EDUCATION IN OUR LIFE (<i>M. Vakerych, Ya. Hasynets, V. Mirutenko, M. Balazh, H. Popovych, A. Hiurtler</i>).....	220
APPENDIX	242

INTRODUCTION

The quality of life human beings have is closely related to the environment in which they live. The negative impact of the anthropogenic factor on the state of the environment in view of contemporary scientific and technological advancements, is significant and is constantly increasing. In some cases the scale of this impact exceeds the consequences of the largest disasters of natural origin. Such a reckless consumerist strategy, which society adheres to, results in a catastrophic environmental situation in all corners of the globe. Global environmental problems, the reduction of the regenerating capacity of renewable natural resources – all these stimulate the rapid mindset change of the world community, the formation of the environmental consciousness and environmental culture. In this regard, environmental education is becoming the new priority area of scientifically grounded education.

Among the mechanisms for achieving the ultimate goal – the formation of an environmentally aware citizen, educated in view of sustainable development principles, is the implementation of scientific projects aimed at shaping an ecumenical worldview. One of these is the scientific project implemented within the framework of the Joint Operational Program Hungary-Slovakia-Romania-Ukraine 2014-2020 «Environment For the Future by Scientific Education» – EFFUSE. The project represents a joint Slovak-Ukrainian environmental and educational campaign focused on highlighting the state of the environment (in particular, the water pollution growth rates) and the need to protect water resources in the border regions (Slovakia-Ukraine). The partners of the project are Pavol Jozef Šafárik University in Košice, (Košice, Slovakia), State University «Uzhhorod National University» (Uzhhorod, Ukraine) and the non-governmental organisation «The Institute of Development of the Carpathian Region» (Uzhhorod, Ukraine). The aim of the project is to raise the level of environmental awareness of young people (schoolchildren, students) and the public by creating and distributing eco-educational materials and organising eco-educational activities.

The experience of the countries of the European Union proves that the state of the environment can be improved based on the principles of the country's environmental policy, a high level of environmental culture and an active position of society in nature conservation activities. However, a high level of environmental culture is not possible without an appropriate level of environmental education, which must be carried out on the grounds of comprehensiveness and continuity. Raising the level of society's education based on the integration of knowledge and modernization of the entire educational space with elements of sustainable development is vitally important.

CHAPTER 1: GEOGRAPHICAL LOCATION: FEATURES AND NATURAL CONDITIONS OF ZAKARPATTIA

1.1. Orographic and Hydrographic Features (V. Sabadosh)

The territory of Zakarpattia Oblast covers 12.8 thousand km², which accounts for approximately 2% of Ukraine's total land area. As of January 2022, the region's population was estimated to be around 1,244,000 people, constituting roughly 3% of Ukraine's total population (Chyselnist naseleennia..., 2022). With a population density indicator exceeding 97 people per 1 km², the region is considered densely populated.

To characterise the relief, hydrography, weather and climate conditions, and soils of the Zakarpattia oblast, information from several publications has been used (Anuchin, 1956; Nature of the Ukrainian Carpathians, 1968; Nature of Zakarpattia Oblast, 1981; Natural ..., 1987; Ukrainian ..., 1988; Geographical ..., 1990; Ecological ..., 2022).

Relief

There are two types of relief within Zakarpattia Oblast: mountainous and lowland. The majority of the region (approximately 80% of the territory) is occupied by mountain ranges, intermountain valleys, and valleys, and belongs to the Carpathian mountain country. Around 20% of Zakarpattia's territory lies within the Middle Danube lowland (this portion of the region is referred to as the Transcarpathian plain or the Transcarpathian or Prytysian lowland in various literary sources).

The Carpathian mountain country, as a well-defined natural region of the Earth's surface, is commonly divided orographically into three parts: the Western Carpathians, the Eastern (or Forested) Carpathians, and the Southern Carpathians (or Transylvanian Alps). The term "Ukrainian Carpathians" is used to denote the part of the Eastern Carpathians that lies within the territory of Ukraine.

The Carpathian arc extends from the Morava River in the Czech Republic and Slovakia (in the west) to the Iron Gate Gorge on the Danube River, located at the border of Serbia and Romania (the gorge separates the Southern Carpathians from the northwestern foothills of the Balkan Mountains). The length of the entire mountain system is about 1500 km, with its width varying significantly in different areas: in the northwest, it measures 240-250 km, in the central part, it spans 100-120 km, and in the southeast, it extends to 350-430 km (Fig. 1.1.1). The highest mountain massifs are the High Tatras (Slovakia, with Gerlachovski Štit at 2655 m above sea level) and the Fegerash Mountains (Romania, with Moldovianu at 2543 m above sea level). Hoverla stands as the highest point in the Ukrainian part of the Carpathians, reaching 2061 m above sea level.

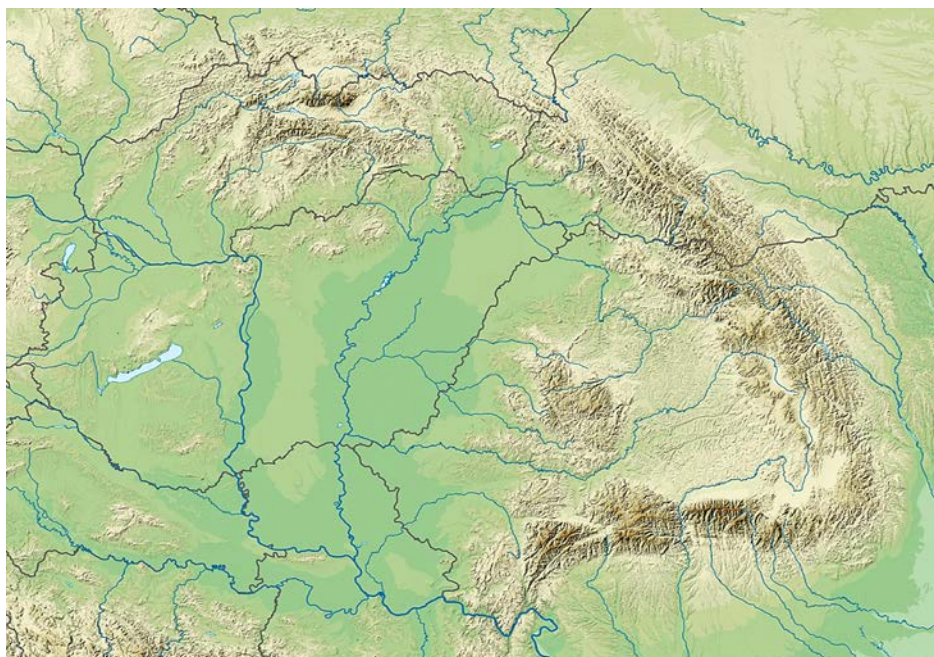


Fig. 1.1.1. Relief of the Carpathians (Carpathian relief location map. Source: Wikipedia)

The Ukrainian Carpathians, in terms of their spatial arrangement, extend from the northwest to the southeast. Within Zakarpattia, they consist of three longitudinal strands of mountain ranges and a separate mountain group in the southeast. The main geomorphological units in this region are the Watershed Range (Watershed Carpathians), the Polonyna Range (Polonyna Carpathians), the Vihorlat-Hutyn Range (Volcanic Carpathians), the Chornohora Massif (Chornohora, with Hoverla being the highest peak at 1,936 m above sea level), and the Rakhiv (or Marmaro) Massif (also known as Rakhiv Mountains or Hutsul Alps, with the highest peak being Pip Ivan Marmarosky at 1,936 m above sea level).

Additionally, smaller-scale elements of the region's relief include volcanic island mountains such as Chorna Hora (located near the town of Vynohradovo at 568 m above sea level), Shalanka (372 m above sea level), a mountain range near the town of Berehove (Berehove Dribnohirya) reaching 350 m above sea level, and another near the village of Kosyno at 200 m above sea level. The watershed Carpathians are formed by the Verkhovyna watershed ridge and the Watershed Gorgans. The Gorgan ridges are highly fragmented, narrow, and characterised by steep slopes and rocky ridges. In the western part of Gorgans, several mountain ranges are distinguished, including Smerek (1,425 m above sea level), Ozerna (1,500 m above sea level), Kamianka (1,579 m above sea level), Kanch (1,583 m above sea level), and Strymba (1,723 m above sea level), which are intersected by the headwaters of the Tereblia, Rika, and Mokryanka rivers. The eastern Gorgans are higher in elevation compared to the western ones. Among them, the following peaks stand out: Popadia (1,742 m above sea level), Chorna Kleva (1,723 m above sea level), and Bushtul (1,693 m above sea level).

River valleys divide the strands of the Polonyna and Vyhohorlat-Hutyn ridges into separate massifs. As parts of the Polonyna ridge, the massifs of Rivna (with a peak at 1478 m above sea level), Borzhava (Stiy mountain, 1777 m above sea level), Krasna (Syhlansky mountain, 1560 m above sea level), and Svydovets (Blyznytsia mountain, 1880 m above sea level) are distinguished. The Vyhohorlat-Hutyn Range is divided into the Makovytsa massif (at 976 m above sea level), Syniak (1018 m above sea level), Velykyi Dil (Buzhora mountain - 1085 m

above sea level), Tupyi (Velykyi Sholes, 878 m above sea level), and Hutyn (within the borders of Ukraine, the section of this massif is also called the Shayan or Avash mountains; the height here is about 900 m above sea level). The Vyhorlat-Hutyn ridge represents a strand of extinct volcanoes with remnants of volcanic cones. The southern slopes of these mountains gradually give way to a strip of foothills that converge towards the Zakarpattia lowland.

Important elements of the relief of Zakarpattia Oblast are the valleys and canyons of an almost plain character between the ranges of mountain massifs. The valley of Volovets-Mizhhiria Verkhovyna separates the Watershed Carpathians from those of the Polonyna Carpathians. The Yasinia basin lies between the Chornohora and the Vododil, as well as the Polonyna ridges. These two areas of lower relief are part of the so-called Central Carpathian lowering, which covers the adjacent regions of Ukraine. The Berezhne-Lypchansk (also known as Tsyrok-Borzhavska, Turyanska, Zavyhorlatska) valley of the Inner Carpathian lowering separates the Polonyna Range from the Vyhorlat-Hutynsk. Three basins are distinguished here: Perechyn, Svaliava, and Khust. The vast Irshava basin is located between the bend of the Vyhorlat-Hutyn ridge and its southern spurs (the Hat volcanic chain). Intermountain lowerings are connected to the lowland of Zakarpattia by river valleys.

The Zakarpattia lowland is divided into two parts. The western part, which is larger in area (also known as the Chop-Mukachevo lowland), has elevations ranging from 100 to 160 m above sea level. The eastern part (Solotvyno, or Khust-Solotvyno, or Verkhnia Tysa basin, located east of the city of Khust) in the plain area has elevations ranging from 150 to 300 m above sea level.

Hydrography

The Ukrainian Carpathians are situated on the Main European Watershed, where rivers flow into the Baltic and Black Seas. The river network of Zakarpattia Oblast belongs to the Tysa basin, one of the largest tributaries of the Danube, which carries its waters into the Black Sea. Only the upper reaches of the Tysa River basin is located within the territory of Zakarpattia; here, its right-bank tributaries predominantly flow from the northeast to the southwest.

Zakarpattia Oblast possesses a dense river network, with more than 9,000 rivers spanning a total length of almost 20,000 km. The average density of rivers in the region (over 1.5 km/km²) is the highest in Ukraine. Only four rivers in the region are more than 100 km long - Tysa, Latorytsia, Uzh and Borzhava. Additionally, there are 152 rivers over 10 km in length. The combined area of water bodies, including rivers, canals, lakes, and ponds, exceeds 15 thousand hectares.

According to their regime, the rivers of the region are divided into two groups: mountain (their catchment area covers 75% of the territory of the region) and foothill-plain. The mountain regime is characteristic mainly for the upper and middle sections of the larger rivers in the region. For instance, the Black Tysa and Bila Tysa are completely mountainous, while the Tysa itself remains only in the section up to the village of Velykiy Bychkiv. The Kosivska and Shopurka rivers are entirely mountainous, whereas the Teresva is only up to the village of Dubove, the Tereblia up to the village of Drahovo, the Rika up to the village of Berezovo, the Borzhava up to the village of Dovhe, the Latorytsia up to the city of Svaliava, and the Uzh up to the city of Uzhhorod. The lower reaches of most rivers, as they flow through the Zakarpattia lowland, exhibit a foothill-plain hydrological regime.

The river runoff constitutes the primary component of the region's water resources. Approximately 60% of the precipitation contributes to the formation of river runoff, while the

remainder evaporates. In an average water year, about 8 km³ of water flow from the territory of the region.

The rivers of the region have a mixed nature of nutrition - the largest share falls on rainwater (about 40% of the annual flow), and snow and soil nutrition account for approximately 30% each. The water content of rivers varies significantly throughout the year. In summer, rainfall prevails, in autumn - rain and soil, in winter - meltwater, and in spring - snow and rain. A characteristic feature of the distribution of runoff is the presence of river floods during most of the year and a vague spring flood (flooding). Throughout the year, up to 20 or more peaks of water level rise are possible, with the largest occurring in spring due to melting snow and in June during periods of heavy rains. On average, 8-10 floods are observed per year, with up to 4 resulting in flooding of the floodplain. During these floods, the water level rises by 1-2 m, and the water rushes from the mountains to the plains with great speed, carrying pebbles and even large stones with it.

The surface runoff on the territory of the flat Zakarpattia lowland is slowed down due to small differences in elevations and the insignificant depth of river valleys, which leads to waterlogging. Spills are accompanied by an increase in the groundwater level.

During the flood period, 50-70% of the river flow is formed. In the dry season, even the largest rivers of Zakarpattia become very thin (up to a depth of 0.8-1.2 m) and narrow, and lowland rivers have a very slow current.

For comparison, we present the survey characteristics of three large rivers of the region. A tributary of the Tysa, **the Tereblia River** originates on the slopes of Horhan at an altitude of 1,080 m above sea level. The length of the river is 91 km, and the catchment area is 750 km². In the upper part, it flows from north to south in a very narrow and deep valley. Near the village of Synevyr, the Tereblya river turns southeastward, and its 10-kilometer section in the Central Carpathian Depression extends to the village of Kolochava. The river valley in this part is up to 1 km wide and narrows to 0.3 km downstream. Only below the village of Dragovo and up to its confluence with the Tysa, the Tereblia Valley in the Solotvyno Basin expands to 2-3 km. The main tributaries of the Tereblya are Ozeryanka, Sukhar, and Velyka Uholka.

Latorytsia is the largest river in the western part of Zakarpattia. It originates on the slopes of the Verkhovyna watershed ridge near the Veretsky Pass at an altitude of about 800 m above sea level. The length of Latorytsia within the region is 144 km (total length – 191 km; near Chop, the river crosses the border with Slovakia and flows into the Bodrog River – the right tributary of the Tysa). The catchment area is 4,900 km² (the total catchment area is 7,860 km²).

Above the town of Svaliava, the valley of Latorytsia cuts across the Polonyna Carpathians, and here it is narrow (up to 1 km). Just below the village of Chynadiyevo, the river valley widens to 2-2.5 km, reaching the Zakarpattia lowland. Most of the tributaries fall on the upper and middle reaches of the Latorytsia. The largest of them are Vicha, Svalyavka, Pynia, Vyzhnytsia, and Stara.

The **Uzh River** flows in the northwestern part of Zakarpattia Oblast. It originates on the Vododilnyi Ridge near the Uzhotsky Pass with two sources (Uzh and Uzhok) at altitudes of 1,250 and 1,000 m above sea level. The length of the river within the region is 107 km (the total length of the Uzh is 23.7 km). Here, the continental climate is most pronounced. In the mountain basins, where the summer is colder due to the altitude and the north-easterly winds, the expression of continentality of the climate is slightly weaker.

The territory of Zakarpattia has sufficient moisture, with even the driest places in the region receiving an average annual precipitation of not less than 530-640 mm. In areas of the greatest moisture, precipitation levels reach 1400-1600 mm in the mountains, 800-1000 mm in the foothills, and 620-700 mm in the lowlands. The western slopes are particularly well-moistened.

The Uzh River flows for a distance of 133 km within the region (total length - 2010 km, it crosses the border with Slovakia near the city of Uzhhorod, and there it flows into the Laborets river – the right tributary of the Latorytsia River). The catchment area is 2010 km² (total catchment area – 2750 km²). In the upper reaches, up to the village of Velykyi Bereznyi, the Uzh valley is very narrow with high steep slopes, and the banks are covered with boulders. Between Velykyi Bereznyi and Perechyn, the mountains decrease in height, and the river valley widens to 0.8-1.2 km. Below, in the Volcanic Carpathians, the Uzh river resumes the characteristics of a mountain river, and only near Uzhhorod, upon reaching the Zakarpattia lowland, does its valley expand to 2-3 km.

In the southeastern part of the region, in the ancient glacial kares (cup-shaped relief forms on the slopes near the tops of the mountains) on Svydivka and Chornohora, there are also several small high-altitude lakes, namely Apshynets, Hereshaska, Nesamovyte, Brebenjeskul, and Maricheyka.

Weather and Climate Conditions.

The climate of the Zakarpattia Oblast is moderately continental, softened by the influence of the Atlantic Ocean. The Carpathians create obstacles to the movement of air masses, strengthen continentality, contributing to greater warming of the air in summer and greater cooling in winter. The mountainous relief determines and forms a very colorful mosaic of local climates. Often, two points located only a few kilometers from each other have quite different weather and climate conditions. The region is characterized by mountain and valley winds with daily periodicity. At night, when the peaks cool faster than the lower slopes and foothills, cold air rushes into the valleys. Therefore, even on the hottest summer days, there are almost never stuffy nights here. As the sun rises, the air in the valleys becomes lighter due to heating, as a result of which there is a daily upward movement of air. Mountain-valley winds are especially noticeable in the valleys of the Uzh and Latoritsa rivers.

In the annual course of temperatures in the region, the minimum is everywhere in January, and the maximum is in July. With the rise in the mountains, the climate becomes harsher. The warm season in the mountains is 2 months shorter than in the lowlands. The average annual temperature in the city of Uzhhorod is 9.3°C, and in the mountains, it is only 3°C (Turbat). An annual isotherm of 8.5°C separates the lowland and the strip of the southern foothills from the colder mountainous regions. The mountainous part of Zakarpattia is divided by the temperature conditions along the Rika river into approximately two equal parts: western and eastern. The western part of the region is warmer; here, the average annual temperatures range from 8.5 to 4.5°C. The eastern part is colder, with average annual temperatures ranging from 6.5 to 3.0°C. The annual amplitude of average monthly temperatures reaches its greatest range in the Transcarpathian lowland, with Khust experiencing a difference of 25.1°C. Most of the rainfall occurs in the summer, accounting for more than 60% of the total precipitation, particularly in June. Conversely, in the mountains, the peak of rainfall is observed in July. During the winter months, precipitation is limited, ranging from 40 to 90 mm per month. On the plain, approximately half of the December precipitation falls as rain, with winter conditions

typically setting in only in January. Snow cover on the plain rarely persists for more than one month. It is not uncommon for snowfall to occur and subsequently melt four to five times during the winter, with each snowfall lasting approximately 10 to 12 days. In the mountains, snowfall can occasionally occur in June, and at higher altitudes, it may persist even into July.

Informative indicators of the agroclimatic features of a specific territory encompass the sum of active temperatures (SAT) and the quantity of moisture supply during the period characterized by an average daily temperature exceeding 10°C. Based on the interplay of these parameters, the region reveals a clear distinction into three distinct districts.

The lowland area encompasses the entirety of the Transcarpathian lowland, representing a notably warm region within the larger area. The sum of active temperatures (SAT) in this area ranges from 3000-3020°C, with some locations experiencing values as high as 3600°C. The warmest locality is the district of Vynohradovo, which boasts a significantly elevated level of heat supply. In Muzhievo of Berehovo district, SAT values range between 3500-3550°C.

The duration of the period with temperatures exceeding 10°C spans 180-195 days, while temperatures surpassing 15°C persist for 120-140 days. The frost-free period, contingent on topography, spans between 170-190 days. Moisture levels vary across the district, with the northern areas experiencing sufficient moisture, moderate levels in the south, and intermittent droughts in some years. Precipitation during the period with an average daily temperature above 10°C ranges from 380-460 mm, with a yearly total of 530-700 mm.

The foothills area encompasses the entire foothills region, the southern section of the Vyhorlat-Hutyn ridge, as well as the Irshava and Khust valleys. Due to the diverse terrain within this area, climatic conditions exhibit a notable degree of diversity. In general, it represents a warm region, with temperatures ranging from 2700-3000°C. However, the thermal regime of the Irshava and Khust basins exhibits more pronounced continental characteristics compared to the foothills. The duration of the period with an average daily air temperature above 10°C in the foothills extends for 180-185 days, and temperatures exceeding 15°C persist for 115-130 days. The frost-free period spans an average of 170-175 days. Furthermore, the foothill area is classified within the zone of excessive moisture.

The mountain area encompasses the largest portion of the region's territory, spanning almost the entire Vyhorlat-Hutyn ridge, excluding its southwestern part, as well as all other mountainous areas situated to the northeast of it. Climatic conditions in the mountainous region undergo significant changes with increasing altitude above sea level. In January, there is a decrease in air temperature by 0.4°C for every 100 meters of vertical elevation, and in July, a decrease of 0.7°C occurs. Valleys represent the warmest locations within the mountainous region. In specific valleys, particularly those situated on the bottom, southern, and western slopes, the sum of active temperatures (SAT) ranges from 2400-2470°C. The annual atmospheric precipitation in the mountainous area totals approximately 1000 mm on open slopes and up to 800 mm in valleys. The climate of the middle zone is characterized as moderately cold, with temperatures spanning between 1000-1600°C, and a period of active vegetation lasting 90-100 days. In the upper zone, the climate is cold, with a period featuring temperatures exceeding 10°C lasting only 60-88 days, with temperatures in this period ranging from 600-1000°C. The average annual rainfall in the upper zone reaches 1500 mm.

1.2. Natural Conditions and Anthropogenic Factors Affecting the Hydroecological State of the Upper Reaches of Tisza River Basin (V. Leta, M. Karabiniuk)

The Tisza River is the main watercourse of Zakarpattia Region and the largest tributary of the Danube (Fig. 1.2.1). The total length of the river is 966 km, of which 2658 km is within Ukraine (Zakarpattia Region). The total area of the Tisza basin is 157.2 thousand km², including 13.8 thousand km² within Ukraine. The basin is formed on the territory of five countries: Serbia, Slovakia, Hungary, Romania and Ukraine. Within Ukraine, the Tisza basin occupies the administrative boundaries of Zakarpattia Region, which makes the basin unique and its borders with neighboring countries transboundary (NPMTRB, 2012).

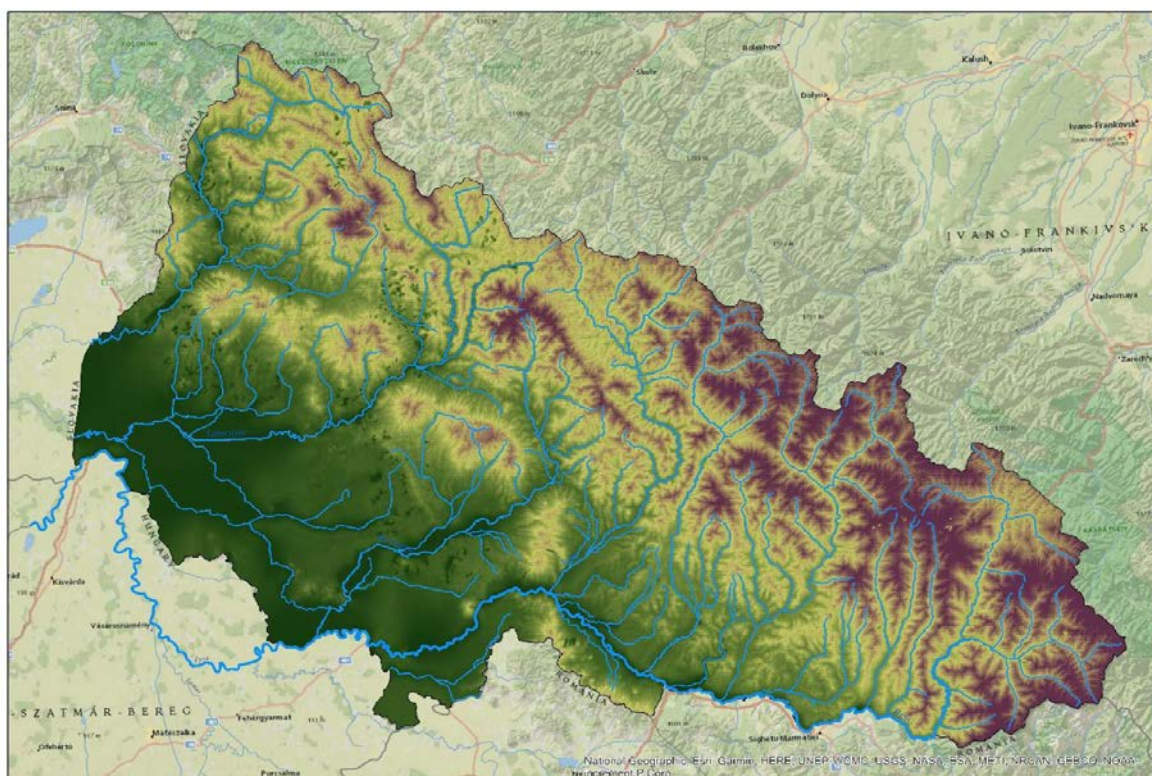


Figure 1.2.1. River Network of Zakarpattia Region (compiled by the author)

The peculiarity of the Ukrainian part of the Tisza basin is that it is located in the headwaters, where both the flow and the chemical composition of the water are formed. These factors are important to consider when conducting various studies, both within Ukraine and downstream of the Tisza. In particular, it is necessary to account for the flood regime of the waters of the Tisza River and its tributaries within Zakarpattia Region. Additionally, the presence of volcanogenic deposits in the explored polymetallic deposits and ore occurrences in this region, owing to the high solubility of sulfate compounds of heavy metals (such as chromium, cadmium, copper, etc.), is one of the reasons for the increased concentrations of these elements in the surface waters of the Tisza river basin system within Ukraine.

Surface runoff within Zakarpattia Region is formed by the following right tributaries of the Tisza River: Teresva, Tereblia, Rika, Borzhava, which flow into the Tisza river, as well as the Uzh and Latorytsia rivers. The latter flow into the Laborec and Bodrog rivers in the Slovak Republic, and then into the Tisza River in Hungary.

Transit surface runoff comes from Romania, the main rivers Viseu and Iza (flowing

into the Tisza river above the Tyachiv city) and from Slovakia, the Ulichka and Ubl'a rivers (flowing into the Uzh river above the Zarichevo village).

In the Tisza basin of Zakarpattia Region, there are approximately 9,426 rivers and streams with a total length exceeding 16.1 thousand km, and the river network density averages 1.7 km/km². Most watercourses in the region have an average length of about 2 km and a catchment area of 1.2 km². Only 152 rivers are longer than 10 km, of which 4 exceed 100 km in length: Tisza, Latorytsia, Uzh, and Borzhava (NPMTRB, 2012).

The Ukrainian part of the Tisza basin includes both the Upper Tisza (from the source of the Black Tisza to the village of Badalovo, 7 km downstream from the mouth of the Borzhava) and the Middle Tisza (the basins of the Latorytsia, Uzh, and Tisza rivers from the village of Solovka to the village of Solomonovo). From its source to its outlet on the territory of Hungary, the Tisza River either flows entirely through Ukraine or forms the state border with Romania.

The total length of the Tisza River in Ukraine is 265 km. From the source of the Black Tisza to the village of Dilove in the Rakhiv district, the Tisza flows through the territory of Ukraine and then forms the state border between Ukraine and Romania for 61 km. Below the town of Tyachiv the river flows through Ukraine again to the village of Vylok. Downstream, the river forms the state border between Ukraine and Hungary for 25 km, and below the village of Badalovo, the Tisza flows through Hungarian territory for 77 km. From the village of Solovka to the villages of Solomonovo and Zahony, the Tisza serves as a border. The length of this section is 19 km. Downstream, the river forms the state border between two European countries - Slovakia (right bank) and Ukraine, with a total length of about 5 km. The river then flows through the territory of Hungary and Serbia.

The results of the water quality analysis and assessment presented below pertain to the surface waters of the Upper Tisza River basin, encompassing the transboundary section of the Tisza River, commencing at the confluence with the Romanian tributary of the Tisza, the Viseu River, and extending from the village of Dilove in Rakhiv district. The transboundary section of the Tisza River traverses the Ukrainian-Romanian border in Rakhiv and Tyachiv districts, spanning a total length of 64 km (NPMTRB, 2012).

Within Ukraine, the tributaries of Tisza in the border area consist of the following rivers: Kosivska and Shopurka in the Rakhiv district, and Apshytsia, Teresva, and Tyachivskiyi in the Tyachiv district. The Romanian tributaries of the Tisza, on the other hand, include the rivers Viseu, Iza, and Sepince. The identification of the surface water massif was undertaken by Ukrainian and Romanian hydrological experts as part of international cooperation between the water management basin authorities of Ukraine and Romania. This collaborative effort resulted in the determination of the average length of the cross-border section of the Tisza River, which currently stands at 64 km.

The Tisza River originates at an altitude of approximately 460 m due to the confluence of two mountain rivers, namely the Black Tisza and the White Tisza (Table 1.2.1). These headwaters of the Tisza are situated in close proximity to Rakhiv, the highest mountain town in Ukraine. The Tisza basin encompasses a total area of 157,186 km², constituting 19.2% of the Danube basin, rendering it the largest tributary in this regard. The primary focus of our study pertains to the upper reaches of Tisza region, which encompasses the cross-border area within the Rakhiv district, extending from the upper reaches of the Black Tisza river basin to Velykyi Bychkiv.

The study area encompasses the entirety of Rakhiv district and a substantial portion of the Tyachiv district within Zakarpattia Region, Ukraine. This region's intricate morphometry is characterised by the presence of the Chornohora and Svydovets mountain ranges, as well as a segment of the Marmarosh massif, encompassing the Yasinia and Solotvyno depressions. The topographical complexity of this mountainous terrain also exerts an influence on the density of the river network, prominently featuring the Black Tisza and White Tisza Rivers. These two rivers converge near the town of Rakhiv, situated at an elevation of 460 m, giving rise to the Tisza River. Additionally, a multitude of tributaries, including the significant Kosivska, Shopurka, Apshytsia, Teresva, and others, contribute to the Tisza's flow. The degree of relief fragmentation diminishes downstream from the origin point of the Black Tisza. The study area covers approximately 3420 km², and the Tisza River section stretching from Rakhiv to Tyachiv spans 80 km, with around 60 km forming the state border between Ukraine and Romania.

Table 1.2.1.

The main morphometric parameters of the rivers studied in the upper reaches of the Tisza within Ukraine (compiled from data provided by the Zakarpattia Regional Hydrometeorological Centre).

River	Length, km	Area, km²	Slope, m/km
Black Tisza	49	567	19
White Tisza	28	489	10
Tisza	80/265	3420/12777*	3.6/1.4*

Notes. * - within the study area / within the entire Zakarpattia Region of Ukraine

The territory of the studied upper reaches of the Tisza river basin area is characterised by a significant distribution of aquifers within the structure of Paleogene sediments in the Ukrainian structural-folding system. Sandstone aquifers are also prevalent within shale strata, providing water for domestic and drinking water purposes. In relatively developed alluvial complexes, hydrocarbonate waters are concentrated in river valleys, which contribute to river flow during low water periods and serve various economic needs. The hydrogeological conditions of the area are marked by the presence of a single quaternary aquifer, composed of hard sandy loam with up to 40 % gravel and pebbles. Groundwater is free water (gravitational water) and is replenished by the infiltration of precipitation. Groundwater levels in this aquifer vary from 0.5 m to 4.0 m (NPMTRB, 2012).

In the context of climate change, the examination of the current state and alterations in the quality of surface waters holds considerable significance. This is due to the profound modifications in the characteristics of the natural environment, which, in turn, engender changes in the broader framework of environmental protection, the resilience of natural resources to anthropogenic exploitation, conservation principles, and more. Within the Tisza river basin, there is a notable prevalence of intensive developments related to a complex of contemporary physiographic processes. The manifestations and extents of these developments may undergo alterations in the face of climate change. Similarly, the upper Tisza river basin region is marked by the vigorous evolution of a complex of contemporary physiographic processes, the appearances and scopes of which could also shift in response to climate change. Concerning the environmental scenario and surface water contamination, processes such as landslides, mudflows, floods, and others exert the most significant impact on water quality and its primary hydrochemical parameters. These processes contribute to substantial quantities of

solid runoff (soil) enriched with elements such as iron (Fe), manganese (Mn), and heavy metals including copper (Cu), zinc (Zn), chromium (Cr), and lead (Pb). Furthermore, these processes influence turbidity, water transparency, nutrient levels, and the oxygen regime of the surface water in the studied rivers.

The hydrological regime of the rivers within the upper reaches of the Tisza basin.

The Tisza River is recognized as the source of the Black Tisza, which boasts a greater length and catchment area in comparison to the White Tisza (see Table 1.2.2). The river basin is entirely situated within the southwestern macro-slope of the Ukrainian Carpathians. Upon the confluence of the Black Tisza and White Tisza rivers above the city of Rakhiv, the water content of the Tisza increases, and its narrow river valley takes a southward orientation towards the Romanian border. Subsequently, below the village of Dilove, located at the border with Romania, the river alters its course from the left bank of the Viseu River and flows through a narrow gorge in a northwesterly direction, eventually reaching the village of Velykyi Bychkiv.

Table 1.2.2.

Hydrographic characteristics of the main rivers in the Tisza River basin (compiled from the data provided by the Tisza River Basin Water Resources Management).

River Name	Falls into	Distance from the mouth of the main river, km	River Length, km		Catchment Area, km ²	
			Entire	within Ukraine	Entire	within Ukraine
Tisza (with Black Tisza)	Danube	1218	966	265	157186	12777
Black Tisza	Tisza	913,5	50	50	567	567
Bila Tisza	Tisza	913,5	26	26	489	489
Viseu	Tisza	886,1	79,1	0	1580	0
Kosivska	Tisza	876,6	43,1	43,1	157	157
Shopurkra	Tisza	871,9	41,4	41,4	286	286
Iza	Tisza	856,5	80,0	0	1300	0
Sepyntsya	Tisza	838,5	18,0	0	149	0
Teresva	Tisza	835,4	56	56	1220	1220
Tereblya	Tisza	818,1	91	91	750	750
Rika	Tisza	793,0	92	92	1240	1240
Borzhava	Tisza	729,3	106	106	1360	1360
Latorytsya	Bodroh	90	191	144	7860	2900
Uzh	Laborets	-	133	106	2750	2010

The Black Tisza stands as one of the primary watercourses in the Rakhiv district, and it serves as the source of the Tisza river near the city of Rakhiv. Given the mountainous terrain that encompasses the entire Black Tisza basin, commencing with its origin in the Svydovets mountain range, the river valley exhibits a distinctly mountainous regime and structure. The elevation drop from the source to the mouth amounts to 800 m, resulting in the presence of rapids and waterfalls throughout the entire course of the Black Tisza. The river also maintains a rapid flow, particularly registering speeds of up to 1.5 m per second during low-water periods and up to 4.5 m per second during floods. Characterized by a V-shaped valley, the river valley

width varies from 50 m in the upper reaches to 300 m downstream, accompanied by steep and at times precipitous banks, which can reach heights of up to 10 m (Khilchevskyi, 2016).

The subsequent major tributary of the Tisza within the Rakhiv district is the White Tisza. This river originates on the slopes of Chornohora, where the Stohivets and Balzatul Rivers converge. Similar to the Black Tisza, the White Tisza exemplifies a characteristic mountain river, measuring a mere 28 km in length and featuring a narrow, gently winding V-shaped valley. The river's channel seldom widens beyond 20 m. Owing to its swift flow, the elevated banks are frequently subjected to erosion, necessitating additional measures for reinforcement (Khilchevskyi, 2017).

The Shopurka River serves as a right tributary of the Tisza River and is formed through the confluence of the Mala Shopurka and the Serednya Rika. The Shopurka stands out from other Tisza tributaries due to the unique characteristics of its lower valley, which can extend to a width of up to 300 m, featuring a meandering and branching channel that, in certain sections, reaches up to 40 m in width. The slopes exhibit steep gradients of 20-40 degrees in the upper reaches, gradually lessening downstream. Along the course of the Shopurka, one can frequently encounter rapids and islands. Notably, the Shopurka basin encompasses the villages of Kobyletska Poliana and Velykyi Bychkiv, which, in comparison to other settlements in the Rakhiv raion, have shown more advanced economic activities (Leta, 2016).

The Kosivska (Kisva) river also serves as a right tributary of the Tisza River. It runs parallel to the Shopurka River and originates on the slopes of Svydovets, which, in turn, defines the mountainous characteristics of the river's hydrological regime and the morphometric parameters of its basin. The river valley exhibits a slightly winding course, resembling a gorge in some sections with a width of up to 4 m. The floodplain of the Kosivska River is present only in specific areas along its course (Leta, 2019).

The Lazeshchyna river originates in the Petros and Hoverla intermountain area and represents a left tributary of the Black Tisza. Similar to previous instances, the hydrological regime and the V-shaped valley structure classify this river as a mountain river, characterized by extremely steep slopes and a rapid flow. The Lazeshchyna's channel features slight meandering, branching, and rapids, with a floodplain primarily observed in the lower reaches of the river (Leta et al., 2019).

The Tisza river serves as the primary body of surface water within the Rakhiv district and is partitioned into two segments, distinguished by variations in the river valley's characteristics and the river's water regime parameters. The first segment commences at the confluence of the Black Tisza and the White Tisza, terminating at the village of Velykyi Bychkiv. In this segment, the Tisza River exhibits hydrological and morphometric characteristics typical of mountainous regions. Here, the Tisza courses through a narrow and deep valley, flowing southward until it meets the Romanian tributary, Viseu, near the village of Dilove. Beyond this point, the river undergoes a transformation, unveiling a broad floodplain, extending up to 500 m in width, and changing its course to the northwest. The Tisza riverbed is slightly sinuous, sometimes empties, and occasionally forms islands, while the banks rise to heights of up to 6 m. The river itself reaches widths of up to 40 m. Notably, the river's depth increases significantly downstream, ranging from 0.5 m on the rifts in the upper reaches to 5 m within the backwaters. Additionally, it's of significance that the border demarcating Romania and Ukraine originates in the village of Dilove, near the confluence of the Viseu, following the course of the Tisza River. This aspect enhances the scientific appeal

of any studies related to the Tisza including those focusing on hydroecology (Leta, 2017; NPMTRB, 2012; Technical Report, 2009).

Table 1.2.3.

Information on the composition of observations at hydrological stations within Rakhiv district (compiled by the Zakarpattia Regional Hydrometeorological Centre)

№	The river is a hydropost	Periods for which data on the main elements of the water body regime are provided			Catchment area km ²	Mark "0" of the post schedule, m BS
		characteristic water levels	characteristic water discharge rates	characteristic sediment flow rates		
1	Black Tisza – Yasinia	1947-2018	1956-2018	-	194	648,5
2	Black Tisza - Bilyn	1946-1988	1946-1988	1968-1988	540	492,12
3	White Tisza - Luga	1947-2018	1955-2018	-	189	602,05
4	White Tisza - Roztoky	1955-1988	1955-1988	1968-1988	473	482,93
5	Tisza – Rakhiv	1946-2018	1947-2018	1951-2017	1070	431,73
6	Tisza – Dilove	1946-1988 2010-2018	1956-1988	-	1190	345,96
7	Kosivska - Kosivska Polyana	1963-2018	1963-2018	-	122	406,77
8	Shopurka - Kobyletska Polyana	1947-2018	1954-2010 2017-2018	-	240	389,06
9	Tisza – Velykyi Bychkiv	1946-2018	2017-2018	-	1700	294,78

In the mountainous terrain of Rakhiv and Tyachiv districts, several factors, including the amount of precipitation, geological structure (characterised by a lack of aged aquifers, high rock fracture, rock infiltration capacity, substantial debris, and limited soil cover), surface fragmentation, steep slope gradients, and the low catchment accumulation capacity, play a decisive role in shaping the river runoff of the Tisza and its tributaries (Lukianets, 2004). According to Lukianets' research, the average annual runoff has been increasing over the past decades (Lukianets, 2004).

The Tisza river and its tributaries in the mountainous part of Zakarpattia Region are characterised by a pronounced flood regime. The most powerful floods in the region are triggered by intense (heavy) rains between May and October, as well as during the winter snowmelt, brought on by warm Atlantic air masses and thaws. Flooding can also result from a substantial overall rise in springtime air temperatures and accelerated snowmelt, further exacerbated by significant rainfall (Vyshnevsky, 2003; Water Fund, 2007; Schwebs, 2003).

Nevertheless, determining the time interval of spring floods in the upper Tisza River's rivers is challenging due to significant variations in the hydrological regime and meteorological features from year to year. An analysis of the period 1981-2016 reveals distinct patterns, with some years characterised by clear high spring floods and low floods (1986, 2000, 2002, 2013), others marked by low floods and sharp fluctuations (1997, 1998, 2001, 2008, 2014, 2015), and still others showing alternating high floods throughout the year (1985, 1987, 2004, 2011, 2016) (refer to Figures 1.2.2 to 1.2.4) (Leta, 2021).

The hydrological regime of the rivers, which includes spring floods, summer-autumn low water, and winter low water, significantly influences the sources of river feeding, resulting in variations in the chemical composition of water. In essence, the hydrological regime plays a crucial role in shaping the hydrochemical regime.

The rivers in the upper reaches of the Tisza are characterised by flooding resulting from snowmelt during winter thaws, frequent spring rains, and intense precipitation in the summer and autumn (May-October). At the Tisza-Rakhiv hydrological station, covering a catchment area of 1070 km², the average long-term water discharge is 25.4 m³/s. The highest recorded water discharge was 938 m³/s on 5th March 2001, while the lowest was 1.14 m³/s on 2nd February 1963 (Leta, 2021).

During periods of low summer and autumn water levels, as well as low spring floods, the Tisza River experiences minimal water levels. Paradoxically, the most catastrophic floods also transpire in the summer and autumn, primarily driven by intense rainfall. It's worth noting that the amplitude of level fluctuations can vary from 3.1 m to 6.8 m (Leta, 2021). In contrast, water levels in the Tisza River and its tributaries exhibit instability during the winter period due to frequent thaws and rains.

The mountainous region of Zakarpattia Region experiences intensive snowmelt, often accompanied by periodic rains, resulting in elevated river water levels. Consequently, spring flooding typically occurs during the latter half of March and early April, sometimes unfolding in multiple stages. During high floods, water levels can surge by 150-200 cm per day, while low floods lead to more gradual increases of 5-15 cm per day (Zakarpattia Regional Hydrometeorological Centre). At the Tisza River hydrological station in Rakhiv, the highest recorded water level during the period from 1950 to 2016 was 575 cm, observed on 5th March 2001 (Zakarpattia Regional Hydrometeorological Centre). Notably, even in years with average water conditions, the spring season consistently witnesses elevated water levels (Leta, 2021).

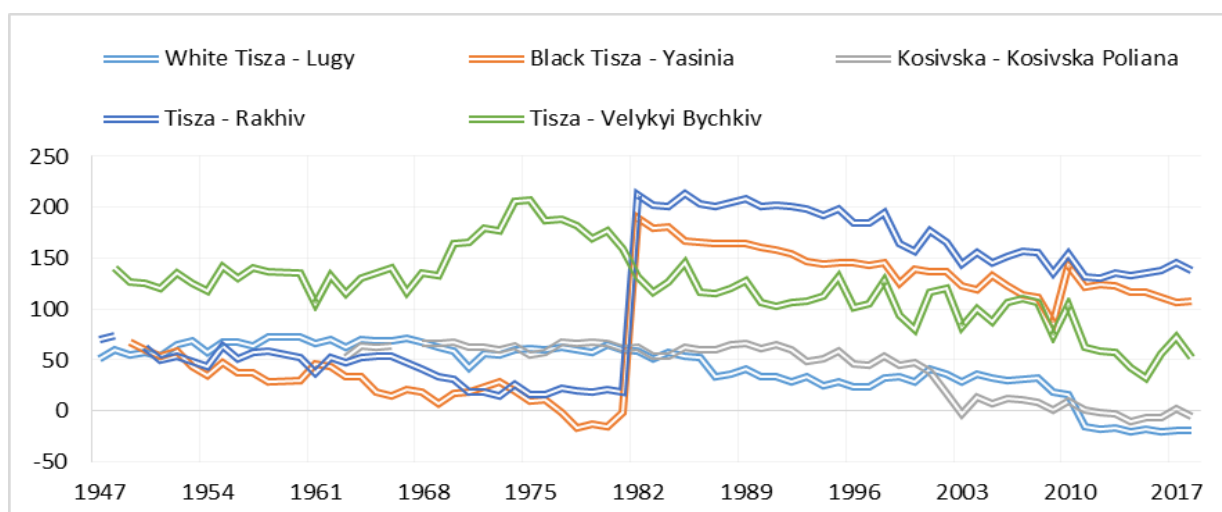
Floods in the basin's rivers primarily result from frequent precipitation events (165-175 days annually). However, flood formation typically commences when daily precipitation exceeds 20 mm. During exceptionally heavy downpours, characterised by rainfall exceeding 100 mm, floods reach catastrophic levels. In such instances, water levels surge in mountainous areas by 2-4 m, in foothill regions by 5-6 m, and in the Tisza River, by 6.5-9.5 m. Consequently, floodwaters rapidly drain from mountain watercourses into river valleys, leading to extensive flooding. This inundation spans a 15-60 m width in the mountainous zone, 115-500 m in the foothill zone, and extends to 2500 m in the plains. The steep terrain profiles contribute to flash floods, during which water levels can elevate by 1.5-2.5 m within just 3-4 hours (Leta, 2021).

An analysis of long-term data on precipitation and the hydrological regime in the Tisza River basin reveals that the most significant increases in water levels and flows are characteristic of autumn and winter floods (refer to Figures 1.2.2 to 1.2.4). These floods, which typically constitute 20-30% of the total annual flood count, have a mixed origin and primarily occur during the colder months. In addition to these cold-season floods, there are warm-season floods, spanning from April to November, resulting from sudden heavy rainfall.

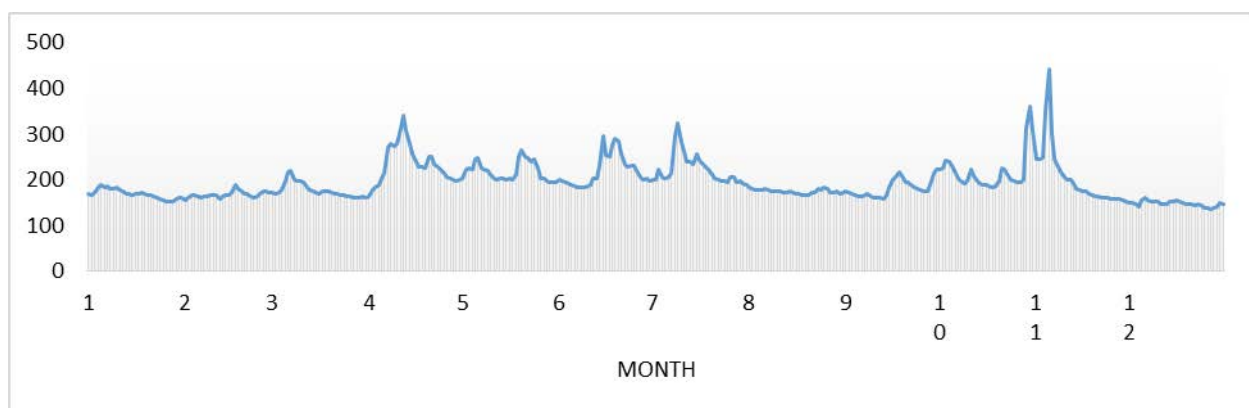
Minimum water flows occur in both warm and cold seasons. The first minimum typically transpires in September-October and is linked to a significant reduction in precipitation. The second minimum emerges in January-February when surface runoff is absent, and groundwater reserves are depleted. In mountain rivers across the basin, stable

summer low water conditions are observed in 20% of cases, while stable winter low water conditions prevail in 40% of cases. The summer low water phase commences in June and July and extends into early November, lasting on average for 100-160 days. On the other hand, the winter low water phase concludes in February-March, with an average duration of 45 to 80 days.

The minimum flow characteristics are the average monthly flow (30-day periods with the lowest flow) and the minimum average daily flow in summer, autumn and winter. The minimum average monthly flows of 95% availability are mainly used as a reference for the design of hydroelectric power plants, reservoirs, and ponds, and the minimum average daily flows of 95% availability are used for the design of water supply facilities for settlements and industrial enterprises.



*Fig. 1.2.2. Dynamics of water levels by annual averages, cm
(compiled by the Zakarpattia Regional Hydrometeorological Centre)*



*Fig. 1.2.3. Dynamics of water levels in the Tisza River (Rakhiv) during 1998 (high-water year), cm
(compiled by the Zakarpattia Regional Hydrometeorological Centre)*

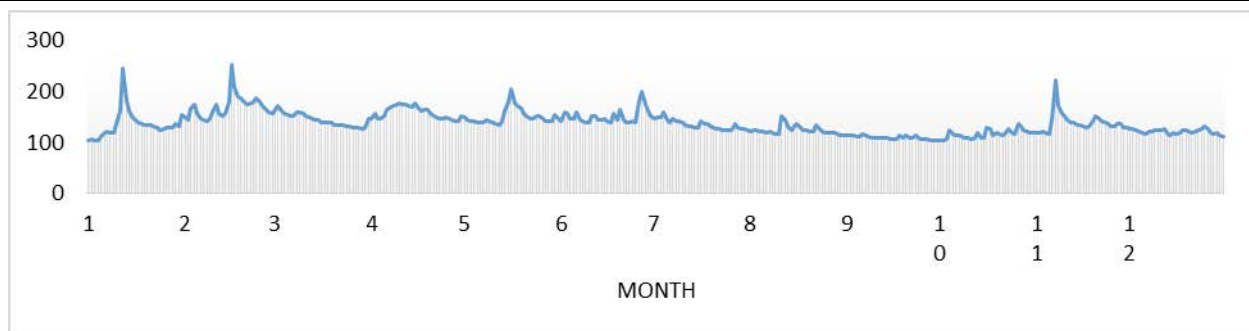


Fig. 1.2.4. Dynamics of water levels in the Tisza river (Rakhiv) during 2016 (average water year), cm (compiled from the materials of the Zakarpattia Regional Hydrometeorological Centre)

Similar to the water level indicator, water discharge exhibits a consistent pattern in the observation series (see Figure 1.2.5). Minor variations can be attributed to differences in precipitation, topographic characteristics, and underlying surface conditions. Over the period spanning 1946-2017, the highest water discharge was documented during the March 2001 flood, reaching a peak of 938 m³/s, while the average long-term discharge remained at 25.4 m³/s.

The highest average long-term runoff levels in the studied part of the Tisza basin for the period 1981-2017 are observed in the Kosivska river (Kosivska Poliana village) and the Shopurka river (Kobyletska Polyana village). This can be attributed to elevated precipitation levels and the catchment area's height. It's also noteworthy that there has been an increase in the average long-term values of water discharge and the water flow module compared to previous studies (NPMTRB, 2012; Obodovsky, 2017). The only exceptions are the data from the hydrological stations on the Black Tisza river (Yasinia village) and the Kosivska river (Kosivska Poliana village), which indicate a slight decrease in average annual water discharge and runoff module over the past decades.

Table 1.2.4.

Average flow characteristics of the rivers in the upper reaches of the Tisza river basin (for the period 1981-2017) (compiled from the materials of the Zakarpattia Regional Hydrometeorological Centre)

№	River - Hydropost	Average long-term values	
		Q _{average} m ³ /s	M _{average} l/s km ²
1	Black Tisza – urban-type village Yasinia	4,68	24,14
2	Black Tisza – village Bilyn*	13,1	24,3
3	White Tisza – village Luga	5,25	27,8
4	White Tisza – village Roztoky*	14,5	30,7
5	Tisza – city of Rakhiv	26,06	24,35
6	Tisza – village Dilove*	32,7	27,5
7	Kosivska – village Kosivska Polyana	4,59	37,65
8	Shopurka – village Kobyletska Polyana*	8,51	35,5

*-1981-1988.

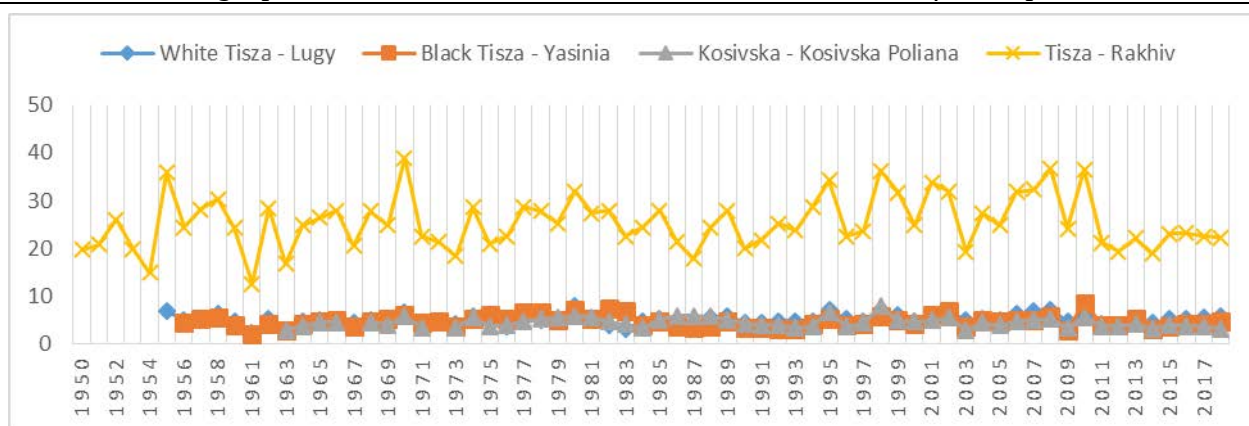


Fig. 1.2.5. Dynamics of water discharge by annual average, m^3/s
(compiled from the materials of the Zakarpattia Regional Hydrometeorological Centre)

In the high-water year of 1998, except for the White Tisza River (Luga village), autumn runoff predominated, with maximum values occurring in November. Conversely, in 2016, the influence of spring flooding on the flow distribution is notably evident. The allocation of runoff between warm and cold periods also exhibits variations. For instance, the mild winter and April floods in 2016 resulted in a prevalence of runoff during the cold season. In 1998, the period of the lowest winter low water mark with the least runoff was distinctly discernible, whereas in 2016, we observe a more balanced intra-annual distribution of runoff (refer to Tables 1.2.5 to 1.2.6).

Table 1.2.5.

Intra-annual distribution of runoff (by months of 1998) in the Tisza basin rivers, % (compiled from the materials of the Zakarpattia Regional Hydrometeorological Centre)

River - Hydropost	Months											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Tisza – city of Rakhiv	3,43	2,76	4,57	15,50	11,22	11,66	12,58	4,08	4,93	12,19	14,24	2,85
Black Tisza – village Yasinia	2,04	2,09	2,36	16,33	13,31	11,72	11,09	5,30	7,26	12,35	13,76	2,40
White Tisza – village Luga	3,20	3,21	3,58	16,08	14,71	12,60	14,55	3,57	4,31	8,27	12,60	3,33
Kosivska – village Kosivska Polyana	3,36	2,88	5,09	15,24	8,82	8,26	8,95	3,40	5,15	11,53	24,43	2,89

Table 1.2.6.

Intra-annual distribution of runoff (by months and seasons in 2016) in the rivers of the Tisza basin, % (compiled from the materials of the Zakarpattia Regional Hydrometeorological Centre)

River - Hydropost	Months											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Tisza – city of Rakhiv	7,93	15,97	9,72	13,03	11,44	11,19	7,43	5,11	2,67	3,83	8,46	3,22
Black Tisza – urban-type village Yasinia	7,79	13,93	8,69	12,89	12,95	13,94	8,58	4,72	2,58	3,40	8,39	2,15
White Tisza – village Luga	5,08	12,13	9,15	15,24	11,93	12,47	7,68	5,85	3,50	5,03	8,07	3,87
Kosivska – village Kosivska Poliana	9,21	17,03	10,84	15,51	12,04	10,51	5,46	3,91	2,04	2,36	7,55	3,54

Riverbed processes and deformations

An essential aspect of river network functioning and development, under the influence of varying external environmental factors, including climate, involves riverbed processes such as erosion, sediment transport, and accumulation. The vigorous evolution of these processes in different parts of the river valley leads to modifications in the river channel's configuration, resulting in alterations to its morphology and morphometric parameters. Riverbed processes in the mountain river basins of Zakarpattia Region exhibit unique manifestations, which arise from the complex geological and geomorphological characteristics of the region, as well as the distinctive features of the hydrological regime, river feeding, and other natural and anthropogenic factors (Hydrometeorological conditions, 2005).

The primary driver behind the occurrence and progression of riverbed deformations is the dynamic structure of water flow, which induces riverbed erosion, sediment transport, and accumulation (Hydrometeorological conditions, 2005). The water content of the stream and its carrying capacity are contingent on the moisture regime of the area. In certain mountainous of the Zakarpattia Region, annual precipitation surpasses 2,000 mm. Moreover, during cyclonic periods, a two-month rainfall equivalent can precipitate in a single day, with up to 200 mm of rainfall occurring within 2-3 days. This gives rise to rapid and destructive floods, which, in plains, result in inundations causing substantial harm to the local population and accumulating significant quantities of river material. During severe floods, the riverbanks undergo active erosion, leading to profound channel deformities and the transportation of substantial alluvial sediments to lower hypsometric levels of the river network. These processes coincide with the degradation of hydraulic structures, road infrastructure, residential buildings, communications, and more.

The most severe floods in Zakarpattia Region occurred in 1998 and 2001, resulting in the destruction of numerous bridges, deforestation, disruption of power lines, and washouts in some of the region's mountain rivers. Beyond inflicting significant economic damage on the region's economic infrastructure and exacerbating the overall geo-environmental situation in Zakarpattia Region, these high floods pose a threat to the population. They also contribute to an increase in water flow capacity, accompanied by bank and riverbed erosion, as well as overall deformations (Karabiniuk, 2021; Obodovsky et al., 2002).

Riverbed processes and deformations are also influenced by the orographic characteristics of the region, where steep mountain slopes contribute to rapid runoff and the formation of high floods. Sudden shifts in the configuration of river valleys and the presence of erosion-resistant rocks, including sandstones, gneisses, and shales, lead to the creation of specific rapids within river channels. These natural transverse barriers impact the dynamics and progression of riverbed processes. The manifestation of riverbed processes is significantly influenced by the outcrops of metamorphic rocks on the riverbed surface, which greatly enhance the riverbed's resistance to deformation. Such outcrops of hard bedrock are observed in Zakarpattia Region, particularly in the channels of the Black Tisza, Shopurka, Kosivska, and others. Rock formations traversing the riverbed can alter the kinematic forces of the flow during floods, giving rise to supports and hydraulic jumps (Hydrometeorological conditions, 2005; Obodovsky et al., 2002).

Generally, the sediment transport pattern in the mountain rivers of Zakarpattia Region follows the following sequence (Obodovsky and others, 2002):

in the upper reaches, there is active erosion and sediment transport.

in the middle reaches, a combination of erosion and accumulation processes occurs alongside sediment transport.

in the lower reaches, accumulative processes and meandering become prominent.

Within the complex river network of Zakarpattia Region, sediments prevail in various sections of the riverbed-floodplain complex.

Under the influence of water runoff, alluvial sediments accumulate in widening areas of river valleys, with the accumulation intensity increasing downstream. In these locations, the riverbed consists of pebble, pebble-boulder sediments, mixed with gravel, sand, and clay, and may branch out when the channel's stability against scour is poor (Hydrometeorological Conditions, 2005). This phenomenon of river valley expansion and alluvium accumulation is most commonly observed in the mountainous rivers of Zakarpattia Region, particularly in regions with a concave topography and a geological base of mudstone flysch, which is susceptible to erosion by water. For instance, within the Yasinia Basin in the Black Tisza River valley, pebble-boulder alluvial deposits accumulate along a substantial portion of the river's course, flowing through the Krosnenska geological zone predominantly composed of argillites (Figure 1.2.6). As the river exits the Yasinia Basin, the Tisza river channel significantly narrows and cuts through the hard sandstone rocks of the Porkulets Cover, resulting in reduced sediment accumulation and a riverbed marked by rapids often devoid of alluvial deposits.

The manifestation of riverbed deformations in the mountainous areas of Zakarpattia Region is characterised by the predominance of deep erosion, resulting in the active incision of riverbeds. This is evident in several basins, including Black Tisza, Shopurka, Kosivska, Latorytsia, and others, where narrow river valleys lack terraced sides and feature straight stony channels with multiple rapids. In areas where the river valley widens and the drop in the riverbed decreases, weakly sinuous meanders form. The most significant lowering of water levels is observed after destructive floods, leading to the transportation of a substantial amount of sediment and the development of deep erosion (Hydrometeorological Conditions, 2005; Leta et al., 2019).



Fig. 1.2.6. Accumulation of alluvial sediments in winter in the Black Tisza riverbed within Yasinia, 2021 (Photo by the author)

Other significant factors influencing the development of riverbed processes in Zakarpattia Region include the ongoing anthropogenic impacts, such as excessive ploughing of catchment surfaces, unauthorised riverbed quarrying and pebble mining, expansion of development into floodplain and water protection zones, and the construction of hydraulic structures.

Based on its genesis, the river valley comprises several sections, with the riverbed and the first floodplain terraces being the most dynamic (Obodovskyi, 2013). Geometric features of the riverbed, such as its tortuosity and width, influence the river's flow characteristics. We conducted in-depth studies of channel processes and deformations in the mountainous region of Zakarpattia Region, using the Black Tisza river as an example, known for its dynamic flood regime. The Black Tisza River crosses significantly different geological areas along its course, impacting the morphology of the riverbed and the feasibility of hydrotechnical structures. Within the Yasinia Basin, the widest segment of the river valley exhibits pronounced meandering and minimal transformation of the main riverbed. This area has experienced the most substantial anthropogenic impact on the riverbed, particularly in the Jasinia settlement. In the early 21st century, the Black Tisza river was dammed along a significant portion of its length within the central part of the settlement. Special attention was also given to fortifying the section where the Black Tisza river meets its tributary, the Lazeshchyna river.

Downstream of the Black Tisza River, the orographic features of the terrain, coupled with the steep spurs of the Chornohora and Svydovets massifs, have given rise to the formation of an exceedingly narrow river valley, extending from the village of Keveliv to its confluence with the White Tisza River near Rakhiv. The anthropogenic impact on this stretch of the river valley, including the floodplain, has experienced a significant upsurge. This escalation can be attributed to the presence of the nationally important motorway H09, which has witnessed the construction of numerous engineering bank protection structures along the Black Tisza river valley in recent years. These constructions have had notable effects on riverbed processes and riverbed deformation (refer to Figure 1.2.7).

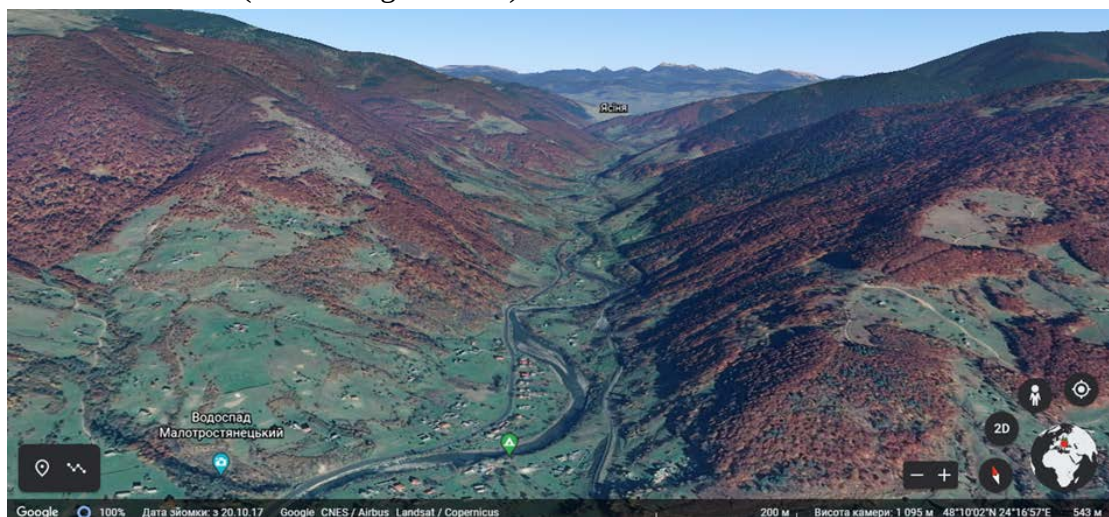


Figure 1.2.7. Anthropogenic pressure on the valley and riverbed of the Black Tisza river in the area from the village of Kvasy to the village of Yasinia (fragment of Google Earth image)

Active bank protection structures on the Black Tisza river perform the main function of protecting the banks from active erosion processes that disrupt the landscaping of the territory, destroy infrastructure, and contribute to the development of slopes and landslides in

mountainous terrain (Fig. 1.2.8). In practice, river dams and riverbed transformation often reduce the natural tortuosity of the river, which creates optimal conditions for increasing the speed of river masses during periods of rising river water levels. This results in a greater potential destructive capacity of water masses, which is associated with changes in the characteristics of solid material transport, development of channel deformations, etc. Engineering unjustified construction within floodplains contributes to artificially induced accumulation of alluvial sediments, riverbed deformation and further changes in river flow.



Figure 1.2.8. Dumping and development of low terraces in the Black Tisza river valley within the village of Kvasy (fragment of Google Earth image)

To regulate floods and mitigate flood risks, a considerable 14.6 km of dams and nearly 18 km of bank protection were constructed in the Rakhiv raion, as reported by Leta in 2021. However, this extent of hydraulic infrastructure falls short in providing sufficient protection to the local population against the ramifications of hydrological hazards and the progression of riverbed deformations. In the Zakarpattia Region, the majority of river basins fail to meet the stipulated criteria for coastal protection zones within river valleys, and related standards.

The ecological well-being of rivers and the morphology of riverbeds within the Zakarpattia Region is imperiled by the obstruction of river channels with solid household waste. A substantial number of spontaneous dumpsites are observed in this area. Notably, within the Black Tisza river basin, the authorized landfill near the town of Rakhiv raises the greatest concern, with the garbage layer attaining heights of up to 10 m (Leta, 2021). The lack of proper waste segregation results in the contamination of water bodies with municipal solid waste (MSW), with quantities during flood events in the Tisza river reaching hundreds per minute, including waste products and household chemicals, among others. A similar situation is observed with unauthorized dumpsites located along the banks of rivers such as Lazeshchyna, Borzhava, Latorytsia, Teresva, and more (Leta, 2021; Obodovsky, 2013). Conversely, the prevalent illicit gravel extraction practices in Zakarpattia Region's rivers lead to the formation of unnatural depressions and riverbed deformations, thereby disrupting the natural cycle of erosion and sediment accumulation processes within the riverine system.

Economic activity affect on surface waters

Economic activity in the upper Tisza basin has experienced profound transformations over the past centuries, manifesting in the region's socio-economic development and environmental conditions. This encompasses the rapid growth of mining and manufacturing industries, light industry, food processing, transportation and social infrastructure, agriculture, among other sectors. It is inherent that economic activity within the Tisza basin yields not only economic but also environmental repercussions, one of which pertains to its influence on the hydroecological conditions of watercourses.

The analysis of economic activity as a factor impacting the hydroecological state of rivers entails an examination of the territorial and sectoral composition of the industry. Distinctive natural conditions and substantial natural resource potential have fostered the growth of the wood processing industry, construction materials sector, and food industry. At certain points in time, the Rakhiv district witnessed active development in timber and chemical, pulp and paper, as well as light and metal processing industries. Following the disintegration of the Soviet Union, major industrial establishments experienced a decline and eventually ceased their operations, with the proliferation of small and medium-sized private enterprises.

Routine surveys of the Black Tisza, White Tisza, and Tisza Rivers along the Ukrainian-Romanian border have enabled the identification of the impact of agriculture, household waste and wastewater, illegal landfills, manure storage facilities, and summer animal camps within the coastal protection zones and floodplains on river water quality.

The analysis of economic activity within Rakhiv and Tyachiv districts has revealed a list of primary enterprises and institutions whose activities during the study period presented a direct or indirect threat of polluting the waters of the Tisza River or its tributaries. These include municipal enterprises in Rakhiv, Kobyletska Polyana, Solotvyno, and Tyachiv; marble mining operations in Trybushany and Bilkam; wood processing facilities such as VGSM, Karpaty, Velykyi Bychkiv Timber and Chemical Plant, and Rakhiv Cardboard Factory; in addition to Kozmeschyk tourist resort, Dragobrat resort, and Hirska Tisza sanatorium (Rakhiv District State Administration). It is noteworthy to emphasize the risk of water pollution in the Tisza River area downstream from Rakhiv, resulting from solid household waste, organic and synthetic substances that emanate from the landfill situated directly on the left bank of the river.

The popularity of Rakhiv and Tyachiv districts in the tourism sector has been steadily increasing year by year, evident from the rise in direct railway connections with other regions of Ukraine. This growth holds particular significance for the development of both domestic and international tourism. However, tourist and recreational facilities, including those situated in the upper reaches of the Tisza River basin, represent a direct threat to surface water quality. Foremost among these threats is the absence of a centralized water supply and sewerage system, a consequence of the uncoordinated expansion of recreational complexes and the absence of effective water usage monitoring.

Forest management indirectly poses a threat to the deterioration of surface water quality, specifically in relation to water turbidity and the presence of specific heavy metals. An instance of this is observed in the upper reaches of the Tisza river basin, where clearcutting leads to accelerated runoff during heavy rainfall, subsequently resulting in a swift escalation of floodwater levels in the Tisza river and its tributaries within the study area.

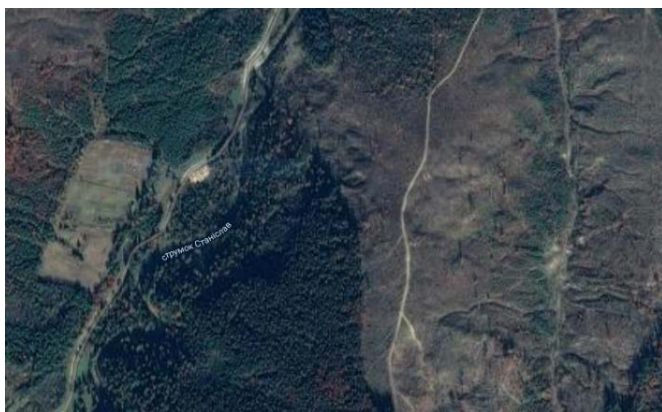


Figure 1.2.9. Deforestation in the Black Tisza River Basin



Fig. 1.2.10. Deforestation in the Lazeshchyna River Basin

The orographic and climatic conditions in the Rakhiv and Tyachiv districts, combined with distinctive features of economic development and a range of historical factors, have fostered a particular form of subsistence farming characterized by cattle breeding (dairy and meat), sheep farming, poultry husbandry, and various other agricultural activities. These practices significantly dominate over crop production, the expansion of which is predominantly constrained by specific natural and geophysical conditions.

Private subsidiary plots and farms account for more than 95 % of livestock production in Rakhiv district. In particular, there are 19,800 private subsidiary plots and 55 farms within the raion (Rakhiv District State Administration). The functioning and efficiency of these entities are directly related to the level of sales and market demand for their products, which is associated with the level of trade relations between territorial communities at the Raion and Oblast levels. The main livestock products in this region include meat, milk, eggs, and cheese. An analysis of the number of livestock indicates a decline in livestock numbers and a general decline in agriculture, primarily attributed to lower production costs and intense competition in the market for inexpensive factory food. The absence of systematic state support in the form of programs, limited awareness among the population regarding the opportunities and procedures for receiving subsidies, and other factors also negatively impact the economy.

Among the agricultural products, potatoes and vegetables are most commonly cultivated in limited quantities, providing the annual required amount for a portion of the local population. At the hypsometrically lowest levels of the study area, there is limited cultivation of crops such as corn, barley, and legumes. The flat south-western part of the raion, known as the Solotvyno Plain, is most suitable for gardening and horticulture. In the Tisza River valley near Velykyi Bychkiv and the villages of Luh and Bila Tserkva, collective farms used to be

prevalent in the past, but now they primarily focus on cultivating technical grape varieties. The development of viticulture in the mountainous part of the study basin is hindered by unfavorable climatic conditions and low grape yields (Leta, 2021).

Given the limited availability of land in Rakhiv district, the cultivation of sloping and steep slopes in narrow river valleys and along riverbanks is prevalent. The use of organic fertilizers and pesticides on arable land, combined with intensive surface runoff in conditions of ample precipitation, heightens the risk of surface water pollution and the development of erosion, among other processes, especially during floods (Leta, 2021). Consequently, agriculture is characterized by its impact on surface water and its quality in the upper reaches of the Tisza river region. This impact is notably associated with:

- the application of organic and mineral fertilizers in arable land cultivation; the utilization of coastal strips and river floodplains for agricultural purposes;
- the construction of manure storage facilities and summer livestock camps in close proximity to rivers;
- the discharge of water from fish farm ponds into rivers; the absence of sewage treatment facilities and centralized water disposal at livestock facilities and enterprises.

An important factor influencing the quality of surface water in the cross-border section of the Tisza River is the water usage within Rakhiv and Tyachiv districts. This usage has undergone several structural changes, which, in turn, have impacted specific quantitative indicators. Over the analysed period from 1990 to 2019, a 20-fold reduction in the volume of water withdrawn can be observed. This reduction is primarily attributed to the decline of water-intensive industries, including those related to chemicals, forestry, food production, and more. It is worth noting that the ratio between water abstraction from surface and groundwater sources has also shifted, contingent on the purpose of water usage. In recent years, a preeminence of water withdrawal for drinking and sanitary purposes has been noted, thus making groundwater abstraction the predominant source.

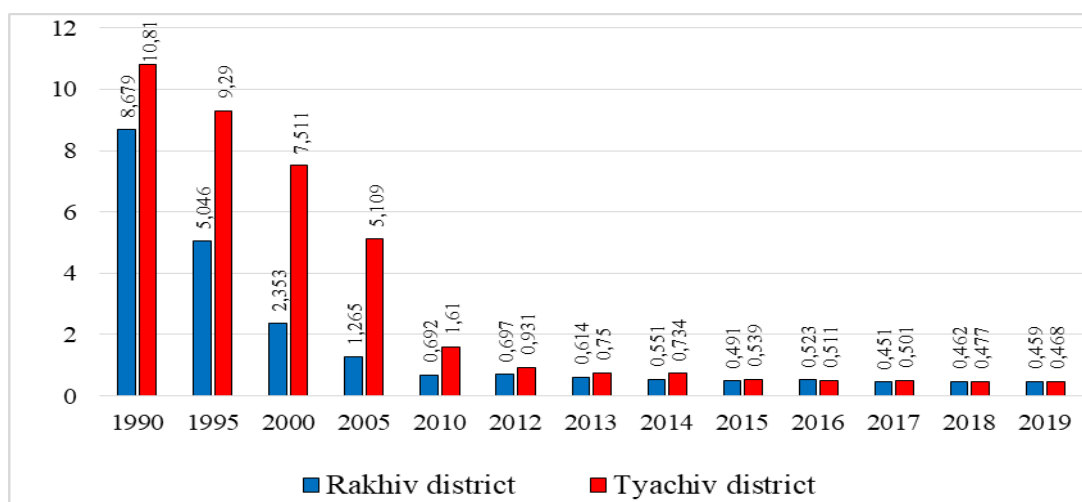
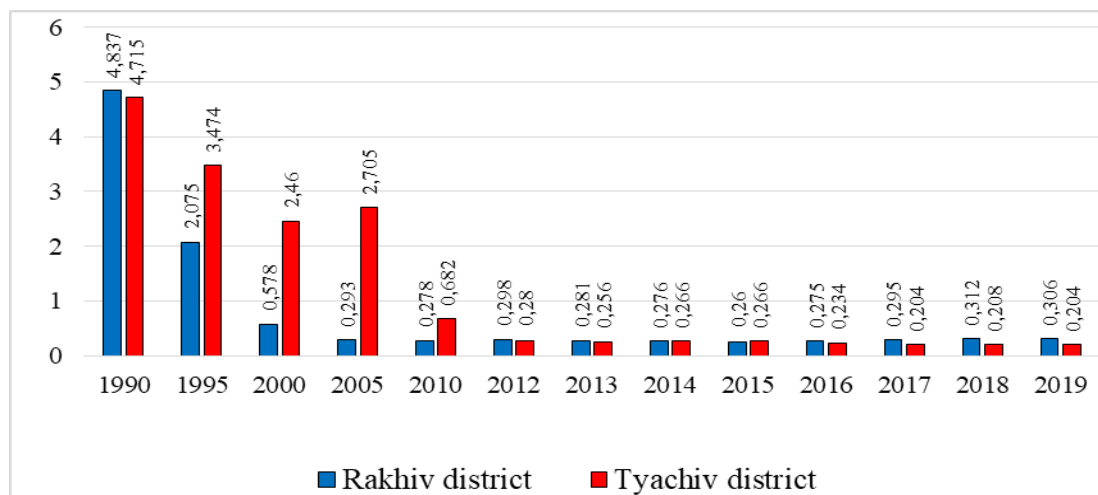


Fig. 1.2.11. Dynamics of Water Intake in 1990-2019, Million m³, Rakhiv district Tyachiv district (compiled by the Tisza River Basin Water Resources Management Authority)

The reduction in water withdrawal also leads to a decrease in wastewater volumes, thus impacting the hydroecological status of the Tisza (Figure 1.2.12). For instance, as a result of structural changes in water usage, the volume of industrial wastewater from enterprises within the Tisza study area's sub-basin decreased by a factor of 15. In recent years, municipal wastewater has come to dominate, leading to organic pollution of the Tisza river waters.



*Fig. 1.2.12. Dynamics of wastewater discharge in 1990-2019, million m³, Rakhiv district, Tyachiv district
(compiled by the Tisza River Basin Water Resources Management Authority)*

The greatest threat of pollution in the transboundary section of the Tisza River is posed by biogenic nitrogen-containing substances (ammonium, nitrite, nitrate) and phosphates, as well as synthetic detergents, which serve as a source of synthetic surfactants in the river. Another concerning source of pollution is associated with wastewater treatment plants, particularly due to their inadequate condition, outdated equipment, and limited treatment capacity. For instance, mechanical treatment methods tend to prevail over biological treatment at wastewater treatment plants in Rakhiv and Tyachiv districts, resulting in an increase in chemical water quality indicators such as BOD₅, ammonium nitrogen, nitrite nitrogen, nitrate nitrogen, COD, and so forth. It is crucial to note that in recent years, the category of “polluted” water, or at the very least "insufficiently treated" water, has become predominant among the classifications of wastewater discharged into the riverbed.



Fig. 1.2.13. Sewage Treatment Facilities in Tyachiv

The most substantial water users and consequently the primary sources of pollution in the transboundary section of the Tisza River include the extractive industry enterprises located in Dilove village, such as Trybushany Marble Quarry PJSC, Sauliak LLC, Bilkam LLC. Additionally, woodworking enterprises in Velyky Bychkiv, namely VGSM LLC and Karpaty LLC, as well as food processing companies like Canning Plant ALC, and municipal enterprises in Solotvyno and Tyachiv, significantly contribute to water pollution. For instance, in 2018, 20% of the abstracted water was allocated for production needs, marking a twofold increase compared to previous years. However, it's important to note that the volume of water utilized for production purposes in 2018 was 50 times less than in 1990. Presently, wastewater from industrial enterprises primarily consists of treated drinking and sanitary water after undergoing biological treatment.

1.3. Hydroecological State of the Upper Reaches of the Tisza River Basin (V. Leta)

The hydroecological state represents a spatiotemporal combination of quantitative hydrological, hydrochemical, and physical characteristics that provide insights into the regime, water quality, and the degree of pollution within a surface water body or its segments. It also elucidates the interplay with the environment and the impact of economic activities (Leta, 2021). The dynamics and variability of hydroecological conditions in river waters can be examined through data collected from a single river reach, specific points, surface water bodies (river sections), or an entire basin, spanning various timeframes (such as a day, month, season, year, or long-term period) (Leta, 2021). The study of hydroecological conditions in rivers serves the following purposes:

- analysis of the anthropogenic load on the aquatic geosystem;
- hydroecological monitoring of surface waters;
- development of management decisions;
- forecasting environmental changes due to the impact of anthropogenic activities;
- development of plans and schemes for integrated use and protection of water resources;
- optimisation of the water management complex;
- development of recommendations for the preservation of the ecological balance of hydrogeosystems (Leta, 2021).

There are numerous methods available for determining and classifying the hydroecological conditions of surface waters. Within the Ukrainian scientific geographical community, the most commonly employed methods include the Comprehensive Water Pollution Index (CWPI) and the Integral Environmental Index (I_E).

To ascertain the hydroecological states of waters, their seasonal variations, and long-term dynamics, it is essential to consider the relationship between hydrological aspects (as detailed by Leta, 2021) as a governing factor within the abiotic environment and the hydrochemical indicators. Among the hydrological indicators, it is imperative to analyze, at the very least, the level regime, the feeding regime, the distribution of water flow, and discharge patterns over the course of a year and across multiple years. Hydrochemical indicators should be meticulously selected to delineate the hydro-ecological conditions of the water, while accounting for a wide array of natural and anthropogenic influences.

The evaluation of Tisza river's water quality, as determined by the comprehensive hydrochemical index for water pollution, involves the comparison of average annual nutrient levels (nitrite, nitrate, and ammonium), phosphate concentrations, as well as indicators of the oxygen regime (dissolved oxygen and biochemical oxygen demand over five days, BOD_5) in

surface waters with the maximum permissible concentrations of these substances in fishery waters.

During the period of 2008-2018, the WPI exhibited a dynamic range from 0.32 to 0.48, aligning with the second category of water quality, which signifies “clean water.” Notably, there is a discernible upward trend in the index values both downstream and over the duration of the study period. Downstream indices witness an increase following the confluence of the Romanian tributary of the Tisza, the Viseu river. There is a slight reduction in the water pollution index from Velykyi Bychkiv village, Rakhiv district, to Solotvyno village, Tyachiv district, due to the augmented water content in the Tisza river and inherent self-purification processes. Conversely, the WPI registers an increase at the cross-border section’s terminus, specifically in Tyachiv, primarily attributable to the influence of municipal wastewater.

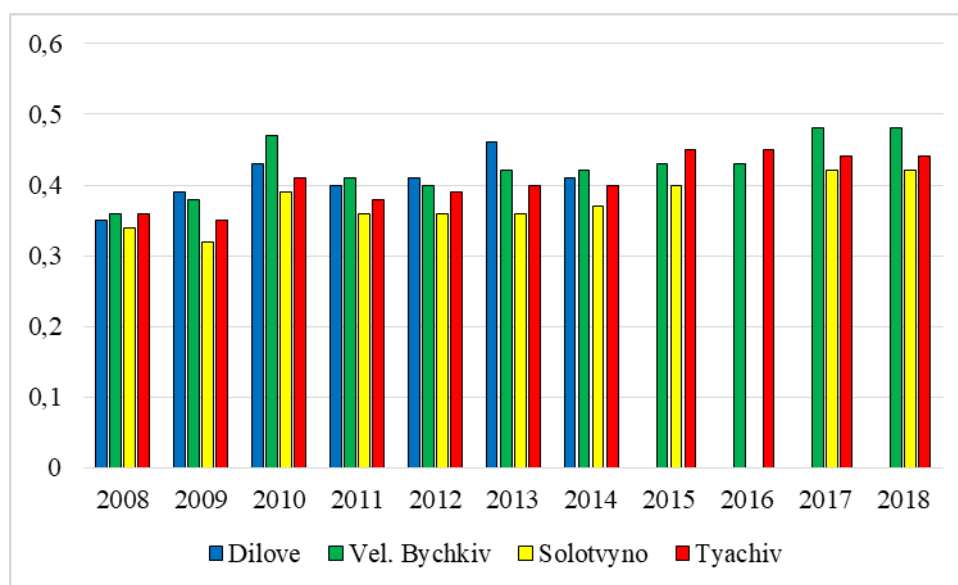


Figure 1.3.1. Dynamics of the WPI values during 2008-2018 (compiled from the Tisza River Basin Water Resources Management)

The analysis of the annual average values employed in the computation of the Water Pollution Index (WPI) for Black Tisza (Bilyn village) and White Tisza (Roztoky village) reveals an escalating impact of parameters such as BOD₅, COD, and dissolved oxygen on the index value, thereby influencing the classification of water quality (Leta, 2021). As an illustration, the WPI of Black Tisza River (Bilyn village) in the year 2011 was determined as follows:

$$(0,18 \text{ NH}_4 + 1 \text{ BOD}_5 + 0,35 \text{ NO}_2 + 0,5 \text{ O}_2 + 0,54 \text{ COD} + 0,11 \text{ petroleum products}) / 6 = 0,44$$

which indicates the crucial role of oxygen regime indicators in the calculation of the Black Tisza River WPI. The results of the calculations of the WPI of the White Tisza River (Roztoky village) for 2011 are similar:

$$(0,1 \text{ NH}_4 + 0,9 \text{ BOD}_5 + 0,13 \text{ NO}_2 + 0,5 \text{ O}_2 + 0,42 \text{ COD} + 0,1 \text{ petroleum products}) / 6 = 0,36$$

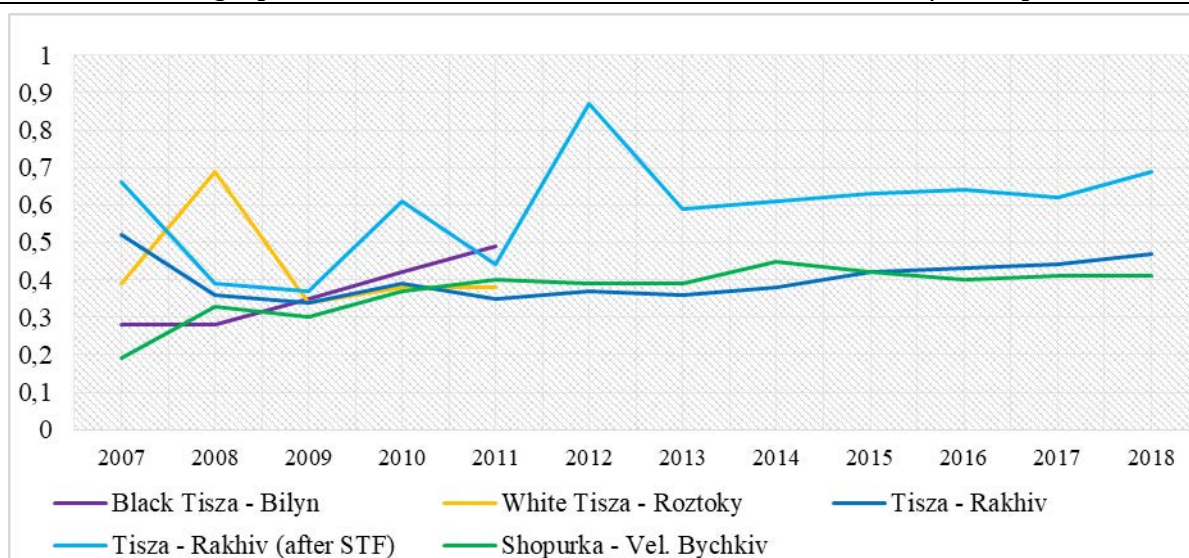


Figure 1.3.2. Dynamics of the WPI for the period 2007-2018.
(compiled by the Tisza River Basin Water Resources Management Authority)

By analogy, the 2018 WPI of the Shopurka River (Velykyi Bychkiv) was also calculated:

$$(0,14 \text{ NH}_4 + 0,72 \text{ BOD}_5 + 0,5 \text{ NO}_2 + 0,55 \text{ O}_2 + 0,37 \text{ COD} + 0,2 \text{ petroleum products})/6 = 0,41$$

Tisza River (Rakhiv):

$$(0,28 \text{ NH}_4 + 0,87 \text{ BOD}_5 + 0,5 \text{ NO}_2 + 0,53 \text{ O}_2 + 0,41 \text{ COD} + 0,2 \text{ petroleum products})/6 = 0,47$$

Tisza River (Rakhiv, below the STF):

$$(0,54 \text{ NH}_4 + 1,1 \text{ BOD}_5 + 0,75 \text{ NO}_2 + 0,55 \text{ O}_2 + 0,48 \text{ COD} + 0,2 \text{ petroleum products})/6 = 0,6$$

As a consequence, there is an evident augmentation in the contribution of nitrite within the computation of the Shopurka River's Water Pollution Index (WPI), and an increased significance of both nitrite and ammonium in the WPI of the Tisza River. This is based on the annual average indicators for the year 2018. The rise in the downstream WPI of the Tisza River observed during the 2007-2018 period, attributed to ammonium, nitrite, BOD₅, and COD, signifies a heightened presence of organic matter in surface waters following the discharge from Rakhiv's sewage treatment plants.

The most pronounced character of seasonal variability is observed in the nutrient content values. However, the mass fraction of the Water Pollution Index (WPI) is significantly higher in the oxygen regime. This observation raises concerns regarding the potential pollution threat of the Tisza River with organic substances, particularly during the spring and summer. The concentration of biogenic substances in the WPI experiences the most substantial growth in the Tisza River section downstream of Velykyi Bychkiv. This increase can be attributed to the expansion of the river valley and the utilisation of land for agriculture, especially within the floodplain, which serves as a source of nitrogen-containing substances in the river's waters. The annual average nutrient content has never exceeded the Fisheries Maximum Allowable Concentration (MAC) but remains notably high for a river with a mountainous course,

extending up to Velykyi Bychkiv. This is corroborated by the values of the oxygen regime in the Tisza River, specifically the parameters BOD₅ and dissolved oxygen content.

The Integral Environmental Index (I_E) is a block indicator of surface water quality, which includes: a block of indicators of salt composition (I₁), a block of environmental and sanitary indicators of water (I₂) and a block of indicators of specific substances of toxic effect (I₃) (Leta, 2021). The algorithm for the environmental classification of water quality includes the determination of block indices (I₁, I₂, I₃) and the calculation of the environmental index (I_E).

The methodology employed in this paper for the environmental assessment of surface water quality according to relevant categories yields results indicating the assignment of the second category within the 2nd class of water quality (characterised as clean water), aligning with a state of good environmental health. Notably, in contrast to the Water Pollution Index (WPI), the Integrated Environmental Index (I_E) exhibits far less variation downstream. This divergence can be attributed to the higher number of indicators encompassed by the index, comprising 20 indicators divided into 3 block indices, a significantly larger set compared to the WPI's 6 indicators. The expanded indicator count within the block indices serves to mitigate deviations in normalised values across multiple pollutants, given that the core methodology aims to establish the arithmetic mean value of the integral index. Based on the data from the study period, discernible trends emerge within the block indices:

- ✓ The block index for salinity indicators consistently maintains a value of 1, aligning with the I category of the 1st class of water quality, denoting an excellent condition characterised by water safety in terms of mineralization.
- ✓ Within the integrated environmental index, the highest mass fraction is attributed to the specific toxic substances index (I₃), encompassing heavy metals and synthetic pollutants. Notably, the values of this index, in certain instances, surpass the threshold for achieving good ecological water status.
- ✓ Between 2010 and 2018, akin to the trends observed in the WPI, the values of the I_E index display a progressive increase year by year. This trend underscores a growing anthropogenic impact on the quality of surface waters in the transboundary segment of the Tisza River.

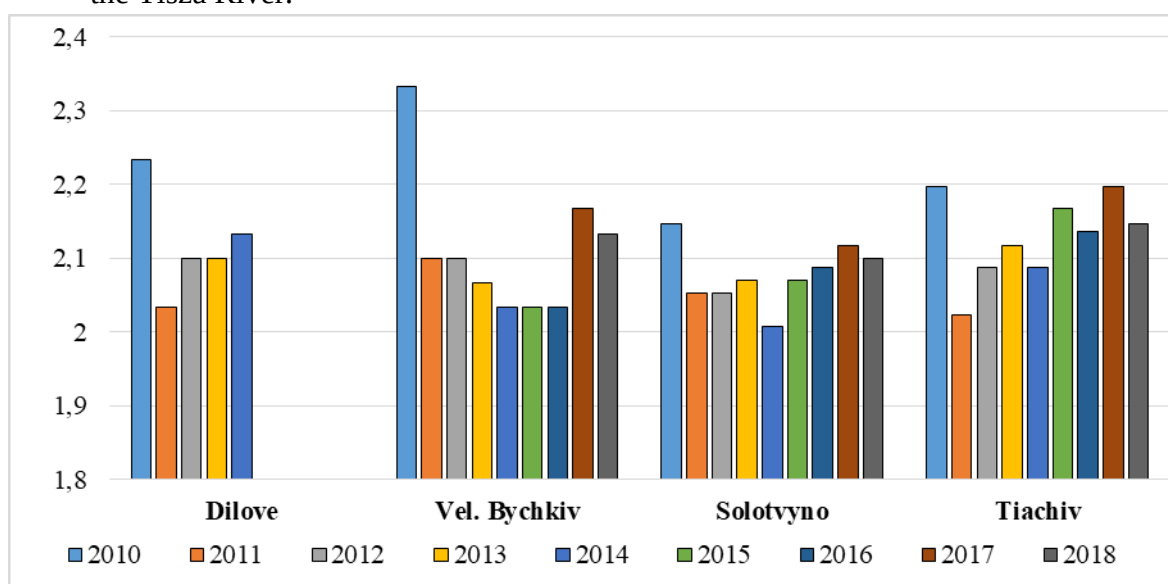


Fig. 1.3.3. Dynamics of the integrated environmental index values in 2010-2018 (compiled from the Tisza River Basin Water Resources Management)

The section of the Tisza river located within Rakhiv and Tyachiv districts serves as the state border separating Ukraine and Romania. Therefore, it is prudent to evaluate the hydroecological status of the Tisza waters using the classification established by the International Commission for the Protection of the Danube River (ICPDR). This classification encompasses five distinct water quality classes, with class II serving as the reference point, as class I characterises conditions under natural reference parameters.

The assessment of water quality, in accordance with the criteria set forth by the International Commission for the Protection of the Danube River (ICPDR), adopted as a representative example of European water quality evaluation standards for the transboundary Tisza River segment, yields a nuanced outcome. Consequently, it is evident that between 2008 and 2018, the ecological state of the waters transitioned from good to satisfactory, thus evolving from the category of clean to conditionally clean waters. Consistent with domestic methodologies, the classification in alignment with ICPDR requirements affirms the mounting influence of anthropogenic factors in recent years.

In contrast to domestic methodologies, the classification of water quality as per the requirements of the International Commission for the Protection of the Danube River (ICPDR) entails the determination of the water quality class and ecological status based on the most adverse value. This value is then compared with each of the five classes and five ecological statuses (in contrast to domestic methods which comprise seven categories, five classes, and five statuses). Consequently, the environmental status determined by the most unfavourable value of a specific pollutant offers a more objective reflection of the actual state of affairs. While domestic methods mitigate the surpassing of the Fisheries Maximum Allowable Concentration (MAC) for parameters like total iron, manganese, and heavy metals such as copper and zinc through the utilisation of 20 indicators in the denominator, international standards employ an absolute criterion of 90% coverage from a minimum of 11 samples throughout a year for the purpose of classification.

The study encompasses a comparative analysis of the outcomes obtained from classifying water quality and associated hydroecological conditions through the utilisation of two national methods in conjunction with the criteria set forth by the ICPDR. This comparison reveals that both national methods for establishing integral indices yield similar results, characterising the water quality as falling within the II category of the 2nd class, denoting clean water and a state of good condition. The key determinants for this classification are the indicators related to nutrient content and the oxygen regime. Additionally, the I_E index incorporates parameters such as iron, copper, and manganese. Conversely, the classification as per the ICPDR requirements points to pollution in the transboundary segment of the Tisza River. Specifically, heavy metals like copper and zinc are implicated, along with some concerns regarding the oxygen content in the river waters, particularly in the vicinity of Solotvyno.

The comparison of water quality assessment methods in the Tisza River (Tyachiv) based on both national methodologies and European standards reveals commonalities and distinctions:

- ✓ Domestic methodologies for water quality assessment through integral indicators, specifically the WPI and the I_E index, ultimately yield nearly identical results, signifying a good ecological status of the water.

- ✓ In both national methods, the most significant weighting factors used for determining the indices are BOD₅ and NO₂⁻.
- ✓ The water quality assessment framework in accordance with the stipulations of the ICPDR suggests that Tisza River waters are subject to contamination from heavy metals.

Table 1.3.1.

Comparative analysis of water quality assessment methods on the example of the Tisza River in Tyachiv
(compiled from the materials of the Tisza River Basin Water Resources Management)

Methods	WPI (2008–2018)	I_E (2010–2018)	ICPDR (2008–2018)
Water Quality Class	II	II	2/3
Ecological Status	good	good	good/satisfactory
Defining Indicators	BOD ₅ , NO ₂ ⁻	Fe, Mn, Cu, BOD ₅ , NO ₂ ⁻ , transparentness	BOD ₅ , Zn, Cu

References:

1. Basynove upravlinnia vodnykh resursiv richky Tysa. Ofitsiyni sait.[Tysa River Basin Water Resources Management. Official website.] URL: <https://buvrtyisa.gov.ua/newsite/> [in Ukrainian]
2. Vyshnevskiy V. I., Kosovets O. O. Hidrolohichni kharakterystyky richok Ukrainy. [Hydrological characteristics of rivers of Ukraine]. Kyiv: Nika-Tsentr, 2003. 324 s. [in Ukrainian]
3. Vodnyi fond Zakarpatskoi oblasti: (poverkhnevi vody) / Derzhvodhosp Ukrainy, Zakarpat. obl'vodhosp.[Water Fund of the Zakarpattia Oblast]. Uzhhorod : IVA, 2007. 36 s. [in Ukrainian]
4. Hidrometeorologichni umovy basynu Chornoj Tysy ta yikh vyvchennia [Hydrometeorological Conditions of the Chorna Tysa Basin and Their Study] / za red. O. H. Obodovskoho. K.: VHL Obrii, 2005. 172 s. [in Ukrainian]
5. Zakarpatskyi oblasnyi tsentr z hidrometeorologii. Ofitsiyni sait.[Zakarpattia Oblast Centre for Hydrometeorology. Official website.] URL: <http://gmc.uzhgorod.ua/> [in Ukrainian]
6. Karabiniuk M. M., Baloh Ya. Yu. Dynamika richkovoho stoku richky Chorna Tysa. Heohrafichni aspekty prostorovoi orhanizatsii terytorii, suspilstva ta zbalansovanoho pryrodokorystuvannia: materialy naukovo-praktychnoi konferentsii studentiv, aspirantiv i molodykh vchenykh [Dynamics of the River Flow of the Chorna Tysa River. Geographical Aspects of the Spatial Organisation of Territory, Society and Balanced Nature Management: Proceedings of the Scientific and Practical Conference of Students, Postgraduates and Young Scientists] (Ukraine, m. Uzhhorod, 1-3 hrudnia 2021 r.). Uzhhorod: PP Danylo S. I., 2021. S. 30-34. [in Ukrainian]

7. Leta V. V. Hidroekolohichni stan richky Shopurka Rakhivskoho raionu Zakarpatskoi oblasti. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. [Hydroecological State of the Shopurka River, Rakhiv Raion, Zakarpattia Oblast. Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology] 2016. T. 2. S. 91-96. [in Ukrainian]
8. Leta V. V. Hidrokhimichni stan richky Tysa na diliantsi ukrainsko-rumunskoho kordonu. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia [Hydrochemical State of the Tysa River on the Ukrainian-Romanian Border. Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology.]. 2017. T. 1. S. 95-104. [in Ukrainian]
9. Leta V. V., Pylypovych O. V. Analiz sezonnoi minlyvosti hidrokhimichnoho skladu vod richky Kosivska za period 2017-2018 rr. Fizychna heohrafiia ta heomorfolohiia. [Analysis of Seasonal Variability of the Hydrochemical Composition of the Kosivska River Waters for the Period 2017-2018.]. 2019. Vyp. 95 (3). S. 26-35. [in Ukrainian]
10. Leta V.V. Hidroekolohichni stany baseinu Tysy v mezhakh Rakhivskoho raionu : dys. ...kand. heohr. nauk : 11.00.11. [Hydroecological Conditions of the Tysa Basin within the Rakhiv Raion: Dissertation for the Degree of Candidate of Geographical Sciences: 11.00.11]. Luts'k, 2021. 230 s. [in Ukrainian]
11. Lukianets O. I. Systema prohnouzuvannia pavodkiv u Zakarpatti na osnovi doslidzhennia ta matematychnoho modeliuвання protsesiv formuvannia stoku: dys. kand. heohr. nauk: 11.00.07 [Flood Forecasting System in Zakarpattia on the Basis of Research and Mathematical Modelling of Runoff Formation Processes: Candidate of Geographical Sciences (PhD): 11.00.07] / Kyivskiy natsionalnyi un-t im. Tarasa Shevchenka. K., 2004. 284 s. [in Ukrainian]
12. Natsionalnyi plan upravlinnia baseinom r. Tysa. 2012. [National Plan of Tysa River Basin Management.]URL: https://buvertysa.gov.ua/newsite/download/National%20plan%20final_ost.pdf [in Ukrainian]
13. Obodovskyi O. H., Onyshchuk V. V., Konovalenko O. S. Rusloformuiuchi vytraty ta klasyfikatsiia pavodkiv na hirs'kykh richkakh. Visn.[Channel-forming Flows and Classification of Floods by Mountain Rivers.] Kyiv. un-tu. Heohrafiia. 2002. Vyp. 48. S. 42-47. [in Ukrainian]
14. Obodovskyi Yu. O. Statystychni kharakterystyky riadiv serednikh richnykh, maksimalnykh ta minimalnykh vytrat vody richok verkhnoi chastyny baseinu Tysy (v mezhakh Ukrainy).[Statistical Characteristics of the Series of Average Annual, Maximum and Minimum Water Discharges of the Rivers of the Upper Part of the Tysa Basin (within Ukraine)] Shevchenkivska vesna. 2014. Vyp. KhII. S. 109-111. [in Ukrainian]
15. Obodovskyi Yu. O. Hidromorfoekolohichna otsinka ruslovykh protsesiv ta hidroenerhetychnoho potentsialu richok Verkhnoi chastyny baseinu Tysy (v mezhakh Ukrainy) dysertatsiia na zdobuttia naukovoho stupenia kand. heohr. Nauk [Hydromorphological and Ecological Assessment of Riverbed Processes and Hydropower Potential of the Rivers of the Upper Part of the Tysa Basin (within Ukraine), dissertation for the PhD Degree in Geography]. K: KNU im. T. Shevchenka. 2017. 329 s. [in Ukrainian]
16. Obodovskyi Yu. O. Ruslovi protsesy richok verkhnoi chastyny baseinu Tysy (v mezhakh Ukrainy). Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. [Riverbed Processes of the Rivers of the Upper Part of the Tysa Basin (within Ukraine). Hydrology, hydrochemistry and hydroecology.]. 2013. T.4(31). S. 25-36. [in Ukrainian]
17. Rakhivska raionna derzhavna administratsiia. Ofitsiinyi sait. [Rakhiv Raion State Administration. Official website.] URL: <https://rakhiv-rda.gov.ua/> [in Ukrainian]
18. Tekhnichniy zvit «Otsinka ekolohichnoho stanu ta kontrolnyi monitorynh yakosti vody v baseini Verkhnoi Tysy na diliantsi ukrainsko-rumunskoho kordonu vidpovidno do polozhen VRD YeS ta vymoh mizhnarodnoi komisii z okhorony richky Dunai. [Technical Report "Environmental Assessment and Control Monitoring of Water Quality in the Upper Tysa Basin on the Ukrainian-Romanian Border in accordance with the provisions of the EU

WFD and the requirements of the International Commission for the Protection of the Danube River.] Uzhhorod: BUVR r. Tysa, 2009. 86 s. [in Ukrainian]

19. Upravlinnia turizmu ta kurortiv Zakarpatskoi ODA. [Department of Tourism and Resorts of the Zakarpattia Regional State Administration.] URL: <https://carpathia.gov.ua/administraciya/strukturni-pidrozdzili-oblderzhadministraciyi> [in Ukrainian]

20. Khilchevskyi V.K., Leta V.V. Kompleksna otsinka yakosti vody r. Chorna Tysa. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. [Comprehensive Assessment of Water Quality of the Chorna Tysa River. Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology.].2016. T. 3. S. 50-56. [in Ukrainian]

21. Khilchevskyi V.K., Leta V.V. Otsinka yakosti vody richky Bila Tysa. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. [Assessment of Water Quality of the Bila Tisa River. Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology]. 2017. T. 4. S. 57-66. [in Ukrainian]

22. Shvebs H. I., Ihoshyn M. I. Kataloh richok i vodoim Ukrainy : navch.-dovidk. posib. [Catalogue of Rivers and Reservoirs of Ukraine: a Reference Manual.] Odesa : Astroprynt, 2003. 392 c.

23. Leta V., Pylypovych O., Mykitchak T. Hydro-ecological investigation of the Lazeshchyna River in Transcarpathian region of Ukraine. *Forum geografic*. 2019. Vol. 38 (2). P. 115-123. doi:10.5775/fg.2019.024.d

1.4. Characteristics of Current Climatic Conditions and Climate Change Manifestations (R. Ozymko, M. Karabiniuk)

The climate is a long-term weather pattern derived from extended meteorological observations and serves as a fundamental geographical characteristic of a specific region (International Meteorological..., 1992). The climate of the Zakarpattia Region, akin to any other part of the planet, arises through the intricate interplay of factors such as radiation conditions, atmospheric circulation, and the underlying surface.

In accordance with one of the most widely employed Köppen-Geiger climate classification systems, Zakarpattia is categorised as Dfb (indicating a humid temperate continental climate with warm summers) (Fig. 1.4.1) (Peel et al..., 2007).

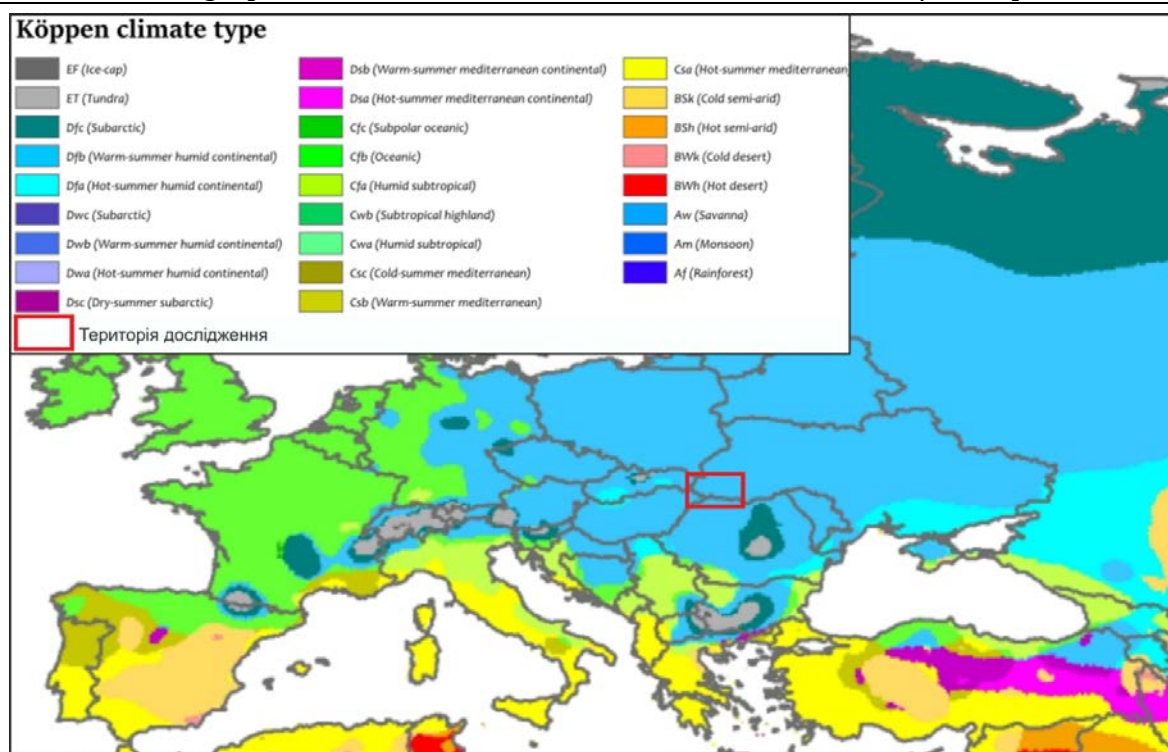


Fig. 1.4.1. Distribution of Europe's Territory According to Köppen-Geiger Climate Classification (Peel et al..., 2007)

The climate of Zakarpattia Region shares many similarities with that of Hungary, Slovakia, Romania, Poland, the Czech Republic, and the northern part of the Balkan Peninsula, and this resemblance is primarily shaped by the overarching atmospheric circulation patterns across Europe. The meteorological dynamics over the territory of Zakarpattia Region are generally influenced by atmospheric processes originating from the Atlantic and Eurasian regions. The key climatological centres of atmospheric influence (Stepanenko et al., 2015) that dictate this circulation include:

1. The Icelandic baric depression.
2. The Arctic anticyclone.
3. The Mediterranean baric depression.
4. The Azores anticyclone.

The Siberian winter anticyclone, with its extensions occasionally reaching the lowlands of Zakarpattia Region.

The interplay between these baric centres induces the transformation of air masses. During the winter season, the majority of cyclones originate from the Atlantic and Mediterranean regions and advance towards Zakarpattia Region. These cyclones tend to be deep and frequently bring about conditions such as ice, thaws, snowmelt, heavy rains, and often lead to winter floods in Zakarpattia and neighbouring areas (National Report..., 2012).

Another notable winter-related process is the eastern influence associated with the reinforcement of the anticyclone situated in the eastern part of the Eastern European Plain. On occasion, Zakarpattia Region experiences the impact of polar-origin anticyclones, which

introduce cold air masses from the Arctic. The intrusion of Arctic air masses typically occurs in the rear section of cyclones, where intermediate or ultimate anticyclones take form. Such occurrences are associated with severe winters, which have become increasingly rare over the past two decades.

In spring, the Azores anticyclone gains strength as its extensions and cores reach Europe. This period witnesses a reduction in the frequency of western cyclones, with southern and southwestern cyclones making their way towards Poland or Belarus (Climate of Ukraine..., 2003). As summer arrives, advective processes weaken, while the significance of radiation and local factors grows. The Azores anticyclone experiences significant development, gradually expanding eastward. This influx of tropical air masses results in hot and dry weather conditions within the core of the Azores High. By autumn, the Azores anticyclone weakens, still retaining some influence during the early part of the season. Eventually, it diminishes, giving way to the growing impact of the Siberian High. This transition is accompanied by an upsurge in the frequency of western and southern cyclones (Sakali et al., 1985).

In summary, the weather patterns in Zakarpattia Region are predominantly shaped by the alternating effects of the Azores and Siberian anticyclones, along with the movement of cyclones from the Atlantic and Mediterranean regions. Despite the frequent presence of anticyclones and the associated continental influences, Zakarpattia's climate is milder compared to central and eastern Ukraine. This can be attributed to the fact that Zakarpattia Oblast is exclusively situated on the southwestern macro-slope of the Ukrainian Carpathians, whose watershed ridges provide a protective barrier against the incursion of cold and dry Arctic air masses from the north during winter. The climate of Zakarpattia Region displays remarkable diversity, characterised by warm, protracted summers and mild winters with frequent thaw periods.

Another highly significant factor in shaping the climate is the land surface, encompassing the Earth's surface composed of soil, water, snow, and artificially created surfaces. This land surface engages in interactions with the atmosphere, influencing the exchange of heat and moisture and serving as a source of dust and condensation nuclei for the atmosphere. The attribute describing the unevenness of the underlying surface and its impact on the movement of air in the surface layer is referred to as "roughness" (International Meteorological..., 1992). The Carpathian Mountains wield a substantial influence over the climate in the Zakarpattia Region. This mountain range serves to weaken and alter the direction of air mass movement, simultaneously effecting transformations in the primary climatic characteristics of these air masses (Climate of Uzhhorod..., 1991). The prevailing wind patterns are contingent on the intricacies of the orography, river valley orientations, and mountain ranges. Consequently, mountain-valley winds are quite distinct in Zakarpattia, particularly during the warmer months. In addition to these, the region experiences föhn winds, though they are less prominent. These winds periodically move from the ridges to the valleys, ascending to higher altitudes where they cool and subsequently descend as heavier air masses, warming up considerably as they travel down the slopes towards the valleys. This results in the occurrence of a dry, warm wind (Ukrainian Carpathians..., 1988).

The Carpathians also exert a substantial influence on cyclogenesis, thus impacting the regional climate. As a cyclone approaches the mountain range, primarily its frontal section, there is an increase in atmospheric pressure due to flow convergence within the foothill areas. Subsequently, as the cyclone proceeds, concurrently with the rise in pressure on the windward

side of the ridge, there is a decrease on the leeward side. This leads to the formation of two centres of reduced pressure, one on the windward macroslope and the other on the leeward side. The centre on the windward macroslope gradually fills, while the one on the leeward slope deepens and shifts eastward. This phenomenon in the evolution of cyclones is termed “segmentation” (Sakali et al., 1985).

Roughly one third of cyclones traversing the Carpathians from the western and southwestern directions undergo segmentation, with younger cyclones being particularly susceptible. This segmentation process, attributed to the mountain's impeding influence, is a primary reason Transcarpathia receives a notable amount of precipitation in comparison to other regions of Ukraine. Cyclones arriving from the west and southwest essentially discharge their precipitation, moisture, and heat over the region, contributing to the comparatively milder climate of Zakarpattia. This phenomenon stands in contrast to the region's high occurrence of anticyclones and the resultant continental influence (Climate of Ukraine..., 2003).

The intricate orography of the Zakarpattia Region gives rise to a “mosaic” climate, or topoclimates (mesoclimates), which are climates shaped by local factors such as relief, vegetation, water conditions, and others (International Meteorological..., 1992). The fundamental characteristics of the region's climate are dictated by the distinct patterns in the annual course of the primary meteorological elements, including temperature, precipitation, atmospheric pressure, wind, and more, and their spatial distribution.

The temperature regime takes shape under the influence of various factors, including the radiation regime, atmospheric circulation, and the characteristics of the underlying surface. Within the region, a complex distribution of air temperatures prevails, largely attributable to the challenging orographic conditions. In the mountainous segment of the region, air temperature changes are observed as altitude increases, with an average annual vertical temperature gradient ranging from 0.76 to 0.86 °C per 100 m of elevation. The altitudinal zonation of climatic conditions exhibits significant variations during different periods and seasons. Consequently, in winter, the temperature gradient is within the range of 0.4 to 0.7 °C, while in summer, it is notably higher, spanning from 1.0 to 1.1 °C (Climate of Ukraine..., 2003). As a result of the active inflow of cold air masses into river valleys and hollows from mountain peaks and ridges, the temperatures in these elevated areas can surpass those at lower hypsometric levels. These temperature inversions can persist for several days and are a characteristic feature during the winter period.

One of the primary indicators of the thermal regime is the average monthly air temperature, which is the arithmetic mean of the air temperature for the month, derived from the average daily values (International Meteorological..., 1992). Data regarding the average monthly air temperature regime serves as a valuable tool for addressing a wide range of practical and theoretical challenges. The annual fluctuations in the average monthly temperature closely align with the annual fluctuations in solar radiation.

The average temperature in January varies from -0.7 °C (Berehove) in the lowlands to -6.1 °C (Plai) in the mountains. In March, the average temperature turns positive in the foothill and lowland regions, ranging from +3.8 to +5.9 °C, while in the mountains, it varies from +0.6 to +2.8 °C, and in the highlands, it remains negative at -2.8 °C. During April and May, there is a significant increase in temperature: in the lowlands, temperatures range from +11.5 to +16.6 °C, and in the highlands, they range from +3.1 to +8.1 °C. The highest average monthly temperatures are experienced in July and August: in the lowlands, temperatures reach +21.0 to

+21.9 °C, in the mountains, they range from +16.2 to +18.6 °C, and in the highlands, temperatures hover between +13.2 and +13.4 °C (Fig. 1.4.2). Starting in September, a decline in air temperature is observed. The winter regime takes hold in lowland areas during the second decade of December and in the mountains, it sets in during the third decade of November (Climatological Standard Norms..., 2021).

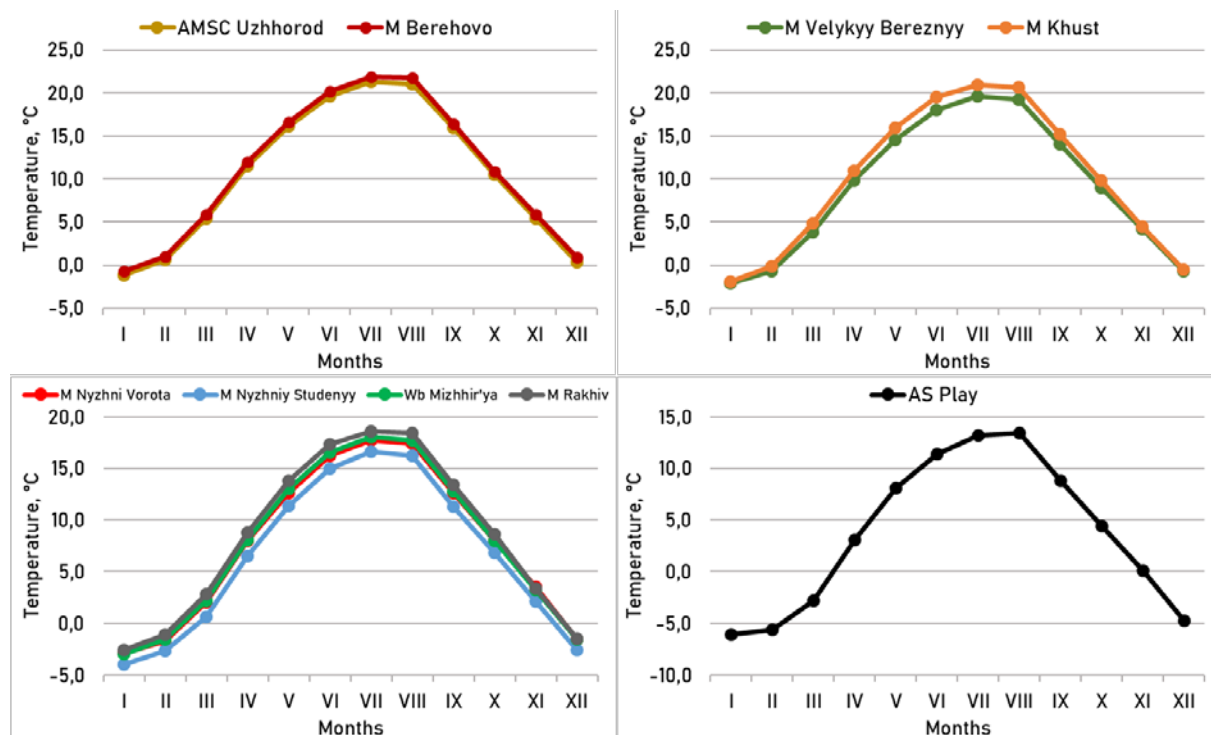


Fig. 1.4.2. Graphs of average monthly air temperatures according to weather stations in Zakarpattia Region during 1991-2020.

(compiled by the authors based on data from the B. Sreznevsky Central Geophysical Observatory)

In the foothill and lowland regions of the area, the average annual temperatures are relatively high, ranging from +9.1 to +11.1 °C, while in the mountains, they range from +6.4 to +8.3 °C. On the exposed peaks at elevations of 1200-1400 metres above sea level, the average annual temperature is approximately +3.6 °C. The absolute maximum air temperature recorded in lowland and foothill areas stands at +38.6 °C (Berehove and Uzhhorod), in the mountains, it reaches +36.3 °C (Rakhiv), and in the highlands, it is +26.9 °C (Plai). On the other end of the spectrum, the absolute minimum air temperature noted in lowland and foothill regions is -32.5 °C (Berehove), in the mountains, it drops to -31.6 °C (Nyzhni Vorota), and in the highlands, it registers at -27.6 °C (Climatological Standard Norms..., 2021).

In the lowland areas of Zakarpattia Region, the average daily temperature reaches +15 to +20 °C for 80 days per year. For a period of more than 1 to 1.5 months annually, temperatures surpass +20 to +25 °C. In the mountainous region, these average daily temperatures are experienced for only 1 to 2 days during the summer. In the mountains, average daily temperatures ranging from +10 to +15 °C are recorded for 83 days each year (Climatological Standard Norms..., 2021).

The growing season, defined by average daily air temperatures at or above +5 °C, extends for 229-241 days in lowland and foothill regions, typically commencing between 17-25 March and concluding between 9-14 November. In mountain valleys, the growing season

spans 198-219 days, typically starting from 29 March to 11 April and ending between 26 October to 3 November. The cumulative positive air temperatures above +5 °C during this period range from 3100 °C in the foothills to 3640 °C in the lowlands, and from 2340 to 2880 °C in mountainous areas (Agricultural Climate Handbook..., 2013).

The period of active crop vegetation, characterised by average daily air temperatures of +10 °C and above, typically lasts for 174-192 days in lowland and foothill regions, with a usual onset between 13-18 April and termination between 9-13 November. In mountainous areas, this period spans 140-170 days, commencing from 24 April to 8 May and ending between 25 September to 11 October. The sum of positive air temperatures above +10 °C during this period ranges from 2700 °C in the foothills to 3240 °C in the lowlands, and from 1920 °C to 2540 °C in mountainous areas (Agricultural and Climatic Handbook..., 2013).

The second most critical climatic characteristic is precipitation. The annual average precipitation in Zakarpattia Region varies significantly, ranging from 650 to 1500 mm. This considerable discrepancy can be attributed to the presence of mountains, which induce orographic uplift of air masses leading to subsequent cloud formation. Precipitation is distributed quite unevenly across the region. In lowland areas, the average annual precipitation amounts to 650-750 mm, in foothill areas, it ranges from 850-1050 mm, and in high mountain ranges and mountain valleys, it can reach up to 1500 mm (Climatological Standard Norms..., 2021).

In general, the region receives 250-600 mm of precipitation during the cold season (November-March) and 400-900 mm during the warm season (April-October). The winter months exhibit minimal variation in terms of precipitation, with February predominantly registering the lowest amounts (45-100 mm) (Figure 1.4.3). In lowland and foothill areas, March experiences relatively low precipitation (40-75 mm). In April, there is the lowest amount of precipitation throughout the year, with 40-60 mm in lowland and foothill areas, 65-85 mm in the mountains, and 90 mm in the highlands (Plai). Precipitation then rapidly increases in May, reaching its peak in June and July (70-170 mm). In some years, this maximum occurs in other months. For instance, in June 1960, Uzhhorod recorded 242 mm of precipitation, and in October 1974, it reached 288 mm, which represents 355-480 % of the monthly precipitation norm. By August, the amount of precipitation decreases significantly to 55-100 mm and then experiences a slight increase towards the end of the year, ranging from 50-140 mm (Climatological Standard Norms..., 2021).

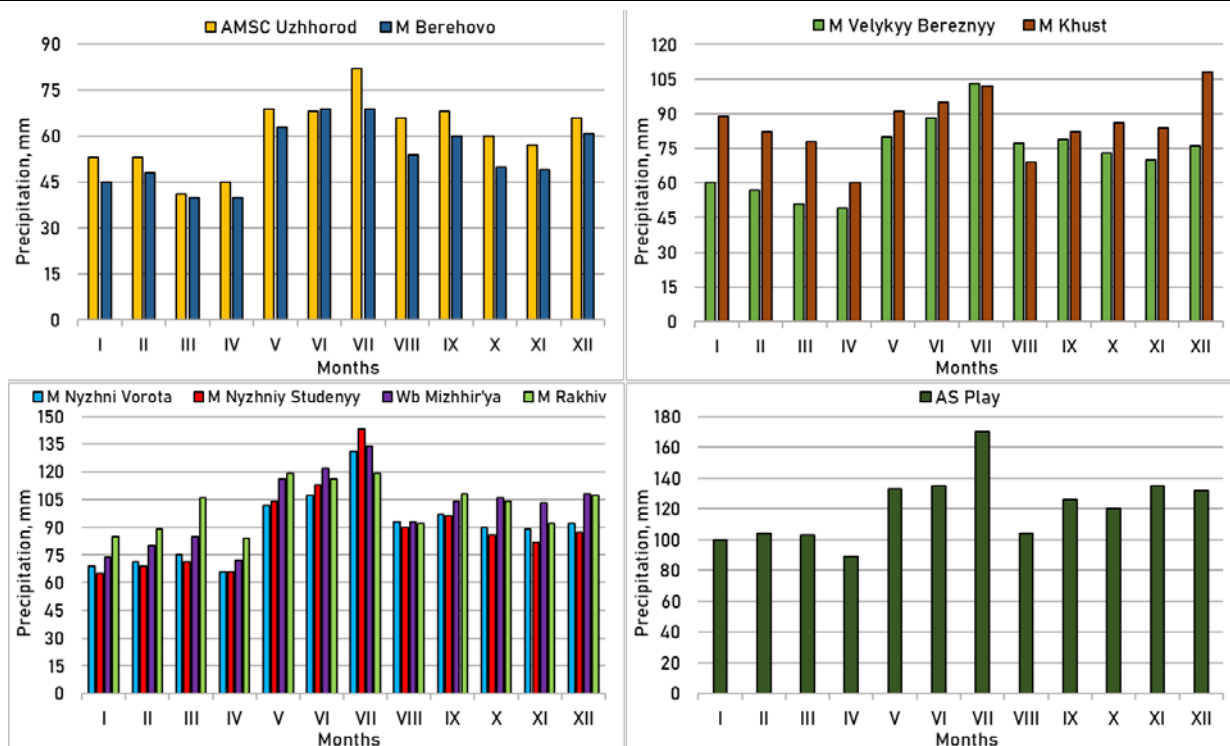


Fig. 1.4.3. Diagrams of the average monthly precipitation according to the data of meteorological stations in Zakarpattia Region during 1991-2020. (compiled by the authors based on data from the B. Sreznevsky Central Geophysical Observatory)

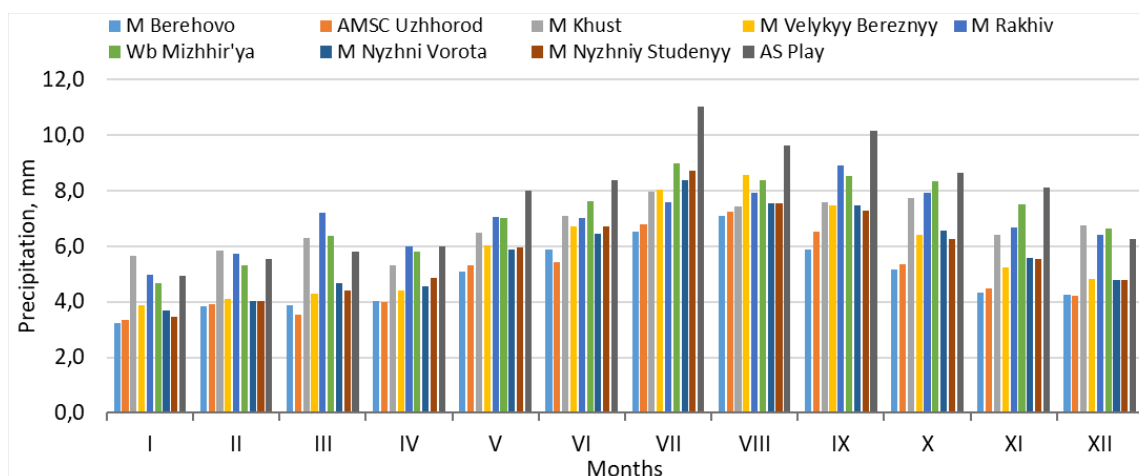
Significant fluctuations in precipitation are observed both between years and, in certain years, among months. On average, there are 135-154 days per year with precipitation of ≥ 0.1 mm in the lowland and foothill regions, 170-191 days in the mountains, and 194 days in the highlands. However, when considering a threshold of ≥ 5 mm of precipitation, the average annual number of days decreases markedly. In lowland and foothill areas, it amounts to 42-63 days, in the mountains it falls within the range of 66-73 days, and in the highlands, it reaches 86 days (Climatological Standard Norms..., 2021).

Another crucial climatic indicator is the daily precipitation, which provides insights into the soil's moisture saturation, the frequency of hazardous meteorological events related to precipitation, and more. Over the course of a year, the lowest average daily precipitation is typically observed in January, ranging from 3-6 mm. In contrast, the highest daily precipitation occurs in July and August during intense heavy rains, averaging between 7-11 mm (Fig. 1.4.4). To illustrate, on June 26, 2016, at the hydrological station Luhy in Rakhiv district, a remarkable 89.7 mm of rain fell within 1 hour and 30 minutes, equivalent to 77 % of Rakhiv's monthly precipitation norm. Similarly, at the avalanche station Play on August 12, 2014, 100.0 mm of rain was recorded over a 9-hour period, amounting to 96% of the monthly precipitation norm. The absolute daily maximum precipitation in Zakarpattia Region was documented from 1000 to 0600 UTC on November 4-5, 1998, in Ruska Mokra (Tiachiv raion), where an astounding 157 mm of rain fell (Climatological Standard Norms..., 2021).

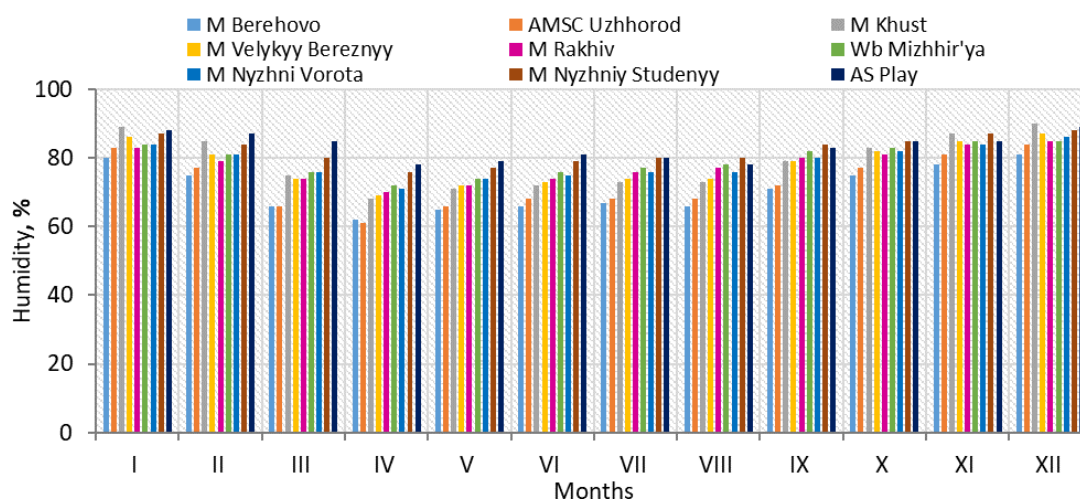
Relative humidity, alongside temperature and precipitation, represents one of the fundamental climate attributes. It quantifies the degree of air moisture saturation at a given temperature, expressed as a percentage, making it a valuable indicator of climate "dryness" (International Meteorological..., 1992). The distinctive features of the region's physical and

geographical positioning, its topography, a significant proportion of forested areas, and other contributing factors contribute to elevated air humidity in Zakarpattia Region (Fig. 1.4.5).

The highest relative humidity levels (75-90 %) occur during winter, while the lowest (60-80 %) are experienced in spring. Throughout the year, relative humidity exhibits relatively consistent values without significant peaks or troughs. In the lowland regions of the area, the annual average relative humidity hovers around 70%, while in the mountains, it reaches approximately 80 %. Occasions when relative humidity falls to 30 % and below are classified as "dry days". On average, the region witnesses 10-12 such dry days annually. April sees the most dry days, typically numbering 3-4, followed by 1-2 dry days in May (Climatological Standard Norms..., 2021).



*Fig. 1.4.4. Diagram of the average daily precipitation according to the data of weather stations in Zakarpattia Region during 1991-2020.
(compiled by the authors based on data from the B. Sreznevsky Central Geophysical Observatory)*



*Fig. 1.4.5. Diagram of the average relative humidity according to the data of weather stations in Zakarpattia Region during 1991-2020.
(compiled by the authors based on data from the B. Sreznevsky Central Geophysical Observatory)*

Wind represents the third primary climate attribute, following air temperature and precipitation. At meteorological stations, wind is characterised as the horizontal movement of

air in relation to the earth's surface and is quantified in metres per second (m/s). Wind direction is determined using a 16-degree angular system spanning from 0 to 360°. The direction and speed of the wind are contingent on the seasonal dispersion of baric systems and the interplay between them. In the lowland regions of Zakarpattia Region, south and southeast winds prevail significantly, while in the foothills, north and northwest winds are dominant. In the mountains, north and south winds prevail, and on exposed summits, the southwest wind is prevalent (Fig. 1.4.6).

The wind regime is heavily influenced by the underlying surface, specifically the topography of the region, which significantly distorts the horizontal movement of air. Most meteorological stations are situated in deep, sheltered mountain valleys, and their data solely represent the local wind patterns, failing to provide a comprehensive overview of wind distribution across the region. For instance, in areas such as Mizhhiria, Nyzhni Vorota, and Nyzhniy Studenyi, the predominant north and south wind directions align with the meridional orientation of the valleys of the Rika, Studenyi, and Latorytsia rivers, where the meteorological stations are positioned.

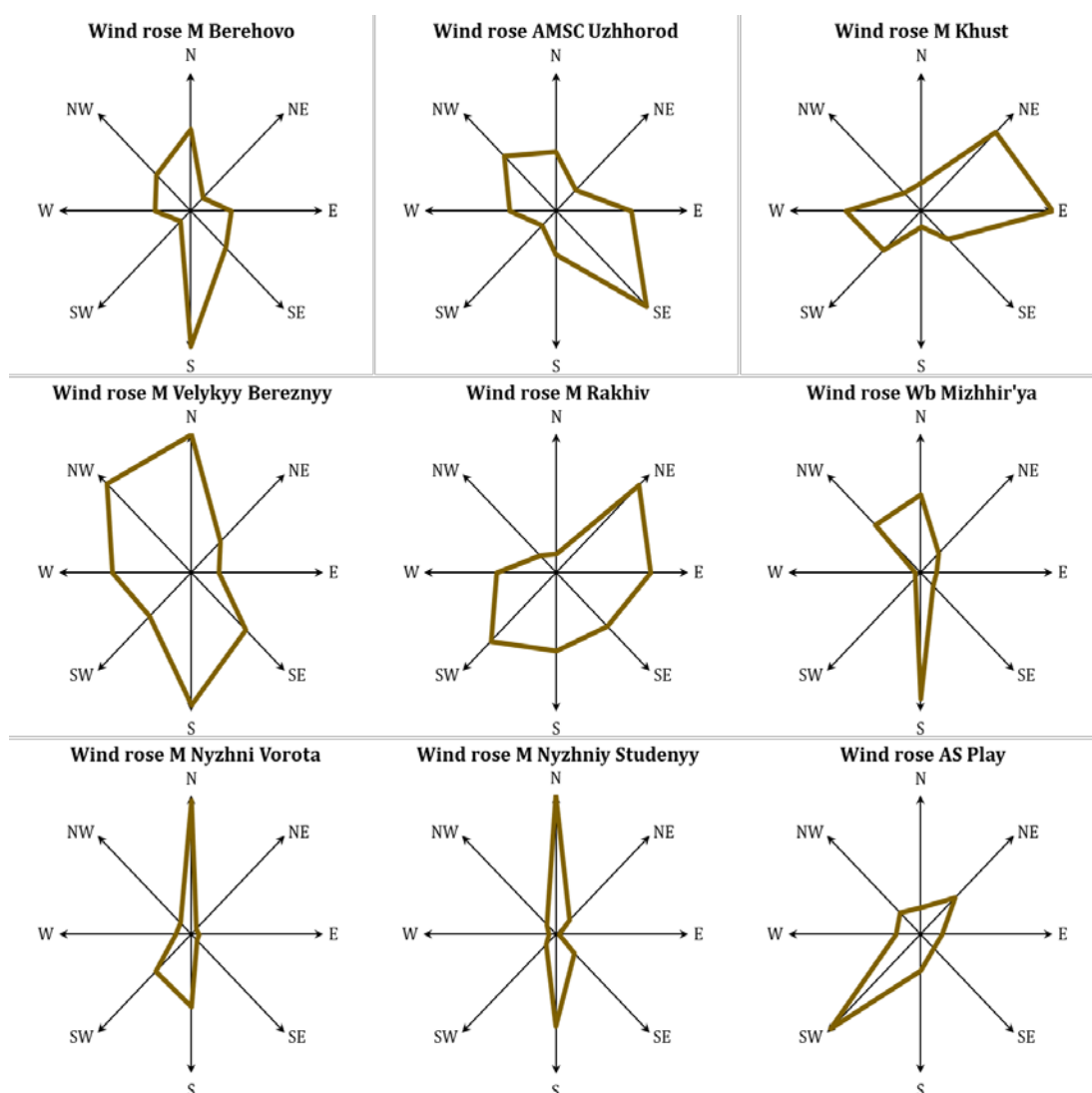


Fig. 1.4.6. Annual wind roses according to weather stations in Zakarpattia Region during 1991-2020 (compiled by the authors based on data from the B. Sreznevsky Central Geophysical Observatory)

The average annual wind speed across the region is 1.8 m/s. The highest recorded wind speed in the highlands of the region was 44 m/s on 13 October 1980 at Slipstream, while in the lowlands, it reached 30 m/s on 8 August 1978 at the Aviation Meteorological Station Uzhhorod (Civil) ("AMSC Uzhhorod") (Climatological Standard Norms..., 2021). In the highlands (St. Plymouth), winds of 40 m/s are most frequently observed from January to March. Winds with speeds of ≥ 15 m/s are most characteristic of winter and spring, resulting from the vigorous flow of cold air masses from the northeast through the mountain system of the Ukrainian Carpathians (Climatological standard norms..., 2021). Their occurrence diminishes significantly in the summer when they manifest as potent, short-term daytime squalls. These squalls are often accompanied by heavy rains, hail, and other perilous meteorological phenomena. Throughout the year, wind speeds of up to 5 m/s (16-46%) are most prevalent in lowland areas, while speeds of up to 3 m/s (15-72%) are common in mountain valleys (Climatological Standard Norms..., 2021).

The Zakarpattia Region is also characterised by the development of mountain-valley circulation, which is driven by heat radiation and the cooling of surface air layers. Mountain-valley winds follow a periodic pattern, blowing from the valleys towards the mountains during the day and reversing direction at night. These winds are particularly noticeable in the valleys of the Uzh, Latorytsia, Borzhava, Rika, Tereblya, and Teresva. Less frequently, foehn wind are observed in Zakarpattia Region - these are often strong and gusty winds characterised by high temperatures and low relative humidity, which can sometimes blow from the mountains to the valleys. They lead to accelerated snowmelt and, during the warm season, contribute to air drying (humidity dropping below 30 %), which can have a detrimental effect on vegetation.

Current Trends and Manifestations of Climate Change

Throughout Earth's history, the climate has undergone constant changes, giving us every reason to expect that this trend will persist. Scientific research of the Earth's surface and analysis of long-term instrumental observations confirm the fact of global climate change, with unique characteristics varying by region. This change affects the entire geographical shell in different ways, including increasing global temperatures, rising sea levels, warming of the world's oceans, melting glaciers, and more. Climate change, which has been taking place over the past decades, continues to be of interest to scientists, NGOs, and governments worldwide. As a result, methods for forecasting global climate change and its possible consequences are being increasingly actively developed, with mathematical methods of modelling atmospheric processes at the forefront (Fifth National..., 2009).

Climate change is having a multifaceted impact on various aspects of human existence and the environment. In recent decades, Europe has seen significant climate-related changes in the species composition, proportions, and habitats of animals, insects, birds, and plants. Extreme temperatures recorded in the first decade of the 2000s had a negative impact on human health, resulting in an increase in hospitalizations and heat-related deaths. Scientists estimate that, in Europe alone, the number of deaths due to record temperatures during the summer of 2003 exceeded 70,000. Climate change has also contributed, with a high degree of certainty, to the spread of infectious diseases among animals (Ukraine and Politics..., 2016).

In 1987-1988, the World Meteorological Organisation (WMO), together with the United Nations Environment Programme (UNEP), established the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), which laid the foundation for systematising knowledge in the field of climate change. According to the IPCC's guiding principles, the IPCC's work is "an assessment

based on a complete, objective, and open basis of scientific, technical, and socio-economic information relevant to understanding the scientific basis of the risks of anthropogenic climate change, potential adverse impacts of climate change, and opportunities for adaptation and mitigation" (Manukalo and others, 2018).

In order to preserve the planet's climate and ensure human security, the Paris Agreement was signed in December 2015 to limit greenhouse gas emissions to avoid a 2 °C rise in the average global temperature compared to pre-industrial levels (currently, the temperature has risen by almost 1°C and the concentration of carbon dioxide in the atmosphere has reached 404 ppm). In addition to rising air temperatures, extreme natural events have become more frequent, causing significant damage to the economy and public health.

According to the IPCC forecasts, Europe is likely to experience an increase in average temperatures and temperature maximums, an increase in the uneven distribution of precipitation, with an increase in the uneven distribution of precipitation between Northern and Southern Europe. An analysis of precipitation patterns in the twentieth century in the Northern Hemisphere revealed a slight increase in precipitation - 0.5-1.0 % per decade - in most regions of high and middle latitudes, and in the second half of the century, the probability of heavy precipitation increased slightly. The number of daily heavy precipitation events leading to flooding has increased (Fifth National..., 2009; IPCC Climate..., 2014).

The territory of Zakarpattia Region is also affected by global climate change at the regional level. In the relatively recent past, it is worth noting the catastrophic consequences of the floods of 1992, 1998, 2001, 2008 and 2010 in the western regions of Ukraine, which demonstrated the urgent need to take measures to reduce the risks of natural disasters of hydrometeorological origin. It should also be taken into account that the economic losses caused by natural disasters significantly exceed those caused by man-made disasters.

When analysing climate change in the Zakarpattia Region, we will focus on two main climate characteristics: surface air temperature and precipitation. It is changes in the redistribution of heat and precipitation that lead to changes in all other components of the climate system. In order to objectively identify climatological changes in air temperature and precipitation, a comparative analysis of data from two consecutive standard climatological norms for the periods 1961-1990 and 1991-2020, approved by the WMO, was performed.

In winter, relatively warm and humid air masses from the North Atlantic often reach western Ukraine, resulting in consistently higher temperatures in Zakarpattia. Anticyclones from the east are relatively rare in the Carpathian region (Balabukh..., 2008). Consequently, during the period from 1991 to 2020, only January recorded negative average monthly air temperatures in the lowland part of Zakarpattia Region, with a value of -1.2 °C at the AMSC Uzhhorod (Fig. 1.4.7). In contrast, during the previous standard climatological period (1961-1990), negative average monthly air temperatures were observed throughout the entire winter.

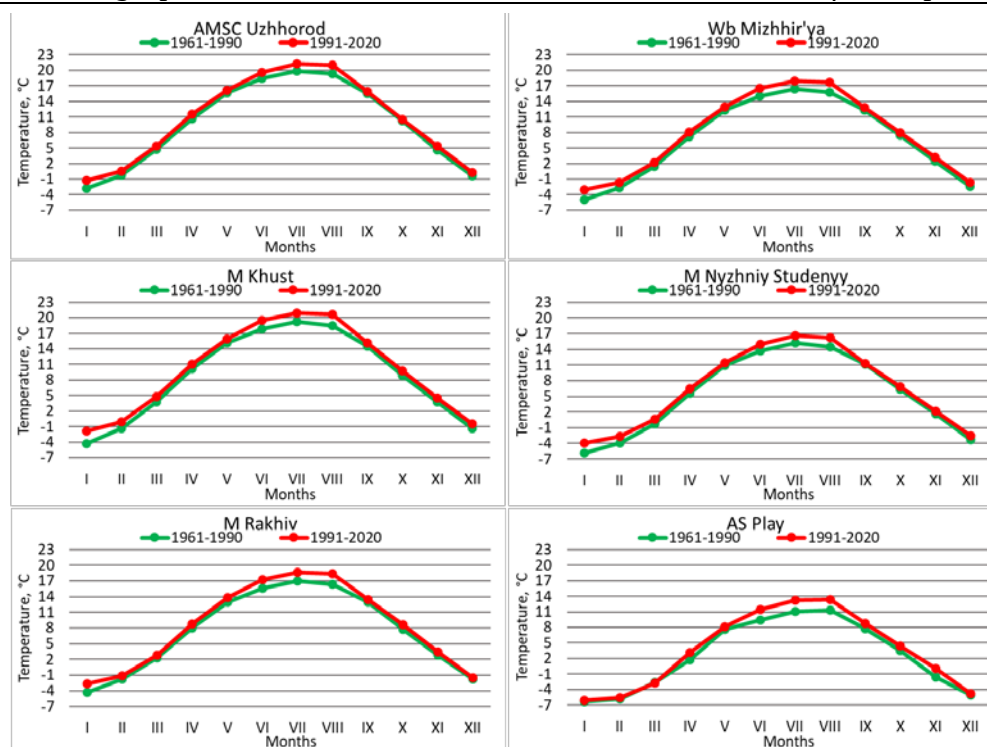


Fig. 1.4.7. Comparison of graphs of average monthly air temperatures according to weather stations in Zakarpattia Region during 1961-1990 and 1991-2020.
(compiled by the authors according to the data of the Central Geophysical Observatory named after B. Sreznevsky Central Geophysical Observatory)

The annual variation of average monthly air temperatures in Zakarpattia Region over two consecutive climatological periods is depicted in Figure 1.4.7. Notably, for the past three decades, higher values of average monthly temperatures were recorded in every month compared to the 1961-1990 period. The most significant differences were observed in January and June to August (0.2-2.4 °C), while the smallest differences occurred in March to May (0.4-1.4 °C) and September to October (0.2-1.0 °C). The most substantial temperature contrasts were found in January. For example, in the city of Khust, the average air temperature in January increased by 2.4°C, and in the highlands of the region (Plai), it increased by 0.2 °C (Climatological Standard Norms..., 2021). These increases in average monthly temperatures in winter primarily result in reduced snow cover height and stability, while in summer, they lead to moisture deficits and droughts. Such changes have a direct impact on agriculture. The comparative analysis of average monthly temperatures undoubtedly confirms the phenomenon of global warming, which is also evident in Zakarpattia Oblast.

Throughout the entire period of instrumental meteorological observations in Zakarpattia, the lowest average monthly air temperature was recorded at Plai in February 1985 (-14.2 °C), and the highest was recorded at the AMSC Uzhhorod in August 1992 (+24.5 °C). On rare occasions, the lowest average monthly air temperature can be recorded not in winter, but in March (Balabukh..., 2013). February tends to be about 2 °C warmer than January, despite the similarities in atmospheric circulation and radiation conditions between these months. February experiences more dynamic changes in atmospheric processes, leading to faster air mass shifts and increased wind speeds. This, in turn, results in sharp fluctuations in air temperature. For instance, during the years 1964, 1966, 1968, 1969, 1972, 1974, 1980, 1987, 1990, 1995, 2000, 2002, 2012, 2016, and 2017, the average monthly temperature in January in

the lowland part of the region was ≥ 5 °C lower than in February. In 1965 and 2012, it was ≥ 3 °C higher (Climatological Standard Norms..., 2021).

Over the past three decades, temperature contrasts between July and August have also decreased. For example, in the city of Khust, in 1961-1990, the difference in average monthly temperatures between July and August was 0.7 °C, and in 1991-2020, it was 0.3 °C. In general, August is closer to July in terms of temperature.

Calculations regarding the recurrence of changes in average air temperature between months have indicated that in the lowland part of the region, February was warmer than January in 68 % of all years, with only 31 % of the years being colder. The transition from January to February marks a sharp increase in average monthly temperatures. March typically sees an average temperature 3-6°C higher than in February. April, characterised by increased solar radiation, experiences the most significant temperature rise, with an upward difference of 5.9-6.2 °C between the average air temperatures in April and March. The steady rise in average air temperature continues into May, with May temperatures being 4.6-5.0 °C higher than in April. Meteorologically, May is a month that approaches summer. The increase in air temperature in summer is relatively gradual, amounting to 1.2-3.2 °C (Climatological Standard Norms..., 2021).

The increase in average monthly air temperatures and the rise in solar radiation inflow are nearly identical, but some differences exist (Adapting to Change..., 2015). The highest temperature values are most frequently recorded in July (56 % of cases), followed by August (35 % of cases), and rarely in June (9% of cases) (Climatological Standard Norms..., 2021). In August, as the length of daylight hours decreases, and the sun's height above the horizon diminishes, the average temperature begins to gradually decline (by 0.2-0.4 °C). However, in 27 % of cases, August exhibits higher temperatures than July. For instance, in 1962, 1971, 1974, 1979, 1984, 1986, 1992, 1993, 1996, 1997, 2000, 2011, 2015, 2017, 2018, 2019, and 2020, the average August temperature was 1-2°C higher than that of July. In September, a significant drop in air temperature commences. From August to September, it decreases by 4.7-5.4 °C, from September to October by 4.4-5.6 °C, from October to November by 4.3-5.3 °C, and from November to December by 4.7-5.1 °C (Climatological Standard Norms..., 2021).

During the modern climatological period, positive values of average monthly air temperatures are observed in the lowland part of the region from February to December (11 months), while in the previous period (1961-1990), it was only 9 months (from March to November). In the mountainous part of the region, positive values of average monthly temperatures persist from March to November, and in the highlands, from April to November. In the lowlands and foothills, temperatures exceed +15 °C from May to September (5 months) (Climatological Standard Norms..., 2021). In some years, average monthly air temperatures can deviate significantly from their long-term values and exhibit wide variations. In abnormally cold winter months, deviations can reach 7-8 °C, while in abnormally warm months, the deviations are 5-7 °C (Balabukh, Lukianets..., 2015).

An indicator of air temperature variability in the long-term context is its average annual value. The average annual air temperature is the arithmetic mean of the air temperature for the year, calculated using 12 monthly averages (Guidelines..., 2017).

To represent the long-term dynamics of average annual air temperatures, we selected data from the Uzhhorod Meteorological Centre, situated in the regional center of Zakarpattia Region - the city of Uzhhorod. Consequently, we calculated the average annual temperature values for each year within two consecutive 30-year observation periods (1961-1990 and 1991-

2020) (Fig. 1.4.8). Upon analysis, it becomes evident that during the current climatological period, there is a marked upward trend in the average annual temperature values, as indicated by the increasing linear trend. In the preceding climatological period, such changes were absent, with the linear trend being nearly neutral (Ozymko..., 2020).

Figure 1.4.8 leads to the conclusion that in the Zakarpattia region, as well as globally, a persistent climate warming trend is observed. This trend has been particularly pronounced since the late 1990s. Such climate change is resulting in a shift in the seasonal boundaries, alterations in the biodiversity of ecosystems, and more. Changes in the thermal characteristics of the air also have adverse effects on human health, contributing to an increase in various chronic diseases and heightened meteorological sensitivity.

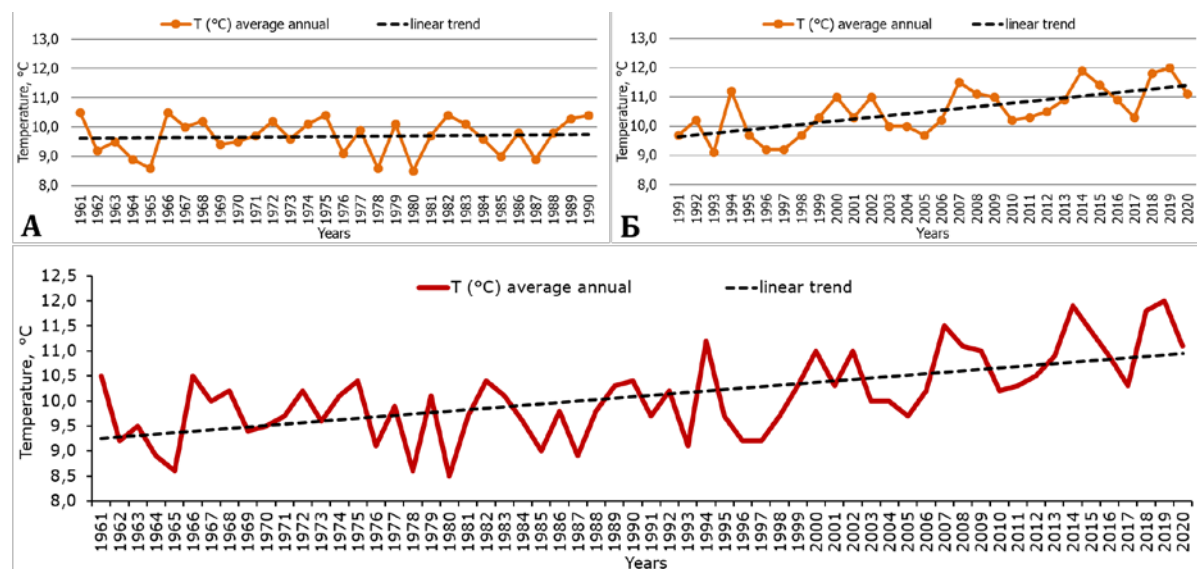


Fig. 1.4.8. Graphs of average annual air temperatures at the AMSC Uzhhorod during 1961-1990 (A) and 1991-2020 (B) (Ozymko..., 2020)

The annual variation of average monthly precipitation in Zakarpattia Region over two consecutive climatological periods is illustrated in Figure 1.4.9. Firstly, it is evident that during 1991-2020, there was a reduction in precipitation across the region during the summer months. The most significant changes occurred in June, with a decrease of 20-50 mm compared to the previous climatological period (1961-1990). In the annual precipitation pattern, the peak has shifted from June to July. Conversely, there was an increase in precipitation of 10-30 mm in September-October. The smallest changes in annual rainfall occurred during winter. In December-January, the average monthly precipitation decreased by 2-20 mm, while in February, it increased by 5-15 mm. Interestingly, the proportion of rainfall has increased during the winter months over the past three decades, which is atypical for Zakarpattia Region in the past. During spring, the amount of precipitation decreased by 9-15 mm. The most significant changes were observed in the highland zone of the region (Plai), where, in January, April, June, and August, the average monthly rainfall decreased by 25-50 mm (Climatological Standard Norms..., 2021).

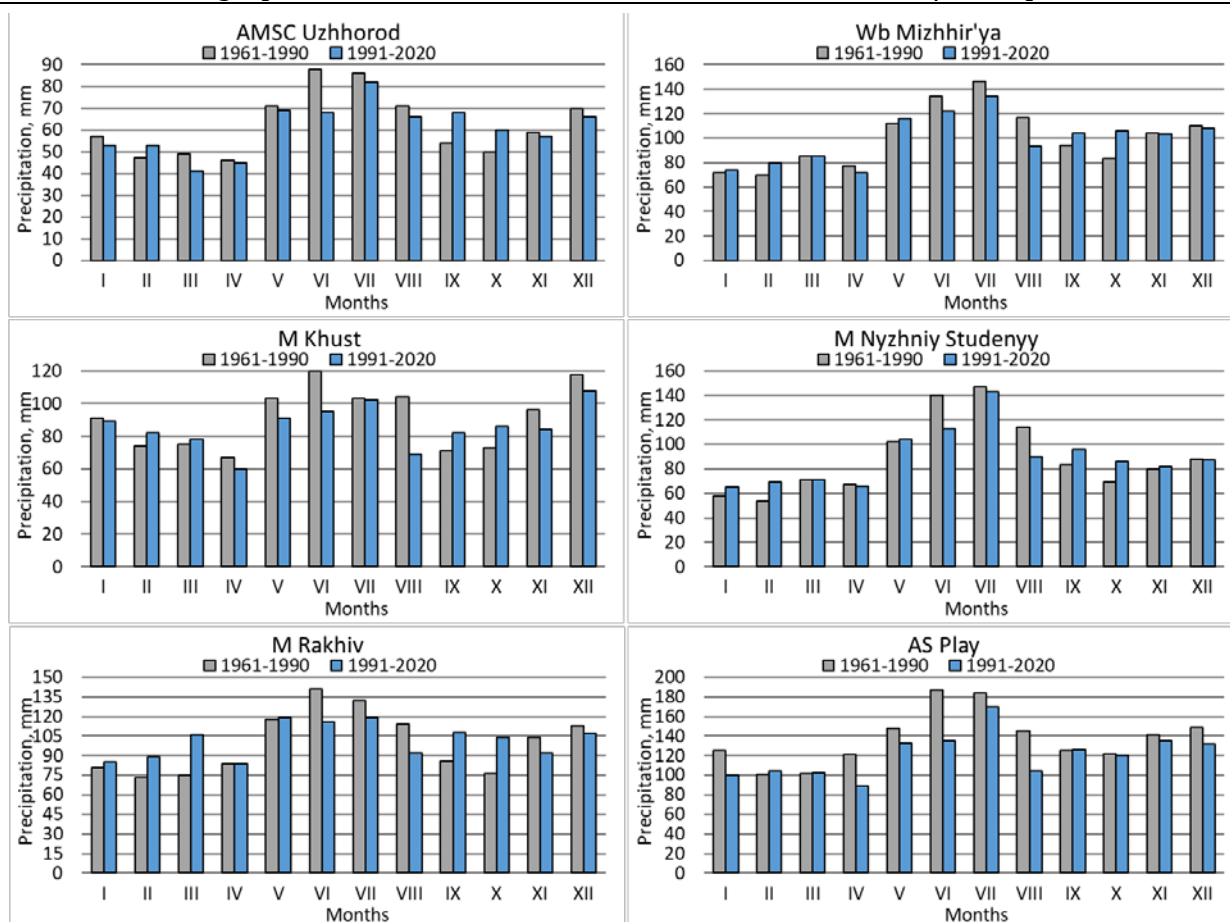


Fig. 1.4.9. Comparison of diagrams of average monthly precipitation according to meteorological stations in Zakarpattia Region during 1961-1990 and 1991-2020. (compiled by the authors according to the data of the Central Geophysical Observatory named after B. Sreznevsky)

Climatological changes in the precipitation regime across the region are considerably more intricate than those in air temperatures and are characterised by significant spatial and temporal disparities. Both positive and negative deviations in precipitation are observed during different seasons and months. The increase in the proportion of liquid precipitation during winter disrupts the stable snow cover and results in more frequent winter floods in the rivers of Zakarpattia Region. Such climatological shifts in the precipitation regime and phase state indicate a shift in the seasons and a transformation in the climate type, leading to alterations in vegetation and changes in agriculture, among other effects.

References:

1. Ahroklimatychnyi dovidnyk po Zakarpatskii oblasti (1986-2005 rr.) [Agricultural and Climatic Handbook for Zakarpattia Region (1986-2005)] / za red. M. M. Danyliuka, T. I. Adamenko. Uzhhorod, 2013. 195 s.
2. Adaptatsiia do zminy klimatu: navch. pidr. / Karpatskyi Instytut Rozvytku. Ahentstvo spryannia stalomu rozvytku Karpatskoho rehionu «FORZA» [Adaptation to Climate Change: a Coursebook / Carpathian Institute for Development. Agency for Sustainable Development of the Carpathian Region "FORZA"]. Uzhhorod. 2015. 84 s.
3. Balabukh V. O. Osoblyvosti synoptychnykh protsesiv, shcho zumovliuiut nebezpechni i stykhiini opady u tepleyi period na terytorii Ukrainy: avtoref. dys. ... kand. heohr. nauk: 11.00.09. [Features of Synoptic Processes that Cause Hazardous

- and Natural Precipitation in the Warm Period on the Territory of Ukraine: PhD Thesis] Kyiv, 2008. 24 s.
4. Balabukh V. O. Rehionalni proiavy hlobalnoi zminy klimatu v Zakarpatskii oblasti. Ukrainskyi hidrometeorolohichnyi zhurnal. [Regional Manifestations of Global Climate Change in the Zakarpattia Oblast. Ukrainian Hydrometeorological Journal]. 2013. №13. S. 55-62.
 5. Balabukh V. O., Lukianets O. I. Zmina klimatu ta yoho naslidky u Rakhivskomu raioni Zakarpatskoi oblasti. Hidrolohiia, hidrokhimiia i hidroekolohiia. [Climate Change and its Consequences in Rakhiv Raion of Zakarpattia Oblast. Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology.] 2015. T. 2 (37). S. 132-148.
 6. Dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha Zakarpatskoi oblasti za 2019 rik. [Report on the State of the Environment in Zakarpattia Oblast for 2019]. URL: https://ecozakarp.at.gov.ua/?page_id=308.
 7. Klimat Uzhhoroda [Climate of Uzhhorod] / pod red. Babychenko V. N. L.: Hydrometeoyzdat, 1991. 192 s.
 8. Klimat Ukrainy: monohrafiia [Climate of Ukraine: a Monograph] / za red. V. M. Lipinskoho, V. A. Diachuka, V. M. Babichenko. Kyiv: Vydavnytstvo Raievskoho, 2003. 343 s.
 9. Klimatolohichni standartni normy (1961-1990 rr.). UkrNDHMI ta TsHO [Climatological Standard Norms (1961-1990).] Kyiv: UkrHMTs, 2002. 446 s.
 10. Klimatolohichni standartni normy (1991-2020 rr.). [Climatological Standard Norms (1991-2020).] TsHO ta UkrHMTs. Kyiv, 2021. URL: <http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/uk/klimatolohiia/posluhy>.
 11. Manukalo V. O., Kovalska L. H., Holenia N. K. Mizhnarodnyi katalog danykh pro stykhiini lykha hidrometeorolohichnoho pokhodzhennia. Standartyzatsiia, sertyfikatsiia, yakist. [International Catalogue of Data on Natural Disasters of Hydrometeorological Origin. Standardisation, Certification, Quality.] 2018. №5 (112). S. 73-80.
 12. Natsionalna dopovid pro stan tekhnohennoi ta pryrodnoi bezpeky v Ukraini u 2012 r. [National Report on the State of Technogenic and Natural Safety in Ukraine in 2012.] URL: <https://www.dsns.gov.ua/files/prognoz/report/2012/Stan2012.pdf>.
 13. Ozymko R. R. Sylni ta nadzvychaini opady u Zakarpatskii oblasti: dys. ... doktora filosofii (PhD) za spets. 103 Nauky pro Zemliu [Heavy and Extreme Precipitation in the Zakarpattia Oblast: Doctor of Philosophy (PhD) Thesis in Earth Sciences, Speciality 103]: Odesa, 2020. 207 s.
 14. Piate natsionalne povidomlennia Ukrainy z pytan zminy klimatu. [Fifth National Communication of Ukraine on Climate Change.] 2009. URL: <http://lib-lcoir.narod.ru/olderfiles/1/1013.pdf>.
 15. Stepanenko S. M., Polovyi A. M., Loboda N. S. Klimatychni zminy ta yikh vplyv na sfery ekonomiky Ukrainy: monohrafiia. [Climate Change and Its Impact on the Sectors of the Ukrainian Economy: A Monograph.] Odesa: TES, 2015. 520 s.
 16. Ukraina i polityka protydii zmini klimatu: ekonomichnyi aspekt: analitychna dopovid / za red. V. R. Sidenka ta O. O. Veklych. [Ukraine and Climate Change Policy: Economic Aspect: Analytical Report] Kyiv: Zapovit, 2016. 208 s.
 17. Ukrainski Karpaty. Pryroda [Ukrainian Carpathians. Nature]/ Holubets M. A., Havrusevych A. N., Zahaikevych I. K. ta in. K.: Naukova dumka, 1988. 208 s.
 18. International meteorological vocabulary: second edition. Geneva: Secretariat of the World Meteorological Organization, 1992. 784 p.
 19. IPCC Climate Change 2014: Fifth Assessment Report. 2014. URL: <http://ipcc.ch/report/ar5/>

20. Peel MC, Finlayson BL & McMahon TA (2007), Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification, Hydrol. Earth Syst. Sci., 11, 1633-1644. URL: <https://people.eng.unimelb.edu.au/mpeel/koppen.html>.

1.5. Soils and Vegetation Cover (V. Sabadosh)

Soils

Soil is a special natural formation emerging as a result of converting the upper layers of the lithosphere under the influence of water, air, climate factors and living organisms (in particular, under the influence of human-induced activities). Soil cover of the territory of Zakarpattia oblast formed in various conditions of relief, climate, moisture as well as vegetation cover and human-induced activities. Soil formation processes differ greatly in the mountainous and plain parts of the region. In the mountainous part of the region brown earth soil formation type is prevalent. The main factor here is the mountainous relief, which determines the spatial mosaic of vegetation cover and weather indicators. Brown mountain-forest, sod brown, mountain grassland brown soils prevail here.

Brown mountain-forest soils (brown soils) are the most common in the mountainous part of Zakarpattia, they cover mountain slopes within the forest belt from the foothills to heights of 1100-1200 m above sea level in the western and 1500-1550 m above sea level in the eastern parts of the oblast. The nature of brown soils is barely affected by the species composition of forests – the properties of the soil in beech, spruce and mixed forest stands differ little. Brown mountain-forest soils can have a high humus content, but this indicator fluctuates in a fairly wide range – under native forests it reaches 10-15%, under secondary grasslands it is up to 5-7%, and on arable lands it decreases to 3-5%. High acidity is typical of brown soils.

In the subalpine and alpine (high elevation) zones, mountain grassland brown soils of mountain valleys were formed under mountain meadows and high mountain open woodland. Soil formation takes place here in the conditions of low temperatures of the highlands very slowly due to the weakening of the processes of weathering of rocks and mineralization of organic remains. The humus content is 7-10%.

In the lower part of the forest belt of the Carpathians, on the gentler mountain slopes, medium and high terraces of mountain rivers, under oak and beech forests, sod brown soils were formed. The combination of the process of sod soil formation with the one of brown soil formation is caused by the presence of abundant herbage in broad-leaved forests, areas of open meadows and shrubs. Due to the aerobic decomposition of the remains of meadow vegetation, a distinct sod horizon was formed. The content of humus reaches 2.8-5.1%.

On the gentle slopes of the hills, at the foothills, on the high terraces of the rivers, brown podzolic soils are also common. In their formation, there was combined the brown process of soil formation under forest vegetation and the pseudopodzolic one, caused by excessive moisture and surface gleying. These soils have the humus content of 1-3%, significant acidity, and an unsatisfactory water-air regime.

In the mountainous part of the region, grassland brown soils are the best in terms of fertility, which are widespread on the alluvial floodplain of the lower terraces of mountain rivers in the foothills at altitudes above 250-300 m above sea level. They have a humus content of 1.7-3.5%, normal acidity and are well saturated with nutrients.

In the plain area of Zakarpattia soil is formed under different conditions – in warm and sufficiently humid climate, on ancient and modern deposits of mainly heavy mechanical composition: alluvial (sediments deposited by constant water flows), to a lesser extent deluvial (deposits of destroyed rocks formed at the foot of slopes as a result of being washed away from higher areas by rain flows and melted snow). The flatness of the relief and the shallow occurrence of ground water cause the significant gleying of the soil (gleying indicates overmoistening or waterlogging of the soil). The formation under the forest vegetation causes the soil to become podzolized. The sod process of soil formation in pre-agricultural times took

place under the influence of the herbaceous vegetation of the forest-steppe, and during the last few millennia – under the influence of cultivated and grassland vegetation. As a consequence, the lowlands are dominated by varieties of sod-podzolic soils with varying degrees of podzolization and gleying. In general, they are low in humus (1.8-2.8%), structureless, acidic, more or less gleyed in the lower part. They are often poorly supplied with nutrients available to plants, and have an unsatisfactory water and air regime. By their physical properties, in the region, sod soils, formed in the floodplains of the Tysa and the Latorytsa on sandy and sandy-loamy well-drained river sediments, are the best. These soils have close to normal acidity, a lumpy-granular structure, good water permeability, and are easily cultivated.

Grassland and swamp soils on alluvium are common in floodplain depressions, on the territory of the former Black Swamp (the largest swamp of the Zakarpattia Lowland, which covered an area of more than 10,000 hectares; its intensive drainage began in 1878 and was completed in the middle of the 20th century), in other closed depressions of the lowland. They were formed under the influence of considerable surface wetting and shallow groundwater under herbaceous grassland and swamp vegetation. Grassland soils have a lumpy-granular structure, with the humus content 4.1-7.6%; they are well supplied with nutrients. After drying, they are used as fodder grounds; less often – as arable land. Grassland-swamp soils lie in depressions with groundwater at a depth of 40-50 cm. Organic matter in the humus horizon is 9-13%, its content rapidly decreases with depth. The soils are highly acidic. Swamp soils, in fact, are not common in the lowlands.

Natural Zonation of the Territory Based on Vegetation Cover

The allocation of natural areas within a certain territory can be carried out according to various criteria. The geological-geomorphological approach, for example, operates on the characteristics of landscapes, morphostructural and morphosculptural differences. Zoning can reflect the specifics of weather and climate conditions, soil cover of various areas, etc. Let us consider in more detail the zoning of Zakarpattia oblast, which reflects the heterogeneity of the vegetation cover of its territory.

Although the area of Zakarpattia is only about 2% of the territory of Ukraine, more than 2 thousand species of vascular plants grow here (Fodor, 1974) – about half of the flora composition of Ukraine. The richness of the flora of the Zakarpattia Lowland is estimated at approximately 1,200 species (Pryhara, 1996). 214 species of vascular plants of the flora of Zakarpattia are included in the Red Book of Ukraine (2009).

The Carpathians form the Carpathian Subprovince of the Central European Province of the Circumboreal region, and the Zakarpattia Lowland is part of the Pannonian Subprovince of the Pannonian Province of the same Circumboreal region.

The vertical zonation of vegetation cover is well expressed on the territory of Zakarpattia Oblast. Five altitudinal vegetation zones are frequently identified within the oblast (Fodor, 1974):

- 1) **Zakarpattia Lowland** with forest-steppe vegetation – oak-hornbeam, oak-elm-hornbeam and oak-chestnut-linden forests;
- 2) **Foothill Belt** with a predominance of oak (a common and rock oak) and oak-beech forests;
- 3) **Lower Forest Belt** with broad-leaved (oak, beech, sycamore) and beech-fir (spruce) forests;
- 4) **Upper Forest Belt**, represented by dark coniferous spruce forests;
- 5) **High-altitude vegetation belt** with two zones – subalpine, where the transition of forests into high-altitude grasslands occurs, and alpine, represented by separate fragments of mossy, lichen and shrub vegetation on the highest peaks.

Schematically, changes in the vegetation cover of Zakarpattia against the altitudinal gradient can be presented as follows (The Nature of the Ukrainian Carpathians, 1968; Fodor, 1974; The Nature of Zakarpattia Oblast, 1981; The Ukrainian Carpathians, 1988).

In the Zakarpattia Lowland, forest areas now make up less than 10% of it. The forest-steppe character of this territory is considered to be the result of anthropogenic influence, therefore the grasslands here are mostly secondary, formed on the site of felled forests. Primary natural grasslands are probably only some floodplain grasslands of the lowlands. Authentic mesophytic grasslands prevail here, with a dominance of colonial bentgrass (*Agrostis tenuis*), meadow foxtail (*Alopecurus pratensis*), meadow fescue (*Festuca pratensis*), and velvet bentgrass (*Agrostis canina*). In marshy grasslands, there is a pronounced predominance of true fox sedge (*Carex vulpina*) and slender tufted-sedge (*C. gracilis*), great watergrass (*Glyceria maxima* (= *G. aquatica*)). Forest communities of the lowlands are represented through the combinations with the common oak (*Quercus robur*), namely, hornbeam-oak, ash-oak, alder-oak forests; willow forest plots of brittle (*Salix fragilis*) and white (*S. alba*) willows are presented in a fragmentary way.

The Volcanic Ridge is characterized by beech forests with the more thermophilic rock oak (*Quercus petraea*) as the main species. At altitudes of 400-500 m above sea level the beech (*Fagus sylvatica*) becomes a powerful competitor of the rock oak and in deep moist soils displaces it from forest stands. Oak trees can reach heights of 900-1000 m above sea level only on rocky, sunlit steep slopes.

Unlike oaks, beech trees form mainly monodominant communities. In such ecological conditions, where beech vitality is lower, mixed beech forest stands are formed – oak-beech, hornbeam-oak-beech, hornbeam-beech, hornbeam-fir-beech, sycamore-beech. As the altitude above sea level increases and temperatures decrease, beech trees form stands mixed with conifers – fir-beech, spruce-fir and fir-spruce forest stands. Where beech forest stands form the upper boundary of the forest belt, a kind of crooked beech forest is formed by low (3-5 m) trees, often with curved trunks.

Forests dominated by silver fir (*Abies alba*) – fir forests – used to be spread over larger areas in the past than they are today. After continuous felling, they were often replaced by forests of European spruce, or Norway spruce (*Picea abies*) – to designate such stands, the terms: fir forest, Norway spruce forest, or rámen (a dialectic name for a dense spruce forest) are used. The spruce forest belt is located in the cold climate zone and is identified in Gorgany, Chornohora, and the Marmara Massif at altitudes of 700-1,600 m above sea level. Similar to beech trees, spruce trees also form mainly monodominant stands (substantial admixtures of other tree species are noted in less favorable growth conditions for spruce). Beech-spruce and fir-beech-spruce forests are formed above the beech forest belt, and beech-fir-spruce forests are formed above areas of fir forests.

Researchers believe that the grassland communities on the slopes in the mountain forest belt (below 1500 m above sea level) have a secondary origin, emerging on the site of felled deciduous, coniferous or mixed forests. The most common here are mesophytic grasslands with a predominance of red and meadow fescue (*Festuca rubra*, *F. pratensis*), colonial bentgrass (*Agrostis tenuis*), quaking grass (*Briza media*), red clover (*Trifolium pratense*). The composition of the grasslands of the river terraces is more diverse, the dominant species here are tall oat-grass (*Arrhenatherum elatius*), meadow foxtail (*Alopecurus pratensis*), cocksfoot grass (*Dactylis glomerata*). In the spruce forests belt, there are grasslands with a predominance of tufted hairgrass (*Deschampsia cespitosa*), and on poorer soils – with a predominance of matgrass (*Nardus stricta*). Predominantly hygromezophyte and mezohygrophyte sedge, juncus, and rush grasslands, which do not occupy large areas, are considered to be primitive.

Above the continuous beech and spruce forests (in the western part of the oblast at an altitude of 1280, and in the eastern one – of 1500 to 1850 m above sea level) in the naturally forestless highlands, the subalpine belt of a crooked forest of mountain pine (*Pinus mugo*), green alder (*Duschekia viridis*), Siberian juniper (*Juniperus sibirica*) trees formed. The

highlands are characterized by the spread over large areas of barren grasslands with a dominance of matgrass, colonial bentgrass, red fescue and painted fescue (*Festuca rubra*, *F. picta*). Dense thickets of Munk's rhubarb (*Rumex alpinum*) appear in places of overfertilization, where livestock stops. In the areas of the alpine belt, shrub wastelands with blueberry (*Vaccinium uliginosum*), Eastern Carpathian rhododendron, or red rue (*Rhododendron kotschyi* (= *Rh. myrtifolium*)), blueberry (*Vaccinium myrtillus*) and a continuous layer of moss and lichen are common. There are herbicious wastelands with three-leaved rush (*Juncus trifidus*).

An important component of the vegetation cover of the highlands of the Ukrainian Carpathians are swamp communities (although they do not occupy large areas). The formation of highland swamps is associated with areas of active glacial processes, terraces, basins, underground water exits to the surface (springs). Highland oligotrophic swamps (sedge-sphagnum and sedge-hypnot), being poor in minerals, feature particularly, such species as: silver sedge (*Carex canescens*), smooth black sedge (*C. nigra*), greater tussock-sedge (*C. paniculata*), bladder sedge (*C. vesicaria*), watercress (*Cardamine opicii*), common butterwort (*Pinquicula vulgaris*).

1.6. Territorial Faunal Complexes (V. Sabadosh)

The richness and diversity of the animal world of Zakarpattia is determined by the mosaic of ecotopes of its territory. The estimated number of species of the jawless fish (Cyclostomata) and fish in the oblast is 48, amphibians – 16, reptiles – 10 (The Nature of Zakarpattia Oblast, 1981). 233 species of birds have been recorded in Zakarpattia (Bashta, Potish, 2009), among which only 46 are sedentary, and 191 are nesting (including migratory and wintering ones). 81 species of mammals are identified in Zakarpattia oblast, which is 65% of the theriofauna of Ukraine (Bashta, Potish, 2007). The most numerous (26 species) is the order of rodents. Bats (Chiroptera) – 23 species; they sometimes form clusters of several thousand individuals. Among insectivores (a total of 9 species), moles, red-toothed shrews, white-toothed shrews, water shrews, and hedgehogs are common. There are 17 species of predatory mammals, 5 species of artiodactyls. The only representative of lagomorphs is the gray hare, or European hare (*Lepus europaeus*).

Five types of zoocenoses are distinguished in Zakarpattia oblast: 1) zoocenosis of cultivated lands, pastures and hayfields – agrocenoses in the broad sense; 2) zoocenosis of reservoirs and floodplain wet grasslands; 3) zoocenosis of plain oak groves; 4) zoocenosis of mountain beech and mixed forests; 5) zoocenosis of highlands – crooked forest and meadows (The Nature of Zakarpattia Oblast, 1981).

Zoocenosis of Cultivated Lands, Pastures and Hayfields.

Amphibians are not numerous in terms of their species composition. The density of green toad (*Bufo viridis*) is high, the number of common or European toad (*B. bufo*) is lower. The garlic toad or the common spadefoot (*Pelobates fuscus*) was found on arable land; the European tree frog (*Hyla arborea*), the common frog or grass frog (*Rana temporaria*) and the moor frog (*R. arvalis*) – on pastures and hayfields. Reptiles here are very rare and few. The European green lizard (*Lacerta viridis*) occurs on Chorna Mountain near Vynohradiv town. The sand lizard (*Lacerta agilis agilis*) can be found on paddocks and pastures. The avifauna of the zoocenosis is quite diverse in all seasons, but the dominant species change seasonally. The Eurasian skylark (*Alauda arvensis*) dominates during the nesting period. Thousands of flocks of such species as European starlings or common starlings (*Sturnus vulgaris*), Eurasian tree sparrows (*Passer montanus*), house sparrows (*P. domesticus*), Eurasian jackdaws (*Corvus monedula*) can gather in areas of ripening crops. The Eurasian jackdaw, Eurasian tree sparrow, European goldfinch (*Carduelis carduelis*) dominate in the winter period. About 150 species of birds were registered in this zoocenosis within one year.

Mammals of the zoocenosis of arable lands, pastures, and hayfields maintain an almost constant species composition throughout the year, but some of them (hedgehogs, colonial species of bats, gophers, hamsters, birch mice) are active only during the vegetation season, and when the air temperature drops, they fall into hibernation. The following species of animals have been registered on the cultivated areas: European mole or common mole (*Talpa europaea*), white-bellied hedgehog (*Erinaceus concolor*), lesser white-toothed shrew (*Crocidura suaveolens*) and bicoloured white-toothed shrew (*C. leucodon*), lesser horseshoe bat (*Rhinolophus hipposidero*) and greater horseshoe bat (*Rh. ferrumequinum*), greater mouse-eared bat (*Myotis myotis*) and lesser mouth-eared bat (*M. blythii*), serotine bat (*Eptesicus serotinus*), stone marten (*Martes foina*), the common or red fox (*Vulpes vulpes*), Eurasian ermine (*Mustela erminea*), least weasel (*Mustela nivalis*) and European or common polecat (*Mustela putorius*), European or brown hare, European ground squirrel (*Spermophilus citellus*), brow or common rat (*Rattus norvegicus*), house mouse (*Mus musculus*), striped field mouse (*Apodemus agrarius*), wood mouse (*Apodemus sylvaticus*), yellow-necked mouse (*Apodemus flavicollis*) and harvest mouse (*Micromys minutus*), European or common hamster (*Cricetus cricetus*), common vole (*Microtus arvalis*), roe deer (*Capreolus capreolus*).

Zoocenosis of Reservoirs and Floodplain Wet Grasslands.

The most valuable representatives of Zakarpattia ichthyofauna include the river or brown trout (*Salmo trutta morfa fario*), Danube salmon or huchen (*Hucho hucho*), grayling or European grayling (*Thymallus thymallus*), sterlet (*Acipenser ruthenus*). Less valuable species are considered to be the zander (*Sander lucioperca*), ide or orfe (*Leuciscus idus*), asp (*Aspius aspius*), wels catfish (*Silurus glanis*), Northern pike (*Esox lucius*), common or freshwater bream (*Abramis brama*), crucian carp (*Carassius carassius*), Eurasian or common carp (sazan) (*Cyprinus carpio*); the common nase (*Chondrostoma nasus*), common barbel (*Barbus barbus*), European or common chub (*Squalius cephalus*), rutilus or common roach (*Rutilus rutilus*), European or common perch (*Perca fluviatilis*) are low-value species.

The most numerous species of amphibians in the oblast are the Carpathian newt (*Lissotriton montandoni*) (mountain reservoirs), yellow-bellied toad (*Bombina variegata*) (передгір'я), marsh frog (*Pelophylax ridibundus*) and pool frog (*P. lessonae*) (plain reservoirs).

The zoocenoses of reservoirs and floodplain wet grasslands of Zakarpattia oblast include the following species of reptiles: the viviparous or common lizard (*Zootoca vivipara*), slow worm or a long-cripple and hazelworm (*Anguis fragilis*), grass or ringed snake (*Natrix natrix*) and dice snake (*N. tessellata*), common European adder or viper (*Vipera berus berus*), European pond turtle (*Emys orbicularis*).

Along the river banks there nest more than 30 species of birds (wrens, martins, Ciconiiformes, Anseriformes, water rails, Passeriformes), and among the waterside trees and shrubs – over 50 species (Anseriformes, predatory birds, owls, European roller, Columbinae, Picidae, Passeriformes). Riverbeds are of ecological importance for birds in different periods of the year. The bird fauna is the richest in artificial reservoirs, earlier riverbeds, and overgrown reservoirs. Many species nesting has been registered here (Eurasian or common coot (*Fulica atra*), common moorhen or swamp chicken (*Gallinula chloropus*), water rail (*Rallus aquaticus*), little crane (*Porzana parva*), mallard or wild duck (*Anas platyrhynchos*), Eurasian teal (garganey) (*Anas crecca*), black-headed gulls (*Larus ridibundus*) etc.).

Zoocenoses of reservoirs and floodplain wet grasslands include few species of mammals. Among the typical ones here are the Eurasian water shrew (*Neomys fodiens*) and Mediterranean water shrew (*N. anomalus*), European mink (*Mustela lutreola*), Eurasian otter (*Lutra lutra*), water vole or water rat, (*Arvicola terrestris*), muskrat (*Ondatra zibethicus*). Ecologically associated with wet grasslands are the field mouse and little pocket mouse, common vole, common hare, ermine, weasel, brown-toothed shrew, partially rat, fox and wild boar. During the whole year, the water vole dominates in the reservoirs, common shrew (*Sorex araneus*) and field mouse – on wet grasslands.

Zoocenosis of Plain Oak Groves.

In oak groves with a well-developed underbrush and grass layer during the nesting period the background species are chaffinch (*Fringilla coelebs*) and Eurasian tree sparrow. In summertime, the Eurasian blue tit (*Parus caeruleus*) and great tit (*P. major*) are dominant, and in wintertime the Eurasian blue tit and Eurasian nuthatch or wood nuthatch (*Sitta europaea*) prevail.

The mammals inhabiting the oak groves include the European edible dormouse (*Glis glis*), forest dormouse (*Dryomys nitedula*), red squirrel (*Sciurus vulgaris*), European pine vole (*Microtus subterraneus*), field, wood and yellow-necked mice, Leisler's bat (*Nyctalus leisleri*). Among the mass species of insectivores are Eurasian pygmy shrew (*Sorex minutus*) and common shrew (*S. araneus*). A high number of hedgehogs and moles is observed in oak groves. Here there are all kinds of predators and artiodactyls, which are especially concentrated in oak groves during years of a good acorn harvest. Acorns attract wild boars, roe deer, red deer (*Cervus elaphus*), as well as rodents, which in turn are hunted by predatory birds and animals.

Zoocenosis of Mountain Beech and Mixed Forests.

In beech forests of Zakarpattia, typical representatives of amphibians are the Carpathian newt, fire salamander (*Salamandra salamandra*), yellow-bellied toad, tree frog, grass frog, European toad. Among the reptiles there are the sand lizard, slow worm, grass snake, common European adder, smooth snake (*Coronella austriaca austriaca*), Aesculapian snake (*Zamenis longissimus*).

Dominant species of avifauna of mountain beech forests are Eurasian chaffinch, great tit, nuthatch, song thrush (*Turdus philomelos*). The common species are stock dove or stock pigeon (*Columba oenas*), common buzzard (*Buteo buteo*), Ural owl (*Strix uralensis*), common cuckoo (*Cuculus canorus*), white-backed woodpecker (*Dendrocopos leucotos*), Eurasian jay (*Garrulus glandarius*), long-tailed tit (*Aegithalos caudatus*), grey wagtail (*Motacilla cinerea*), common blackbird (*Turdus merula*). Hazel grouse (*Tetrastes bonasia*), Eurasian woodcock (*Scolopax rusticola*), black stork (*Ciconia nigra*), Eurasian eagle-owl (*Bubo bubo*), Eurasian bullfinch or common bullfinch (*Pyrrhula pyrrhula*), white-throated dipper (*Cinclus cinclus*) are rare.

Among the mammals with the largest number in this zoocenosis there are common shrew, вечірниця руда common noctule (*Nyctalus noctula*), yellow-necked mouse and grey vole. The common species are European mole, brown long-eared bat (*Plecotus auritus*), Nathusius' pipistrelle (*Pipistrellus nathusii*), field mouse, least weasel, red fox, Eurasian brown bear ведмідь (*Ursus arctos*), grey wolf (*Canis lupus*), wild boar, red deer, European roe deer. The group of rare species includes the hedgehog, Alpine shrew, northern birch mouse (*Sicista betulina*), the European hare, European wildcat (*Felis silvestris*), Eurasian lynx (*Lynx lynx*), ermine, European badger (*Meles meles*), European mink.

Zoocenosis of Highlands – Crooked Forest and Meadows.

The Carpathian highlands become more noticeably inhabited only in the warm season. There are 5-6 species of amphibians, 3-4 species of reptiles, 40-45 species of birds and about 30 species of mammals. The most typical vertebrates of this zoocenosis conventionally include alpine newt (*Mesotriton alpestris*), Carpathian viper, black grouse (*Lyrurus tetrix*), water pipit (*Anthus spinoletta*), alpine accentor (*Prunella collaris*), alpine shrew and European snow vole (*Chionomys nivalis*). Only the grouse, water pipit, alpine accentor and European snow vole are specific highland vertebrates that are not found in other zoocenoses of Zakarpattia oblast.

References:

1. Anuchin V.A. Geografiya Sovetskogo Zakarpattya [The Geography of the Soviet Zakarpattia]. Moskva: Gos. izd-vo geograficheskoy literaturi, 1956. – 296 s. [in Russian]
2. Bashta A.-T., Potish L.A. Ssavtsi Zakarpatskoi oblasti [The Mammals of Zakarpattia Oblast]. Lviv, 2007. – 257 s. [in Ukrainian]

3. Heohrafichna entsyklopediia Ukrainy [The Geographical Encyclopedia of Ukraine]. K.: URE im. M.P. Bazhana, 1990. – 315 s. [in Ukrainian]
4. Ekolohichniy pasport Zakarpatskoi oblasti [The Environmental Passport of Zakarpattia Oblast], 2022 r. [Elektronnyi resurs] / Departament ekolohii ta pryrodnykh resursiv Zakarpatskoi obladerzhadministratsii: ofitsiyni veb-sait. – Rezhym dostupu: https://ecozakarp.at.gov.ua/wp-content/nd/2021_ecopasport.pdf . [in Ukrainian]
5. Potish L.A. Ptakhy Zakarpatskoi oblasti (notovanyi spysok) [The Birds of Zakarpattia Oblast (the annotated list)]. Lviv, 2009. – 124 s. [in Ukrainian]
6. Pryroda Zakarpatskoi oblasti / Za red. Herenchuka K.I. [The Nature of Zakarpattia Oblast / ed. by K.I. Herenchuk]. Lviv: Vyshcha shkola, 1981. – 156 s. [in Ukrainian]
7. Pryroda Ukrainskykh Karpat / Za red. Herenchuka K.I. [The Nature of the Ukrainian Carpathians /ed. by K.I. Herenchuk]. Lviv: Vyd-vo Lviv. un-tu, 1968. – 265 s. [in Ukrainian]
8. Pryrodni bahatstva Zakarpattia / Uporiad. Bodnar V.L. [The Natural Resources of Zakarpattia / ed. by V.L. Bodnar]. Uzhhorod: Karpaty, 1987. – 284 s. [in Ukrainian]
9. Pryhara O.V. Pannonski florystychni komplekсы Zakarpatskoi rivnyny, yikh analiz ta pytannia okhorony [The Pannonian Floristic Complexes of the Transcarpathian Lowland, Their Analysis and Protection Issues] : avtoref. dys. ... kand. biol. nauk: 03.00.01. – Uzhhorod, 1996. – 19 s. [in Ukrainian]
10. Ukrainskie Karpati. Priroda [The Ukrainian Carpathians. Nature] / Golubets M.A., Gavrusevich A.N., Zagajkevich I.K. i dr. Kiev: Nauk. dumka, 1988. – 208 s. [in Russian]
11. Fodor S.S. Flora Zakarpattia [The Flora of Zakarpattia]. Lviv: Vyshcha shkola, 1974. – 208 s. [in Ukrainian]
12. Chervona knyha Ukrainy. Roslynni svit / za redaktsiieiu Ya. P. Didukha Ya.P. [The Red Book of Ukraine. The Flora World / ed. by Ya.P. Didukh]. K.: Hlobalkonsaltnh, 2009. – 900 s. [in Ukrainian]
13. Chyselnist naseleennia ta serednia chyselnist za periody roku [The Population and the Average Population for the Periods of the Year]. [Elektronnyi resurs] / Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy: ofitsiyni veb-sait. Data ostannoï modyfikatsii: 13.05.2022. – Rezhym dostupu: <https://ukrstat.gov.ua/>. [in Ukrainian]
14. Carpathians relief location map [Internet]. From Wikipedia, the free encyclopedia. Available from: https://en.wikipedia.org/wiki/File:Carpathians_relief_location_map.svg#file

1.7. Landscape Tiering and Its Features (M. Karabiniuk)

The interaction and relationship among natural components (rocks, air masses, water, vegetation cover, etc.) lead to the formation of integral natural units on the earth surface, which in geographical science are called natural territorial complexes (landscape complexes, geocomplexes) (Herenchuk, 1968; Melnyk, 1999; Hrodzynskyi, 2005; Karabiniuk, 2020). Their functioning and development mainly depends on internal and external factors, among which an important role is played by climatic conditions. Sharp climatic changes at various stages of the development of Zakarpattia's landscapes impacted the specifics of the formation of landscape complexes and determined their main features, which were changing in the process of evolution. Therefore, the recent trends of climate change in Zakarpattia Region and the Carpathian region in general affect the current state and development of landscapes, whose functioning and geocological state strongly depends on the interaction and influence of climatic factors and progressive anthropogenic loading.

The landscapes of the mountainous part of Zakarpattia Region were formed mainly in the conditions of dominance, in the geological substratum, of sandstone-argillite flysch, highly fragmented mountain relief and vertical differentiation of hydro-climatic conditions, which together determined the principal morphological features of landscape complexes of various

ranks. The landscapes of the plain part of the oblast are characterized by accumulative and erosional origin, whose development is closely related to the evolution of the Carpathian mountain system. As a result, over 85 % of the territory of the oblast is characterized by a mountainous relief with a system of mountain massifs (Chornohora, Svydovets, Borzhava, etc.), steep ridges and their spurs, which are dissected and separated by deeply incised river valleys of the Tysa's tributaries (Fig. 1.7.1.).

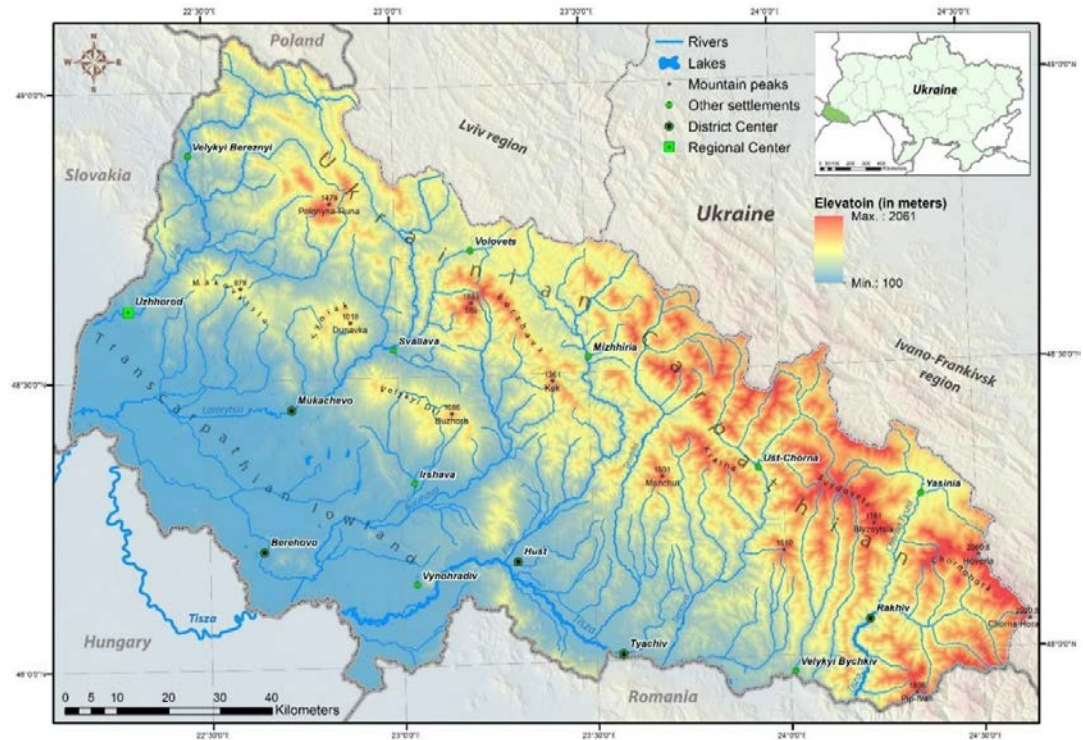


Fig. 1.7.1. Hypsometric Map of Zakarpattia Region (prepared by the author)

The landscapes of mountainous areas differ significantly from those of plain areas in the level and nature of the landscape organization. Therefore, an important aspect of our research is the use of the genetic approach in exploring the current state and development of the landscapes of Zakarpattia Region, which makes it possible to determine the spatial features of forming and locating geocomplexes of different genesis, as well as to analyze the contemporary landscape structure. In general, the landscape approach of the research involves the analysis of a continuous-discrete geographic envelope, via the prism of natural complexes of different ranks, which are directly located in a holistic landscape system, uniting natural territorial complexes of lower orders while simultaneously being a constituent part of the landscape unit of higher order (Melnyk, 1999; Hrodzynskyi, 2005).

Contemporary manifestations of global changes in the climate of the Ukrainian Carpathians have been repeatedly corroborated (Karabiniuk, Shuber, 2019; Karabiniuk, Markanych, 2020) and are relevant in view of studying the landscape organization of the cross-border territory of Zakarpattia Region. Changes in climatic conditions affect all dynamic processes and functioning of landscape complexes, circulation of substances, development of physical and geographical processes, etc. To the main manifestations of changes in the climate of mountainous regions belong changes in the features of altitudinal belting and disruption of landscape layering, which is one of the main geographical patterns of landscape differentiation of mountain systems (Karabiniuk, 2020).

There is no unanimous and clear understanding or interpretation of the notions of *landscape tiering* and *landscape tiers* in geographical science. According to H. Miller et al. (2002), landscape tiering manifests itself both at the regional level of landscape differentiation

– through the layered arrangement of mountain landscapes, their referring to separate parts of a certain (low-mountain, medium-mountain or high-mountain) tier of the mountainous country, with which the formation of physical and geographical or landscape areas in the mountains is associated, as well as at the local, or intra-landscape level – through the differentiation of landscapes into morphological units (landscape layering within the landscape is shown via high altitude areas).

The study of the vertical differentiation of the landscapes of the Ukrainian Carpathians and Zakarpattia Region, in particular, testifies to the complex essence of landscape tiering, which expresses the altitudinal change of natural components and integral landscape complexes. Taking into account the complex features of the landscape tiering, it is clear that in different parts of the mountain system, there is the differentiation of individual natural components (relief, vegetation, climate, etc.) and their altitudinal limits are not always correlated (The Nature of the Ukrainian Carpathians, 1968; The Nature of Zakarpattia Region, 1981). In the academic literature, it is also noted that there are no clear altitudinal limits between landscape tiers, since they depend on a number of factors – the peculiarities of the geographical location and the complex of regional physical and geographical features (Karabiniuk, 2020). For example, the distribution of nival and glacial-exarational forms of the relief – corries, cirques, glacial troughs, nival niches, etc. is also an identifying feature of the highland landscape tier in the Ukrainian Carpathians (Kravchuk, 2006, 2008; Melnyk, Karabiniuk, 2018; Karabiniuk, 2020).

The regional understanding of the landscape tier is based on the study and analysis of the landscape organization of mountain systems, their regional division. Therefore, the regional-level landscape tier is a separate landscape area (low-mountain, medium-mountain, or high-mountain), which is formed by a group of landscapes of the corresponding low-mountain, medium-mountain, or high-mountain types (Karabiniuk, 2020). The hypsometric position and relative heights are considered the main criteria for determining whether landscapes belong to one or another landscape tier. According to H. Miller and O. Fedirko (1990), the foothills include the landscapes with maximum relative elevations above the river valleys of up to 150 m. This figure is up to 1 300 m for the mid-mountain landscape. The highest relative elevations are characteristic of high mountain landscapes – up to 1 500 m. (Miller, Fedirko, 1990).

According to the landscape map of H. Miller and O. Fedirko (1990), three landscape tiers are distinguished in the Ukrainian Carpathians: high-mountain, medium-mountain and low-mountain ones. Within Zakarpattia Region, at the hypsometrically highest levels, the *landscapes of the high-mountain tier* are located, which are represented by paleoglacial-high meadow flysch (Chornohora, Svydovets, etc.) and paleoglacial-high meadow crystalline (Marmarosh landscape) types. The largest mountainous part of the territory of Zakarpattia Region from the urban-type village Velyky Berezny to Rakhiv is occupied by forested and steep-sided sloping *landscapes of the mid-mountain tier*, which stretch in strips from the northwest to the southeast. They are represented by the middle mountain-meadow and middle mountain-paleovolcanic types. In contrast, in the intermount basins (Yasinia basin, Mizhhiria basin, etc.) and in the hump foothill and lowland areas (Solotvyn plain, etc.) landscapes of low-mountain tier were formed, they are represented by three types: intermount-upland, low mountain-cliff and hump mountain-basin ones (Miller, Fedirko, 1990).

Based on the research conducted by us (in co-authorship) it was established that in the Ukrainian Carpathians it is appropriate to distinguish two levels of landscape tiers, the research and mapping of which is carried out at different scales and requires the use of special methodical approaches. Landscape tiers of *the regional level* are distinguished within the complete mountain system. Within individual mountain landscapes, their morphological structure and properties of landscape complexes change with elevation, which causes a consistent change in landscape tiers *at the local* (intra-landscape) *level* (Karabiniuk, 2020). Thus, in the local sense, the mountain landscape layer within the landscape manifests

altitudinal differentiation of the morphological structure and features of natural complexes of different genesis, peculiarities of functioning and development (Karabiniuk, 2020). The best expression of such altitudinal change of landscape complexes is high terrain, which in mountain systems are located at different hypsometric levels depending on the manifestation of the principal factor of their formation – glacial exaration, denudation, erosion, etc.

Analyzing the features of natural conditions and the landscape structure of the mountainous part of Zakarpattia Region, it is also possible to distinguish three landscape tiers at the local level – low-mountain, medium-mountain and high-mountain tiers (Fig. 1.7.2). They consistently change with elevation and are characterized by significant differences. *The low-mountain landscape tier* is characterized by the dominance of geocomplexes of erosive and accumulative origin, as it is limited to the bottoms of river valleys and extensive intermountain basins (Fig. 1.7.3). The undulating erosion relief and the leveled surfaces of the terraces of the river valleys are covered mainly by secondary grassland vegetation with fragments of beech and spruce forests, alder and other deciduous species (Miller, Fedirko, 1990; Melnyk, 1999).

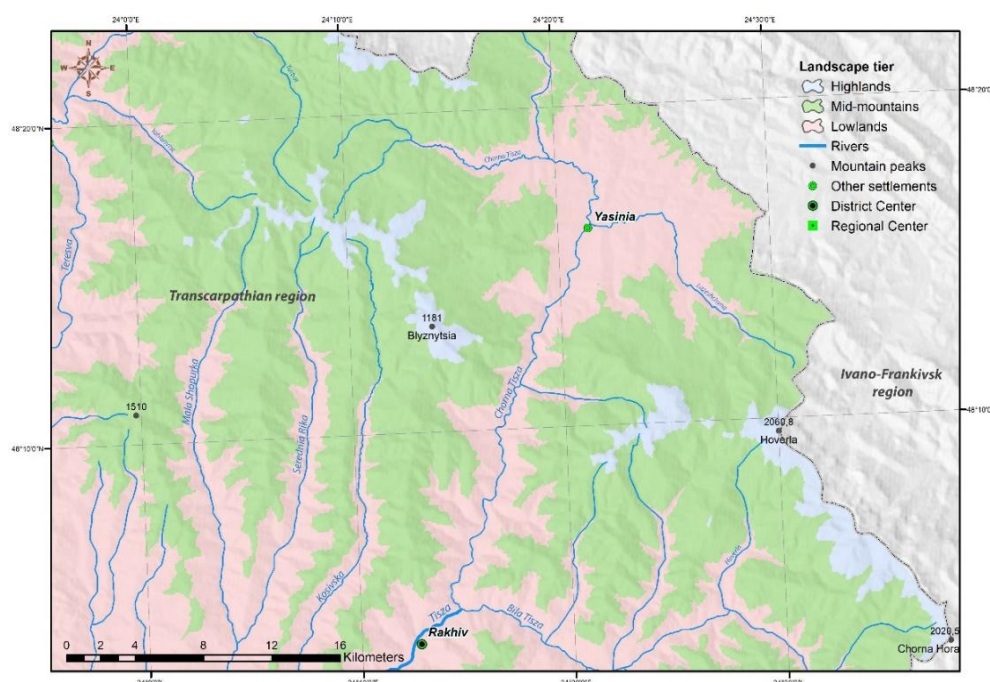


Fig. 1.7.2. Landscape tiers in the central part of the Ukrainian Carpathians in the upper reaches of the Tysa river basin (Zakarpattia Region) (prepared by the author)

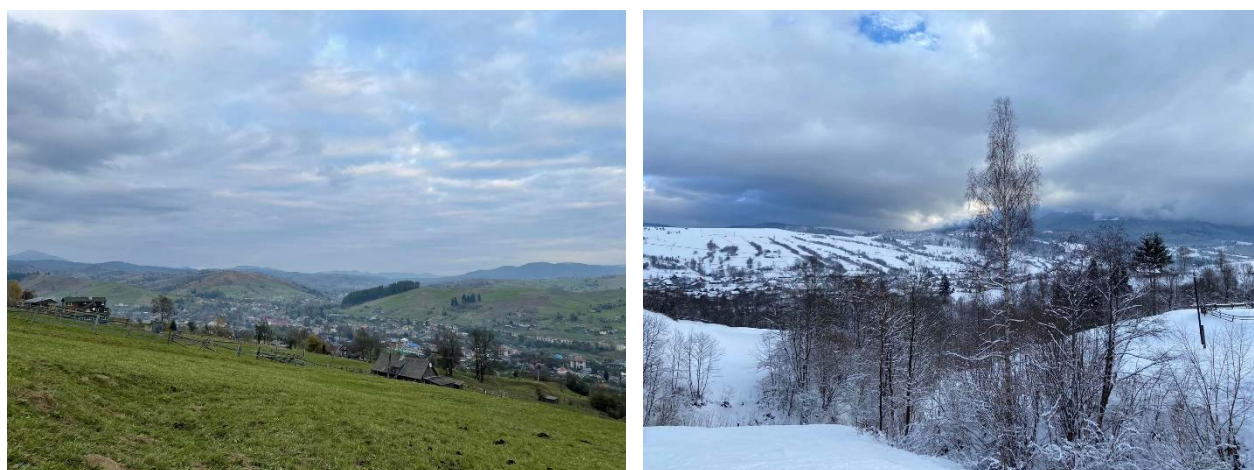
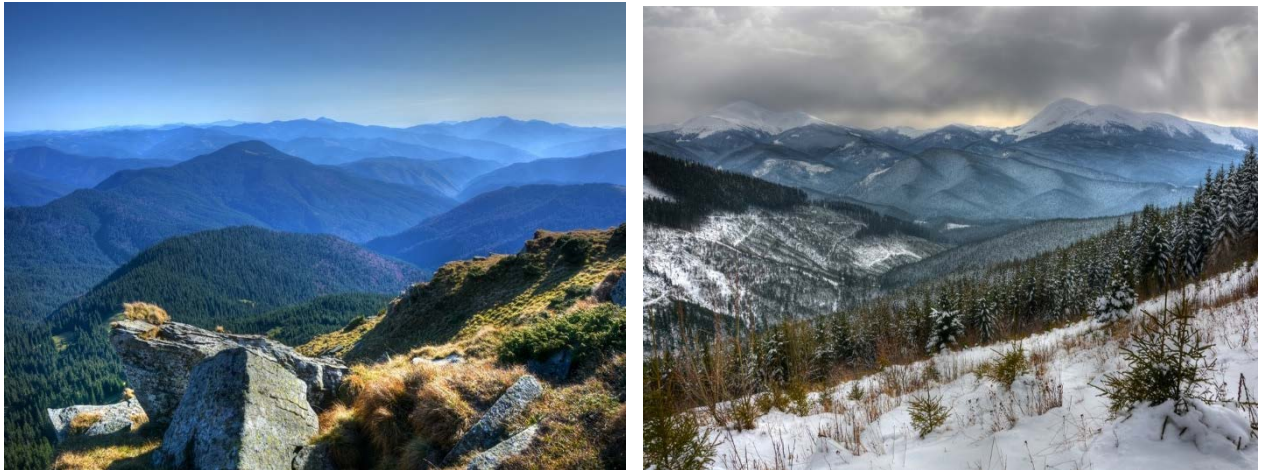


Fig. 1.7.3. Low-mountain landscape tier within Yasinia landscape during summer (a) and winter (b) periods (photo by Yana Karabiniuk)

The middle-mountain landscape tier covers the largest area and altitudinal range of the mountainous area of Zakarpattia Region and the Ukrainian Carpathians in general. It is represented by landscape complexes of mainly erosional and erosional-denudation origin, which are characterized by the predominance of steep slopes (over 15°) and dismembered spurs of mountain ridges with the dominance of coniferous, less often – deciduous forests on medium-thick brown soil (Melnik, 1999; Karabiniuk et al., 2017; Melnik et al., 2018). On well-moistened slopes, erosion processes are actively developing under the influence of permanent and temporary watercourses, which diversify the morphological structure of the landscapes of the middle mountains (Fig. 1.7.4).



*Fig. 1.7.4. Middle-mountain landscape tier of the Ukrainian Carpathians in Rakhiv district of Zakarpattia Region in summer (a) and winter (b) periods
(photo by Viacheslav Yahodzynskyi)*

The development of powerful water collection funnels and the deepening of dissection in the mid-mountain landscape tier contribute to the overall evolution of the landscape structure of the territory, which depends on the amount of precipitation and petrographic and lithological features of bedrock deposits. As a result, the morphological structure and properties of the geocomplexes of the mid-mountain landscape layer in different parts of Zakarpattia Region can differ significantly depending on the above factors. A characteristic feature of the mid-mountain landscape tier is also a significant anthropogenic load from economic activity, the forest industry and agriculture, in particular, cattle breeding are actively developing (Fig. 1.7.5).

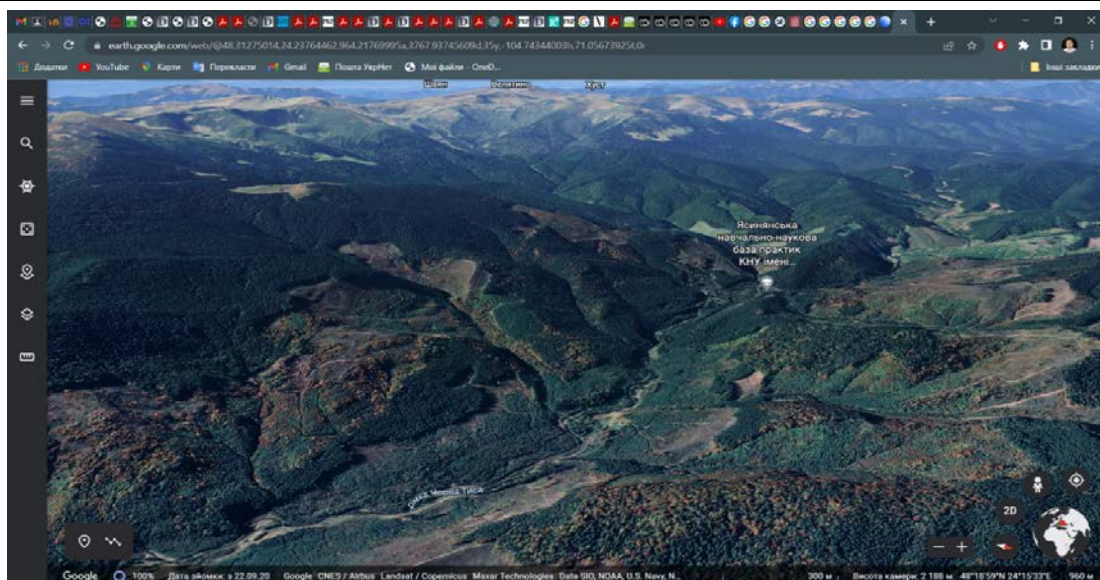


Fig. 1.7.5. Load from forest management operations (felling) on landscape complexes of the Upper Chorna Tysa river basin in Rakhiv district of Zakarpattia Region (a fragment of the space image from Google Earth)

Hypsometrically, the highest levels of the Ukrainian Carpathians are mainly occupied by denudation, glacial-exaration, and nival-erosion natural territorial complexes, which together form a *high-mountain landscape tier* (Fig. 1.7.6). In various mountain massifs (Chornohora, Svydovets, Marmarosh, etc.), the lower limit of the landscape layer varies between 1,450–1,600 m above sea level and often coincides with the contacts of the assises. For instance, within the landscape of Chornohora, on various sections, the lower limit of the highlands coincides with the contacts of the Chornohora and Yalove (Burkut and Yalove) assises, the whose lithological and petrographic differences also lead to a sharp contrast in relief forms and their morphometric features (steepness of slopes, exposure of slopes etc.) (Karabiniuk et al., 2017; Melnyk, Karabiniuk, 2018).

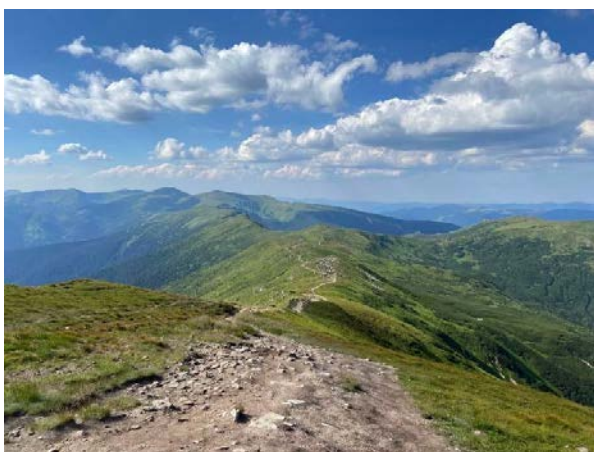


Fig. 1.7.6 High-mountain landscape tier of Chornohora massif of the Ukrainian Carpathians (Photo by the author)

A characteristic feature of the high-mountain landscape tier of the Ukrainian Carpathians is the dominance of massive relief forms with steep slopes and deeply incised glacial cirques, corries, nival niches and other geocomplexes. The landscape structure of the high mountains acquired its modern features during the ancient Pleistocene glaciations, and

the modern development of landscape complexes occurs mainly under the influence of erosion and denudation (Karabiniuk, 2020). Subalpine and alpine vegetation is most common in the high mountains. The bottoms of corries, glacial troughs and lower parts of the massive slopes are covered with crooked forests of mountain pine, green alder and Siberian juniper. In the subalpine vegetation zone, there are also admixtures of fir-mountain pine groupings, which are sporadically distributed among continuous thickets of shrubs (Baitsar, 1994; Malynovskyi, 1980, 2003). At altitudes over 1850 m above sea level alpine meadow vegetation is widespread.

In the Ukrainian Carpathians, the high-mountain landscape tier is best expressed at the highest hypsometric levels of the Chornohora, Svydovets, Marmarosh, and Borzhava mountain landscapes. The dominance of hard sandstones in the geological base and the long history of the development of the high-mountain layer under the influence of intensive mountain formation, glaciations and modern climate changes caused a high landscape diversity (The State Geological..., 2009; Karabiniuk, 2020). The convex and flat surfaces of the crests of the main ridges of the high mountain massifs preserve the features of ancient denudation, and are now covered with juncus-fescue meadows and juniper. On the steep slopes of the high-mountain landscape, avalanche and crumbling processes are quite common, avalanches and manifestations of other physical and geographical processes are recorded annually.

1.8. Contemporary Landscape Structure (M. Karabiniuk)

On the earth surface, under the influence of zonal and azonal factors, there were formed numerous geocomplexes of various ranks and sizes, of different genesis and complexity of internal organization, forming a clear hierarchical structure, from the smallest landscape unit of the local level (facies) to the largest natural territorial complexes of the global order (geographic shell). Landscapes occupy a special place in this hierarchical system. The landscape studies approach envisages the exploration of the object taking into account its location in this landscape system and the features of the internal structure (Melnyk, 1999).

Each landscape complex at the local level is a clearly defined element of the internal structure of the landscape. They formed historically and separated primarily in the processes of development of the lithogenic (geological-geomorphological) base, and now are connected to one another by numerous functional and energy connections (Miller, Fedirko, 1990; Miller et al., 2002). Such a system of internal organisation of the landscape, subordinated to functional quantitatively determined connections, which is represented by an aggregate of geocomplexes of lower ranks, that is, they are its morphological parts, with a peculiar character of spatial combination, shaped mainly in the process of historical development, is called a morphological structure (Melnyk, 1999; Karabiniuk, 2020). Analysing the landscape organisation of any territory, the boundaries of which do not coincide with the boundaries of landscapes as the lowest unit of physico-geographical zoning, it is appropriate to use the term «landscape structure».

According to the physico-geographical zoning of the Ukrainian Carpathians by A. Melnyk (1999), the territory of Zakarpattia Region is divided between Hirskokarpatskyi (Mountain Carpathian) and Zakarpattia physico-geographical lands (Fig. 1.8.1). The first of them occupies more than 85 % of the area of the region and is represented by 8 physico-geographical areas, which stretch mainly from the northwest to the southeast in the form of strips of various configurations and widths from 5-10 to 30-35 km, repeating the direction of the main mountain ranges of different genesis and geological structure. Each of the physico-geographical areas is characterized by unique lithological features and internal structure, which is constantly developing and transforming under conditions of climate change and a sharp increase in economic activity. The transversal division of physico-geographical areas by river valleys is due to the presence of a significant number of tectonic disturbances, which were formed during the geological development of the territory and serve as the location of the largest river valleys. Also, a number of river valleys (the Chorna Tisza river, the Teresva river, the Rika river, etc.) serve as boundaries between physico-geographical areas that were formed

on lower-order morphostructures and are morphologically different from one another.

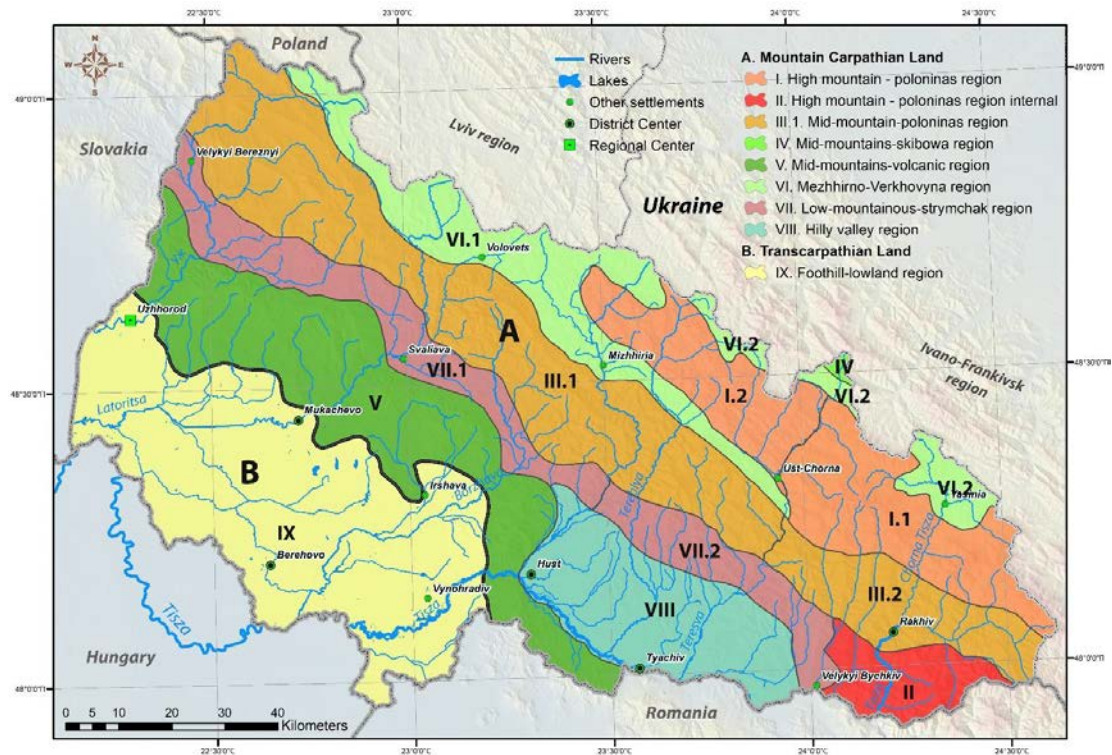


Fig. 1.8.1. Physico-geographical zoning of Zakarpattia Region
(prepared according to A. Melnyk's materials, 1999)

A. Hirskokarpatskyi krai (translated as Mountain-Carpathian Land). *I. Vysokohirno-Polonynska (Highland-Meadow) area.* I.1. Svydovets-Chornohora district; I.2. Nehrovets-Bushtul district. *II. Vysokohirno-polonynske yadro area (The area of High mountain-meadow core).* Rakhiv-Chyvchyn district. *III. Serednohirno-polonynska area (Middle mountain-meadow).* III.1. Plonyna range district; III.2. Stih-Plai district. *IV. Serednohirno-skybova (Middle mountain-skybova) area.* Gorgany district. *VI. Mizhhirno-verkhovynska (Intermount-upland) area.* VI.1. Mizhhiria district; VI.1.I. Mizhhirno-ulohovynny (Intermount-basin) district; *VII. Nyzkohirno-strimchakova (Low mountain-cliff) area.* VII.1. Turia district. VII.2. Uholka district. *VIII. Horboharno-ulohovynna (Hump mountain-basin) area.* Solotvyno district. **B. Zakarpattia Land.** *IX. Peredhirno-nyzovynna (Foothill-lowland) area.* Prytysianska Lowland district.

According to A. Melnyk's landscape map (1999) and own field research (Karabiniuk, 2020), the contemporary landscape structure of Zakarpattia Region is formed by 12 high-altitude areas of various origin and with significantly different properties (Fig. 1.8.2.). Hypsometrically, the highest and oldest high-altitude area is a *convex penepleanized alpine-subalpine highland* (1), which preserves relict traces of early denudation and today covers the exposed surfaces of the highest mountain massifs – Chornohora, Svydovets, etc. Strong Pleistocene glaciations in the Ukrainian Carpathians led to the formation of the *high terrain of the Paleoglacial-exaration subalpine highlands* (2), which are represented by powerful corries, cirques, through valleys and other tracts with peculiar morphometric features. Both high-altitude areas are located at altitudes above 1,450 m above sea level. and are unique in the landscape structure of the area.

The territory of Zakarpattia Region is also home to a *high-altitude terrain of gently sloping ancient-glacial-accumulative forested midland (mid-mountains)* (3), the limited development of which is determined by the movement of ancient mountain glaciers during glaciation periods (Melnyk, 1999; Melnyk, Karabiniuk, 2018). It is represented by a system of loamy-boulder moraine ridges, dissected by a dense network of mountain streams and covered with fir-spruce forests. The largest glaciers in the Pleistocene period and the best-expressed paleo-glacial-accumulative landscape complexes are on the northern and northeastern macroslopes of Svydovets, Chornohora, and Maramures massifs. In the landscape structure of the oblast, the high-altitude terrains of glacial origin are unique and occupy the smallest areas

(Table 1.8.1).

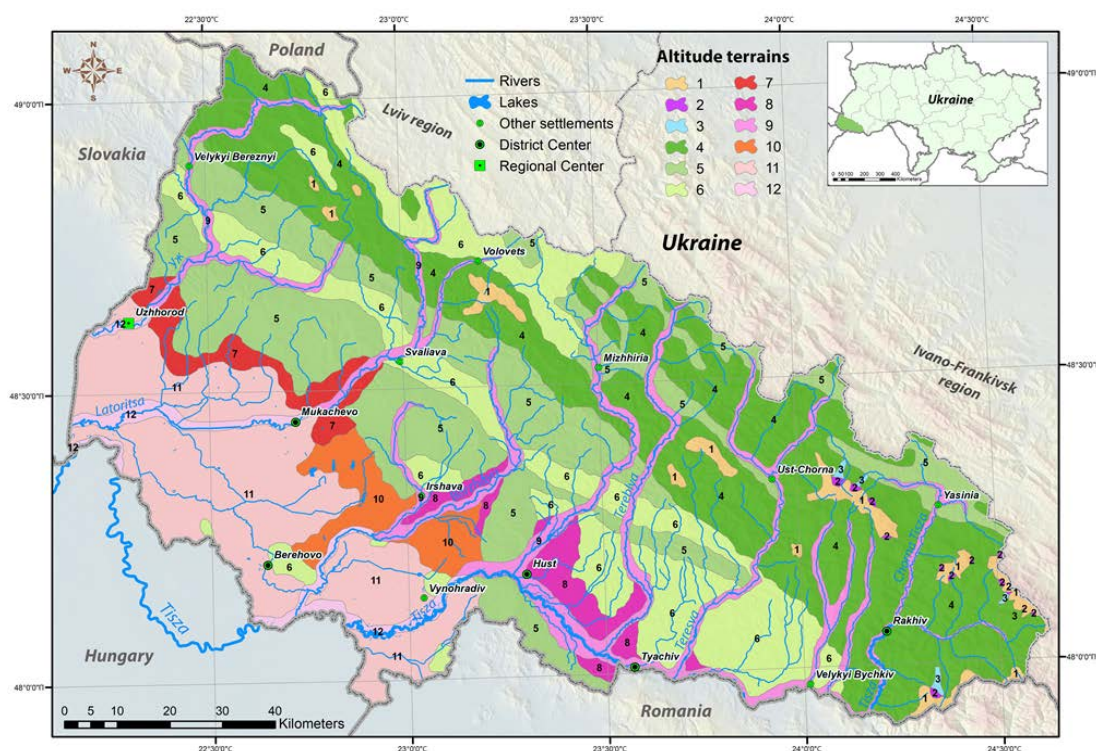


Fig. 1.8.2. Landscape map of Zakarpattia Region on the level of high-altitude terrains (based on the materials of A. Melnyk (1999) and M. Karabiniuk (2020)).
Names of high-altitude terrains according to A. Melnyk (1999)

The high-altitude area of the steep sloping erosion-denudation forested middle mountains (4), the area of which is 3302.5 km² and covers the main part of the mid-mountain landscape layer of the Ukrainian Carpathians is the most representative in the landscape structure of Zakarpattia Region. It is characterised by a steep erosion relief, formed on massive sandstones and sandstone flysch, and the dominance of beech-fir-spruce and beech forests on low-strength brown soils (Miller et al., 1997; Melnyk, 1999; Melnyk et al., 2018).

Table 1.8.1.

Areas of High-altitude Terrains of Zakarpattia Region (calculated by the author)

Index of high-altitude terrain	Area, km ²	%	Index of high-altitude terrain	Area, km ²	%
1	244,6	1,9	7	275,7	2,16
2	17,8	0,14	8	291,2	2,28
3	19,2	0,15	9	1207,4	9,48
4	3302,5	25,9	10	353,6	2,77
5	2817,6	22,09	11	1917,3	15,03
6	2019,7	15,84	12	287,1	2,25

The basis of the low-mountain landscape tier is formed by high-altitude terrains of steep sloping erosion-denudation forested and secondary grass lowlands (5) and gently sloping erosion-denudation forested and secondary grass lowlands (6), which territorially border each other and are formed by basins and depressions of the terrain in places where argillite flysch occurs (The State Geological..., 2009; Melnyk, 1999). As a result of long-term economic

development activities, a large part of the natural beech-fir-spruce and beech forests within the terrains was destroyed, and secondary grasslands were formed in their place, which are actively used as pastures and hayfields in agriculture.

The development and accumulative capacity of the river network of the Tisza River basin during the entire orogenic stage of forming the Ukrainian Carpathians and Zakarpattia, in particular, led to the formation of the system of high altitude terrains of gently sloping surfaces of high and medium terraces (7, 8), terraced bottoms of river valleys (9), etc., on different sections of lower hypsometric levels of the foothills and lowlands (Fig. 1.8.3.). On the flat territory of Zakarpattia lowland, *the high terrains of gently undulating surfaces of high terraces (10) and flat, wide, sometimes swampy surfaces of low terraces, floodplains of rivers and riverbeds (11)*, composed of pebbles and loamy alluvium, are actively developing.



Fig. 1.8.3. Riverbed and floodplain landscape complexes in the middle part of the Borzhava river basin (photo by Yana Karabiniuk)

The most complex landscape structure is typical of the mountain landscapes of Zakarpattia Region, which are characterised by a complex geological structure, a well-defined vertical differentiation of natural components and landscape complexes of various origins, sizes and possibilities of use. Therefore, the detailed exploration of the contemporary structure of mountain landscapes of Zakarpattia Region with regard to landscape studies was conducted on the example of the key area of the upper basin of the Chorna Tisza river. It is representative from the point of view of landscape tiering and placement of the main high altitude terrains of the mountainous part of the region. For a comprehensive analysis of the regularities of the spatial landscape organisation of the upper basin of the Chorna Tisza river, we developed a landscape map in scale of 1:25 000 at the level of high altitude areas and analysed the regularities of the morphological structure of the territory (Fig. 1.8.4.). The designed landscape map represents the detailed location of the high altitude terrains and was created on the basis of the analysis of numerous landscape, geological, topographic, industry maps and the author's own field research. The landscape surveying of the territory in the expeditionary manner became the primary purpose of modelling the landscape map and the comprehensive study of the natural territorial complex of the river basin. The software ArcGIS 10.4.1. became the environment for creating and modeling the natural territorial complex of the upper basin of the Chorna Tisza.

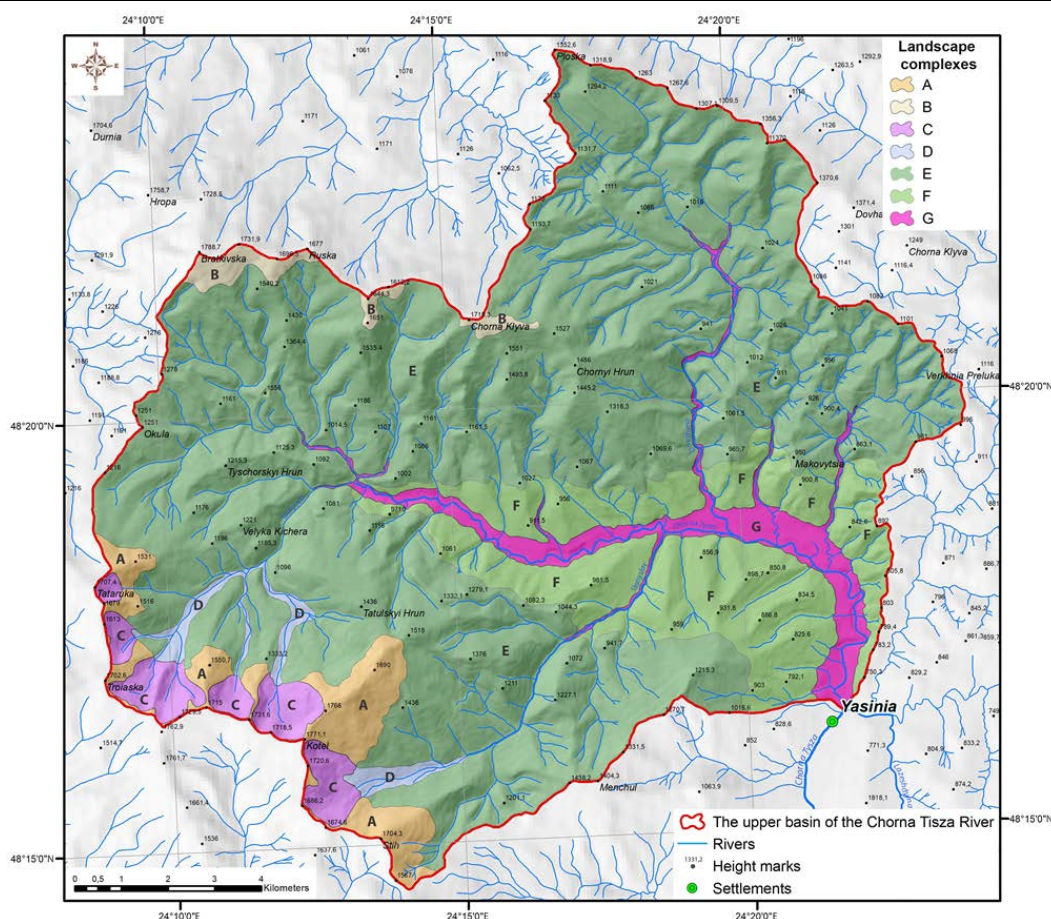


Fig. 1.8.4. Landscape map of the upper basin of the Chorna Tisza river in Rakhiv district of Zakarpattia Region (designed on the basis of A. Melnyk's (1999) and M. Karabiniuk's (2020) cartographic materials and the findings of the author's own field studies)

Map legend (Fig. 1.8.4.)

High-altitude terrains: **A** – The peneplenized very cold and very humid alpine-subalpine highlands are composed of conglomerates, massive sandstones and thick rhythmic flysch with alpine grasslands, wastelands, mountain-pine and green alder crooked forests on mountain-grassland- and mountain-peat-brown soils; **B** – Sharply concave paleoglacial-exarational very cold and very humid subalpine highlands composed of conglomerates and massive sandstones with mountain-pine and green alder crooked forests, secondary grasslands and wastelands on mountain-peat- and mountain-grassland-brown soils; **C** – Soft convex denudational cold and humid forested midlands composed of conglomerates and massive sandstones with the dominance of forests and secondary grasslands on brownsoils and sod-brown soils; **D** – Gently sloping old glacial-accumulative moderately cold and humid forested middle mountains composed of loamy-bouldery moraine with fir-spruce forests on brown soils; **E** – Steep sloping erosion-denudation moderately cold and humid forested midlands composed of sandstone flysch with spruce and beech-fir-spruce forests on low-strength soils; **F** – Steep sloping erosion-denudation moderately and humid forested and secondary grassland lowlands composed of sandstone flysch, argillites and aleurolites with interlayers of sandstones with spruce-fir and beech-spruce-fir forests on medium-strength brown soils; **G** – Terraced bottoms of the river valleys with a cool and humid climate composed of loam sandy and sandy pebbly alluvium with spruce and grey alder formations and secondary grasslands on ha sod-brown soils and brown soils.

References:

1. Herenchuk K. I. Landshafty. Pryroda Ukrainskykh Karpat / za red. Herenchuka K. I. [Landscapes. The Nature of the Ukrainian Carpathians / ed. by K. I. Herenchuk]. Lviv: Vyd-vo Lviv. un-tu, 1968. S. 208–23. [in Ukrainian]

2. Hrodzynskyi M. D. Piznannia landshaftu: mistse i prostir: monohrafia u 2-kh tomakh [The Recognition of the Landscape: Place and Space: Monograph in 2 volumes]. K.: Vydavnycho-polihrafichnyi tsentr «Kyivskyi universytet», 2005. T. 1. 431 s. [in Ukrainian]
3. Karabiniuk M. M. Pryrodni terytorialni komplekсы subalpiiskoho i alpiiskoho vysokohiria Chornohirskoho masyvu Ukrainskykh Karpat [Natural Territorial Complexes of Subalpine and Alpine Highlands of Chornohora Massif of the Ukrainian Carpathians]: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. heohr. nauk: 11.00.01. Kyiv, 2020. 21 s. [in Ukrainian]
4. Karabiniuk M. M., Kalynych I. V., Peresoliak V. Yu. Morfometrychni osoblyvosti reliefu landshaftiv Chornohora i Svydovets v mezhakh Zakarpatskoi oblasti [Morphometric Features of the Relief of Chornohora and Svydovets Landscapes within Zakarpattia Oblast]. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. Ser. Heohrafia*. 2017. Vyp. 43 (2). S. 10–19. [in Ukrainian]
5. Karabiniuk M. M., Markanych Ya. V. Dynamichnist klimatychnykh umov ta suchasni tendentsii yikhnykh zmin u pivnichno-skhidnomu sektori landshaftu Chornohora (Ukrainski Karpaty) [Dynamics of Climatic Conditions and Contemporary Trends of Their Changes in the Northeastern Sector of Chornohora Landscape (The Ukrainian Carpathians)]. *Pryroda Karpat: naukovyi shchorichnyk Karpatskoho biosferneho zapovidnyka ta Instytutu ekolohii Karpat NAN Ukrainy*. 2020. Vyp. №1(5) S. 58–70. [in Ukrainian]
6. Karabiniuk M. M., Shuber P. M. Zminy klimatychnykh umov u lisystemu serednohiri pivnichno-skhidnoho sektoru landshaftu Chornohora. *Dovhoterminovi sposterezhennia dovkillia: dosvid, problemy, perspektyvy: materialy Mizhnarodnoho naukovooho seminaru, prysviachenoho 75-richchiu z dnia narodzhennia B. P. Mukhy i 50-richchiu roboty Roztotskoho landshaftno-heofizychnoho statsionaru Lvivskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Franka* [Changes in Climatic Conditions in the Forested Middle Mountains of the Northeastern Sector of Chornohora Landscape. Long-term Monitoring of the Environment: Experience, Problems, Perspectives: Materials of the International Scientific Seminar Dedicated to the 75th Anniversary of B. P. Mukha's Birth and the 50th Anniversary of the Functioning of the Roztok Landscape-Geophysical Station of Ivan Franko National University of Lviv] (Lviv-Briukhovychi, 10–12 travnia 2019 r.). Lviv: LNU imeni Ivana Franka, 2019. S. 88–93. [in Ukrainian]
7. Kravchuk Ya. S. Alpiiskyi relief Ukrainskykh Karpat. *Problemy heomorfolohii i paleoheohrafii Ukrainskykh Karpat i prylehlykh terytorii*: Zbirnyk naukovykh prats [Alpine Relief of the Ukrainian Carpathians. Problems of Geomorphology and Paleogeography of the Ukrainian Carpathians and Adjacent Territories: A Collection of Scientific Works], 2006. S. 3–18. [in Ukrainian]
8. Kravchuk Ya. S. Heomorfolohiia Polonynsko-Chornohirskykh Karpat: monohrafiia [Geomorphology of the Polonyna-Chornohora Carpathians: Monograph.]. Lviv: Vydav. tsentr LNU imeni Ivana Franka, 2008. 188 s. [in Ukrainian]
9. Melnyk A. V. Ukrainski Karpaty: ekoloho-landshaftoznavche doslidzhennia: monohrafiia [The Ukrainian Carpathians: Ecological and Landscape Research: Monograph]. Lviv, 1999. 286 s. [in Ukrainian]
10. Melnyk A. V., Karabiniuk M. M. Chynnyky formuvannia ta kryterii vydilennia vysokohirnogo landshaftnoho yarusu v Chornohori (Ukrainski Karpaty). *Problemy heomorfolohii i paleoheohrafii Ukrainskykh Karpat i prylehlykh terytorii*: zbirnyk naukovykh prats [Formation Factors and Criteria for Selection of High Mountains Landscape Layer in Chornohora (The Ukrainian Carpathians). Problems of Geomorphology and Paleogeography of the Ukrainian Carpathians and Adjacent Territories: A Collection of Scientific Works], 2018. Vyp. 8. S. 24–41. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/gpc.2018.08.2012> [in Ukrainian]
11. Melnyk A. V., Karabiniuk M. M., Kostiv L. Ya., Senychak D. V., Yaskiv B. V. Pryrodni terytorialni komplekсы verkhivnia baseinu richky Lazeshchyna v mezhakh Chornohory. *Fizychna heohrafiia ta heomorfolohiia* [Natural Territorial Complexes of the

Upper Basin of the Lazeshchyna River within Chornohora. Physical Geography and Geomorphology], 2018. Vyp. 90 (2). S. 5–24. DOI: <https://doi.org/10.17721/phgg.2018.2.01> [in Ukrainian]

12. Miller H. P., Petlin V. M., Melnyk A. V. *Landshaftoznavstvo: Teoriia i praktyka : navch. Posibnyk* [Landscape Studies: Theory and Practice: Handbook]. Lviv: Vydav. tsentr LNU im. Ivana Franka, 2002. 172 s. [in Ukrainian]

13. Miller H. P., Fedirko O. M. *Karpaty Ukrainski. Heohrafichna entsyklopediia Ukrainy*. Kyiv : Holovna red. URE im. P. M. Bazhana [The Ukrainian Carpathians. Geographical Encyclopedia of Ukraine. Kyiv: Edit. Board of the Ukrainian Soviet Encyclopedia named after P. M. Bazhan], 1990. T.2. S. 113–114.[in Ukrainian]

14. *Pryroda Zakarpatskoi oblasti / za red. K. I. Herenchuka* [The Nature of Zakarpattia Oblast / ed. by K. I. Herenchuk]. Lviv: Vydvo Lviv. un-tu imeni Ivana Franka, 1981. 156 s. [in Ukrainian]

15. *Pryroda Ukrainskykh Karpat / za red. K. I. Herenchuka* [The Nature of the Ukrainian Carpathians]. Lviv: Vyd-vo Lviv. un-tu imeni Ivana Franka, 1968. 266 s. [in Ukrainian]

**CHAPTER 2. GENERAL CHARACTERISTICS OF ENVIRONMENTAL
DISEQUILIBRIUM MANIFESTATIONS IN ZAKARPATTIA OBLAST (L. Felbaba-
Klushyna,
N. Kablak, Ya. Syvokhop)**

In many literary sources dedicated to the study of the animate and inanimate nature of the Ukrainian Carpathians, there is information about the disturbance of the ecological balance in the ecosystems of the region. So, for example, an attempt to summarise this information was made in the works by L. M. Felbaba-Klushyna (Felbaba-Klushyna, 2010), where it is indicated that over recent decades in the Carpathian region and, particularly, in Zakarpattia, the incidence of environmental disasters has increased. The unbalanced use of nature has contributed to this. In particular, continuous felling of the forests in the past century, excessive cattle grazing on high mountain grasslands and the lowering of the upper boundaries of the forest, replacement of beech forests with spruce forests, the draining of swamps, floodplains and lakes of the lowland and other negative factors have led to the loss of water regulation, soil protection, climate-forming and other functions of the natural complex of the landscapes «mountains – lowland» (Holubets, 1978). This is confirmed by catastrophic floods, landslides, mudflow and, as a result, soil erosion and loss of water resources. As noted by V. I. Komendar, in the Ukrainian Carpathians from the late 19th to the mid-90s of the 20th century, catastrophic floods occurred 21 times, mudflows – 16 times, avalanches – 25 times, and windstorms – 12 times, which caused significant damage to the national economy (Komendar, 1994). These phenomena have become more frequent over the recent period. The most destructive floods happened in 1998, 2000, 2008 and 2010 (Felbaba-Klushyna, 2010).

Water erosion of soils is a dangerous and especially negative phenomenon in mountainous regions. According to V. I. Komendar's data, with the current state of many forests of the Carpathians, the average annual soil wash from the mountain slopes is 0.5 cm, as a result of which 4.5 million tons of fine grained soil and nutrients are carried out of the region by rivers (Komendar, 1994). P. M. Ustymenko and D. V. Dubyna believe that in Zakarpattia oblast, among the anthropogenic changes, the most significant are the disruption of forest ecosystems under the influence of felling, since, unfortunately, compensating mechanisms of forestry management have not been found to date (Ustymenko, Dubyna, 2007).

The low technological level of land cultivation at peasant households and farms is also a source of concern. There is an increase in dehumification of soils (the content of humus in the oblast has decreased by 0.14% over the last 10 years), the deterioration of the phytosanitary condition and, accordingly, a decrease in their productivity. In the most favorable parts of Zakarpattia for agriculture, i.e. in the lowlands and in the foothills, small areas of natural and semi-natural vegetation (forests, grasslands, shrub communities) remained, they are separated by agricultural lands, industrial facilities, etc. (Ustymenko et al., 2015).

Erosion phenomena, as well as soil drainage, have become widespread all over the world. For example, 353.3 million tons of humus disappeared from the territory of Ukraine till the end of the last century, with the annual amount of soil wash reaching 600 million tons (Sytnyk, Bahniuk, 2004). Scientists' suggestion to reduce arable land in Ukraine by approximately 25% was not put into practice, however, in recent years, the efficiency of agriculture has gradually increased due to the introduction of high-yielding varieties of agricultural crops and the latest technologies of soil cultivation (Sytnyk, Bahniuk, 2004).

The most important natural resource of Zakarpattia oblast is drinking water. Due to the violation of the hydrological regime of the Tysa River basin and its tributaries, there has been a loss of water resources over the past decades. According to the results of I. Kovalchuk's research, the level of groundwater in Zakarpattia lowland decreased by 2.5 m from the end of the 60s to the beginning of the 90s of the last century, and since the mid-80s there has been a trend towards an increase in the average annual air temperature and an increase in the amount of precipitation, which are the result of a combination of factors – anthropogenic influence and global warming (Kovalchuk, 1997).

Changes in the level of groundwater lead to an increase in the degree of soil mineralization, which in turn provokes changes in flora and vegetation. Thus, groups of halophytes (salt-tolerant plants) appeared in the Transcarpathia. Among them are groups dominated by such species as *Typha laxmannii* and *Bolboschenus planiculmis*. If this trend of lowering the groundwater level continues, the region will eventually lose its unique natural features due to the invasion of synanthropic plant species. Simplification, unification, reduction of productivity and stability of all types of phytocenoses occur in the plant cover. P. L. Horchakovskiy predicted the danger of increasing rates of vegetation degradation and especially its divergence for the entire planet in the second half of the last century (Horchakovskiy, 1979). Loss of biodiversity occurs in all groups of living organisms. To illustrate, since the middle of the last century, at least 10 species of plants, confined to ecosystems with excess moisture, have disappeared from the Transcarpathia (Felbaba-Klushyna, 2010). Among them are *Carex diandra* Schrank, *Eleocharis multicaulis* (Smith) Desv., *Schoenus ferrugineus* L., *Trichoforum caespitosum*, *Gladiolus palustris* L., *Utricularia breinii* Heer, *Primula farinosa* L., *Ludwigia palustris* (L.) Elliott., *Sparganium angustifolium* Michx., *Buschia lateriflora* (DC.) Ovcz., *Carex appropinquata* Schum. To those, which are on the verge of extinction, particularly, belong the ones known only from one or two localities. These are *Potentilla palustris* (L.) Scop.), *Ledum palustre* L., *Carex davalliana* Smith.

We believe that a very important task today is the restoration of vegetation in all high-altitude zones of the region and the stabilization of its main functions in order to increase the reliability and resilience of natural ecosystems (Felbaba-Klushyna, 2010).

The war in Ukraine caused a significant increase in anthropogenic impact on the plain and foothill ecosystems of Transcarpathia in connection with displacing tens of thousands of residents of the eastern regions of Ukraine to this region, and specifically to the lowland and foothill areas. There is a growing demand for land resources to develop settlements, for water, recreational, forest and other resources to meet the needs of the population.

Given the fact that Zakarpattia Oblast, occupying only 2.2% of the area of Ukraine, plays the role of an ecological donor not only for Ukraine, but also for many regions of Europe, it is necessary to implement the latest mechanisms of nature management, built on the principles of preserving and restoring the functional core of the Tysa river basin.

L. M. Felbaba-Klushyna proved that at the current stage of the development of mountain systems, their preservation and reproduction should be based on the protection of the fluvial basin ecosystem, which, by I. I. Kovalchuk's definition (Kovalchuk, 1997), is a stable unity of interconnected and, accordingly, interdependent elements, which also depend on the processes of development of this system of elements. Yet when there are close connections in the system, a change in one element is the reason for a change in an adjacent, and sometimes more distant, element (Symonov, 1976).

There has been proposed a new approach to the protection of the Tysa River basin under the title «Fluvial Concept of Protecting the Vegetation Cover of the Tysa River Basin».

The essence of the fluvial concept is to reproduce the natural development of ecosystems of watercourses, reservoirs, swamps and floodplain complexes in all vegetation zones (from the lowland to the alpine belt) of the upper part of the river basin, which is ensured by the restoration of the hydrological function of the vegetation cover by reproducing the areas of the main types of natural vegetation close to their natural correlation, age and coenotic structure of forest vegetation, especially on the Vododilnyi (Watershed) ridge and in the lowlands (Felbaba-Klushyna, 2010).

Principal provisions of the necessity to restore and preserve the vegetation cover of the upper reaches of the river catchment area:

- 1) the upper reaches of the river catchment area in the mountainous region is the territory with the relatively largest area of natural vegetation and is characterised by significant biodiversity;

- 2) the upper reaches of the mountain rivers are the wettest areas of the mountain systems, where natural vegetation plays an extremely important role as a regulator of surface and underground flows;

3) the upper reaches of the river catchment area have the densest water network and the vegetation has an extremely important soil protection (anti-erosion) function;

4) at the upper reaches of the river catchment area, the main part of the water resources of the basin on the whole is formed and the largest reserves of clean water are concentrated, and the vegetation to a large extent ensures the maintenance of moisture circulation within the natural complex of landscapes «mountains-lowland»;

5) mountain rivers are characterized by torrential flow regime, which is manifested through devastating floods, landslides, mudflows, yet forest vegetation reduces significantly the risk of floods;

6) the upper reaches of the catchment areas of mountain rivers are poorly suitable for farming and, accordingly, are economically depressed regions. Therefore, the profit from the functions of preserved natural ecosystems is much higher than from their economic use (Felbaba-Klushyna, 2010).

The upper reaches of the Tysa river basin should play the role of a model region for the embodiment of the concept of balanced (sustainable) development not only in Ukraine, but also in Europe, and it should be given the status of «The region of a special ecological regime» in order to implement the principle of synergistic nature management.

Conducting vigorous environmental education activities among schoolchildren and other layers of the society is a prerequisite for the implementation of new environmental protection ideas in practice (Felbaba-Klushyna, 2010).

References:

1. Gorchakovskiy P. L. Tendentsii antropogennyih izmeneniy rastitelnogo pokrova zemli [Trends in Anthropogenic Changes of Land Cover] // Botan. zhurn., 1979. – 64, № 12. – S.1697-1713. [in Russian]
2. Golubets M. A. Elniki Ukrainskih Karpat [Spruce Forests of the Ukrainian Carpathians]. – K.: Nauk. dumka, 1978. – 264 s. [in Russian]
3. Kovalchuk I. Rehionalnyi ekoloho-heomorfologichnyi analiz [Regional Ecological and Geomorphological Analysis]. – Lviv: Instytut ukrainoznavstva, 1997. – 440 s. [in Ukrainian]
4. Komendar V. I. Prychyny poiavy povenei u Zakarpatti ta zakhody borotby z nymy [Causes of Floods in Zakarpattia and Measures to Combat Them] // Ukr. botan. zhurn., 1994. – 51, № 2/3. – S. 207-210. [in Ukrainian]
5. Simonov Yu. G. Analiz geomorfologicheskikh sistem [Analysis of Geomorphological Systems] // Aktualnyie pro-blemyi teoreticheskoy i prikladnoy geomorfologii. – M.: MF GO SSSR, 1976. – S.69-92. [in Russian]
6. Sytnyk K. M., Bahniuk V. M. Okhrona biosfery: dosiahnennia i prorakhunky [Protection of the Biosphere: Achievements and Miscalculations] // Ekolohichnyi visnyk. – 2004. – № 3. – S. 13-16. [in Ukrainian]
7. Felbaba-Klushyna L.M. Roslynniy pokryv bolit i vodoim verkhiv baseinu r. Tysa (Ukrainski Karpaty) ta fliuvialna kontseptsiiia yoho okhorony [Vegetation Cover of Swamps and Reservoirs of the Upper Reaches of the Tysa River Basin (The Ukrainian Carpathians) and the Fluvial Concept of Its Protection]. – Uzhhorod: Polihraftsentr «Lira», 2010. – 192 s. [in Ukrainian]
8. Ustymenko P. M., Dubyna D. V. Vplyv providnykh antropohennykh faktoriv na roslynnist verkhnoi chastyny baseinu r. Tysy [The Influence of Leading Anthropogenic Factors on the Vegetation of the Upper Part of the Tysa River Basin] //Ukr. botan. zhurn. – 2007. – 64, №5. – S. 676-685. [in Ukrainian]
9. Ustymenko P. M., Dubyna D. V., Felbaba-Klushyna L. M. Roslynnist verkhiv dolyny Tysy (Zakarpatska oblast): suchasnyi stan, fitoriznomanitnist, antropohenna transformatsiia, okhrona [Vegetation of the Upper Reaches of the Tysa Valley (Zakarpattia Oblast): Current State, Phytodiversity, Anthropogenic Transformation, Protection]. – Uzhhorod: TOV «IVA», 2015. – 128 s. [in Ukrainian]

3.1. Air Pollution Sources, National Issues of Their Conservation**The Importance of the Atmosphere**

The atmosphere is one of the most important components of the biosphere. It reliably protects living organisms from cosmic and ultraviolet radiation, determines the overall thermal regime of the Earth's surface, and influences climatic conditions, which in turn affect river flows, soil and vegetation cover, and landforms. It is the atmosphere that regulates the amount of solar energy needed for life. If there were no atmosphere, the Sun would heat the Earth's surface to +100°C during the day and space would cool it to -100°C at night. The range of fluctuations in daily temperatures of 200°C exceeds the survival capabilities of the vast majority of living organisms.

The presence of an atmosphere is one of the most important conditions for life on the planet. A person can go without food for a month, without water for a week, and without air for even a few minutes. **The atmosphere** is the gas (air) shell that surrounds the Earth. The mass of the Earth's atmosphere is about 5.15 multiplied by 10¹⁵ tonnes.

Chemical Composition of the Atmosphere.

The atmosphere is composed of a mixture of gases known as air, along with liquid and solid particles in suspension. The collective mass of these particles is minuscule compared to the total atmospheric mass. Near the Earth's surface, atmospheric air typically contains water vapor, which is water in its gaseous state, in addition to various other gases.

Air without water vapour is referred to as dry air. Near the Earth's surface, dry air is primarily composed of nitrogen (approximately 78% by volume or 76% by mass) and oxygen (around 21% by volume or 23% by mass). Both of these gases exist as diatomic molecules, nitrogen as N₂ and oxygen as O₂. Argon (Ar) constitutes nearly 1% of the atmosphere. Carbon dioxide (CO₂) makes up only 0.03%. In addition to these main components, the atmosphere contains various trace gases in minute concentrations, including krypton, xenon, neon, helium, hydrogen, ozone, iodine, radon, methane, ammonia, hydrogen peroxide, nitrous oxide, and many others.

All the aforementioned gases consistently remain in the gaseous state at the temperatures and pressures found in the atmosphere, not only near the Earth's surface but also in the upper layers. The percentage composition of dry air above the Earth's surface is constant and nearly uniform worldwide. The carbon dioxide content is the primary variable. Due to respiratory and combustion processes, its volume concentration in enclosed, poorly ventilated spaces and industrial centres can increase significantly, sometimes reaching 0.1-0.2%. The percentage of nitrogen undergoes only minimal fluctuations.

Vertical Structure of the Atmosphere. The atmosphere is conventionally divided into concentric spheres that vary in their characteristics, as illustrated in Figure 3.1.1.

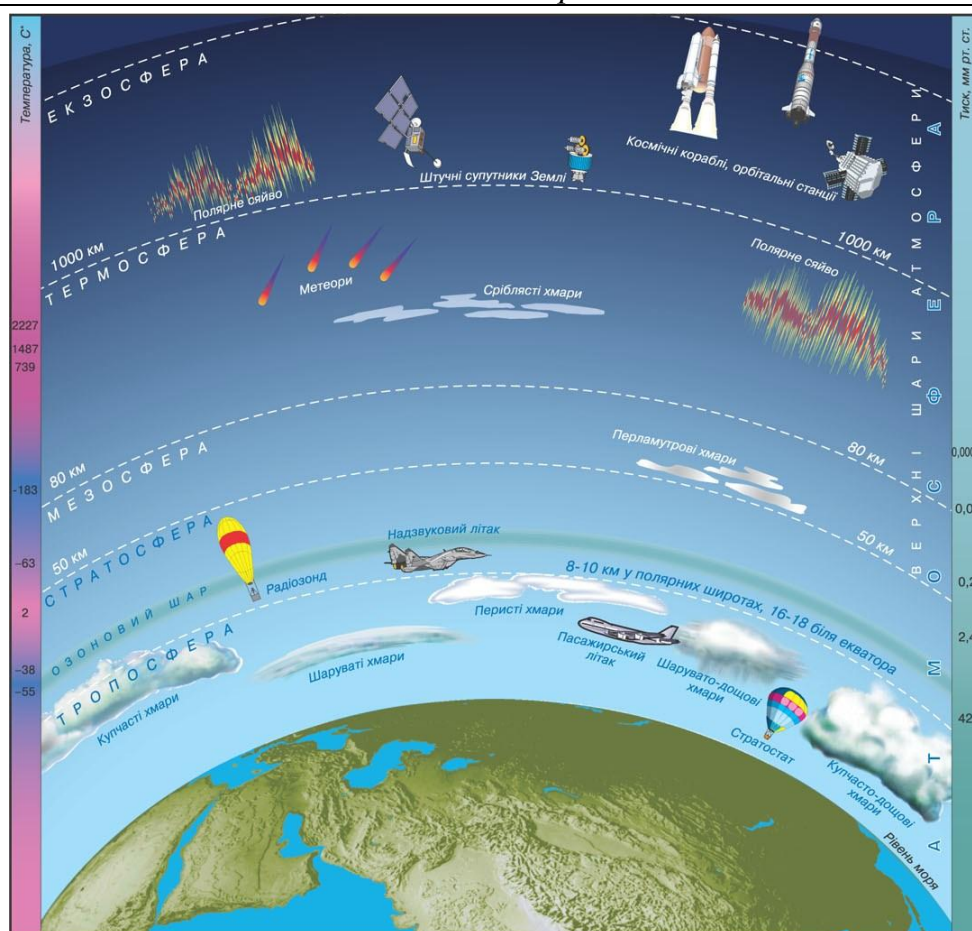


Fig. 3.1.1 Atmosphere Vertical Structure
(<https://geomap.com.ua/uk-g6/198.html#&gid=maps&pid=1>)

Troposphere. The lower layer of the atmosphere, in which the temperature on average decreases with height, is called the troposphere. In the tropics, this layer extends from the earth's surface to an altitude of 15-17 km, in temperate latitudes of both hemispheres - to an altitude of 10-12 km and above the poles - to 8-9 km. The phrase "on average" is significant because the decrease in temperature with altitude in the troposphere is characteristic of average conditions: monthly average, seasonal average. In any given period of time, the temperature decrease in the entire layer may be interrupted by individual layers where the temperature may remain unchanged (isotherm) or even increase with altitude (inversion).

In the troposphere, the average annual temperature in equatorial latitudes decreases with altitude from +26°C near the Earth's surface to -80°C at the top of the troposphere, in temperate latitudes from +3°C to -54-58°C (50 degrees N) and above the North Pole from -23°C to -60°C in winter and -48°C in summer. The average temperature decrease with altitude is approximately 0.60°C per 100 metres, though this value can vary significantly. The troposphere contains 4/5 of the total mass of atmospheric air, contains almost all of the atmosphere's water vapour and forms almost all clouds. The troposphere is often subject to strong vertical movements and mixing, and strong instability. It is directly influenced by the underlying surface: different heating of land and sea, snow-covered and snow-free areas, warm and cold sea currents create temperature differences in the air. As a result of the interaction with the Earth's surface, warm and cold air currents arise in the troposphere.

The height to which the troposphere extends above each location on Earth varies from day to day, fluctuating around the average values mentioned above. The air pressure at the upper boundary of the troposphere is 3-10 times lower than at the Earth's surface.

The lowest thin layer of the troposphere (50-100 m), immediately adjacent to the Earth's surface, is called the surface layer. Due to its proximity to the earth's surface, it is most affected by it. In this layer, temperature changes during the day are particularly pronounced: the temperature drops particularly sharply with altitude during the day and often increases with altitude at night. Wind speed also increases most strongly with altitude.

The layer from the earth's surface to altitudes of 1000-1500 m is called the planetary boundary layer, or friction layer. In this layer, the wind speed is noticeably weaker than in the layers above, and it is weaker the closer you get to the Earth's surface.

Stratosphere. Above the tropopause and extending up to an altitude of 50-55 km is the stratosphere, characterised by temperature patterns. In the lower stratosphere (from the tropopause to 25 km), temperatures either remain constant or increase gradually with altitude. During winter, in polar latitudes, there may be a slight temperature drop. However, from 34-36 km and upward, there's a more rapid increase in temperature with altitude, continuing up to 50 km where we find the stratopause, marking the upper boundary of the stratosphere. At this level, the stratosphere is nearly as warm as the air near the Earth's surface, with an average temperature of 270 K.

The temperature increase with altitude creates significant stability in the stratosphere. This stability is characterised by the absence of turbulent (convective) vertical movements and the active mixing typically found in the troposphere. Nevertheless, there are occasional slow vertical movements, such as subsidence or uplift, that can affect extensive stratospheric layers.

Water vapour in the stratosphere is negligible. However, at altitudes of 22-24 km in high latitudes, very thin nacreous clouds are sometimes observed. These clouds are not visible during the day, but at night, they become visible as they are illuminated by the sun, which is located below the horizon. These clouds consist of supercooled droplets. The composition of stratospheric air differs from tropospheric air only due to the presence of ozone. Ozone is closely linked to temperature increases in the stratosphere, as it absorbs solar radiation. Hence, the stratosphere is often referred to as the ozonosphere from this perspective.

Mesosphere. Above the stratosphere lies the mesosphere layer, extending from the stratopause to an altitude of approximately 80-82 km. In the mesosphere, the temperature decreases with altitude, sometimes reaching as low as -110°C in its upper region. The rapid decrease in temperature with altitude leads to the development of turbulence in the mesosphere.

In the upper part of the mesosphere, the so-called silver clouds form, likely composed of crystals. The shape of these clouds indicates the existence of waves and vortices within the mesosphere. The upper boundary of the mesosphere is known as the transition layer, the mesopause, situated at an altitude of about 82 km. At the mesopause, the air pressure is roughly 1,000 times lower than at the Earth's surface.

Thus, the troposphere, stratosphere, and mesosphere together contain over 99.5% of the total mass of the atmosphere up to an altitude of 80 km. The layers above account for only 0.5% of the atmosphere's mass.

Thermosphere. The upper part of the atmosphere, extending above the mesosphere, is referred to as the thermosphere. In the thermosphere, the temperature rises dramatically with altitude. During years of intense sunshine, it can exceed 1500°C at an altitude of 200-250 km. At higher altitudes, there is no further increase in temperature with height. Only in regions with intense aurorae does the temperature briefly rise to 3000°C.

The high temperatures of the thermosphere mean that the molecules and atoms of atmospheric gases move at very high speeds in this layer. However, the air density in the thermosphere is so low that the heat capacity of the gases is negligible. Therefore, any body located here (for example, a satellite in space) will not be heated by heat exchange with the air.

The temperature regime of the satellite will depend on its direct absorption of solar radiation and the emission of its own radiation into the surrounding space.

Up to an altitude of 100 km, the air in the atmosphere is well mixed, and its composition is the same everywhere. This area is sometimes called the turbosphere. Above 100 km, the composition of the air changes significantly: atomic oxygen appears, carbon dioxide and argon

disappear, and the air is highly ionised. This part of the thermosphere, from the mesopause to an altitude of 800-1000 km, is called the ionosphere. The ionic content here is many times higher than in the lower layers, despite the overall rarefaction of the air.

Exosphere: The atmospheric layer located above 800-1000 km is referred to as the exosphere, also known as the outer atmosphere. In this region, the velocities of gas particles, particularly light gases, are exceedingly high. Due to the extreme rarefaction of the air at these altitudes, particles can traverse elliptical orbits around the Earth. Additionally, individual particles can attain speeds equivalent to the second cosmic velocity, approximately 11,000 m/s for non-charged particles. These exceptionally fast-moving particles escape the atmosphere and journey into outer space, following parabolic trajectories. Consequently, the exosphere is often referred to as the "sphere of escaping gases." As we already know, the primary cause of escape in this region is the presence of hydrogen and helium atoms, which are the predominant gases in the highest layers of the atmosphere.

Magnetosphere: It was previously assumed that the exosphere marked the uppermost boundary of Earth's atmosphere, reaching altitudes of approximately 2000 to 3000 km. However, observations conducted via rockets and satellites have revealed that hydrogen escaping from the exosphere gives rise to a structure known as Earth's corona, which envelops our planet, extending over 20,000 km. It is important to note that the gas density within the Earth's corona is exceedingly low, averaging approximately one thousand particles per cubic centimetre. In the interplanetary space surrounding Earth, the particle concentration, primarily composed of protons and electrons, is roughly ten times lower. This region is termed the magnetosphere due to the influence of Earth's magnetic field on the movement of charged particles.

Radiation Belt: Satellites and geophysical rockets have unveiled the presence of Earth's radiation belt in the upper atmosphere and near-Earth space. This belt commences at an altitude of several hundred kilometres and extends tens of thousands of kilometres from the Earth's surface. It is composed of electrically charged particles, specifically protons and electrons, which travel at very high velocities, approximately 400 km/s, and are entrapped by the Earth's magnetic field. These particles possess energies in the hundreds of thousands of electron volts. The radiation belt undergoes a constant loss of particles from Earth's atmosphere and is replenished by solar corpuscular radiation, also known as the solar wind.

Sources of Air Pollution

The issue of air pollution is not a recent one. For over two centuries, air pollution has been a significant concern in large industrial centres across many European countries. However, for a considerable period, these pollutants have remained localised. Smoke and soot contaminated relatively small portions of the atmosphere, easily diffused by the abundance of clean air, especially during times when factories and plants were limited. The rapid expansion of industrial and transportation sectors in the twentieth century has led to the release of substances into the air that can no longer be effectively dispersed. Consequently, their concentration is on the rise, resulting in perilous and even fatal consequences for the biosphere in the twenty-first century.

Today's atmosphere contains approximately one-twentieth of the oxygen available on our planet. The primary oxygen reserves are concentrated in carbonates, organic compounds, and iron oxides, with some oxygen dissolved in water. The atmosphere maintains an approximate balance between oxygen production through photosynthesis and its consumption by living organisms. However, there is a recent concern that human activities may be depleting oxygen reserves in the atmosphere. The observed depletion of the ozone layer in recent years poses a significant danger, a phenomenon largely attributed to human activity by most scientists.

The oxygen cycle within the biosphere is highly intricate, involving reactions with numerous organic and inorganic substances. It also encompasses the combination of oxygen with hydrogen to form water.

Carbon dioxide is utilised in the process of photosynthesis to generate organic matter, thereby closing the carbon cycle within the biosphere. Similar to oxygen, carbon is a constituent of soils, plants, and animals, participating in various natural cycle mechanisms. The carbon dioxide

content in the air we breathe remains relatively consistent across different regions of the world, with the exception of major cities, where the gas's concentration exceeds normal levels.

Fluctuations in the carbon dioxide content within a specific area are influenced by factors such as the time of day, season, and the biomass of vegetation. Concurrently, research indicates that since the beginning of the last century, there has been a gradual but persistent increase in the average carbon dioxide concentration in the atmosphere. This process is linked to human activities.

Nitrogen is an essential biogenic element since it constitutes a part of proteins and nucleic acids. The atmosphere serves as an inexhaustible reservoir of nitrogen, yet most living organisms cannot utilise atmospheric nitrogen directly; it must first be bound in the form of chemical compounds.

A portion of nitrogen is released from the atmosphere into ecosystems in the form of nitric oxide, a product of electrical discharges during thunderstorms. However, the majority of nitrogen enters water and soil through biological fixation. Several types of bacteria and blue-green algae are capable of fixing atmospheric nitrogen. Through their activities, as well as the decomposition of organic residues in the soil, nitrogen is converted into a form that is accessible for plant uptake.

The nitrogen cycle is closely interconnected with the carbon cycle. Although the nitrogen cycle is more intricate than the carbon cycle, it generally operates at a faster pace. While other atmospheric constituents do not actively engage in biogeochemical cycles, the presence of substantial amounts of anthropogenic pollutants in the atmosphere can lead to severe disruptions in these cycles and alter the composition of atmospheric gases. The formation of anthropogenic air pollution is influenced by the nature of pollution sources in technological units that emit harmful substances into the atmosphere during their operation. We can distinguish between stationary and mobile sources of air pollution. Atmospheric air becomes polluted with various gases, fine particles, and liquid substances that have detrimental effects on living organisms, thereby deteriorating their living conditions. Sources of air pollution can be categorised as natural or artificial (anthropogenic) (See Figure 2).

Natural Atmospheric Pollution: Natural sources of atmospheric pollution encompass phenomena such as dust storms, volcanic eruptions, cosmic dust, and more (see Figure 2). The products of natural air pollution primarily consist of inorganic substances, comprising approximately three-quarters of the total. These substances include weathering products of rocks, soil particles, ash, salt, and other similar materials.

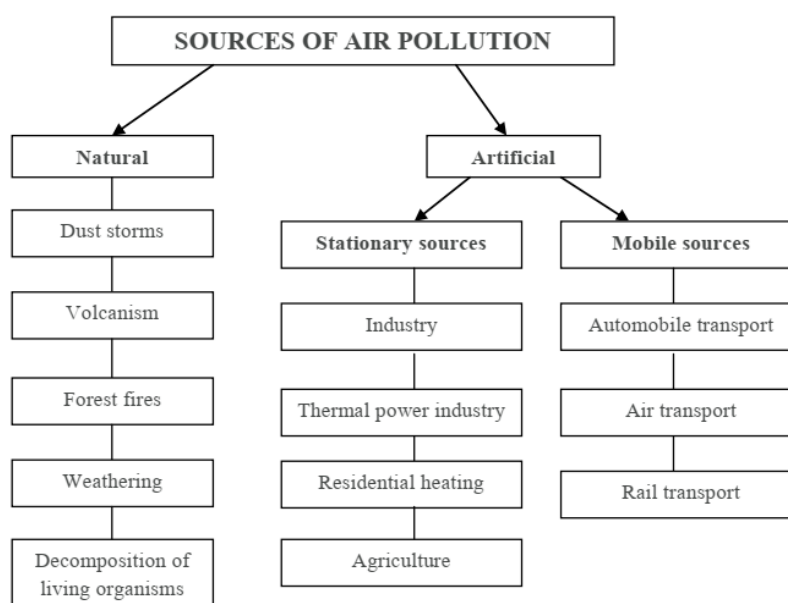


Fig. 3.1.2. Sources of Air Pollution

The Earth's atmosphere contains a variety of organic impurities, which are byproducts of organisms' life processes. These impurities encompass hydrocarbon alcohols, organic acids, esters, and aldehydes. Gaseous excretions with chemical activity produced by plants are referred to as "atmovitamins," which serve essential functions for many organisms. Organic substances that exhibit antimicrobial properties against bacteria, microorganisms, and fungi are known as "phytoncides."

The annual inflow of sea salts into the atmosphere is estimated at 0.700 to 1.5 billion tonnes, while the removal of soil dust amounts to 7-700 million tonnes. Aerosol formation resulting from forest fires is estimated at 35-360 million tonnes. Altogether, a total of up to 2.3 billion tonnes of naturally occurring aerosols are released into the atmosphere from various sources.

If natural sources of pollution remain below the maximum permissible concentration (MPC), they do not induce significant alterations in the atmosphere. However, the widespread release of pollutants from natural sources within a specific region, such as ash and gas emissions from volcanoes or forest and steppe fires, can pose a serious threat to air quality. In some cases, these events can lead to the formation of an impenetrable barrier around the Earth, resulting in shifts in its heat balance. Nonetheless, natural atmospheric pollution generally has limited impact on human health, as it adheres to specific biological laws and is regulated by substance cycles, occurring periodically and predictably.

Manmade (anthropogenic) air pollution arises from human activities, leading to alterations in the composition and properties of the atmosphere. Manmade pollution sources can be categorised as stationary and mobile sources.

The most significant manmade sources of pollution include:

- *Thermal power plants*, which release emissions comprising sulphur dioxide, nitrogen oxides, soot (a carrier of tarry substances), dust, and ash containing salts of heavy metals.
- *Ferrous metallurgy plants*, which encompass blast furnaces, steelmaking and rolling facilities, mining shops, sinter plants, coke and chemical plants, and facilities for processing waste from primary production processes, as well as thermal power plants. Emissions from these operations consist of carbon monoxide, sulphur dioxide, dust, nitrogen oxides, hydrogen sulphide, ammonia, carbon disulfide, chromium and manganese aerosols, benzene, phenol, pyridine, and naphthalene.
- *Non-ferrous metallurgy*, which contaminates the atmosphere with fluorine compounds of non-ferrous and heavy metals (often in aerosol form), mercury vapours, sulphur dioxide, nitrogen oxides, carbon monoxide, polymetallic dust, resinous substances, and hydrocarbons containing benzo(a)pyrene.
- *Machine building and metal processing*: Air emissions from enterprises in this sector comprise aerosols of non-ferrous and heavy metal compounds, including mercury vapours, and organic solvent vapours.
- *Oil refining and petrochemical industry*: These industries serve as sources of the following air pollutants - hydrogen sulphide, sulphur dioxide, carbon monoxide, ammonia, and hydrocarbons, including benzo(a)pyrene.
- *Inorganic chemical enterprises*: Emissions from these operations include sulphur and nitrogen oxides, hydrogen sulphide, ammonia, phosphorus compounds, free chlorine, and carbon monoxide.
- *Organic chemical enterprises*: These facilities release substantial quantities of organic substances with complex chemical compositions, hydrochloric acid, heavy metal compounds, soot, and dust.

Construction materials production facilities release pollutants into the atmosphere, including dust containing heavy metal compounds, fluorine, silicon dioxide, asbestos, gypsum, and fine glass dust.

Chemical air pollution from motor vehicles is a significant factor that influences the geographical distribution of pollutants. The geographical patterns of pollutant dispersion are highly complex and are shaped not only by the layout of the motorway network and traffic density but also by the multitude of intersections where vehicles operate in varying modes.

The global number of motorised vehicles currently stands at 630 million and is projected to double within the next 20 to 30 years.

Environmental pollution resulting from motor vehicles poses a significant threat to human health. Exhaust gases released by these vehicles enter the lower atmospheric layer, where dispersion becomes challenging. Moreover, residential buildings located near motorways act as barriers, trapping pollutants.

The Primary Constituents of Air Pollution in vehicle exhaust emissions include carbon monoxide (0.5-10% by volume), nitrogen oxides (up to 0.8%), unburned hydrocarbons (0.2-3.0%), aldehydes (up to 0.2%), and soot. In absolute terms, for every 1000 litres of fuel consumed, a carburettor engine emits the following with exhaust and ground-level emissions: 200 kg of carbon monoxide, 25 kg of hydrocarbons, 20 kg of nitrogen oxides, 1 kg of soot, and 1 kg of sulphurous compounds.

The most common air pollutants enter the atmosphere mainly in two forms: either as suspended particles (aerosols) or as gases. By weight, gaseous emissions account for the largest share (80-90%) of all air emissions.

The main harmful impurities of anthropogenic origin are:

- **Carbon monoxide.** Carbon monoxide is produced through the incomplete combustion of carbon-based materials. It is emitted into the atmosphere through processes such as solid waste incineration, as well as from industrial enterprises' exhaust gases and emissions. Carbon monoxide is a compound that readily reacts with atmospheric constituents, leading to an elevation in global temperatures and the greenhouse effect.

- **Sulphur dioxide** is a colourless gas with a pungent odour. It is released during the combustion of sulphur-containing fuels or the processing of sulphurous ores. Some sulphur compounds are emitted during the combustion of organic residues in mining dumps. Sulphur dioxide is discharged into the environment as a result of emissions from heat and power generation, utilities, and transportation. It ranks as the second-largest air pollutant, following carbon dioxide. Sulphur dioxide is also a component of acid precipitation.

- **Hydrogen sulphide and carbon sulphide.** Hydrogen sulphide and carbon sulphide are released into the atmosphere either independently or in conjunction with other sulphur compounds. The primary sources of these emissions include the production of man-made fibres, sugar refining, coke and chemical industries, as well as oil refineries. When present in the atmosphere and interacting with other pollutants, these compounds undergo gradual oxidation, ultimately forming sulphur dioxide.

- **Nitrogen oxide.** Nitrogen oxide is a compound formed by the combination of nitrogen and oxygen. Depending on the degree of oxidation, the following nitrogen oxides exist: NO, N₂O, N₂O₃, NO₂, and N₂O₅. Oxides N₂O₃ and N₂O₅ are in solid form, while all others are gaseous. Natural sources of nitric oxide in the environment include lightning and volcanic eruptions. Man-made sources of nitrous oxide emissions encompass chemical plants, the production of mineral fertilisers, explosives, nitric acid, bacterial decomposition of silage, and more. The most significant volume of nitrogen oxide emissions arises from road transportation. The concentrations of nitrogen oxides in urban air during the day closely correlate with traffic intensity and solar radiation. Consequently, nitrogen oxide accumulates in the atmosphere during daylight hours due to the photochemical oxidation of this gas. Nitrogen oxide is a hazardous pollutant due to its high toxicity and its adverse effects on the atmosphere, including acid precipitation and smog. Moreover, in the stratosphere, nitrogen oxide contributes to ozone depletion.

- **Fluorine compounds.** Pollution sources include facilities involved in aluminium, enamel, glass, ceramics, steel, and phosphate fertiliser production. Substances containing fluorine

are released into the atmosphere as gaseous compounds, such as hydrogen fluoride, or as dust containing sodium and calcium fluoride. These compounds exhibit toxic effects, and fluorine derivatives are potent insecticides.

- **Chlorine compounds.** They enter the atmosphere from chemical plants producing hydrochloric acid, chlorine-containing pesticides, organic dyes, hydrolysis alcohol, bleach, and soda. Chlorine molecules and hydrochloric acid vapours occur in the atmosphere as impurities. The toxicity of chlorine depends on the type of compounds and their concentration. The metallurgical industry releases various heavy metals and toxic gases into the atmosphere during iron smelting and steelmaking. For instance, for every tonne of pig iron produced, in addition to 12.7 kg of sulphur dioxide and 14.5 kg of dust particles containing arsenic, phosphorus, antimony, lead, mercury vapour, tar substances, and hydrogen cyanide, the industry emits.

- In addition to gaseous pollutants, a significant amount of particulate matter is released into the atmosphere, including **dust, soot, and ash**. Environmental contamination with heavy metals poses a significant danger. Lead, cadmium, mercury, copper, nickel, zinc, chromium, and vanadium have become nearly constant components of the air in industrial centres.

Harmful effects of polluted air on people, animals and plants. The harmful effects of polluted air on humans, animals, and plants are of great concern. A crucial issue concerning these effects is the adherence to environmental regulations in the operation of enterprises, facilities, and other activities. Compliance with these regulations can be achieved through the implementation and more efficient utilisation of environmental protection measures. Among these measures, preventing air pollution is of paramount importance, as any breach of air quality inevitably impacts the condition of water and land. Therefore, air protection measures should ensure the preservation of flora and fauna. Thus, safeguarding the environment from harmful biological effects necessitates a comprehensive approach to preventing air and water pollution caused by industrial emissions.

Air pollution is defined as an increase in the concentration of physical, chemical, and biological components beyond levels that disrupt natural systems. Within industrial emissions, the primary sources of air pollution are low-process and ventilation emissions (such as shop lights and ventilation systems), which make up approximately 80% of total emissions. A crucial characteristic of such emissions, in terms of air pollution, is that the highest concentrations of harmful substances are found in close proximity to their source, unlike high sources where this occurs at a distance of up to fifteen times the chimney height. As a result, industrial emissions into the atmosphere primarily impact humans and the environment, with the most severe manifestations taking place near industrial sites and their surrounding areas. Here, the air contains significantly higher concentrations of harmful substances, exceeding maximum permissible levels by 2-5 times, and often even more. These areas also accumulate a substantial portion of these pollutants in the soil and on the surface of water bodies.

Therefore, addressing the issue of preventing air pollution is particularly critical in cities, where a significant portion of the population and industrial activity is concentrated.

The unfavourable environmental situation is attributed to unresolved issues concerning the implementation of environmental protection measures, imperfect methodological materials for the design of air purification devices, and insufficient baseline data for environmental assessments of manufactured products and developed technological processes.

Industrial emissions into the atmosphere disperse over a considerable distance, contaminating the surface air layer not only at industrial sites but also in neighbouring residential areas. Both organised and fugitive process emissions have a substantial impact on air pollution. Existing regulatory and technical documentation permits maximum air pollution levels at the air intake points of industrial ventilation systems, which is set at 0.3 times the Maximum Permissible Concentration (MPC). Furthermore, air pollution resulting from ventilation system emissions should not exceed 1 MPC. Nevertheless, many enterprises fail to meet these requirements, resulting in air pollution that often exceeds not only the MPCs but also the Maximum Permissible Emission (MPE) standards by several times.

The consistent or periodic presence of harmful substances in the air of residential areas, with concentrations exceeding standard values, leads to various health issues, including the development of diseases, and even cancer. It also contributes to substance abuse among certain individuals, complicates the progression of cardiovascular diseases, and triggers the onset and development of respiratory and nervous system conditions. Studies indicate that in areas with relatively low levels of air pollution, the incidence of respiratory diseases increases by two or more times, while in highly polluted areas, it may surge by up to 40 times. Children are particularly vulnerable to the effects of pollutants, with the damage to their health being several times greater than that experienced by adults.

It has been established that a persistent exceedance of the permissible concentration of just one type of controlled pollutant results in a 1.7-fold increase in morbidity, and in certain age groups, even up to three times. Atmospheric pollution also directly impacts building facades, decorative ornaments, vehicles, monuments, clothing, and more.

The Impact of War on Air Quality in Ukraine

The quality of the air in Ukraine has deteriorated due to hostilities in both direct and indirect ways. The direct impact of hostilities involves the detonation of shells and the use of artillery and aerial bombs. According to the State Emergency Service, more than 120,000 explosive devices, including 1,978 aircraft bombs, were defused in Ukraine during the first three months of the war. Additionally, the Russian army fired 2,275 missiles at Ukraine, with some of these missiles hitting Ukrainian ammunition depots, leading to further detonations. Such explosions release lead, soot, carbon, and other harmful substances into the air. The remnants of the shells contain sulphur, copper, iron, and carbon. When these pollutants reach the soil, they contaminate water and subsequently pose risks to human and animal health.

Indirect impacts of the hostilities include fires in ecosystems, explosions of oil depots, attacks on industrial facilities, and hazardous waste storage facilities, such as polyurethane foam, mineral fertilisers, paint and varnish, ammonium nitrate, etc. As of May 24, 2022, 36 hits on oil infrastructure facilities were recorded. Fires at oil depots emit heavy metals, sulphur dioxide, soot, nitrogen oxides, and other pollutants into the air, which are harmful to human health. Moreover, these pollutants that seep into the soil gradually degrade the quality of groundwater and surface water. Emissions from forest fires, oil depots, and other facilities total approximately 182 million tonnes of harmful substances. According to the Ministry of Environment of Ukraine, the amount of harmful substances emitted into the air during the war is equal to the amount of emissions from one steel plant for a full year of operation.

Measures for Atmospheric Air Protection

Atmospheric protection comprises a system of local, state, and international measures aimed at preserving, rationally utilising, and safeguarding the qualitative and quantitative attributes of the air and atmospheric circulation that are beneficial for society and the entire natural environment. It is an integral part of the broader endeavour to protect the natural world.

These atmospheric protection measures can be categorised into three main groups:

Measures to prevent air pollution through the rational, dispersed location of industrial enterprises, taking into account natural conditions, pollution, and air self-purification capabilities.

Measures to reduce the gross volume of pollutants released into the atmosphere, including the improvement of fuel quality and technological processes (low- and no-waste technologies).

Measures to disperse, treat, and neutralise harmful emissions, encompassing the

construction of chimneys, installation of treatment facilities (filters), bacterial decomposition of pollutants, and their absorption by plants.

Additionally, there are economic, technological, organisational, administrative, and political methods for combating air pollution.

The primary and most effective methods are economic in nature. Many developed countries have well-designed systems of incentives and penalties aimed at reducing pollutant emissions. Businesses that implement zero-waste technologies and new treatment facilities benefit from significant tax advantages, thereby enhancing their competitiveness. Conversely, companies that contribute to atmospheric pollution face substantial taxes and fines, with the fines determined by the quantity of pollutants released into the air (exceeding the MPC) and the duration of emissions.

Technological methods (measures) for addressing air pollution are typically considered after economic ones. Among these, the following are the primary measures:

1. Reducing the number of thermal power plants by constructing larger, more efficient facilities with advanced systems for cleaning and utilising waste gases and dust (aerosols). A single large thermal power plant pollutes the air much less than 100 boiler houses of the same capacity. Special facilities, such as cyclones, are used to clean the gases emitted from thermal power plant furnaces before they are released into the atmosphere. Some countries have nearly complete purification of thermal power plant gases from harmful impurities, resulting in economic benefits. For example, France meets its sulphuric acid needs by utilising gases from thermal power plants, as it lacks its own sulphur deposits, which are sourced from other countries. Certain thermal power plants have even established briquette production using captured dust, which serves as a building material.

2. Precombustion cleaning of coal to remove pyrite (ferrous (II) sulphide - FeS_2) before its use in thermal power plant furnaces. Pyrite decomposes during oxidation in furnaces, releasing SO_2 . Pyrite purification is particularly relevant due to the declining quality of coal used in thermal power plants over the years, with increasing pyrite content. Effective coal cleaning can result in a reduction of sulphur oxide emissions by 98-99%.

3. Substituting coal and fuel oil with cleaner fuels (such as natural gas) at thermal power plants and transitioning to environmentally friendly energy sources (solar, wind, water, geothermal). Gas-fired power plants emit only CO_2 and nitrogen oxides, the latter of which can also be captured from emissions.

4. Raising the height of chimneys. The greater the chimney's height, the better the dispersion of dust and gas emissions in the atmosphere. A chimney of 100 metres can disperse harmful substances within a radius of up to 20 kilometres, while a chimney of 250 metres can disperse up to 75 kilometres. There was once a proposal to construct ultra-high chimneys (over 300 metres) at thermal power plants, initially in the West and later in our country. The world's tallest chimney, exceeding 400 metres in height, was built at the Sudbury Copper and Nickel Plant in Canada. However, releasing emissions through tall chimneys can exacerbate environmental damage, as aerosols linger in the upper atmosphere for years, leading to the pollution of more remote areas and an overall increase in background air pollution. Additionally, as the height of a chimney increases, its construction cost rises significantly, making it advisable not to build chimneys over 150 metres in height.

5. Enhancing the efficiency of power plants.

6. Enhancement of power plant treatment facilities. The construction of emission treatment facilities is an effective but expensive measure, with costs ranging from 8-10% of the total expense of the primary production facilities. The European Parliament has enacted legislation mandating that thermal power plants install facilities not only for dust and smoke removal but also for addressing all other gases. The cost of implementing such facilities may account for up to 40% of the total expenditure on the power plants themselves.

7. Regulation of internal combustion engines in vehicles, including the installation of catalysts that convert carbon monoxide to CO₂, the introduction of electronic fuel control systems, and the replacement of environmentally hazardous leaded petrol with less harmful unleaded petrol.

Organisational measures include the following:

1. The rational spatial arrangement of residential and industrial areas within cities. Maximising the distance between these areas is crucial, and the creation of green sanitary protection zones between them is recommended.
2. The planning of major traffic routes, especially for heavy vehicles such as trucks, outside of residential regions.
3. The design of power transmission lines located outside of towns and villages.
4. The introduction of greenery into settlements. During the growing season, one hectare of forest can trap 40-60 tonnes of airborne dust and neutralise over 200-250 kg of sulphur (IV) oxide, 100 kg of chlorine, and 50 kg of fluorine. Gas-resistant plants exhibit even greater absorption of harmful substances. Polluted air entering middle-aged green spaces at depths of 100-150 metres is nearly devoid of suspended particles, with a tenfold reduction in other impurities.

The purifying capacity of green spaces exceeds the amount of impurities carried by precipitation, especially during the summer. Within a year, 1 hectare of forest can purify more than 18 million cubic metres of air, removing dust and other harmful components. This is 3 to 10 times more than what field plants cultivated by humans on a similar area can achieve. Moreover, a forest of this size releases 2-4 kg of phytoncides into the air daily, and just 30 kg of phytoncides is sufficient to combat pathogens in a large city. Tree canopies also alter the direction of surface air currents, contributing to the formation of upward drafts, ultimately dispersing pollutants.

5. Utilisation of soundproofing materials in the construction of industrial facilities.

The State of Air Quality in Ukraine

The primary sources of air pollution in Ukraine include ferrous metallurgy (33%), energy production (30%), coal mining (10%), and the chemical and petrochemical industries (7%). Annually, approximately 17 million tonnes of hazardous substances are released into the atmosphere across Ukraine. Over a third of all industrial air pollutant emissions originate from fuel-fired thermal power plants. The energy sector, ferrous metallurgy, and coal mining contribute significantly to sulphur dioxide emissions, accounting for 80% of the total. Nitrogen oxide emissions are primarily associated with energy and metallurgical enterprises, representing 72% of the emissions. The chemical, petrochemical, and gas industries are responsible for the majority of hydrocarbon emissions (43%). Motor vehicles contribute to more than a third of total harmful air emissions, amounting to 6.5 million tonnes annually. In Yevpatoria and Uzhhorod, this figure accounts for 91% of the total emissions.

It has been established that prolonged exposure to air pollution, including substances such as sulphur dioxide, carbon monoxide, nitrogen oxides, and others, has adverse effects on human health. This exposure can lead to an increase in overall morbidity among the population, resulting in damage to specific organs and bodily systems. Ukraine is home to approximately 1,500 enterprises that release harmful substances into the atmosphere, contributing to an annual increase of 12 million tonnes in total waste production.

The highest levels of air pollution are typically observed in the Donetsk and Transnistrian regions of Ukraine, as well as around regional centres. Our country is taking steps to reduce air

emissions by equipping sources of harmful substances with dust and gas cleaning units. Outdated dust and gas cleaning units are either being replaced or subject to reconstruction, and low- and zero-waste technological processes are being introduced. Transportation is a major contributor to air pollution, accounting for over 40% of carbon monoxide, 46% of hydrocarbons, and approximately 30% of nitrogen oxides in the total emissions of these substances into the atmosphere. The collective volume of harmful emissions from motor vehicles amounts to 2.7 million tonnes annually. In Ukraine, emissions from motor vehicles constitute about 27% of the total pollutant emissions.

According to the State Statistics Service of Ukraine, in 2020, emissions of air pollutants from stationary sources amounted to 2,238.6 thousand tonnes, which is 220.9 thousand tonnes (9.0%) less than in 2019.

The overall emissions of air pollutants, including chlorine vapours, iron, and manganese oxides, remain low and do not exceed 1 kg per year.

In the same year, stationary pollution sources emitted 109.1 million tonnes of carbon dioxide, a greenhouse gas influencing climate change, marking an 8.99% decrease compared to 2019.

On the other hand, mobile pollution sources, particularly road transport, released 1,778.7 thousand tonnes of pollutants into the atmosphere, an increase of 129.9 thousand tonnes compared to the previous year.

In 2020, the total emissions of pollutants from both stationary and mobile sources reached 4,017.3 thousand tonnes, with 2,238.6 thousand tonnes from stationary sources and 1,778.7 thousand tonnes from mobile sources.

Notably, the highest emissions from stationary sources in 2020 were recorded in the Donetsk Oblast (750.9 kt), Dnipropetrovsk Oblast (534.6 kt), and Zaporizhzhia Oblast (155.4 kt).

For the same year, the per capita air pollutant emissions for each resident of Ukraine amounted to 53.6 kg, while each square kilometre of the country's territory accounted for 3.8 tonnes of pollutants.

Among Ukrainian settlements, four cities experienced the highest anthropogenic load (over 100 thousand tonnes of pollutants) in 2020: Burshtyn, Kurakhove, Kryvyi Rih, and Mariupol. The total air pollutant emissions in these cities account for 35% of all emissions in the country.

The primary chemical components that were released into the air from stationary sources in 2020 included substances in the form of suspended particulate matter (248.9 thousand tonnes, 11.1% of the total pollutants), sulphur dioxide and other sulphur compounds (782.1 thousand tonnes, 34.9%), methane (429.1 thousand tonnes, 19.1%), and others.

The major toxic elements that polluted the air due to the operation of mobile pollution sources were carbon monoxide (76.3% or 1358.4 thousand tonnes), nitrogen dioxide (10.6% or 189.9 thousand tonnes), non-methane volatile organic compounds (9.8% or 175.3 thousand tonnes), soot (1.5% or 27.7 thousand tonnes), and sulphur dioxide (1.1% or 20.8 thousand tonnes).

The anthropogenic and man-made air pollution burden in Ukraine is several times higher than in developed countries. The primary air pollutant sources are the extractive and processing industries, electricity, gas, steam, and air conditioning, with their emissions accounting for more than 90% of the total air emissions in Ukraine.

In terms of economic activity, the manufacturing industry is responsible for the largest share of pollutant emissions, accounting for 38.8%.

The second-largest source of pollution is the supply of electricity, gas, steam, and air conditioning, representing 37.9% of emissions. Specifically, metallurgy contributes to 32.6% of the country's total emissions. Meanwhile, the mining and quarrying industry accounts for 16.3% of overall air emissions.

3.2. State of the Air in Zakarpattia: Main Pollution Threats and Conservation Issues

In 2020, there was a slight decrease in air pollutant emissions from stationary sources. According to the Main Department of Statistics, the amount of pollutants entering the air basin in 2020 from stationary sources of pollution decreased by 10.8% compared to 2019, amounting to 3.3 thousand tonnes, as opposed to 3.7 thousand tonnes in 2019. Greenhouse gas emissions, including methane, accounted for 28.9% of the total pollutant emissions, with carbon dioxide emissions contributing 0.2 million tonnes.

Among the total air pollutant emissions, the most significant contributors are as follows:

Raions and cities with the most polluted air		Raions and cities with the cleanest air	
Uzhhorod	40,51%	Tyachiv	1,16%
Volovets	12,35%	Rakhiv	0,93%
Svaliava	8,92%	Mukachevo	0,65%
Perechyn	7,23%	Khust city	0,58%
Mukachevo city	6,39%	Irshava	0,47%
Mizhhirya	4,9%	Vynohradiv	0,33%
Khust	4,72%	Berehovo	0,14%
Berehovo	4,54%	Chop city	0,05
Uzhhorod city	3,53%	Velykyi Bereznyi	1,16%

On average, in 2020, each enterprise in the region emitted 19.8 tonnes of pollutants into the atmosphere.

The decrease in air pollutant emissions in the region can be attributed to major contributors, such as JSC "Zakarpazhaz" and the main gas pipelines of the Zakarpattia Oblast Linear Production Department of Main Gas Pipelines. More specifically, these emissions are directly proportional to the amount of gas pumped by these enterprises.

The volume of pollutant emissions from stationary sources per person decreased compared to 2019, dropping from 3.0 kg to 2.6 kg.

The main factors contributing to air pollution include the volume of gas pumped, outdated technical equipment, and maintenance practices at compressor stations. Inefficient operation of antiquated gas cleaning equipment has been observed at asphalt concrete plants of the Zakarpattia Oblast Road Service and powerful boiler houses in Mukachevo, Berehove, Vynohradiv, and Khust raion heating networks. Additionally, the boiler houses of the Ministry of Transport and Communications of Ukraine are inadequately equipped with ash collectors.

Motor vehicles remain the primary air pollutant in Zakarpattia Oblast, contributing to over 90% of the total emissions. In recent years, there has been a significant increase in the number of motor vehicles, along with a rise in the number of petrol stations, which constitutes a significant source of air pollution.

Among the enterprises responsible for the largest air emissions in the region are JSC "Zakarpazhaz" and the main gas pipelines of the Zakarpattia Linear Production Department, which collectively account for 68.1% of the total emissions, amounting to 2.3 thousand tonnes. Consequently, the reduction of pollutant emissions into the atmosphere is closely tied to these enterprises, particularly in terms of the volume of gas they pump and the maintenance practices at their compressor stations.

References:

1. Boichuk Yu.D., Soloshenko E. M. *Ekolohiia i okhorona navkolyshnoho seredovyshcha*. - [Ecology and Environmental Protection] K.: Vydavnychiy dim «Kniahynia Olha», 2005. – 302 s.
2. Dzhyhyrei V. S. *Ekolohiia ta okhorona navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha: Navch. posibnyk*. [Ecology and Environmental Protection: Study Guide.] -K.: Znannia, KOO., 2004. – 309 s.

3. Klymenko V.H., Tsyhichko O.Iu. Zabrudnennia atmosferneho povitria: Metodychna rozrobka dlia studentiv-heohrafiv.[Atmospheric Air Pollution: Methodical Development for Students of Geography.] KhNU im. V.N. Karazina, 2010. – 26 s.
4. Malymon S.S. Osnovy ekolohii: Pidruchnyk [Basics of Ecology: Textbook] Vinnytsia: Nova Knyha, 2009. - 240 s.
5. Musiienko M.M. Serebriakov V.V., Braion O.V. Ekolohiia. Okhorona pryrody: Slovnyk-dovidnyk. [Ecology. Nature Protection: Dictionary and Reference Book.]K.: T-vo «Znannia», KOO, 2002. – 550 s.
6. Natsionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha Ukrainy u 2020 rotsi. [National Report on the State of the Environment of Ukraine in 2020:]– Rezhym dostupu: <https://mepr.gov.ua/news/38840.html>.
7. Rehionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha Zakarpatskoi oblasti za 2020 rik [Regional Report on the State of the Environment of Zakarpattia Oblast for 2020]. – [Elektronnyi resurs], 2021. – Rezhym dostupu: https://ecozakarp.at.gov.ua/wp-content/nd/Zakarp_reg_dop_2020.pdf.
8. Yatsentiuk Yu.V. Heoekolohiia: Navchalnyi posibnyk. [Geoecology: Coursebook] – Vinnytsia: «Edelveis», 2007. – 396 s.
9. Zapakhlo smalenym: yak viina vplyvaie na stan povitria v Ukraini. [It Smells Like Fried: How the War Affects the Air in Ukraine.][Elektronnyi resurs], 2022. – Rezhym dostupu: <https://kunsht.com.ua/zapaxlo-smalenim-yak-vijna-vplivaye-na-stan-povitrya-v-ukra%D1%97ni/>

CHAPTER 4. POLLUTION ISSUES OF THE WATER BODIES OF ZAKARPATTIA
(M. Vakerych)

4.1. Sources of Polluting Water Bodies, National Issues of Their Preservation

Water is one of the most common substances on planet Earth. The total amount of water on Earth is about 1.5 billion km³, and its weight is 1.5×10^{18} tons. On average, the amount of water per person constitutes 1/5 km³, or 200 million tons! However, the salty waters of the World Ocean constitute 96,5% of all water on the planet, land waters (rivers, lakes, swamps, underground waters, glaciers, permafrost) account for 3,5%. All these water bodies have certain typical properties and in aggregate make up a single continuous water shell of the globe – the hydrosphere.

So, the hydrosphere is the water shell of the Earth, that is, water in all its possible aggregate states. The hydrosphere includes the totality of all water bodies on the globe: oceans, seas, rivers, lakes, reservoirs, swamps, groundwater, glaciers, and snow cover.

Water resources are a strategic, vital natural resource of special importance. They are the national wealth of every country, one of the natural pillars of its economic development; ensure the functioning of all spheres of human life and economic activity, determine opportunities for the development of industry and the agro-industrial complex, the location of settlements, the organization of recreation and the improvement of people's health. Water is the basis of life on our planet. Over 20% of it is concentrated underground and only 1% circulates in rivers, lakes, swamps and the atmosphere. The proportion of water in the soil is not less than 20%, in plants and animal organisms – up to 50%. The human body is made of 70% water: 99% of it is in the vitreous body of the eye, 83% is in the blood, 75% is in the brain and muscles, 22% is in the skeleton, and 0.2% is in tooth enamel. Of the total amount of water, 97.5% is the salt water of the World Ocean. A little more than 2% of all water, or about 39,500 km³, is usable by humans. Of the indicated volume of water, 69% is snow and ice of Antarctica and Greenland, about 30% is underground water, and only 0.12% is the surface water of rivers and lakes. About 9,000 km³ is suitable for direct use, and about 4,000 km³ is consumed. If we consider the needs of water with respect to parts of the world, the largest amount is consumed in Asia – 55% of all water, in North America – 19, Europe – 9.2, Africa – 4.7, South America – 3.3, the rest of the territories – 8.8%. By sectors of the economy, agriculture uses 70% of water, industry – 22%, households account for 8%. The annual world average water intake from rivers and underground sources is 600 m³ per person, of which 50 m³ is drinking water, i.e. 137 liters per person per day. In North America and Japan, water consumption per day is 600 liters, in Europe – 250-350, in countries near the Sahara – 10-20 liters.

Water resources of Ukraine consist of the flow of rivers and fresh underground waters. The resources of the local river flow, that is, the flow formed in the river network on the territory of the country, in an average-flow year are 52.4 billion m³, and in a very low-flow year with 95% water availability – 29.7 billion m³. The inflow of river waters from the neighbouring territories in such years amounts to 157.4 and 121.7 billion m³, respectively, of which 122.7 and 95.5 billion m³ come through the Kili branch of the Dunai. The total amount of water resources of the river flow in an average-flow year are 209.8 billion m³, and in a very low-flow year – 151.4 billion m³. Water resources available for wide use are formed mainly in the basins of the Dnipro, the Dnister, the Siverskyi Donets, the Pivdennyi Buh (Southern Buh) and Zakhidnyi Buh (Western Buh), as well as small rivers of Pryazovia (the Azov Sea region) and Prychornomoria (the Black Sea region). Lakes in Ukraine occupy 0.3% of the country's territory. Big lakes are located in the lower reaches of the Dunai and on the coast of the Black Sea (Sasyk, Yalpuh, Katlabuh, Kahul, Kytai); in the basin of the Zakhidnyi Buh (Western Buh) – Svitiaz, the biggest of the mountain lakes is Synevyr (Fig. 4.1.1.). Based on the approximate estimates, the volume of water in fresh lakes reaches 2.3 billion m³. Freshwater lakes are used for local water supply, irrigation, the breeding of fish, waterfowl and valuable fur-bearing animals, and as fresh water accumulators.



Fig. 4.1.1. The biggest mountain lake of Ukraine – Synevyr (Zakarpattia oblast)

According to long-term observations, in an average-flow year, the potential resources of the river waters in Ukraine amount to 88 billion m³ (without the flow of the Dunai river), of which only 52 billion m³ are formed within Ukraine. In a low-flow year, these reserves are much lower and amount to 56 billion m³ and 32 billion m³, respectively. In most regions of Ukraine, the transit flow exceeds the local flow. The highest amount of water resources (58%) is concentrated in the rivers of the Dunai basin in the border regions of Ukraine, where the demand for water does not exceed 5% of its total reserves. Donbas, Kryvyi Rih, Krym and other southern oblasts of Ukraine, where the largest water consumers are concentrated, are the least provided with water resources. The issue with the supply of water resources in Ukraine is particularly acute, because in terms of water reserves that are formed on the territory of the country and are available for use, it is one of the least supplied countries in Europe. The minimum level of water supply determined by the UN is 1.7 thousand m³ per year per person. In Ukraine, this figure is only 1.0 thousand m³. According to the international classification, only Zakarpattia oblast belongs to the regions with the average supply local flow (6.3 thousand m³ per 1 person). The water supply in Chernihiv, Zhytomyr, Volyn and Ivano-Frankivsk oblasts (3.3–2.0 thousand m³) is low, in other oblasts – very low and extremely low (1.98–0.12 thousand m³ per person). Taking into account the different natural and climatic conditions of the regions of Ukraine, the issue of their water supply is solved by the State Water Agency of Ukraine at the expense of territorial and seasonal redistribution of water resources. In providing low-water regions with water resources, a significant role is played by large state main water lines of complex purpose, which supply about 3 billion m³ of water every year. In order to provide the population and sectors of the economy with the required amount of water, there were built 1,103 reservoirs with a total volume of over 55 billion m³ and about 49,000 ponds, 7 large canals 1,021 km long and 10 large-diameter aqueducts, which supply water to low-water regions of Ukraine.

In recent years, as a result of global climate change, signs of water scarcity have been observed since 2015 in relation to the accumulation of surface water resources. For example, the hydrological situation on the rivers of Ukraine in the summer of 2016 was characterized as unfavorable, due to low boundary water levels and local (short-term) torrential rains, which caused negative consequences on water bodies.

Surface freshwater bodies of Ukraine occupy an area of 24.1 thousand km² or 4.0% of the total territory (603.7 thousand km²) of our state. These bodies include rivers, lakes, reservoirs,

ponds, canals, etc. The most important water bodies of Ukraine are rivers. There are 63,119 rivers in Ukraine, of which 9 are large (the water catchment area of more than 50 thousand km²), 81 rivers are medium (from 2 to 50 thousand km²), and 63,029 rivers are small (less than 2 thousand km²). The total length of rivers is 206.4 thousand km, of which 90% are small rivers. The big rivers include the Dunai, Dniro, Dniester, Tysa, Pivdennyi Buh (Southern Buh), Pripjat, Desna, Siverskyi Donets, and Zakhidnyi Buh (Western Buh). Most of the rivers are in the basins of the Chorne sea (Black sea) and the Azovske sea (Azov sea), and only 4.4% are in the Baltic Sea basin. The largest number of rivers is in the Dniro basin – 27.7%, the Dunai – 26.3%, the Dniester – 23.7% and the Pivdennyi Buh – 9.3%. 3.3 thousand rivers are over 10 km long; their total length is 94.4 thousand km. The average density of the river network is 0.34 km/km². The highest density of the river network is in the Carpathians, where it reaches 2.0 km/km². This indicator is also significant in the Crimean Mountains, primarily on the Southern coast of Krym (Crimea). The lowest density of rivers is in Kherson oblast, where large areas are endorheic. Among all the rivers of Ukraine, the Dniro has the largest water catchment area – 504 thousand km². According to this characteristic, the river ranks third in Europe. Among the rivers with a very large water catchment area, the Dunai stands out – 817 thousand km². The largest Ukrainian part of the Tysa river catchment has an area of 12.8 thousand km². According to long-term observations, the potential resources of Ukrainian river waters amount to 209.8 km³ (together with the Dunai river), of which only 25% are formed within Ukraine, the rest comes from the Russian Federation, the Republic of Belarus, Romania.

According to the results of the regional assessment carried out in 1975–1980, the estimated resources of underground waters of Ukraine amount to 61,689.2 thousand m³/day, of which 57,499.9 thousand m³/day with mineralization up to 1500 mg/dm³. The predictable groundwater resources are distributed unevenly by region, which is due to the distinction in the geological-structural and physical-geographical conditions of different regions of Ukraine. Most of the predictable resources are concentrated in the northern and western oblasts of Ukraine, the resources of the southern part are limited. The largest amount of forecast groundwater resources is concentrated in Chernihiv oblast – 8,326.7 thousand m³ / day, the smallest – in Kirovohrad (404.6 thousand m³ / day), Chernivtsi (405.3 thousand m³ / day) and Mykolaiv (441.6 thousand m³/day) oblasts.

Underground waters account for 13.8% of the state's total water consumption. They determine the provision of drinking water for the population of cities and urban-type villages in Luhansk, Lviv, Volyn, Zakarpattia, Zhytomyr, Kirovohrad, Rivne, Poltava, Sumy, Ternopil, Kherson, Khmelnytskyi, Chernivtsi, Chernihiv oblasts and the Autonomous Republic of Crimea, where the use of underground water for these needs reaches 30–70%. Agricultural water supply is also based on the use of water from underground sources. Mainly, underground water is used for domestic and drinking water supply, agriculture, industrial and technical purposes. Agricultural water supply almost everywhere in local systems is carried out by means of using underground water resources.

4.2. Water Resources of Zakarpattia: Major Pollution Threats and Conservation Issues

Water resources of Zakarpattia oblast are formed due to the surface flow of the rivers of the Tysa river basin (4.2.1.), local river flow formed within the oblast, transit river flow formed on the territory of Romania, Hungary, and Slovakia, as well as due to operational underground water reserves. The rivers of Zakarpattia oblast are geographically located and belong to the basin of one of the largest tributaries of the Dunai – the Tysa river, which is the main water artery of the oblast. The total length of the Tysa river is 967 km, of which 262 km is within the borders of Ukraine. All rivers originate in the high mountain part of the Carpathians. The territory of the oblast is cut across by a dense river network, and its average density is 1.7 km/km². In general 9,426 rivers, with a total length of 19,723 km, flow in the oblast. The total length of 155 rivers,

each of them being longer than 10 km, is 3.43 thousand km. Each of the rivers Tysa, Borzhava, Latorytsa and Uzh is over 100 km long.

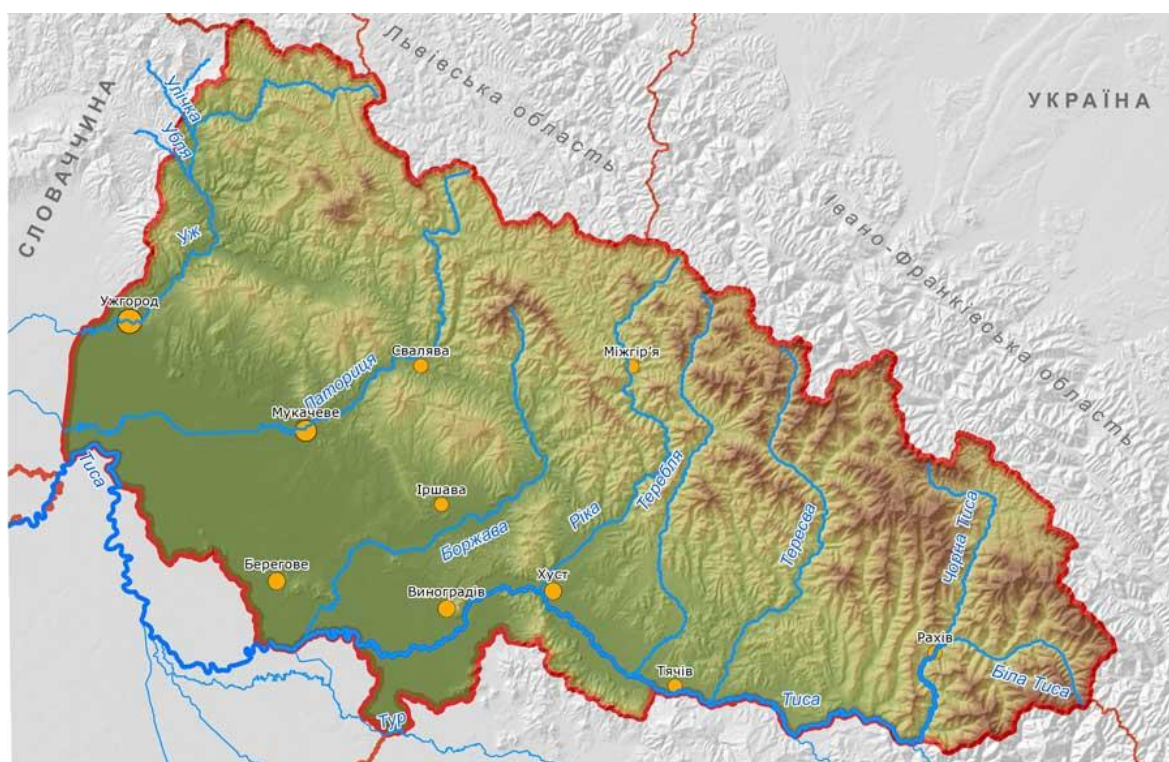


Fig. 4.2.1. The scheme of the Tysa river basin (<https://buvrtyisa.gov.ua/newsite/>)

The surface flow on the territory of the oblast is formed by the right-bank tributaries of the Tysa river – the rivers Teresva, Tereblia, Rika, Borzhava, which flow into the Tysa river, and the Uzh and Latorytsia rivers, which flow into the Laborets and Bodroh rivers in Slovakia. Lakes in the Tysa basin are usually of glacial origin. Some of them were formed as a result of mountain collapses or have a volcanic origin. The biggest lake is Synevyr, located in the upper reaches of the Tereblia river at an altitude of 989 m above sea level. The area of its water mirror is about 7 hectares, the average depth is 16-17 m.

Agricultural water supply, with the exception of a small number of water intakes from mountain streams, is based primarily on underground water. Zakarpattia is the most humid oblast of Ukraine. All explored or operating underground water intakes in the oblast feature infiltration, so the quality of water extracted from them depends entirely on the characteristics of surface flow and requires special protection. In general, drinking underground waters are sufficient to meet the population's drinking water needs, but they are distributed very unevenly. The total amount of calculated exploitable reserves and predictable underground water resources in Zakarpattia oblast is 1125.11 thousand m³/day.

In the flat part of the oblast, underground water resources significantly exceed the volumes of their possible use. In the mountainous part of Zakarpattia, especially in the areas with impermeable flysch rocks, drinking underground water resources are insignificant. In this regard, mountain streams in forested areas outside settlements are promising for the centralized supply of quality water to the population.

The largest consumers of water are enterprises of housing and communal services of the oblast (41.41% of total water use in the oblast) and agriculture (40.31% of total water consumption). Regarding total water consumption in terms of fresh water use, the smallest water user of the oblast is industry, which accounts for 4.88% of the total volume. This is explained by

a significant reduction in industrial production in the oblast. In the agro-industrial complex of the oblast, water resources are used in two main directions: agricultural water supply and fisheries. The technical condition of agricultural water supply systems in general is at an unsatisfactory level. A significant number of existing water pipelines were built without projects or with large deviations from them. Most of the networks, due to their technical condition, require replacement, the facilities are in need of modernization. From the point of view of sanitary and hygienic reliability, most rural water pipes do not meet regulatory requirements.

Pollution of water bodies. The main causes of *surface water* pollution are discharges of untreated and insufficiently treated municipal and industrial wastewater into water bodies and through the city sewage system; entry of pollutants into water bodies in the process of surface water flow from built-up areas and agricultural land, as well as soil erosion in the water intake area.

For the vast majority of industrial and municipal enterprises, discharges of polluting substances significantly exceed the established level of maximum permissible discharges. Wastewater treatment facilities are technologically outdated, often operate with significant overloads and accidents, and in some places in villages with centralized water supply and urban-type villages they do not exist at all, or they are primitive, often overloaded filtration fields.

According to the results of summarizing the data of the state water use accounting in 2016, 5,399 million m³ of wastewater were discharged into surface water bodies, including: industrial enterprises – 3,444 million m³, housing and communal services – 1,551 million m³, and agricultural enterprises – 336 million m³.

Of the total volume of wastewater discharged into water bodies, the polluted water amounts to 698.3 million m³ (13%), normatively purified – 1,381 million m³ (25%), normatively clean without purification – 3,120 million m³ (58%), mine and quarry waters, which are not categorized – 199,7 million m³ (4%).

In total, there are 558 enterprises polluting water bodies.

For example, in the summer of 2016, there were 16 cases of river pollution that led to negative consequences (death of aquatic living resources and deterioration of the ecological condition).

The quality of surface water is also negatively affected by the discharge of mine and quarry water, which is discharged into surface water bodies in a volume of 295.3 million m³ without purification.

Together with wastewater, 22.67 thousand tons of suspended solids, 275.2 tons of oil products, 5.6 thousand tons of ammonium nitrogen, 45.4 thousand tons of nitrates, 1.55 thousand tons of t of nitrites, 238.2 tons of synthetic superficial-active substances, 431.1 tons of iron, 4541 tons of phosphates, etc. In addition, the total indicator of Chemical Oxygen Demand (COD) was 73,01 thousand tons and Biological Oxygen Demand (BOD) – 16,8 thousand tons.

The main factors of *ground water* pollution in the most part of the territory of Ukraine are municipal effluents, effluents from animal husbandry complexes, mineral fertilizers, agrochemical products, lead, manganese, petroleum products. Pollution of interlayer ground water has a local character, depends on man-made load on the geological environment and protection of ground water. Areas of pressure ground water pollution are mainly located in the zone of influence of the surface complex of drainage water utilization of mining and extractive works, unorganised warehouses for the storage of industrial waste, mineral fertilizers and toxic chemicals, animal husbandry complexes, oil refineries and other local objects that affect the condition of underground water.

As a result of the concentration of waste disposal sites, caused by the concentration of industry and population, there is a focal development of industrial pollution of underground water (industrial zone of Donbas, Western Donbas and Kryvbas – Luhansk, Donetsk, Dnipropetrovsk and Zaporizhia oblasts). The use of mineral and organic fertilizers and pesticides during the development of agricultural land in the southern oblasts of Ukraine also leads to the deterioration

of the quality of underground water, but this process is less intensive and has a regional character (Kherson, Mykolaiv, Odesa, Poltava oblasts). Consequently, a significant man-made load on the territory led to the formation of persistent centers of underground water pollution. On the territory of Ukraine, as of January 1, 2017, the number of registered surface centers of underground water pollution remained unchanged and amounted to 200, local ones – 262. Groundwater in the zone of influence of the main centers is contaminated with chlorides, sulfates, nitrates, ammonia, rhodanides, phenols, petroleum products, manganese, lead, strontium in quantities that, in some cases, several times exceeded the limits of permissible concentration.

In Zakarpattia oblast, most food industry enterprises (the processing of vegetables and fruits) are equipped with mechanical treatment facilities. There are enterprises that are equipped with mechanical and biological treatment facilities, but do not discharge return water directly into surface water bodies. All gas stations in Zakarpattia oblast are equipped with treatment facilities for contaminated rainwater run-off (mud settling tanks and gasoline oil traps).

On the territory of some petrol stations there are also installed purification facilities of deep biological purification of domestic wastewater.

In 2020, 3.259 million m³ of insufficiently purified and 0.273 million m³ of unpurified wastewater were discharged into surface reservoirs of the region. The total volume of polluted wastewater discharged into surface reservoirs is 3.532 million m³, which is 25.54% more than in 2019. The share of polluted (insufficiently purified and unpurified) wastewater in the total discharge is 9.26%.

According to the data provided by the Department of Ecology and Natural Resources of the Zakarpattia Oblast State Administration, the total volume of pollutants with return water discharged into surface water bodies in the period from 2018 to 2020 increased from 18,345 to 21,753 thousand tons (Table 4.2.1.).

Table 4.2.1.

Discharge of pollutants with return water into surface water bodies

Discharge of pollutants by region	2018	2019	2020
	Amount of pollutants, thousand tons	Amount of pollutants, thousand tons	Amount of pollutants, thousand tons
ammonium nitrogen	0,088	0,101	0,101
BOD5	0,468	0,620	0,613
suspended solids	0,466	0,462	0,475
nitrates	0,236	0,188	0,233

Pollution Issues of the Water Bodies of Zakarpattia

nitrites	0,015	0,019	0,018
sulfates	1,916	1,655	1,837
mineralization	11,96	11,75	13,195
chlorides	1,604	2,593	2,215
COD	1,484	1,392	1,380
iron	0,009	0,824	0,723
petroleum products	0	0,008	0,004
surface-active substances	0,009	0,889	0,857
phosphates	0,068	0,072	0,084
total phosphorus	0,022	0,017	0,018
amount of discharged pollutants, in total	18,345	20,59	21,753

The objects of housing and communal enterprises of the oblast still remain the largest pollutants of surface water bodies (Table 4.2.2). 93% of the existing sewage treatment facilities of communal enterprises need reconstruction, increase in capacity and introduction of new wastewater treatment technologies. During 2019, there were no emergency situations in the oblast that would have led to pollution of the surface water bodies of the Tysy river basin.

Table 4.2.2.

Discharge of return water and pollutants by the main water users polluting surface water bodies

Назва водокористувача-забруднювача	Наявність, потужність (м3/добу), ефективність використання (використання потужності) очисних споруд	2018 рік			2019 рік			2020 рік		
		об'єм скидання зворотних вод, млн. м ³	У тому числі об'єм скидання забруднених (без очищення) та недостатньо очищених зворотних вод, млн. м ³	Кількість забруднюючих речовин, що скидаються разом із зворотними водами, т	об'єм скидання зворотних вод, млн. м ³	У тому числі об'єм скидання забруднених (без очищення) та недостатньо очищених зворотних вод, млн. м ³	Кількість забруднюючих речовин, що скидаються із зворотними водами, т	об'єм скидання зворотних вод, млн. м ³	У тому числі об'єм скидання забруднених (без очищення) та недостатньо очищених зворотних вод, млн. м ³	Кількість забруднюючих речовин, що скидаються із зворотними водами, т
1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Водоканал м. Ужгорода	50000	19,38	1,128	10630	18,54	0,292	10469	19,331	1,031	11039
ТОВ "Водоканал Карпатвіз"	5280	0,458	0,362	427	0,519	0,367	577	0,539	0,367	470
ММКП Мукачів-водоканал	16000	7,900	0,165	3318	7,870	0,165	4614	7,720	0,169	4760
КП Чопської міської ради "Водоканал Чоп"	2250	0,245	0,245	198	0,223	0,223	284	0,223	0,223	309
КП Рахівтепло, м. Рахів	10800	0,218	0,218	120	0,197	0,197	157	0,154	0,154	297
ВУЖКГ, м. Виноградів	5500	0,589	0,589	435	0,526	0,526	363	0,525	0,525	516
ВУЖКГ, м. Тячів	1800	0,085	0,085	12	0,085	0,085	11	0,080	0,080	119
КПВ смт Солотвино	2500	0,062	0,062	38	0,059	0,059	35	0,049	0,049	36
КП "Комуналь-ник", м. Перечин	1200	0,167	0,167	78	0,177	0,177	33	0,164	0,164	152
ВУЖКГ, смт. Міжгіря	80	0,118	0,118	64	0,122	0,122	76	0,110	0,110	81
ВУЖКГ, м. Хуст	3490	0,544	0,216	432	0,536	0,219	462	0,544	0,544	287
КП "ВС "Водоканалсервіс"	200	0,071	0,024	33	0,063	0,063	20	0,059	0,015	34

Ways of Solving Water Management Issues of Ukraine.

Solving water management and environmental problems in Ukraine is a priority area of state policy in the field of use, protection and reproduction of water resources and should be carried out in the following 5 ways, namely:

- protection of surface and underground waters from pollution – the strategic goal of which is to achieve ecologically safe use of water resources. This will guarantee the ecological safety of water bodies, balance the harmful effects on water resources and ensure their ability to self-clean and self-renewal.

- ecologically safe use of water resources – the strategic goal of which is to ensure, in the process of using water resources, the priority of environmental protection functions over the economic use of surface and underground waters, to introduce water-saving technologies in all sectors of the economy.

- revitalization and maintenance of a favourable hydrological state of rivers and measures to counteract the harmful effects of water (silting, erosion of banks) – it has the strategic goal of improving the general ecological state of water bodies based on the basin approach, which will ensure the sustainable functioning of natural ecosystems and the harmonious development of economic complexes.

- improvement of the system of managing water protection and water resources use – the goal of which is to implement the principles of improving the ecological condition of water bodies based on the basin approach, on whose foundation water protection programs of areas, oblasts, and individual settlements will be developed and implemented.

- reducing the impact of radioactive pollution..

The priority measures are the implementation and operation of the basin principle of water resources management, which is currently the only correct one from the theoretical, methodological and practical points of view. For this it is necessary:

1. To urgently restore the ecological certificates of enterprises.
2. To carry out the certification of rivers on a qualitatively new methodological basis, starting with the most anthropogenically overloaded ones.
3. To carry out an inventory of reservoirs and ponds, since the regulation of river flow exceeded the upper ecologically acceptable and economically feasible limits, which significantly worsened the ecological state of water ecosystems.
4. To organize an ecological assessment of surface waters taking into account hydrochemical, toxicological, bacteriological, radiological indicators – only then can you obtain information about the real ecological state of water resources.
5. To carry out water management and ecological zoning of river basins and, on its basis, establish the priority of investments related to water protection measures.
6. To establish a differentiated fee for the use of water resources depending on the water supply of the region and water quality.
7. To establish stations for monitoring quality indicators of water resources on all cross-border rivers.
8. To develop Plans of river basin management.

To assess the anthropogenic load on water ecosystems, the level of rationality of water use in the river basin, the water use management system, it is advisable to keep in mind the following indicators:

- water supply is considered satisfactory for the existence of ecosystems under conditions of consumption of less than 10% of river run-off;
- in case of using 20% of the run-off, there is a need to limit water use and implement measures to regulate the flow;
- if water use exceeds 20% of the flow, the water body is not able to meet the requirements of water users and, correspondingly, ensure the socio-economic development of the region;
- 70% is the critical limit that leads to a fundamental violation of the condition of water systems.

These restrictions are especially relevant for small rivers, considering that in the case of an increase in irreversible consumption, the ability of the watercourse to self-regulate is significantly reduced and the natural interrelationships of the ecosystem of a small river are disturbed.

A critical situation with water resources occurs when the volume of river flow does not provide at least a 10-fold dilution of polluted water flows.

When studying the ecological state of water bodies and the impact of anthropogenic load on water ecosystems, it is necessary to rely on the initial information regarding:

- pollution of surface water by point water users-pollutants and the level of efficiency of technologies used at their enterprises;
- pollution by the agricultural sector, due to surface pollution of water by soil washed away from the fields;
- the level of organization of monitoring surface water quality of the basin;
- the technical condition of sewage treatment facilities and the presence of own treatment facilities in the populated areas;
- compliance with the regime of water protection zones and coastal protective strips;
- the scale of flooding of settlements and agricultural lands;

- the level of certification of water bodies;
- the presence of environmentally dangerous objects in the pool;
- the impact of energy complexes on the natural environment;
- the state of the natural structure of river basin landscapes;
- plowed area of the basin territory;
- the focus of economic activity on the territory of the basin;
- existing problems of preserving biological and landscape diversity and forming an eco-network in the river basin;
- the validity of the measures for afforestation of the territory in view of their physical and geographical location.

State policy in the field of water management should ensure: the implementation of the rights of current and future generations to use ecologically friendly water resource potential; balancing the needs of economic and social development and the possibilities of ecologically sound water resources.

Achieving ecological security of Ukraine and its balanced development depends to a large extent on the conditions of water resources.

The main areas of implementation of the state water policy are as follows:

- the establishment of conditions for uninterrupted satisfaction of economic and drinking needs of citizens of Ukraine within the framework of sanitary and hygienic standards;
- protection of the population and the industrial and economic complex from the harmful effects of floods, high waters, water erosion, underflooding, droughts, etc.;
- regulation of economic activity to achieve a balance between the needs of economic development and the possibilities of reproduction of ecologically friendly water resources;
- step-by-step restoration of disturbed water ecosystems, primarily their self-cleaning capacity.

Measures to improve the condition of water bodies in Zakarpattia oblast. In order to solve environmental problems, ensure balanced economic and social development of the territory, effective use of the natural resources of the oblast, in 2020 the Environmental Protection Program of the Zakarpattia region for 2019-2020 was implemented. It was approved on December 13, 2018 by the oblast council's decision No. 1335 (with amendments). The financing of environmental protection measures was carried out at the expense of the oblast fund of environmental protection from the oblast budget.

The main measures that will improve the situation in the industry:

- construction of wastewater purification facilities for residential and communal sector;
- reconstruction of the existing wastewater purification facilities of the residential and communal sector;
- construction of sewage facilities and networks;
- reconstruction of existing sewage facilities and networks.

Solving the problem of wastewater purification and stopping the pollution of water bodies is possible with sufficient financial support of existing environmental protection programs at the national, regional and local levels.

CHAPTER 5. ISSUES OF SOIL POLLUTION IN ZAKARPATTIA (Ya. Hasynets)

5.1. Sources of Soil Pollution and Types of Soil Degradation. National Issues of Soil Conservation.

Soil is a significant natural resource and a vital component of ecosystems, essential for producing crucial human products, including food. Therefore soil, through ecosystem services, is a global factor in regulating the planet's climate and managing natural resources worldwide (Pozniak, 2017).

Unfortunately, pollution and degradation have inevitably accompanied humanity throughout its historical development.

Soil contamination – is the input of physical agents, chemicals and organisms that change soil properties and disrupt its functions.

Pollution, which is one of the causes of soil loss and degradation, can be divided into

- technogenic, related to the activities of industrial enterprises and transport;
- agrogenic, associated with agricultural land use (application of fertilisers, pesticides, chemical ameliorants, etc.).

Types of soil contamination:

- **chemical** can occur:

- deliberately – chemicals are deliberately introduced into the soil, most often in agriculture and forestry: pesticides, mineral fertilisers, plant growth stimulants, etc. The introduction of these substances into the soil is a controlled process and they are only dangerous if introduced into the soil in excess, when agrochemical and hygienic application regulations are not followed;

- unintentionally – substances are introduced together with domestic and industrial wastewater and solid waste, atmospheric emissions from industrial enterprises, and vehicle exhaust fumes.

Accordingly, the radius of action and intensity of pollution can vary across different regions.

Based on their aggregate state (gaseous, liquid, solid) and mode of action, pollutants can be simplistically divided into the following groups:

- gases (especially sulphur-containing industrial emissions, halides and nitrogen oxides);
- dust (ash, lime dust, particles containing heavy metals, especially industrial emissions);
- salts (transported by air and water, especially while sprinkling streets in winter to remove ice or when salt is extracted and processed);
- agrochemicals (plant protection products, fertilisers);
- organic gases and liquids (primarily fossil fuel products);
- radioactive precipitation (mainly in case of air pollution).

Changes in soil chemical parameters affect the growth and productivity of individual species and their populations over a short or long period of time, or lead to more or less severe disruption of the structure of phytocoenoses and even to the development of succession.

- **biological** – soil contamination by alien microorganisms as a result of domestic and agricultural waste entering the soil, as well as by aerosols from microbiological production. Domestic waste can introduce potentially dangerous microorganisms (pathogenic and toxicogenic) into the soil that can cause intestinal infections and food poisoning in humans, epidemic diseases in animals, and plant toxicosis.

Another type of bio-pollution is the spread of allergenic weed species.

- **mechanical** pollution is contamination by residues of construction materials, asbestos, broken glass, ceramics and other relatively inert waste.

The most common pollutants (contaminants) of soils are chemicals, among which the following groups can be distinguished.

1. Pesticides are chemicals used in agriculture to control pests of crops and products, as well as to increase crop yields. Pesticides are divided into: insecticides – insect control agents, acaricides – tick control agents, herbicides – weed control agents, algaecides – alga control agents, fungicides – fungus control agents, bactericides – bacterium control agents, molluscicides – snail and slug control agents, nematocides – nematode control agents, zoocides – vertebrate pest control agents (Havrylenko, 2008).

The environmental hazard of pesticides is mainly due to their behaviour on agricultural land, as this is where they actively interact with the environment and can easily migrate to other areas and environments. Therefore, in addition to the potentially dangerous circulation in the biosphere, there is also a detrimental impact on flora and fauna, and thus on human health through crop products;

2. Mineral fertilisers are inorganic chemical compounds used in agriculture to improve soil fertility. There are macrofertilisers, which include macroelements such as nitrogen, phosphorus, potassium, and microfertilisers, which include microelements such as boron, molybdenum, copper, manganese, zinc, and cobalt that are applied to the soil in relatively small quantities (10-100 times less than macrofertilisers).

The ingress of fertiliser components from the soil into the groundwater and their removal from the soil with surface runoff can cause increased algae growth and lead to eutrophication of natural waters. The improper use of mineral fertilisers worsens the nutrient cycle and balance, agrochemical properties and fertility of the soil. On the contrary, the use of fertilisers in violation of the technology and their imperfect quality and properties can reduce crop productivity, significantly affecting product quality (for example, nitrate accumulation);

3. Compounds of heavy metals (mainly lead, cadmium, tin, mercury), whose sources of income are divided into natural and technogenic. Natural sources include weathering of rocks and minerals, erosion processes, and volcanic activity. Technogenic sources of soil contamination with heavy metals include air emissions from ferrous metallurgy enterprises, motor vehicles, liquid and solid municipal waste (including wastewater), pesticides, organic and mineral fertilisers.

A significant part of heavy metals is extremely toxic, even in minimal amounts. They are not subject to decomposition processes and can only be redistributed among natural environments. The uptake of heavy metals by plants and their subsequent accumulation along the food chain is a potential threat to human and animal health;

4. Components of gas and smoke emissions (dioxins, etc.). Dioxins are a large group of polychlorinated dibenzodioxin and furan derivatives. These are highly toxic and highly stable impurities of some pesticides and industrial chemicals that are formed during the synthesis of these compounds, as well as in the result of various technological processes and everyday economic activities (metallurgical industry, pulp and paper production, oil refining, vehicle exhaust fumes, disinfection of drinking water with molecular chlorine, household stoves, waste incineration).

In the biosphere, dioxin is rapidly absorbed by plants, soil and various materials, where it remains almost unchanged under the influence of physical, chemical and biological environmental factors. Due to its ability to form complexes, it binds strongly to soil organic matter, interacts with the remains of dead soil microorganisms and dead plant parts. The half-life of dioxins is quite long, so they persist in the environment for a long time and accumulate in the food chain. Dioxins enter the human body with the consumption of food products of animal origin, enriched with fats (~90%), mainly meat, fish and milk. They are extremely stable in the human body, accumulate mainly in adipose tissue, skin, and liver, and can cause reproductive and developmental problems, damage the immune system, disrupt hormones, and cause cancer;

5. Oil and oil products (petrol, diesel fuel, lubricants, etc.) are the most widespread and dangerous technogenic pollutants that enter the soil as a result of oil pipeline accidents; through industrial wastewater; with precipitation; when using agricultural machinery in the fields; when washed off the roadbed, car washes and transport enterprises. When oil products enter the soil, they are absorbed by means of capillary forces and can remain in this state for a long time,

completely depriving the soil of fertility and turning it into a sponge saturated with oil products. This changes the physical and chemical characteristics of the soil horizons, changes the water and physical properties of soil, and ultimately reduces land productivity. In soils impregnated with oil, the structure is dispersed, water permeability decreases, oxygen is displaced, and biochemical and microbiological processes are disrupted. As a result, the water, air and nutrient regime deteriorates, root nutrition of plants is disrupted, and their growth and development are inhibited. Oil pollution creates a new environmental situation, which leads to a profound change in all links of natural biocenoses or their complete transformation.

6. **Radionuclides (radioactive isotopes)** are atoms that have unstable nuclei and move to a stable position through radioactive decay accompanied by radiation. The phenomenon of spontaneous emission of radiation by chemical elements with high penetrating power and ionising properties is called natural radioactivity. Radioactivity means that the nuclei of radioactive elements spontaneously decay with the release of α -, β -particles and γ -quanta or by fission; the original nucleus is transformed into a nucleus of another element. A sequence of nuclides, each of which spontaneously transfers to the next through radioactive decay until a stable isotope is obtained, is called a radioactive series. Artificial radioactivity is the spontaneous decay of nuclei of elements obtained artificially through appropriate nuclear reactions.

There is natural radioactivity of soils caused by the content of isotopes of Uranium, Radium, Thorium, Potassium-40, Rubidium-87, Carbon-14 and Tritium, the superheavy isotope of Hydrogen, in soils and rocks. Concentrations of natural radionuclides are low and do not pose a threat to the environment and humans.

The problem of radioactive contamination of the environment became more acute after the invention of nuclear weapons and the development of nuclear power. Radioactive contaminants are characterised by the fact that they do not change the level of soil fertility, but remain in the soil for a long time and pose a great environmental hazard. From the soil, they get into plants, and then to animals and humans.

The most dangerous are long-living anthropogenic radionuclides, which are characterised by remaining in soils for a long time. They include: Strontium-90 (^{90}Sr), Cesium-137 (^{137}Cs), Iodine-129 (^{129}I), Rubidium-106 (^{106}Ru), Plutonium-239 (^{239}Pu), Uranium-238 (^{238}U), Cerium-144 (^{144}Ce), Thorium-232 (^{232}Th), Radium-226 (^{226}Ra). Strontium-90 has a half-life of 28 years, Cesium-137 – 33 years, some long-living radionuclides have a half-life of hundreds and thousands of years, and Uranium-238 – $4.5 \cdot 10^9$ years.

The main sources of soil pollution.

Technogenic emissions result from the combustion of various fuels or from gaseous and aerosol waste from industrial enterprises of ferrous and non-ferrous metallurgy, chemical plants, and motor vehicles. A significant source of technogenic pollution is fuel transportation, oil and gas production and transportation, industrial wastewater, and industrial and domestic waste dumps.

Industrial enterprises. Industrial waste contains substances that can cause toxic effects on living organisms and their communities. For example:

- metallurgical waste contains salts of non-ferrous and heavy metals;
- radioactive contamination accompanies all parts of the complex nuclear energy sector: uranium mining and processing, NPP operation, fuel storage and regeneration, nuclear waste disposal, and increases catastrophically in the event of accidents at nuclear power plants and nuclear weapons testing;
- environmental pollution by cyanides, arsenic and beryllium compounds from the machine-building industry;
- waste of benzene and phenol, methanol, phenol, turpentine in the production of plastics and artificial fibres;
- cube residues – typical waste from the pulp and paper industry.

Transport. Internal combustion engines of transport emit nitrogen oxides, plumbum, hydrocarbons and other substances that fall on the soil surface or penetrate plants. Petrol and oil

residues, and dirt containing toxic substances from motor vehicles, which settle on roads and subsequently leach into nearby soils with precipitation are also dangerous.

Heat power industry. The combustion of coal releases sulphur oxides, soot, etc. into the air, which eventually get into the soil.

Residential buildings and domestic enterprises. Pollutants include household waste, food waste, faeces, construction waste, waste from heating systems, and waste from public facilities.

Agriculture is an agrogenic pollution. It is caused by substances harmful to plants and animals that enter the soil during their agricultural use. The sources of pollution are mineral fertilisers, chemical ameliorants, pesticides, chemical plant protection products, wastewater used for irrigation, etc. Furthermore, they are sources of soil pollution by heavy metals (lead, mercury, zinc, manganese).

Armed conflicts. Soil conditions are also heavily affected by *armed conflicts*, especially as a result of the use of modern weapons technology. Military activities alter soil not only during conflicts, but also in peacetime through shelling, military bases, industrial operations, detonation and dropping of munitions.

Soil degradation.

The general consequences of anthropogenic impacts on soils have been a reduction in the area of land suitable for agriculture, and soil degradation.

The reduction of land suitable for farming is due to urbanisation, land allocation for construction, transport networks, water reservoirs, and landfills. Land is lost in the course of mineral extraction as mining waste.

Degradation is a natural and anthropogenic process of deterioration of natural soil properties and regimes that cause persistent negative changes in their functions, reduce stability and decrease fertility. Under such conditions, the intensity of soil destruction processes exceeds the intensity of soil formation or soil reproduction. Soil that has irreversibly impaired ecological functions and that has been characterised by reduced crop productivity for a long time should be considered degraded.

The main causes of soil loss and degradation include

- irrational and excessive ploughing;
- soil erosion, which manifests itself in the destruction of soil cover by water flows (water erosion) or wind (wind erosion);
- overgrazing, which causes the destruction of grass cover, soil compaction with subsequent erosion;
- deforestation, which leads to leaching of nutrients from the soil, changes in moisture and possible subsequent erosion;
- irrigation in arid areas can lead to the rise of salts into the surface layers and cause salinisation;
- acidification of soils – lowering of their pH;
- waterlogging caused by irrational irrigation of land, infiltration of water from reservoirs, flooding and submergence of territories;
- damage of the mechanical structure of soils when using heavy machinery for cultivation;
- soil pollution (by excessive mineral fertilisers, pesticides, oil products, heavy metals, etc.).

The most common negative natural and anthropogenic process that leads to soil degradation is erosion.

Soil **erosion** is the process of destruction of the soil profile by water (water erosion) and wind (wind erosion or deflation).

Erosion is divided into:

1. *Geological (natural)* – a natural process that occurs without human influence, under the influence of wind and water. It has always existed in nature as a normal geological process. Its speed is the same as that of soil formation. It is very slow, does not cause much damage, does not

reduce soil fertility, and is almost impossible to prevent.

2. *Accelerated (destructive)* – the result of human activity: improper farming, forestry, construction, industry, transport, road building activities, when the integrity of the soil surface and its sod protection are violated leading to the appearance of furrows, ditches, and ravines. It occurs rapidly.

Depending on the factors of destruction, erosion is divided into water and wind types:

1. *Water erosion* is the washing away of soil by surface water (rain, melt and irrigation (irrigation and watering)). There are two types of water erosion:

- surface – when the upper fertile soil horizons are washed away over large areas;
- deep – occurs on steep slopes and leads to the formation of ravines.

Water erosion occurs mainly on ploughed slopes, especially where ploughing is carried out along the slope rather than across it. As a result, longitudinal furrows are created, along which melt and rainwater flows. Water erosion leads to a significant washout of the topsoil, much of which flows into water bodies, enriching them with biogens.

Water erosion is exacerbated by:

- deforestation, devastation of grass cover, ploughing of slopes;
- shallow ploughing;
- a significant amount of precipitation;
- irrational land reclamation.

2. *Wind erosion (deflation)* is the destruction of the soil layer by the wind. It usually occurs in areas that are poorly protected or not protected by vegetation, often where there is no soil sod cover. The most dangerous manifestation of wind erosion is dust storms caused by strong winds. Wind erosion is predominantly common in desert-steppe zones.

Wind erosion is exacerbated by:

- ploughing of light sandy loam and sandy soils;
- lack of crop rotation;
- violation of land reclamation.

The causes of accelerated erosion are:

a) Uncontrolled deforestation. Forests are the most effective in protecting soil from erosion, as the root system of trees holds and loosens the soil, allowing it to better accumulate rainfall water. Such soil absorbs water gradually, providing it with sufficient moisture, and three times reduces water evaporation. In addition, forest areas have a significant impact on the climate of the area, softening it and preventing the soil from drying out.

b) The ploughing of meadows. Herbaceous plants have a well-developed root system, which often forms turf on the soil surface, which performs soil protection functions.

c) Overgrazing is dangerous because

- vegetation cover is destroyed and reduced;
- the soil structure is disturbed as a result of being knocked out by livestock limbs;
- of gradual degradation of vegetation and loss of soil structure, leading to erosion;
- waterlogged depressions are formed on the routes of the livestock drive and around the livestock corral as a result of soil compaction, which accelerates erosion;
- excessive grazing of livestock in dry and arid areas with light (sandy) soils causes the destruction of turf, leading to wind erosion.

d) Improper agricultural practices:

- lack of crop rotation – long-term cultivation of the same crop in one place leads to soil depletion, deterioration of its structure, and increased wind and water erosion;
- longitudinal ploughing of slopes (Kazimirova).

Intensive production, the use of heavy agricultural machinery and improper crop rotation have a negative impact on both soil structure and fertility. These imperfect agricultural practices cause soil **overcompaction**, regardless of soil type. The consequences of overcompaction include

- disruption of the soil structure due to the destruction of capillaries, an increase in the density

and hardness of the topsoil, which leads to a deterioration in the circulation of water and air within the soil layers;

- disruption of soil thermoregulation. In overcompacted soil, temperature fluctuations during the day are more significant and sharper;
- the process of moisture evaporation is disrupted. The movement of moisture to the lower soil layers is restricted, which causes it to accumulate in the upper layer and can lead to the formation of so-called "saucers" in the fields, causing oxygen starvation of plant roots.

Soil protection.

Soil protection is a global issue that is linked to the preservation of biodiversity and the provision of population with food. Therefore, the **rational use of soils** is important, i.e., a system of measures aimed at improving, protecting and sustainable using of land resources.

In protecting land resources, the priority measures are the fight against wind and water erosion, the implementation of a system of melioration measures, and land reclamation (Boychuk, Soloshenko, 2005).

To prevent *soil exhaustion*, whose external manifestation is reflected in a sharp decline in crop yields, it is necessary to observe crop rotations, improve soils by applying organic fertilisers, and grow resistant varieties.

Important measures to combat *resalinisation* include crop rotation, rational tillage to maintain soil structure; rational irrigation regimes; and effective melioration measures (including the formation of drain screens or the creation of forest plantations).

The introduction of progressive forms of tillage, modern mechanisation, minimisation of repeated tillage, and the introduction of plowless tillage can significantly help to preserve soil.

An important measure is the introduction of organic (biological) farming without the use of pesticides and ineffective mineral fertilisers (Havrylenko, 2008).

Legal regulation in the field of land protection is carried out in accordance with the Constitution of Ukraine, the Land Code of Ukraine, and the Law of Ukraine "On Land Protection".

Current state of soil resources in Ukraine.

Agricultural land in Ukraine comprises 41.9 million hectares (69.5%) of the total land area. hectares (69.5%) of the total land area; forests and other forested areas – 10.7 million hectares (17.7%); built-up area – 2.5 million hectares (4.1%); underwater and open waterlogged land – 3.4 million hectares (5.6%); open land without vegetation or with little vegetation (stony places, sands, ravines) and dry open land with special vegetation cover – 0.6 million hectares (1.1%). Ukraine has one of the world's highest per capita availability of agricultural and arable lands. Thus, arable land accounts for 54.2% and has the largest share, pastures – for 8.8%, hayfields – for 3.8%, and perennial plantations – for 1.4% (National Report on the State of the Environment in Ukraine in 2018). Such a distribution of land characterizes high ploughing and agricultural development of the territory of Ukraine, which leads to a violation of the ecologically balanced ratio of agricultural land, forests, water bodies, and negatively affects the sustainability of agricultural landscapes and causes a significant technogenic burden on the ecosphere. There is an overuse of agricultural land, which to varying degrees affects soil fertility due to its erosion, overcompaction, loss of lumpy-grained structure, water permeability and aeration capacity, leading to the environmental consequences.

Every year, Ukraine loses about 740 million tonnes of soil, including more than 24 million tonnes of humus, 0.5 million tonnes of nitrogen, 0.7 million tonnes of mobile phosphate, 0.8 million tonnes of potassium, and a large amount of trace elements. Erosion processes, destroying soils, primarily affect their supply with organic matter. Thus, the humus content in lightly eroded chernozems decreases by 5-10%, in medium-eroded chernozems – by 25-30%, and in heavily eroded chernozems – by 35-40% compared to their full-profile analogues (National Report on the State of Soil Fertility in Ukraine, 2010). At the same time, 500-700 kg of nutrients are lost per hectare, which is 2.3 times more than the amount applied with fertilisers. The amount of land in Ukraine damaged by water erosion reaches 32% of the total area, or 13.3 million hectares. Of

these, 4.5 million hectares are medium- and highly denuded soil, while 68,000 hectares have completely lost their humus horizon. More than 6 million hectares in Ukraine are systematically affected by harmful wind erosion, and in years with dust storm these figures reach the level of 20 million hectares (Baliuk and Medvediev, 2012). All this indicates a high degree of erosion processes, which is one of the most significant factors in reducing land productivity and causing great damage to agricultural production. Scientists estimate that, depending on the degree of land erosion, each hectare of land is not harvested by 10 to 50% of the crop. The negative effects of anthropogenic erosion affect not only agricultural production, but also all components of the natural environment – relief, surface and groundwater, vegetation and all biota.

The increase in erosion in recent years is due not only to the increase in arable land, but also to the use of heavy tillage machinery that compacts and destroys the soil structure. The water resistance of the structure of denuded soils has decreased to 10-15%. The reasons for the intensification of erosion processes in Ukraine are the massive neglect of the simplest agrotechnical anti-erosion measures, imperfect land management in terms of erosion protection, and underestimation of shelterbelt forestry.

Physical degradation as a result of intensive agricultural land use, namely excessive ploughing, intensive mechanical cultivation and a decrease in soil organic matter content, has covered almost all arable land in Ukraine. It is manifested in topsoil destructuring, clodding after ploughing, flooding and crusting, plough treads, and overcompaction of subsoil and deeper layers. Physically degraded soils are prone to erosion, absorb and retain atmospheric moisture less intensively, and limit the development of plant root systems (Baliuk, Medvediev et al., 2012).

About 8.5 million hectares, or almost 21% of all agricultural land in Ukraine, is covered by soils with excessive acidity, which limits the normal development and growth of crop yields. They are widespread in Polissia, Prykarpattia, the Carpathian Mountains, Zakarpattia, and the western and northern forest-steppe regions. Among arable land, acid soils cover a total area of about 5.46 million hectares, including 0.64 million hectares with a strong acid reaction, 1.37 million hectares – with a medium acid reaction and 3.45 million hectares – with a weak acid reaction. There are about 3.04 million hectares of acid soils under natural forage lands. In the absence or insufficient level of chemical amelioration, a gradual increase in acidity occurs on a significant part of acid soils (Baliuk and Miroshnychenko, 2020).

The area of saline soils is 2.8 million hectares (mainly in the steppe), approximately 2/3 of which are ploughed, and about 0.8 million hectares are irrigated (Baliuk, Medvediev et al., 2012). Salinisation processes are almost omnipresent on chestnut, dark chestnut, some meadow chestnut and meadow chernozem soils of Prysyvashshia, the Azov and Black Sea coasts in the northern part of Crimea and the southern parts of Zaporizhzhia, Kherson, Mykolaiv and Odesa oblasts. Salinisation of soils and their agrophysical degradation (compaction, destructuring, crusting, etc.) necessitate the application of melioration measures on irrigated and non-irrigated lands. Over the past twenty years, melioration of saline soils in Ukraine has been unsatisfactory. Under this farming system, there is a widespread deterioration in the quality of saline soils, a loss of their fertility and the productivity of agrocenoses on these lands.

Soil pollution in Ukraine is associated with atmospheric emissions from industrial enterprises and motor vehicles, violations of the rules of extraction, transportation and processing of minerals, application and storage of agrochemicals and pesticides, disposal of wastewater and its sludge, domestic and industrial waste, the consequences of the Chornobyl disaster, and military operations (Baliuk, Medvediev et al., 2012).

Aerotechnogenic soil pollution. The soils of large industrial cities in Ukraine are exposed to the cumulative impact of gas and dust emissions from industrial enterprises, motor vehicles, heat and power facilities, and housing and communal services. The emissions and discharges form a halo of regional pollution (urbanised background), which is overlaid by local pollution foci around individual pollutant emission sources (in particular, high levels of such pollution are recorded in Mariupol, Makiivka, Lysychansk, Donetsk, Odesa, Rubizhne, Horlivka and others).

One of the most dangerous types of technogenic burden – road traffic pollution also affects significantly soils and terrestrial ecosystems along the roadside. The lead content in the soils of the ten-metre roadside is 2-7 times higher than background levels, and in some cases – by one to two orders of magnitude. In general, soils in Ukraine are most contaminated with zinc and lead, and less with cadmium, manganese, and copper (Baliuk, Medvediev et al., 2012).

Soil contamination by pesticide residues. The gradual transition of agricultural producers to the use of safer chemical plant protection products contributes to reducing soil and plant products contamination. For example, in 2007-2009, residues of stable organochlorine compounds were detected in only 5-7% of soil samples, including less than 1% exceeding the MAC, which was observed mainly on land plots adjacent to former pesticide warehouses and dissolving units, and less frequently on fields that were former vineyards, orchards and hop houses (Baliuk, Medvediev et al., 2012).

The situation in Ukraine with unsuitable and banned pesticides requires urgent attention. According to official data, the system of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine alone has accumulated 21,000 tonnes of unusable pesticides, owned by legal entities of various forms of ownership or by no one. Unauthorised dumping of unusable and banned pesticides poses a particular environmental hazard, which can lead to contamination of drinking water.

Radioactive soil contamination. The collection, analysis and generalisation of data from the radiological survey of arable land in Ukraine showed that as of 1 January 2010, cesium-137 contamination of more than 37 kBq/m² on agricultural land in Ukraine spread over 462 thousand hectares, including 346 thousand hectares of arable land. Contaminated areas are located in 12 oblasts, where 8.8 million hectares were surveyed (in particular, in Zhytomyr – 156 thousand hectares, Cherkasy – 76, Rivne – 52, Chernihiv – 52, Kyiv – 34 thousand hectares).

Soil contamination with strontium on agricultural land of Ukraine is observed on a much larger scale than with cesium. Strontium-90 contaminated 4.6 million hectares within the range of 0.74-5.55 kBq/m², which is 52% of the surveyed area. The territory of agricultural lands in Vinnytsia, Kyiv, Cherkasy and Chernihiv oblasts is completely contaminated with radiostrontium. Such an intensive spread of this radionuclide in Ukraine is primarily due to global releases of strontium-90 during nuclear weapons testing in the atmosphere. The contamination of land with strontium-90 as a result of the Chornobyl disaster was less intense and spread mainly within the exclusion zone and adjacent territories, but strontium spread much further in aerosol deposition (Baliuk, Medvediev et al., 2012).

In general, the radiation situation in the contaminated areas has improved compared to the early post-accident period, which is caused by

- natural autoremediation processes (radioactive decay, fixation and redistribution of radionuclides in the soil);
- implementation of a set of countermeasures aimed at strengthening biogeochemical barriers to block radionuclides in soils, which ensures reduction of radiation contamination of locally produced food;
- enhanced radioecological monitoring of soils and agricultural products, their radiological control and strict adherence to recommendations on agricultural production (Baliuk, Medvediev et al., 2012).

Of all human activities, war has the most devastating impact on the environment, whose consequences will be felt for decades to come. Whilst crimes against the environment may not be immediately apparent, their long-term effects can be severe.

The movement of heavy machinery, the construction of fortifications and hostilities damage the soil cover. This leads to degradation of vegetation and increases wind and water erosion.

Soil contamination is mainly caused by the use of nitroaromatic explosives (such as trinitrotoluene (TNT), octahydro-1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazocine (HMX) and 1,3,5-trinitroperhydro-1,3,5-triazine (RDX)), which are toxic to the environment and human health. In

nature, they are resistant to evaporation, hydrolysis and biodegradation, and as a result, can be absorbed by plants or leach into groundwater.

The detonation of rockets and artillery shells produces a number of chemical compounds: carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO₂), water vapour (H₂O), brown gas (NO₂), nitrogen (I) oxide (N₂O), formaldehyde (CH₂O), cyanide vapour (HCN), nitrogen (N₂), as well as a large amount of toxic organic matter, oxidises surrounding soils, wood, turf, and built structures (Ekol. Problem viiny , 2022).

The negative effects of the use of incendiary weapons containing white phosphorus are associated with its auxiliary pollutants and combustion residues. Phosphorus combustion products and their solutions form salts when they enter the soil, which increases the migration of phosphorus compounds from the affected area to areas free of hostilities (Bilyi fosfor..., 2022). Such weapons can lead to soil contamination with trace elements, hydrocarbons, organic solvents, surfactants, synthetic phenols, cyanides, dioxins and radionuclides.

The metal fragments of shells released into the environment are not completely inert and pose a significant safety risk. The decomposition of shells and other remnants of metal weapons contaminates the soil, mainly with lead. Cast iron with steel impurities is the most common material used to produce ammunition casings and contains not only standard iron and carbon, but also sulphur and copper. These substances enter the soil and can migrate to groundwater and eventually enter food chains, affecting living organisms (Omelchuk and Sadohurska, 2022).

Mine detonation causes negative impact on the soil with metal and plastic fragments, as well as explosive residues. In addition to lead, uranium and stibium, the explosive remnants contain a large number of toxic elements that quickly enter the natural cycle.

On a smaller scale (but with a greater variety of impacts), burnt-out tanks, vehicles, downed aircraft and other remnants of warfare are also a source of pollution.

Soil contamination with fuels and lubricants and other oil products occurs as a result of the movement and damage of land-based military equipment. Soils soaked in fuels and lubricants reduce water permeability, displace oxygen, and disrupt biochemical and microbiological processes. As a result, water and air regimes and nutrient cycling deteriorate, root nutrition of plants is disrupted, and their growth and development are inhibited, leading to death.

Shelling of industrial and infrastructure facilities leads to fires that cause additional air, soil and water pollution. Combustion products released into the air consist of toxic gases and particulate matter. Significant soil and water contamination will be also observable at these sites. At the places where firefighting activities have been carried out, contamination may include residual firefighting foam (Omelchuk and Sadohurska, 2022).

Therefore, it is important that Ukraine's post-war recovery plan includes measures to restore and preserve ecosystems, and that plans for the reconstruction of settlements should include nature-based solutions and climate change adaptation measures.

5.2. Soil Resources of Zakarpattia: Main Threats of Pollution and Degradation, Problems of Conservation.

The land fund of the region, according to the Main Department of the StateGeoCadastre in Zakarpattia Oblast (as of 01.01.2016), is 1275.3 thousand hectares, or 2.1% of the territory of Ukraine. Of the total land area, 56.8% is occupied by forest land (the most forested region in Ukraine), 36.8% is agricultural land, 3.7% of the region's territory is built up, 1.4% is under water, 1.2% is open land and 0.1% is open wetlands. Of the 1275.3 thousand hectares of the oblast's land fund, 469.2 thousand hectares are agricultural land, including 451.0 thousand hectares of farmland, 200.2 thousand hectares of which are arable (Report on the state of the environment of the Zakarpattia oblast for 2021). There are no significant reserves for increasing arable land, and therefore it is necessary to use the existing arable land fund properly. There are no significant reserves for increasing the area of arable land, and therefore it is necessary to use the existing arable land stock properly.

The wide variety of oblast's soils results in uneven potential fertility and varying degrees of land use. The most favourable conditions in terms of natural fertility are in the lowlands, while the worst are in the mountains. However, the level of land use depends not only on natural but also on economic conditions: population density, availability of agricultural land and labour resources, location and sectoral structure of industry, level of specialisation and intensification of agriculture, and the state of development of roads and other service industries.

Taking these features into account, Zakarpattia oblast is divided into three agricultural zones: lowland (over 17% of the oblast territory), foothill (about 17%), and mountainous (2/3 of the oblast's territory, of which 60% is covered by forest). The specific nature of the relief strongly influences the structure and level of use of land resources, which do not comprise a significant part of agricultural turnover (Pryrodni bahatstva Zakarpattia, 1987).

Soil erosion. Soil erosion causes the greatest damage to agriculture under all methods of land use. The development of erosion processes is relatively weak, despite extensive ploughing, due to the unique aspects of the soil formation process. The relatively dense structure of heavy and medium loams and the shallow occurrence of a dense gley horizon counteract deep erosion. This is also facilitated by the low water permeability of the Transcarpathian soils and weathering crust, which become very viscous during rains.

The intensity of erosion processes increases sharply with the approach to mountain ranges. This is due not only to the increase in surface slopes, but also to the increase in precipitation over the slopes. Erosion processes are often combined with landslides. The intensive development of these two processes is observed in the valley sides of 93 rivers. Hanging ravines up to 6-7 metres deep are located on slopes of 15-200 metres. Their steep bare walls are complicated by landslide forms. The development of landslide processes is due to the close occurrence of groundwater and clay masses that easily erode and float.

Precipitation affects the soil both mechanically and chemically. It destroys the soil structure, leaches organic and other nutrients from the soil, and causes the process of podzolisation. Underground moisture also affects soil formation. A high groundwater level causes the formation of a horizon that is unfavourable in terms of its physical, chemical and biological characteristics for plant growth. Adverse natural phenomena that lead to increased erosion processes include heavy rains, windstorms, hail, dust storms, intensive blizzards, snowfall, frost, forest fires, dry winds, and frost.

With daily precipitation of 10-20 mm in mountainous areas, soil is washed away and eroded on slopes. In the Ukrainian Carpathians, in the area of erosion processes, daily precipitation can reach 150-180 mm, so land-wash processes are quite intense. One third of arable land is affected by erosion. In the mountainous part of the Carpathians, heavy rains are quite common, with 50 mm or more of precipitation falling in 12 hours. Rains can accompany western cyclones. Most often, they fall within one day, but can last for 2-5 days. The rains begin in the west and gradually shift to the east, their distribution is spotty.

The scarcity of land in the mountains and the need to provide themselves with food forced villagers to plough the slopes. There are 39.6 thousand hectares of eroded land in the oblast. Each hectare is annually demolished with 34.8 tonnes of fertile soil. For example, in Berehove district, with an average annual rainfall of up to 540 mm, land-wash ranges from 5 to 10 tonnes per hectare. In Mukachevo district, with an average annual rainfall of up to 780 mm, this figure is already 20-30 tonnes per hectare. With this amount of soil, 300-340 kg/ha of humus is lost.

The mountains of Zakarpattia are mostly forested, but intensive deforestation, which became particularly dangerous after World War II and during the Soviet period and which continues to this day, has led to soil denudation and water and wind erosion over large areas. This negative factor of mechanical damage further exacerbates improper skidding and heavy vehicles transportation of timber. Such unsustainable forest management continues to this day, causing enormous damage to the Carpathian ecosystems. Erosion processes are particularly intense on slopes in mountainous areas that are free of forest and shrubs. Here, the average annual land-loss

ranges from 40 to 70 tonnes per hectare. During floods, which are not uncommon here, each cubic metre of runoff contains up to 12 kg of soil.

The level of soil cultivation in the oblast is 47.9%. However, in some districts, this figure is significantly higher. For example, in Mukachevo district, 66.3% of land is ploughed, in Vynohradiv district – 70.1%, and in Berehove district this figure reaches 74.5%. Less ploughed land is in mountainous areas (27.1% on average), although in Rakhiv district, arable land occupies only 7.4%. But even here, this figure is too high, as most of the arable land is located on 94 erosion-hazardous slopes. Given that in mountainous areas the average annual precipitation reaches 1500-1600 mm and that the soil layer is shallow (mostly 40-70 cm), the amount of arable land should not exceed 10%.

Analysing the factors that influence soil formation processes in the oblast, it should be noted that, according to geomorphological and climatic indicators, the soils of Zakarpattia can be considered both subject to erosion and periodic waterlogging. In recent years, as a result of a violation of the environmentally acceptable proportions of arable land, natural lands and forest resources, spring and autumn floods have become more frequent in the oblast, exacerbating the degradation of the region's land fertility. As a result of catastrophic floods (1995-1996, 2001), 40.5 thousand hectares of agricultural land, including 29 thousand hectares of arable land, were flooded twice, and as a result of erosion processes, 233.84 thousand m³ of soil is washed away from the slopes annually at average water content of the year, and 935.36 thousand m³ at heightened water content. The most intensive land-loss occurs on arable land located on slopes with a steepness exceeding 7°. It amounts to 151.13 thousand m³ and 604.52 thousand m³, respectively, at average and heightened water content of the year. In total, according to a large-scale soil survey conducted by the Institute of Land Management, there are about 200 thousand hectares of erosion-hazardous land in the oblast, of which 40.7 thousand hectares are arable (Dopovid pro stan navk. pryv. sered. v Zak. obl. za 2020 r.).

Thus, land on slopes, where soil erosion is possible, requires a series of measures. The first step is to follow proper agricultural practices of land cultivation, use crop rotation, improve soil structure and water-air characteristics through fertilisation and liming. Terracing slopes on which orchards and vineyards are laid out is particularly effective in combating erosion. Terracing slopes is costly and requires special equipment and considering site-specific features. Already devastated areas require engineering intervention to stop linear erosion and allow for further reforestation or reclamation (Pryroda Zak. obl., 1981).

The problem of drained agricultural land. The soils of the lowland of Zakarpattia oblast are glued to varying degrees in most areas, which significantly worsens their water and physical properties and reduces their fertility. In this regard, regulating the water regime is a very important task. Shallow groundwater is also an important issue, due to the slight waterline of rivers into the lowland surface and, as a result, flooding of low interfluvies by river water. At the same time, the water from open drainage ditches and pottery drainage collectors often needs to be pumped into rivers, whose waterline is often higher than in drainage.

Today, a series of negative factors have been identified on some drained agricultural land:

- subsoil layers are over-compacted (according to water-physical indicators);
- sharp decrease in the profile infiltration rate in drained soils compared to 30-year data;
- significant waterlogging of the tilth top soil in autumn and spring;
- development of surface erosion processes;
- acidification of the soil as a result of constant waterlogging;
- negative water-air regime of the soil;
- repeated waterlogging of agricultural land.

Whereas previously drainage system maintenance was mandatory and carried out at the expense of farms, today they are not properly maintained and are often in a state of disrepair due

to a series of problems, including imperfect legislation on land issues (the issue of the property operator of drained agricultural land), lease terms (the issue of maintenance of drained agricultural land), and lack of funds.

Among the recommended measures in the development of projects for the maintenance and reconstruction of drainage systems one can highlight the most effective ways to regulate the water-air regime and increase soil fertility, namely

- measures aimed at improving the water permeability of the subsoil layer of heavy soils, including various methods of deep loosening (deep shelfless, deep, and layer ploughing). Deepening of the arable horizon increases soil permeability and aeration, promotes the intensive development of aerobic microbiological processes, accumulation of nutrients, development of a branching root system, and improves the physical and chemical properties of the soil;
- measures aimed at improving the surface condition by levelling and creating an artificial slope of the surface (levelling, ploughing, profiling, furrowing, etc.), regulating the water regime (groundwater level) to prevent waterlogging of the canal strips;
- chemical reclamation measures aimed at radically changing the physical and chemical factors of soil fertility (acidity, base saturation) by adding limestone;
- measures to alkalise canals to prevent the erosion of canal slopes and their protection zones (strips);
- agrotechnical measures, which include proper crop rotation with sowing a mixture of perennial legumes and grasses, use of organic and mineral fertilisers, deepening of the arable horizon, etc. (Rozvytok silsk. hosp., 2010).

Soil acidity. With a few exceptions, the parent rocks of the oblast are carbonate-free, and the significant development of podzolic and pseudo-podzolic processes has led to high soil acidity. Almost 90% of the arable land requires liming, with the most commonly used amounts being 3.5 to 6.0 t/ha (Pryroda Zak. obl., 1981). Liming helps not only to reduce excessive soil acidity, which is harmful to most crops, but also improves microbiological processes in the soil and its physical properties, enhances the mobilisation of both nitrogen and phosphorus nutrients, increases the activity of organic and mineral fertilisers, and has a favourable effect on the physiological processes in plants, increasing yields and quality.

Providing soils with humus and certain chemical elements. The problem of soil humus is important for the region, as high rainfall (over 1000 mm per year) contributes to its washout, especially on sloping lands. The soils are mostly medium humus rich, with the average humus content ranging from 2.2% to 3.83%. It should be noted that the average humus content is typical for agricultural land (arable land) that has not been cultivated for more than 5-10 years (available in Uzhhorod district) and whose organic matter is restored naturally. However, the bulk of intensively used arable land has a low humus content. The most effective agrotechnical measures to restore soil organic matter reserves are manure application, ploughing of post-harvest residues, straw, sowing of perennial legumes and green manure.

The soils of the Transcarpathia are low in easily hydrolysable nitrogen compounds, with a weighted average of 107.23 mg/kg of soil. Soils have an average supply of mobile phosphorus – 88.43 mg/kg of soil, and good supply of exchangeable potassium – 139.42 mg/kg of soil. Therefore, organic and mineral fertilisers need to be applied to restore soil fertility in the oblast. If this issue is not addressed, and liming operations are not resumed and mineral and organic fertilisers are not applied at least to the extent of nutrient removal from the soil by the harvest, soil degradation may occur, and the living conditions of soil microorganisms will deteriorate, which in turn will lead to a sharp decline in soil fertility and agricultural productivity (Rozvytok silsk. hosp., 2010).

Pesticide pollution. There are unusable chemical plant protection products in Zakarpattia

that need to be disposed of. There are 41 reinforced concrete containers in eight settlements in Mukachevo district that store chemical plant protection products that pose a risk to the soil. In addition, 225 tonnes of pesticide-contaminated soil is stored in Rokosovo village, Khust district, which, according to the Ukrainian Scientific Research Institute of Environmental Problems (Kharkiv), is toxic waste of hazard classes I-II, negatively affects human health and requires urgent removal outside the oblast or neutralisation in special ovens at a temperature of 1000-1200°C. The contaminated soil contains simazine, atrazine, DDT, promethrin, phosphamides, metaphos, and other unsuitable and unknown toxic substances (Dopovid pro stan navk. pryr. sered. Zak. obl. za 2020).

Technogenic pollution. Direct technogenic pollution has a significant negative impact on soil. Such significant pollutants, in particular, include both certified and unauthorised landfills, which are a source of accumulation of foreign substances in the soil (glass, ceramics, bricks, iron pieces, fabric, paper, rubber, fuel and oil waste, etc.). Some of these substances decompose quickly (paper, fabric), while others do not decompose at all (plastics).

In Zakarpattia, centralised solid waste collection is organised in 471 settlements, which is 77.5% of the total number (608) of settlements in the oblast. According to the register data of waste disposal sites (hereinafter referred to as WDS), as of 01.01.2021, 62 certified WDS were registered in the Zakarpattia oblast, including 59 solid domestic waste (SDW) disposal sites, 2 wood waste (wood sawdust) sites and 1 faux fur waste site. Almost all the WDSs, except for the SHW landfill in Uzhhorod (Fig. 5.2.1), Mukachevo and the Borzhava village landfill, operate without proper design justification, state environmental review findings, and do not meet sanitary and environmental requirements (leachate is not disposed of, fences are missing, access roads are clogged). Most of the existing WDS have exhausted their capacity, being 80-85% full, and the lifetime of the Vynohradiv landfill and the SDW landfill in Uzhhorod has expired. (Dopovid pro stan navk. pryr. sered. Zak. obl. za 2020).



Fig.5.2.1. Solid domestic waste landfill in the Barvinok village (Zakarpattia oblast, Uzhhorod district). (Photo by the author).

The negative impact on the environment is caused by the *industrial purpose facilities*, namely:

- *Solotvyno salt mine* in Tiachiv district of Zakarpattia oblast is one of the oldest enterprises in Zakarpattia and one of the largest rock salt deposits in Ukraine. Since the mid-90s of the last century, its operating mines have been experiencing problems that have led to a dangerous technogenic ecological situation. Thus, according to a 2010 audit by the Control and Audit Department in Zakarpattia Oblast, the floods of 1995-1996 and 2001 worsened the

hydroecological situation, with groundwater entering the mines, flooding them, washing out salt, and contributing to the formation of underground cavities, which led to the formation of sinkholes. In 2005, shear failures and karst collapses intensified in Solotvyno, damaging residential buildings, roads and infrastructure. Two of the nine mines were completely flooded. Collapses and related accidents at the enterprise led to the suspension of salt production in February 2007 and the closure of the underground department of the Ukrainian Allergic Hospital in September 2008 due to the inability to operate safely. The situation was getting worse and in 2010 the problem became a national issue (expert opinion of the Ministry of Emergencies of Ukraine of 09.12.2010 No. 02-17292/165). In 2013 Solotvyno was declared a national emergency zone.

Currently, the salt mine and the surrounding areas are subject to hazardous natural and technogenic processes, mainly salt karst, both underground and surface, sinkholes in the areas where the mines are located, and shearing processes. Since collapse formation intensified, 5 million 300 thousand cubic metres of earth have fallen into the funnel. The volume of cavities in the workings that are not filled with soil or water is estimated to be 280,000 cubic metres.



Fig. 5.2.2. Solotvyno salt mine area. Collapse and shear in the mine area.
(<https://hromadske.radio/news/2018/07/01/cherez-zatopleni-shahty-u-solotvyni-na-zakarpatti-znovu-mozhe-statysya-obval-foto-video>)

The risk area continues to expand at a maximum rate of 5 cm/year (Szűcs, et al., 2021). Observations of deformations have not shown any slowdown in the processes. The situation remains complicated, with soil subsidence continuing, and new sinkholes forming that threaten human safety (Pakshyn, Liaska, et al., 2021). All these processes indicate that the situation in Solotvyno remains unstable and requires constant and reliable monitoring of the earth's surface deformation;

- *TOV Zakarpatpolimetalny gold mining enterprise*, a limited liability company under the laws of Ukraine (Muzhiyevo village, Berehovo district) – as a result of the production activities of TOV Zakarpatpolimetalny, which ceased operations on 01 January 2007, environmental pollution, in particular, of soil, surface and groundwater, was caused. The industrial site has 5 dumps of impoverished (contaminated) and waste rocks with a total volume of up to 164 thousand tonnes and a place for ore beneficiation in semi-liquid mass of up to 168 thousand m³ located in a disused open pit. According to the Zakarpattia Geological Exploration Expedition, these dumps contain sulphite impurities and heavy metal minerals that are toxicants. Under the influence of atmospheric

factors, heavy metal sulphites are oxidised, resulting in the formation of water with high salinity and low pH at the bottom of the dumps, saturated with heavy metal sulphites, which are leached into surface and groundwater. According to the monitoring data, the areas adjacent to the enterprise have exceeded the content of lead and copper in soil samples, and the water has an increased content of cadmium.

In accordance with the Unified Register of Environmental Impact Assessment, the Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine issued an environmental impact assessment conclusion on the permissibility of the planned activity of Limited Liability Company Karpatska Rudna Company "Disposal of ore dumps of rocks in order to extract the following sulphide minerals: pyrite, galena, sphalerite and chalcopyrite" (registration case №20192262943) № 7-03/12-20192262943/1 of 29.07.2019. The company's planned activities include the utilisation of ore dumps of rocks to extract the following sulphide minerals: pyrite, galena, sphalerite and chalcopyrite. The maximum extraction of sulphide minerals will make it impossible to continue the oxidation processes and increase the acidity of wastewater. At the same time, the content of components in sands and sludges will be close to the background values for rocks containing area.



Fig. 5.2.3. TOV «Zakarpatpolimetal» gold mining enterprise.

<https://dyvys.info/2020/12/22/zakarpattya-chy-mozhna-znovu-v-regioni-vydobuvaty-tsinniy-metal/>

- the territory of the former ZAT Velykobychkivskyi Lisokhimkombinat was liquidated by a decision of the Economic Court of Zakarpattia Oblast of 30 November 2004. Following the liquidation procedure, the timber and chemical plant's operations were suspended, the process equipment was dismantled and sold, and the contaminated territory and waste remained unclaimed. The results of the analytical control carried out in 2013 by the State Environmental Inspectorate in Zakarpattia oblast on the territory of the former Velykyi Bychkiv timber and chemical plant (V. Bychkiv urban-type settlement, Rakhiv district) and adjacent territories indicate contamination of

both land resources and surface water and the upper underground aquifer (up to 20 m). Concentrations of petroleum products in soil samples exceed background levels 3 to 50 times (boiler house of the chemical shop of the former V. Bychkiv timber and chemical plant). The concentrations of pollutants in surface waters exceed the MPC for fishery water bodies in terms of chemical oxygen demand (COD) up to 3 times (the flow before getting into the Shopurka River), and in terms of phenols – 3000 times (the flow before getting into the Shopurka River). In the Shopurka River, downstream of the timber and chemical plant, the COD meets the requirements of the current standards, and the phenol content 30 times exceeds the MPC. Concentrations of pollutants were also detected in the mine wells of the residents of V. Bychkiv (COD is up to 600 mg/l (the norm is 4.0 mg/l), phenols – up to 4.0 mg/l (the MPC of drinking water supply (centralised) for phenols is 0.001 mg/l).

The work of *Perechynskyi Lisokhimichnyi Kombinat* is also a cause for concern. The long-term operation (for 100 years) of the timber and chemical plant in Perechyn has led to the contamination of the enterprise's territory with phenolic compounds, and in recent years, there has been a constant washout of these compounds from the territory along with groundwater, which leads to pollution of surface runoff (Dopovid pro stan navk. pryr. sered. Zak. obl. za 2020).



Fig. 5.2.4. *Perechynskyi Lisokhimichnyi Kombinat*. (Photo by the author).

Trans-European export pipelines (gas, oil and product pipelines) with a total length of 1700 km pass through the territory of Zakarpattia (Dopovid pro stan navk. pryr. sered. Zak. obl. za 2020). In the places where they pass, engineering interventions disrupt the relationship between vegetation, soil and underlying rocks, which disrupts the natural functioning of mountain ecosystems. These changes in the conditions of excessive moisture, steep slopes, and rock destruction often cause processes harmful to both pipelines and surrounding ecosystems, such as linear and planar erosion, landslides, and waterlogging. The most effective way to accelerate the consolidation of the surface soil layer is to create phytocoenoses on the routes, consisting of plant species that are resistant to these environmental conditions and can perform a reclamation function. Important phytomelioration measures that will contribute to optimising the environmental regime along the main pipeline routes include

- grassing of pipeline routes with legume-grass mixtures;
- soil stabilising planting of trees and shrubs in landslide areas (white and yellow acacia, grey and green alder, red and goat willow, green broom, dog rose, spruce, sycamore);
- water-absorbing planting of trees and shrubs in areas of standing groundwater (various types of willow, grey and glutinous alder).

Due to the fact that the effectiveness of phytomelioration is determined by the technical reclamation carried out, on some routes of main pipelines, especially gas pipelines, it is supplemented by the following technical measures:

- construction of drainage ditches and trays;
- filling in artificial microterraces (Pryrodni bahatstva Zakarpattia, 1987).

Localised accidents resulting from illegal cutting-in on pipelines by citizens pose a major threat to soils. For example, in 2018, due to the depressurisation of the Druzhba oil pipeline near the village of Ruske, the system leaked crude oil, which contaminated about 250 square metres of soil (Na Zakarpatti cherez nezakonnu vrizku..., 2018). In 2009, there was an accident of a larger scale, when 100-120 cubic metres of diesel fuel leaked from the main product pipeline near Kostryno village (Uzhhorod district) as a result of the depressurisation, contaminating more than two dozen wells and the soil of 35 household plots ("Prykarpatzahidtrans" ..., 2009).

Pollution from transport emissions. Zakarpattia has a fairly developed transport system, especially in the flat part, which is represented by an extensive network of rail, road and pipeline transport. The total length of the region's roads is over 3.5 thousand kilometres, of which 97% are paved. The density of motorways per thousand square kilometres of territory is 268 km, compared to 271 km in Ukraine on average (Dopovid pro stan navk. pryv. sered. Zak. obl. za 2020). Soils are negatively affected by all types of transport, especially road transport. These are oxides of carbon, nitrogen, sulphur, hydrocarbons (all types of fuel), de-icing materials (most often salt), heavy metals (plumbum, cadmium, nickel, etc.), dust and soot. It has been established that 73% of the total amount of plumbum released into the air with exhaust gases from car engines is deposited on the roadside. The highest concentration of plumbum in the soil is observed near the roadbed and exceeds its background value 20-30 times. Thus, products grown along motorways contain an increased amount of lead, and depending on the traffic intensity, this danger zone can extend from 10 to 500 m. Therefore, only forest species should be planted or fodder crops should be grown along roads. In Zakarpattia, due to the problem of small landholdings, this precaution is often neglected and crops as well as gardens are often planted, and cattle are grazed there. Besides, roadsides are used as hayfields.

References:

1. Baliuk S.A., Medvediev V.V., Miroshnychenko M.M., Skrylnyk Ye.V., Tymchenko D.O., Fatieiev A.I., Khrystenko A.O., Tsapko Yu.L. Ekolohichniy stan gruntiv Ukrainy [Ecological Condition of Soils of Ukraine] // Ukrainskyi geografichniy zhurnal, 2012, № 2. – S. 38-42. [in Ukrainian]
2. Baliuk S.A., Miroshnychenko M.M. Suchasnyi stan gruntovykh resursiv Ukrainy: yak buty dali? [Current State of Soil Resources of Ukraine: What Goes Next?] [Elektronnyi resurs], 2020. – Rezhym dostupu: <https://a7d.com.ua/agropoltika/50965-suchasnij-stan-gruntovih-resursiv-ukrayini-jak-buti-dal.html>. [in Ukrainian]
3. Bilyi fosfor abo fosforni bomby: shkodna dlia dovkillia ta liudey [White Phosphorus or Phosphorus Bombs: Harm to the Environment and People]. [Elektronnyi resurs], 2022. – Rezhym dostupu: <https://www.savedniipro.org/bilij-fosfor-abo-fosforni-bombi-shkoda-dlya-dovkilliya-ta-lyudej/>. [In Ukrainian]
4. Boichuk Yu.D., Soloshenko E.M., Buhai O.V. Ekolohiya i ohorona navkolyshnioho seredovyscha [Ecology and Environmental Protection]: Navchalnyi

- posibnyk. – 3-tie vyd., vypr. i dop. – Sumy: VTD «Universytetska Knyha»; K.: Vydavnychiy dim “Kniahynia Olha”, 2005. – 302 s. [in Ukrainian]
5. Havrylenko O.P. Ekogeografiya Ukrainy [Ecogeography of Ukraine]: Navch. posib. – K.: Znannia, 2008. – 646 s. – (Vyshcha osvita XXI stolittia). [in Ukrainian]
6. Pozniak S. Grunty v suchasnomu suspilstvi [Soils in Modern Society] // Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriya heohrafichna, 2017. Vypusk 51. – S. 304-313. – Rezhym dostupu: https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/07/029_Pozniak.pdf. [in Ukrainian]
7. Dopovid pro stan navkolyshniogo pryrodnoho seredovyscha Zakarpatskoi oblasti za 2021 rik [Report on the State of the Environment in the Zakarpattia Oblast for 2021] / Departament ekolohii ta pryrodnykh resursiv, Zakarpatska oblasna derzhavna administratsiia. – Rezhym dostupu: https://ecozakarp.at.gov.ua/wp-content/nd/Zakarp_reh_dop_2021.pdf. [in Ukrainian]
8. Ekolohichni problemy viiny [Environmental Problems of War]. [Elektronnyi resurs], 2022. – Rezhym dostupu: <https://pro-eko.com.ua/ekologichni-problemy-viiny/>. [in Ukrainian]
9. Kazimirova L.P. Osnovy Ekolohii [Basics of Ecology] [Elektronnyi resurs]. – Rezhym dostupu: https://lubbook.org/book_274.html
10. Na Zakarpatti cherez nezakonnu vrizku v “Druzhbu” stalosia rozlyttia nafty (onovleno) [Oil spill in Zakarpattia caused by illegal tie-in to Druzhba pipeline (updated)] [Elektronnyi resurs], 2018. – Rezhym dostupu: https://lb.ua/society/2018/12/11/414664_zakarpate_izza_nezakonnoy.html. [in Ukrainian]
11. Natsionalna dopovid pro stan navkolyshniogo pryrodnoho seredovyscha v Ukraini u 2018 rotsi [National Report on the State of the Environment in Ukraine in 2018]. – Rezhym dostupu: <https://mepr.gov.ua/timeline/Nacionalni-dopovidi-pro-stand-navkolishnogo-prirodnogo-seredovyscha-v-Ukraini.html>. [in Ukrainian]
12. Natsionalna dopovid pro stan rodiuchosti gruntiv Ukrainy, 2010 [National Report on the State of Soil Fertility in Ukraine, 2010]. – Rezhym dostupu: http://www.iogu.gov.ua/wp-content/uploads/2013/07/stand_gruntiv.pdf. [in Ukrainian]
13. Omelchuk O., Sadohurska S. Pryroda ta viina: yak viiskove vtorhnennia rosii vplyvaie na dovkillia Ukrainy [Nature and War: How Russia’s Military Invasion Affects Ukraine’s Environment] [Elektronnyi resurs] // Ekodiia, 2022. – Rezhym dostupu: <https://ecoaction.org.ua/pryroda-ta-vijna.html>. [in Ukrainian]
14. Pakshyn M., Liaska I., Kablak N., Yaremko H. Doslidzhennia vplyvu hirnychkykh vyrobok rudnykiv DP “Solotvynskyy Solerudnyk” na zemnu poverhniu, budivli ta sporudy iz vykorystanniam sputnykovoho radarnoho monitorynhu [Study of the Impact of Mine Workings at the Mines of the State Enterprise Solotvynskyy Solerudnyk on the Earth's Surface, Buildings and Structures Using Satellite Radar Monitoring] // Heodynamika, 2021, 2(31). – S. 41-52. <https://doi.org/10.23939/jgd2021.02.041>. – Rezhym dostupu: <https://science.lpnu.ua/uk/jgd/vsi-vypusky/2312021/doslidzhennya-vplyvu-girnychyh-vyrobok-rudnykiv-dp-solotvynskyy-solerudnyk> [in Ukrainian]
15. “Prykarpatzakhidtrans” povnistiu vidshkoduie zakarpatskym selianam zbytky, zavdani avariiei na produktoprovodi [“Prykarpatzakhidtrans” will Fully Compensate Transcarpathian Villagers for Losses Caused by the Accident at the Product Pipeline] [Elektronnyi resurs], 2009. – Rezhym dostupu: <https://zakarpattya.net.ua/News/32947-Prykarpatzakhidtrans-povnistiu-vidshkoduie-zakarpatskym-selianam-zbytky-zavdani-avariiei-na-produktoprovodi> [in Ukrainian]
16. Pryroda Zakarpatskoi Oblasti / Za red. Herenchuka K.I. [Nature of the Zakarpattia Oblast / ed. by K.I. Herenchuk]. Lviv: Vyshcha shkola, Vyd-vo pry Lviv. un-ti, 1981. – 156 s. [in Ukrainian]

17. Pryrodni bahatstva Zakarpattia / Uporiad. Bodnar V.L. [The Natural Resources of Zakarpattia / ed. by V.L. Bodnar]. Uzhhorod: Karpaty, 1987. – 284 s. [in Ukrainian]
18. Rozvytok silskoho hospodarstva v umovakh rekonstruktsii Berehivskoi poldernoï systemy / Za red. Ivanytskyi O.M., Penzenyk Yu., Yu. [Agricultural Development in the Context of the Reconstruction of the Berehove Polder System / ed. by Ivanytskyi O.M., Penzenyk Yu. Yu.]. – Uzhhorod, 2010. – 38 s. [in Ukrainian]
19. Szűcs, E., Gönczy, S., Bozsó, I., Bányai, L., Szakacs, A., Szárnya, C., & Wesztergom, V. (2021). Evolution of surface deformation related to saltextraction-caused sinkholes in Solotvyno (Ukraine) revealed by Sentinel-1 radar interferometry. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 21(3). – P. 977–993. <https://doi.org/10.5194/nhess-21-977-2021>, 2021.

PCHAPTER 6. ENVIRONMENTAL THREATS TO THE LANDSCAPE DIVERSITY OF HIGHLAND AREAS IN ZAKARPATTIA (M. KARABINIUK)

6.1. Genesis and Evolution of Highland Landscape Complexes (M. Karabiniuk)

The subalpine and alpine highlands in the Ukrainian Carpathians are located at altitudes above 1450-1500 m, representing a complex combination of unique denudation, glacial-exaration and nival-erosion landscape complexes (Melnik et al., 2018; Karabiniuk, 2020a). A distinctive feature of the alpine landscape tier is its rich landscape diversity, which has evolved over an extended period under the influence of internal and external factors. These factors include abrupt climate changes, substantial glacial deglaciations, and anthropogenic impacts. The highlands exhibit distinct morphological characteristics, formed by a combination of extensive levelled denudation surfaces of mountain ranges and their spurs, along with steep slopes that house various glacial landforms like cirques, glacial troughs, and others (Kravchuk, 2006; Karabiniuk and others., 2017).

The alpine landscape tier preserves remnants of the ancient history of the Ukrainian Carpathians mountain system's formation. It combines landscape complexes of various ages, each with notably distinct properties, both morphological and morphometric. In the current climatic conditions of the highlands in the Ukrainian Carpathians, characterised by very cold temperatures in January (-10 to -12 °C) and cool temperatures in July (+9 to +12 °C), as well as high humidity (with over 1500 mm of annual precipitation), subalpine vegetation (including mountain pine, green alder, Siberian juniper, etc.) and alpine vegetation (such as lying fescue, three-split fescue, etc.) thrive. These plants grow on sturdy, skeletal, and low-power mountain-meadow-brown soils (Miller and others, 1997; Barannik, 2018; Karabiniuk, 2020a) (see Fig. 6.1.1). The high lithomorphic nature of these landscape complexes renders them susceptible to various physical and geographical processes and phenomena, including landslides and erosion.



Fig. 6.1.1. Subalpine and alpine highlands of the Chornohora massif in the Ukrainian Carpathians (Photo by the author)

The limited distribution and the ongoing anthropogenic impact, combined with the effects of significant climate change, are contributing to an escalation in environmental threats to the contemporary landscape diversity of the highlands. This poses challenges to the preservation of relict plant species and landscape complexes distinguished by their unique origins and characteristics. These factors play a pivotal role in the current ecological condition of the highland landscape complexes of the Ukrainian Carpathians, with a particular focus on Zakarpattia Region.

The subalpine and alpine highlands situated within the Zakarpattia Region are confined to the highest mountain ranges, including Chornohora, Svydovets, Borzhava, the Marmarosh massif, and others. These highlands predominantly occupy the central watershed ranges of these massifs, imparting specific highland characteristics to them. The alpine landscape layer is most prominently exhibited in the highest mountain landscapes of Chornohora, encompassing two geographically limited areas with a combined area of 80.5 km² (see Fig. 6.1.2) (Karabiniuk, 2019a, 2020a). These areas are demarcated by the peaks of Hoverla and Petros, where the watershed ridge is lower, and spruce forests become prevalent, which is characteristic of mid-mountain landscape complexes (Melnyk, 1999; Melnyk et al., 2018). Highland landscape complexes are unique in terms of their genesis, exhibiting substantial differences in their functionality, development, and resilience to adverse external factors.

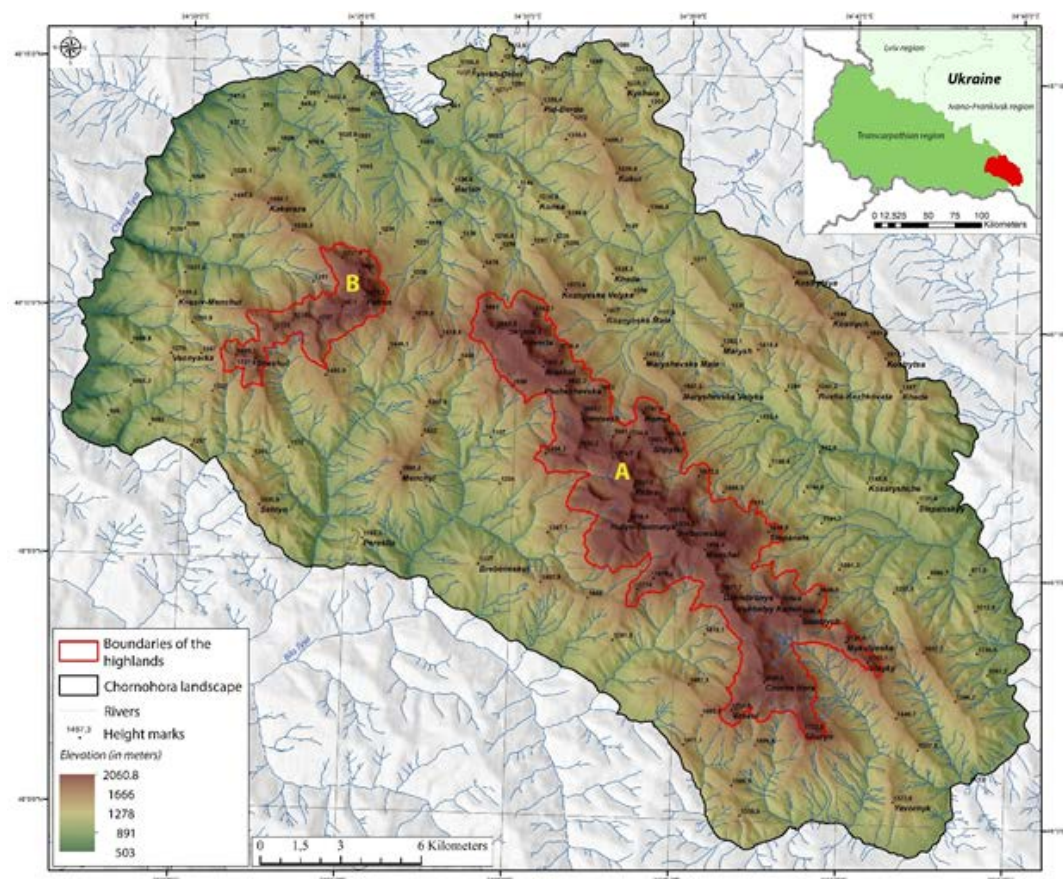


Figure 6.1.2. Location of the highland landscape tier in the highest mountain landscape of the Ukrainian Carpathians - Chornohora (Karabiniuk et al., 2022a)

In the historical formation and evolution of the highland landscape tier in the Ukrainian Carpathians, especially in Zakarpattia Region, significant changes have occurred in the natural components, such as the lithogenic base, climatic conditions, surface waters, and more. Landscape

development was a result of the intricate interplay between endogenous and exogenous factors, leading to the complexification of the morphological structure and the formation of new extensive landscape complexes known as high-altitude terrains (Karabiniuk, 2020a). Each high-altitude area is characterised by specific attributes, including its elevation, surface steepness, moisture content, insolation characteristics, as well as the presence of modern processes, which were predominantly determined during the development of the lithogenic base under the decisive influence of specific morphogenic factors.

In the broader context of the highland landscape complexes in the Ukrainian Carpathians, two distinct stages can be identified in their historical development, each associated with different dominant factors governing landscape formation (Karabiniuk, 2020a).

- Lower Miocene - denudation processes prevailed);
- Meso-Neopleistocene - glacial exaration processes prevailed.

In the modern subalpine and alpine highlands of the Ukrainian Carpathians, three distinct altitudinal areas have formed, each shaped during different stages of landscape development under various morphogenic factors. The oldest among them, known as the *denudation highlands*, originated during the Lower Miocene (Karabiniuk, 2020a). The prominent mountain range crests and extensive saddles represent remnants of the initial formation phase, retaining the most significant traces of ancient denudation (see Fig. 6.1.3). Denudation landscape complexes also encompass convex surfaces of dome-shaped peaks and their slopes, primarily located along the central watersheds of mountain massifs, rising approximately 150-200 metres above crystal surfaces. These areas constitute the most ancient tracts within the highlands of Chornohora, Svydovets, and other mountain ranges, establishing their Lower Miocene-Holocene age (Karabiniuk, 2020a).



Fig. 6.1.3. Denudation surfaces of the main watershed ridge of the Chornohora massif of the Ukrainian Carpathians (Photo by the author)

Throughout the Miocene, against the background of alternating upward movements and their periodic attenuation with characteristic very active denudation processes, active formation of denudation slope tracts took place (Karabiniuk, 2020a). From the Lower Miocene to the Pleistocene, catchment areas were important for the further development of the landscape structure of the highlands. Their active formation was the result of widespread erosion processes and intensive development of the river network, which began a long process of dismemberment of the mountain ranges of the Ukrainian Carpathians. As a result, by the time of the last glaciation, massive and deeply incised catchment basins were formed in the upper reaches of the streams,

which significantly diversified the landscape structure of the highland landscape tier. Their deepening was especially intense during periods of tectonic instability with upward processes of geological basement development, when active dismemberment of the highland relief occurred (Karabiniuk and others, 2022a).

An important stage in the formation of modern landscape features of the highlands of the Ukrainian Carpathians was the Pleistocene, during which significant climate cooling and snowline depressions occurred twice, leading to the most powerful Risian and Wurm glaciations of the highest mountain ranges (Karabiniuk, 2019b, 2020a). Therefore, it is relevant to study the impact of glaciations on the formation of the modern landscape structure of the alpine landscape tier, as well as to determine the mechanism and features of the formation of specific alpine natural territorial complexes that have influenced the current parameters of landscape diversity in the study area.

As a result of the exhumation activity of ancient glaciers, a significant part of the denudation highlands of the Ukrainian Carpathians was subjected to nival processing and dismemberment - a peculiar complex of ancient glacial landforms was formed, represented by numerous cirques, corrie, nival niches, glacial troughs, etc. They are confined to the headwaters of river valleys along the main watershed ranges of Chornohora, Svydovets, Marmarosh and other massifs at altitudes ranging from 1450-1500 to 1800 m (Miller and others, 1990; Melnyk and Karabiniuk, 2018; Karabiniuk, 2020a). On their basis, in the Pleistocene, the high-altitude terrain of the *ancient-glacial-exaration* highlands was formed (Fig. 6.1.4).



Fig. 6.1.4. High-altitude terrain of the ancient-glacial-exaration subalpine highlands in Chornohora (a tract of heavily incised cirque in the south-eastern exposure with Lake Brebeneskul) (photo by Yana Karabiniuk)

The relics of ancient glaciation are widespread almost throughout the entire territory of the highland landscape tier of the Ukrainian Carpathians and vary significantly in size, shape, depth of incision, steepness of walls and other morphological features (Kravchuk, 2006). They are best preserved in the highland part of the leeward northeastern macro-slope of the Chornohora and Svydovets massifs.

A set of ancient-glacial-exaration landforms (cirque, nival niches, glacial troughs, etc.) with a characteristic strong dismemberment, significant steepness of slopes and the presence of sharp ridges form the so-called alpine relief (Kravchuk, 2006). In fact, the presence of alpine relief gives the highest mountain ranges of the Ukrainian Carpathians the features of alpine landscapes and is an integral element of the alpine landscape layer (Miller and Fedirko, 1997; Karabiniuk, 2020a). The most characteristic relics of Pleistocene glaciations in the highlands of the Ukrainian Carpathians are complex cirque tracts formed as a result of intensive exhumation of the raked slopes by ice masses moving down to the nearest erosion base. Most of the cirque are characterised by clearly defined very steep back and side walls, where the collapse and scree parts are clearly visible. The scree walls of the karsts are adjacent to moraine bottoms with peat bogs, and occasionally small bogs and lakes - Brebeneskul, Vorozheska, Ivor, etc. The ancient glacial-

exaration forms in the highlands inherited the character of the Pliocene-Pleistocene system of catchment funnels. The main accumulation of snow and glacial masses during glaciations initially occurred in the depressions of the massif relief, which were mainly the highest catchment erosion hollows. Subsequently, they were transformed into cirques under the exarationary action of glaciers (Karabiniuk, 2020a)

During the development of glacial exaration under the influence of Pleistocene glaciations, intensive nival-erosion processes also took place in the highlands of the Ukrainian Carpathians, which played an important role in the further development of the landscape structure of the territory. As a result of intensive nival-erosion processes in the then nival tier of the highest mountain ranges, peculiar amphitheatres of ancient firn fields were formed on warmer and gentler southwestern macro-slopes. They are genetically linked to Pleistocene glaciations, are characterised by nival-erosion origin and form the high-altitude terrain of the *nival-erosion highlands* (Karabiniuk, 2020a, 2021b). Their defining feature is the stepped structure of concave and rounded large mesoforms with levelled bottoms (Fig. 6.1.5). The largest amphitheatres of ancient form fields are located in the highlands of Chornohora in the upper reaches of the Hoverla River basin, the largest of which (Ozirnyi amphitheatre) covers an area of about 2 km² (Karabiniuk, 2020a).



Fig. 6.1.5. High-altitude terrain of nival-erosion highlands of the subalpine highlands in Chornohora (tract of the amphitheatre of the ancient firn field of the southwestern exposure of the slope of Mount Turkul) (photo by the author)

The amphitheatres of ancient form fields possess a rounded shape, somewhat resembling complex carr tracts. They are enclosed by exceptionally steep scree walls, varying in height from 5-10 metres to 50-75 metres. At the base of these walls, coarse boulder cones and accumulations of colluvial deposits are formed. These colluvial deposits are mainly found on the undulating, stepped surfaces, which can extend up to 350 metres in width. The size and depth of these amphitheatre bottoms of ancient firn fields increase in the presence of rocks, particularly mudstones, which are susceptible to nival and water erosion. The lower portions of the amphitheatres exhibit a predominantly rounded shape but are severed by steep ledges, occasionally reaching heights of 75-80 metres (Karabiniuk, 2020a). These ledges are characterised by accumulations of coarse boulder sediments, which accumulate as embankments in the densely forested midlands (Karabiniuk, 2021b).

Hence, the Meso-Neopleistocene epoch of morphogenesis in the upper landscape layer of the Ukrainian Carpathians is closely linked to glaciations, marked by extensive cirques formation and vigorous nival-erosion processes. These processes gave rise to the third high-altitude terrain, known as the nival-erosion highlands, primarily characterised by the presence of amphitheatres of ancient form fields. The stepped morphology of these landscapes results from the interplay of lithological and structural features inherent to the highlands, modulated by external factors, particularly nival-erosion processes. Some of these amphitheatres are further enriched by nival karsts, adding to the uniqueness of these natural territorial complexes within the highland tier of the Ukrainian Carpathians, and specifically in Zakarpattia Region.

Chapter 6.2. The Impact of Climate Change on Development and Modern Landscape Diversity (M. Karabiniuk)

Our landscape studies regarding the genesis and characteristics of the modern spatial organisation of the Ukrainian Carpathian highlands reveal significant landscape diversity and the progressive development of geocomplexes. These changes in structure and properties occur under the influence of external factors and self-development (Karabiniuk, 2020a). Global climate change, along with its local manifestations, stands out as a primary driver of landscape structural modifications. Climate change during various stages in the development of modern landscape diversity has been characterised by abrupt shifts and significant deviations from contemporary trends. These changes have played a pivotal role in shaping the evolution of several highland landscape complexes. Present-day alterations in highland climatic conditions primarily manifest as increased aridification during summer and shifts in the annual distribution of precipitation (Karabiniuk and Shuber, 2019; Karabiniuk and Markanych, 2020). These shifts contribute to heightened environmental risks for the valuable natural highland complexes in Transcarpathia and, more broadly, to the modern landscape diversity.

The modern landscape structure comprises landscape complexes of varying ages and origins, characterised by different sizes and properties. In the highland landscape stratum of the Ukrainian Carpathians, three genetic types of highlands have been identified: *denudation highlands*, *glacial-exaration highlands*, and *nival-erosion highlands* (Karabiniuk, 2020a). Denudation landscape complexes in the Ukrainian Carpathian highlands are the oldest, with their formation dating back to the Lower Miocene. Nevertheless, their current features were significantly shaped by the Pleistocene glaciations and subsequent modifications during the Holocene. The landscape structure underwent substantial changes and development, largely driven by global shifts in climate conditions, which continue to influence the region today.

The degradation of the last Wurm glaciation's glaciers in the highlands of the Ukrainian Carpathians occurred in several stages, varying significantly in duration (see Fig. 6.2.1). This process gradually complexified the landscape structure of the territory's highlands during the Holocene, resulting in a notably different morphological pattern. Amidst the backdrop of overall climate warming, intermittent episodes of renewed glaciation took place, giving rise to dynamic landscape features, including nival niches, fragmented catchment areas, and deep erosion hollows, among others. Towards the end of the Pleistocene epoch, most of the glaciers in Chornohora vanished. However, as the Holocene began, there was a resurgence of glacial activity. Around 10.3 to 12.3 thousand years ago, coinciding with the climatic optimum, a significant number of small glaciers at lower elevations in the highlands melted, while the remaining glaciers in the deepest and highest karsts of Chornohora experienced a reduction in their size and capacity (Karabiniuk, 2020a, 2021b).

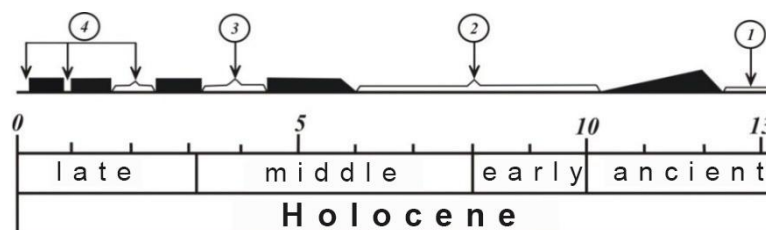


Fig. 6.2.1. Scale of natural rhythmicity in the Holocene for the alpinotypic midlands of the Carpathians (on the example of Chornohora) (Kovalukh et al., 1985)

Numbers in rings are cold periods: 1 - late Jurassic degradation of mountain glaciation, accumulation of lower horizons of fluvio-glacial deposits; 2 - resumption of glaciation, formation of final moraines of stages 4, 5, 6, accumulation of middle horizons of fluvio-glacial deposits; 3 - formation of the youngest moraines, accumulation of

upper horizons of fluvio-glacial deposits; 4 - accumulation of nival-fluvial fine-grained soil near large migrant snowfields. Black fill - warm periods, vegetation optima.

During the early and first half of the Middle Holocene (6-10 thousand years ago), there was a significant period of climate cooling, which triggered a substantial resurgence of glaciation in the highlands of the Ukrainian Carpathians. This cooling phase was marked by intense glacial exaration processes and the widespread rejuvenation of the ancient-glacial-exaration highlands. It was during this time that many dynamic landscape features were formed, including deeply incised nival niches, which primarily developed on the walls of cirques and the steep, elongated slopes of ridge spurs (Karabiniuk, 2020a). The decline of this glaciation, or more precisely, its degradation, was driven by the Middle Holocene climatic optimum (Kovalyukh et al., 1985). As a result of the intermittent glacial re-advances in the highland landscape zones of Chornohora, Svydovets, and other mountain ranges in the Ukrainian Carpathians, combined with the influence of intense glacial exaration processes, the floors of the karsts and cirques became filled with young moraines.

The development of the river system and active erosion processes during the Holocene significantly contributed to the dismemberment of the cirque floor tracts, resulting in a substantial alteration of their morphological structure and external morphometric features. Additionally, the evolution of geocomplexes of glacial origin can be attributed to the accumulative processes of biogenic sediments in low-lying areas of the relief and the encroachment of glacial lakes (bogs) into the bottoms of the karsts and cirques. Gravitational processes played a significant role in shaping the highlands of the ancient glacial-exaration highlands, with numerous landslides and collapses accelerating the degradation of gully walls and leading to the infilling of their bottoms with debris.

Consequently, most of the cirque bottoms with small lakes were filled with debris for an extended period, indicating the intensive degradation of the cirque walls and other components of glacial-excision tracts (Miller and Fedirko, 1990; Miller and others, 1997). During this time, changes in climatic conditions, coupled with a decrease in the snow line, also resulted in the modification of nival niches under the influence of erosion.

The evolution of the denudational highlands of the Ukrainian Carpathians during the Holocene is closely linked to the increased erosive impact of water flows. Their intense action has contributed to the rejuvenation and formation of new catchment areas, furrows on steep slopes, and other features. Linear erosion processes have significantly dismembered the massive steep slopes of ridge spurs, domed peaks, and other areas in the highland tier (refer to Fig. 6.2.2). Notably, landslide processes have become a defining feature of landscape changes in this period, with powerful manifestations leading to the formation of intricate landslide tracts (Karabiniuk, 2020a). The most prominent of these tracts

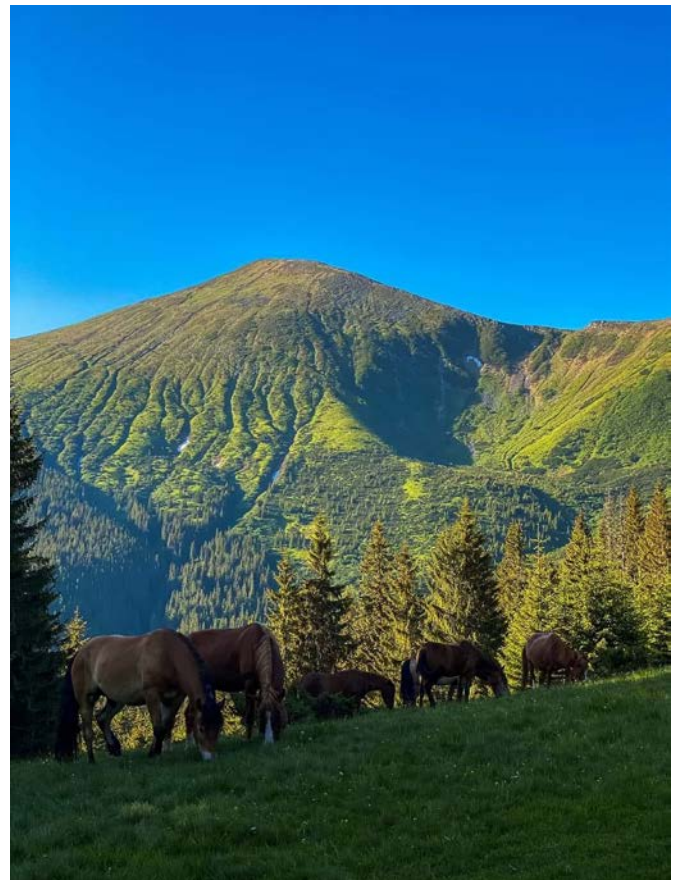


Fig. 6.2.2. Dome-shaped peak of Hoverla Mountain with erosion strips and deeply incised carr on the northern slopes (Photograph by Dmytro Fisheryuk)

take on a cirque-like shape and consist of a cascade of landslide bodies, with their direction aligned with the bedrock's dip. For instance, within the Chornohora alpine landscape tier, the largest landslide tracts are situated in the upper reaches of the streams basins, including Brebeneskul (Lemska tract and the western slopes of Mount Brebeneskul), Baltsatul (on the western slopes of Mount Pip Ivan), among others.

Thus, the current landscape structure of the highlands in the Ukrainian Carpathians has developed over an extended period, shaped by various morphogenesis factors that have determined the primary spatial organisation of the region. It is characterised by considerable landscape diversity, encompassing landscape complexes of varying ages, origins, sizes, and properties. For instance, the landscape structure of the Chornohora highlands is composed of the following elements (Fig. 6.2.3, Table 6.2.1) (Karabiniuk, 2020a):

- 2 sectors;
- 5 types of high-altitude areas;
- 20 types of landscape structures;
- 73 types of complex tracts;
- 273 types of sub-tracts and simple tracts.

As a result of the typological classification of the tracts in the alpine landscape tier of Chornohora, it was determined that the denudation alpine-subalpine highlands are composed of 7 types and 17 subtypes of complex tracts. The highest diversity is observed in the type of complex tracts on steep and very steep ridgetop slopes of the main ridge's spurs, which includes 5 subtypes and 23 types of complex tracts. Similarly, the type involving steep and steep ridgetop slopes of the main ridge's spurs encompasses 4 subtypes and 45 types of complex tracts. Notably, the former has the most extensive range of contours for complex tract types, totaling 144 contours. Conversely, the types associated with relict catchment areas and the system of tectonic landslides are unique. Each of these is represented by only 1 subtype and 1 type of complex tract (Karabiniuk, 2020a).

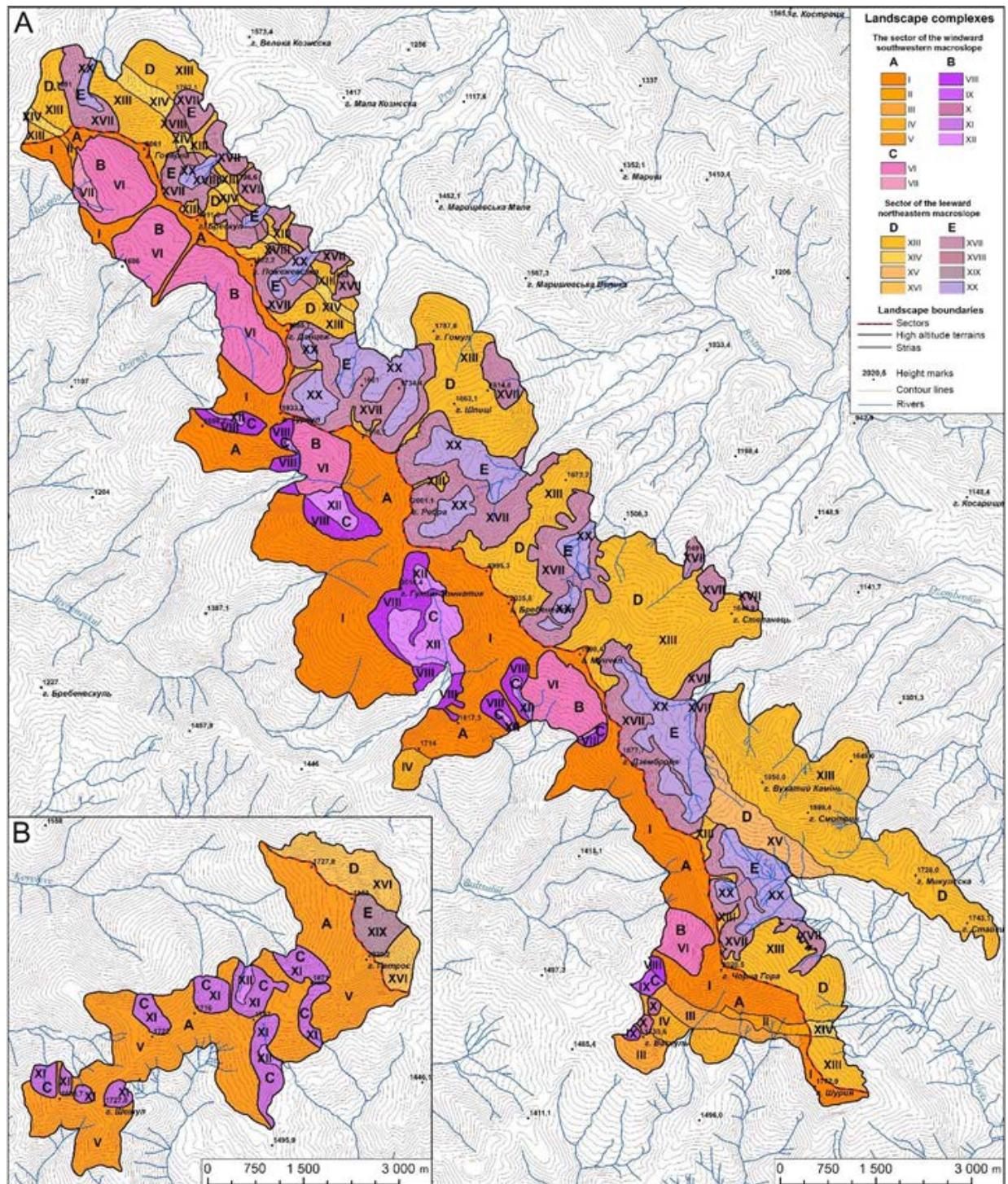


Figure 6.2.3. Landscape map of the subalpine and alpine highlands of Chornohora (sectors, altitudes, strata): A) Hoverla-Shuryn section; B) Sheshul-Petros section (Karabiniuk, 2020a).

Table 6.2.1.

Sectors, Altitudes and striys of the Subalpine and Alpine Highlands of Chornohora
(Legend to Fig. 6.8) (Karabiniuk, 2020a)

Sector	High-Altitude	Striya	Names of Natural Territorial Complexes
SECTOR of the southwestern windward heavily moistened macro slope drained by a parallel system of rivers with dominance of beech and spruce-fir-beech forests	A		The softly convex denudational alpine-subalpine highlands formed mainly in conditions of coherent rock stratum are very cold (average temperature of the coldest month is -12 °C; warmest month +9 °C) and very humid (up to 2000 mm), with whitebush-blueberry-bilberry heathlands and pike-sitnik-fescue meadows on mountain-meadow-brown loam and mountain-peat-brown loam soils
		I	Steeply sloping convex dome-shaped peaks, wavy crest surfaces and steep ridge slopes are consistent with the direction of dip of layers of non-calcareous mica coarse-layered and massive multi-grained grey sandstones, conglomerates and gravels with white-wood and juniper-bilberry heaths on mountain-meadow-brown loam and mountain-peat-brown loam soils
		II	The steep raked slopes of the spurs of the main ridge are composed of thin-coritic sandstone and mudstone flysch with interbedded greenish-grey mudstones and layers of siltstones, sandstones and marls with lying fescue and bluegrass and pike-white grasslands and spruce forests on mountainous meadow-brown soils
		III	The steep raked slopes of the main ridge spurs are composed of quartzite-like dark grey sandstones with thin layers of black and green mudstones with juniper-mountain-pine forest on mountainous meadow-brown soils
		IV	The steep raked slopes of the main ridge spurs are composed of limestone thinly laminated black mudstones with sandstone and silica layers with blueberry-juniper-mountain-pine forests on mountainous meadow-brown soils
		V	Steeply sloping convex dome-shaped peaks, wavy crest surfaces and steep ridge slopes are mainly coincident with the downfall of layers of non-calcareous mica coarse- and massively laminated grey sandstones and sandstone flysch packs with white-bowberry meadows and juniper-blueberry heaths on mountain meadow-brown soil
	B		Concave nival-erosion subalpine highlands formed in conditions of coherent occurrence of rock stratum, cold (July +10...+12 °C, January -10 °C), very humid (over 1500 mm) with mountain-pine and green alder crooked forest on mountain-meadow-brown loam and mountain-peat-brown loam soils
		VI	The geographically disconnected system of steeply sloping amphitheatres of ancient firn fields of the southwestern exposure complicated by landslides with waterlogged stepped bottoms are coordinated with the direction of dip of layers of non-calcareous mica coarse-layered and massive multi-grained grey sandstones, conglomerates and gravelites with dominance of juniper-mountain-pine and green alder crooked forests on mountain peat-brown earth soils
		VII	The area of the steeply sloping amphitheatre of the ancient firn field is composed of thin-coritic sandstone-argillite flysch with interbedded greenish-grey argillites and layers of siltstones, sandstones and marls with mountain-pine forests on weakly skeletal mountain-peat-brown soils
	C		The sharply concave glacial-exaration subalpine highlands formed mainly in the heads of rock stratum are cold (February -12 °C July +10 °C) and very humid (over 1500 mm), with waterlogged gully bottoms with deciduous and coniferous shrubs on mountain-meadow and mountain-peat-brown soils in combination with stony scree and bedrock outcrops
		VIII	A geographically disconnected system of heavily incised karsts and trough valley walls with very steep and steep walls mainly at the head of layers of non-calcareous mica coarse-grained and massive multi-grained grey sandstones, conglomerates and gravels with formations of deciduous and coniferous shrubs on mountain meadow-loamy soils
		IX	The geographically disconnected system of weakly incised karsts with steep walls is embedded in dark grey quartzite-like sandstones with thin layers of black and green mudstones with mountain-pine forest on mountain-meadow brown soils
		X	The geographically disconnected system of weakly cut karsts is embedded in thin-coritic black mudstones with sandstone and silica interlayers with pike-mountain pine forests on mountainous meadow-brown earth soils

Sector of the northeastern leeward macro-slope with a colder (by about 2°C) vegetation period than in the southwestern sector, lower (200-300 mm) annual precipitation, and dominated by spruce and beech-fir forests		XI	Geographically disconnected system of karsts with very steep walls embedded in coarse- and massively layered, non-lime micaceous grey sandstones and sandstone flysch with dominance of juniper and green alder formations on mountain meadow-brown earth soils
		XII	Steep and declining wavy surfaces of loamy-boulder moraine and alluvial deposits with dominance of mountain pine, green alder and juniper formations on mountain peat and brown loam soils
	D	<i>Softly convex denudational alpine-subalpine highlands formed at the heads of rock stratum, very cold (average temperature of the coldest month -12 °C; warmest month +7 °C) and very humid (up to 2,000 mm), with white bilberry-bilberry-blueberry heaths and pike meadows on mountain meadow-brown loam and mountain peat-brown loam soils</i>	
		XIII	Convex dome-shaped peaks and steep raked slopes are formed at the heads of layers of non-lime micaceous coarse-layered and massive multi-grained sandstones, conglomerates and gravels with blueberry-blueberry heaths and beechnut meadows on mountain meadow-brown soil and mountain peat-brown soil
		XIV	Steep ravine slopes and saddles are formed by thin-coritic sandstone-argillite flysch with white-bush and broom meadows on mountain meadow-brown soil
		XV	Steep hilly raked slopes are composed of limestone thinly laminated black mudstones and quartzite-like dark grey sandstones with fescue-bilberry heaths, spruce forests and mountain-pine crooked forests on mountain meadow-brown earth and mountain peat-brown earth soils
		XVI	Very steep raked slopes are formed at the heads of layers of non-calcareous micaceous coarse- and massively laminated grey sandstones and sandstone flysch, with blueberry-blueberry heaths and pike meadows on mountain meadow-brown soil
	E	<i>Sharply concave glacial-exaration subalpine highlands formed at the heads of rock stratum, cold (February -12 °C; July +8 °C), very humid (over 1,500 mm) with deciduous and coniferous shrubs on mountain-meadow and mountain-peat-brown soils in combination with stony scree and bedrock outcrops</i>	
		XVII	A geographically disconnected system of karsts with very steep and cliffy walls, embedded at the head of layers of non-calcareous micaceous coarse-layered and massive sandstones, conglomerates and gravels dominated by juniper, mountain pine and green alder on mountain-meadow-brown earth and mountain-peat-brown earth soils
		XVIII	Geographically disconnected steep and very steep walls of the karsts are embedded in a thin-coritic sandstone-argillite flysch with mountain pine formations and beech-bunchgrass meadows on mountain peat-brown loam and mountain meadow-brown loam soils
		XIX	The karsts with very steep and steep walls are laid at the head of layers of non-lime micaceous coarse- and massively laminated grey sandstones and sandstone flysch packs, with blueberry, juniper and green alder formations dominating on mountain meadow-brown soil
		XX	Strongly sloping undulating surfaces of loamy-boulder moraine and sedimentary rocky bottom of karsts with juniper-mountainous pine forests on mountain peat-brown soils

The sector of the upwind southwestern macro-slope covers 48.3 % of the Chornohora highlands' territory (38.9 km²). It comprises three types of high-altitude areas, twelve types of landscape structures, forty-one types of complex tracts, and 154 types of sub-tracts and simple tracts. The largest area is the high-altitude zone of gently convex denudation alpine-subalpine highlands, mainly formed in conditions of coherent rock layers (Type A), covering an area of 25.6 km². Within the same sector, the remaining 12.3 km² of highlands are occupied by 124 areas of concave nival-erosion subalpine highlands formed in conditions of coherent rock layers (Type B), and sharply concave glacial-exaration subalpine highlands formed mainly at the heads of rock layers (Type C). The latter two terrains were shaped by powerful Pleistocene glaciations but differ in the complexity of their morphological structure.

Within the sector of the leeward northeastern macro-slope of the Chornohora highlands (46.6 km²), there are two types of high-altitude areas, eight types of landscape structures, thirty types of complex tracts, and 122 types of sub-tracts and simple tracts. In terms of territory, the high-altitude area of the gently convex denudational alpine-subalpine highlands, formed at the heads of rock layers (Type D), takes a slight advantage, covering 23.5 km². It is represented by four types of landscape structures, nineteen types of complex tracts, and seventy-eight types of sub-tracts and simple tracts. The remaining 18.1 km² of this sector is occupied by the high-altitude

terrain of the sharply concave glacio-excision highlands (Type E), which, in terms of landscape structure, consists of four types of landscape structures, eleven types of complex tracts, and forty-four types of sub-tracts and simple tracts (Karabiniuk, 2020a).

The intricate landscape structure of the Chornohora highlands leads to substantial landscape diversity, particularly in the denudation and glacial-exaration highlands. Taxonomic diversity (P_{tax}) at the altitudinal area level is 5 and at the strata level is 20. Meanwhile, topological diversity encompasses 64 and 126 habitats, respectively. It's worth noting that the study area exhibits an unevenly polidominant form of taxonomic differentiation (Karabiniuk, 2020a).

Regarding topological diversity or mosaicism (R_{top}), the study area presents 64 habitats at the altitudinal level and 176 at the strata level. To put it simply, the five types of high-altitude areas are associated with 64 habitats, while the twenty types of landscape systems are connected to 126 habitats. The specific indicators of individual topological diversity and taxonomic representativeness (P_{tax}) differ significantly concerning altitude, as presented in Table 6.2.2.

Table 6.2.2.

Landscape diversity of the high altitude areas of Chornohora
(Karabiniuk, 2020a).

Types of High-Altitude Areas	Individual Topological Diversity	Taxonomic Representativeness
Softly convex denudational alpine-subalpine highlands primarily formed under coherent rock layer conditions (Type A).	3 areas	31,8 %
Concave nival-erosion subalpine highlands formed in conditions of coherent rock layers (B)	23 areas	8,2 %
Sharply concave glacial-excavation subalpine highlands formed mainly in the heads of rock layers (C)	6 areas	8,3 %
Softly convex denudational alpine-subalpine highlands formed in the heads of rock layers (D)	17 areas	29,5 %
Sharply concave glacial-excavation subalpine highlands formed in the heads of rock layers (E)	16 areas	22,5 %

Significant variations in the sizes of landscape structures within the Chornohora highlands have resulted in marked differences in taxonomic representation at the structural level. The highest percentages are found in the following strata:

- Convex dome-shaped peaks and steeply inclined slopes, which are associated with non-calcareous mica-coarse layered and massive, multigrained sandstones, conglomerates, and gravels (Stratum XIII) - 25.0 %.
- Steeply sloping convex dome-shaped peaks, undulating crest surfaces, and ridge slopes that align with the directional dip of non-calcareous mica-coarse layered and massive, multigrained grey sandstones, conglomerates, and gravels (Stratum I) - 19.9 %.
- A geographically fragmented system of pits characterised by very steep and steep walls, situated within non-calcareous mica-coarse layered and massive sandstones, enriched with conglomerates and gravelites (Stratum XVII) - 13.3 %.

Through the analysis of taxonomic representativeness, we have identified the type of taxonomic differentiation (DT) in the Chornohora highlands, which is characterised by an unevenly polydominant pattern at both the altitudinal area and landscape structure levels.

Changes in the current landscape structure and significant environmental threats are contingent on the levels of anthropogenic influence and climate change. The analysis of contemporary alterations in climatic conditions within the highlands of the Ukrainian Carpathians

reveals an upward trend in air temperatures, including average, maximum, and minimum temperatures, along with modifications in precipitation patterns and annual distribution. For instance, data from the Pozhezhevska avalanche station indicates a notable increase in the average annual air temperature, up by +1.1 °C when compared to previous climatic norms, now averaging 3.8 °C (Karabiniuk and Markanych, 2020). This has implications for the transformation of vegetation cover and amplifies the perils to the conservation of relict Arcto-Alpine plant species in the highland landscape stratum. The overall rise in air temperatures also results in shifts in the altitudinal distribution of plant zones in the mountainous landscapes of the Ukrainian Carpathians, leading to an expansion of the natural upper limit of forests. This, in turn, has a direct adverse impact on the landscape diversity within the highland layer and is instrumental in diminishing its total area (Baitzar, 1994; Karabiniuk and Markanych, 2020).

The significant increase in air temperatures, exceeding 2 °C, is most pronounced in the highlands of Chornohora, Svydovets, and other mountain ranges during the summer period. This temperature rise leads to a general aridification of climatic conditions and has a notable impact on the functioning of highland landscape complexes. This trend is further exacerbated by a slight decrease in summer precipitation in the highlands of the Ukrainian Carpathians, which diminishes by 15-20 mm, whereas other seasons witness increased precipitation. The most substantial increases occur during spring and winter, with a rise of 88.3 mm and 70.2 mm, respectively (Karabiniuk and Markanych, 2020). Consequently, this heightened precipitation intensifies erosion and avalanche-erosion processes, contributing to the formation of catchment funnels, swales, avalanche niches, avalanche trays, and alpine landscape complexes. Additionally, the rising spring temperatures lead to rapid snowmelt, primarily on sun-exposed southern and southwestern slopes, resulting in increased erosion and disintegration of lengthy steep slopes, cirque bottoms, and trail valleys. These processes, in turn, give rise to the development of erosion furrows on the slopes, thereby complicating the morphological structure of the landscapes and indicating their ongoing erosion.

6.3. Ecological Threats and Anthropogenisation of Highland Landscape Complexes (M.Karabiniuk)

The subalpine and alpine highlands of the Ukrainian Carpathians are a unique exsolutioncombination of relict and distinctive landscape complexes, which are characterised by their limited distribution and significant scientific, environmental and economic importance. The complex landscape structure and growing anthropogenic impact in the context of climate change increase the threat of deterioration of the ecological state of the highlands.

One of the primary external indicators of landscape complex functioning and its role in shaping the ecological conditions in the highland landscape layer of the Ukrainian Carpathians is the occurrence of modern physical and geographical processes (Stadnytskyi and Kravchuk, 1970; Tikhanovych, 2016; Karabiniuk, 2020b; Karabiniuk et al., 2020, 2022a, 2022c). These processes exhibit diversity and manifest differently across various highland areas, depending on their specific geographic characteristics, landscape structure organisation, and geocomplex properties. Consequently, the active development of this range of physical and geographical processes significantly impacts the overall ecological conditions in different highland areas and influences their potential for effective utilisation.

Our landscape analysis of contemporary physical and geographical processes in the subalpine and alpine highlands of the Ukrainian Carpathians reveals a significant diversity and dynamism. For instance, within the Chornohora highlands, we have identified 1258 process development centres (PDs). The most prevalent (63%) among these are geological and geomorphological processes, specifically landslides, linear erosion, and landslips. Hydrometeorological processes (34%) rank second, with avalanches and waterlogging being the

primary representatives. The remaining 3% are attributed to biotic processes, including the drying of shrubs such as mountain pine (*Pinus mugo* Turra), Siberian juniper (*Juniperus sibirica* Burgsd), and green alder (*Alnus viridis* (Chaix) DC.). In general, the highest intensity of manifestation within the highland tier of Chornohora is observed in landslides (4.2 units/ km²), avalanches (3.6 units/ km²), linear erosion (2.9 units/km²), and rockfalls (2.4 units/km²). Landslides (0.3 people/ km²) and shrub drying (0.4 people/ km²) exhibit the lowest intensity (Karabiniuk, 2020a).

Each alpine landscape complex exhibits a distinct set of adverse processes that reflect its unique characteristics and operational aspects. The structure and intensity of these processes are closely related to the origin of the landscape complexes (see Fig. 6.3.1). Within our study area, the highest intensity of negative processes, at 25.5 units/km², is observed in the old glacial-exaration highlands (B, D) covering an area of 24.8 km² (30.8 %). This category is predominantly affected by avalanches (7.5 units/ km²), rockfalls (6.7 units/km²), and screes (5.6 units/km²). The nival-erosion highlands, which span 6.6 km² (8.2 % of the total area), display a slightly lower overall intensity of negative processes (18.0 individuals/km²). However, they are particularly susceptible to waterlogging (3.9 individuals/km²) and shrub drying (0.8 individuals/ km²). In contrast, the denudation highlands (A, D), with a collective area of 49.1 km² (61.0 %), exhibit nearly half the intensity (10.3 individuals/km²) of negative physical and geographical processes. The most prevalent issues in this region are linear erosion and landslides, with respective intensities of 3.4 and 3.3 units/ km² (Karabiniuk, 2020a).

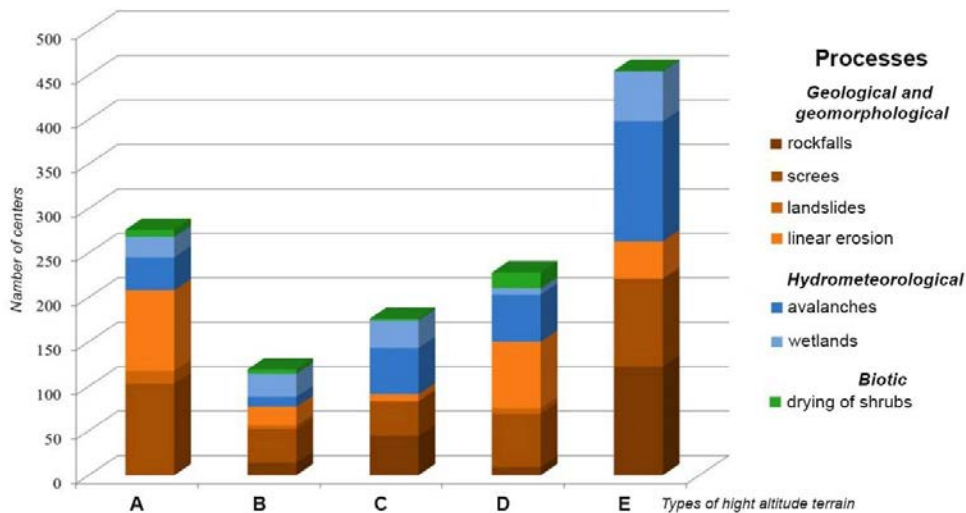


Fig. 6.3.1. The structure of modern negative physical and geographical processes in the high-altitude terrain of the subalpine and alpine highlands of Chornohora (Karabiniuk, 2020a)

A particular category of physical and geographical processes that holds a significant role pertains to biotic processes. These processes serve as vital indicators of environmental destabilisation, posing a threat to highland regions in the context of climate warming. In the highlands of the Ukrainian Carpathians, biotic processes are primarily represented by both sporadic and continuous shrub drying (Karabiniuk, 2020b). These manifestations are commonly observed in areas featuring mountain pine (*Pinus mugo* Turra) and Siberian juniper (*Juniperus sibirica* Burgsd.). They are predominantly found on the steep southern slopes, in the amphitheatres of ancient fir fields, and various other highland tracts. For instance, notable instances of continuous drying of mountain pine (*Pinus mugo* Turra) are documented in Chornohora, particularly in several pockets on the southern slopes of Mount Smotrych. In these areas, the affected regions exceed 250 to 300 square metres (Fig. 6.3.2).

The regions affected by the drying of Siberian juniper (*Juniperus sibirica* Burgsd.) are relatively smaller in size, but they are widespread across various sections of the highland landscape layer (Fig. 6.3.3). One of the most significant centres of such drying is situated in the upper reaches

of the Hoverla River basin to the west of Hoverla Mountain, specifically within the tract of the ravine slopes on the southern exposure. This area spans approximately 100 square metres (Karabiniuk, 2020b). The progression of biotic processes in the alpine landscape tier of the Ukrainian Carpathians can be attributed to the prevailing conditions, including rising air temperatures, reduced summer precipitation, and the ongoing anthropogenic impact on alpine landscape complexes.



*Fig. 6.3.2. Continuous drying of mountain pine (*Pinus mugo* Turra) in the highlands of Chornohora in the tract of wavy raked slopes of the southern exposure with landslides (south of Smotrych) (Photo by the author)*



*Fig. 6.3.3. Continuous drying of Siberian juniper (*Juniperus sibirica* Burgsd.) in the highlands of Chornohora in the tract of raked slopes of the southern exposure (west of Hoverla) (Photo by the author)*

Significant environmental threats to the landscape complexes of the subalpine and alpine highlands of the Ukrainian Carpathians are intrinsically linked to the long-standing economic pressures placed upon this region. Historically, the primary economic activity in the highlands revolved around mountain meadow farming, particularly in the form of nomadic livestock practices (Karabiniuk, 2021a). This economic complex flourished in Zakarpattia Region, driven by the widespread availability of natural highland meadows and the rapid regeneration of vegetation cover, typical of the highland landscape tier, owing to ample rainfall and solar radiation. Consequently, robust mountain meadows have developed in various mountain ranges of Zakarpattia Region, such as Chornohora, Svydovets, Borzhava, among others. These meadows are exclusively utilised for grazing purposes, predominantly for sheep and cattle. For instance, within

the Chornohora massif alone, there are currently around 20 substantial meadows where more than 3,500 cattle graze annually (Karabiniuk, 2020a).

One distinguishing feature of the highlands in Zakarpattia Region is the presence of expansive meadows, typically spanning an average of 300 to 400 hectares each. These meadows, such as Shumnieska, Harmaneska, Kozmieska, and Hropa, primarily serve as centres for sheep farming or adopt a combined approach, which involves both cattle and sheep grazing (Karabiniuk, 2020a). The specialisation of these meadows, along with the total number of livestock they support, significantly influences their impact on the highland landscape complexes. Over 83 % of the livestock primarily consists of sheep, necessitating extensive pasture areas for grazing (Karabiniuk, 2021a; Karabiniuk et al., 2022b). Consequently, the largest meadows can sometimes exceed 800 to 900 hectares in size, while approximately 17 % of the total livestock is dedicated to cattle grazing in the high mountain meadows of the region.

Long-term and intensive grazing in high mountain meadows and the surrounding areas has a profound impact on the vegetation cover of the subalpine and alpine highlands in the Ukrainian Carpathians. It adversely affects soil development, accelerates erosion processes, and contributes to the overall degradation of the ecological condition of highland landscape complexes. Consequently, due to continuous pasture pressure, low-productivity ecosystems such as sytnyk-bilobus, bilobus-bush, and bilobus wastelands have become prevalent, displacing the native meadow and shrub vegetation that once characterised these areas, and which were known for their high biodiversity (Malynovskyi, 2003; Karabiniuk, 2020a). Systematic livestock grazing in the high mountain pastures of Chornohora, Svydovets, and other mountainous landscapes in Zakarpattia Region has resulted in a noticeable reduction of biomass due to consumption, trampling, and removal from the biological cycle. This, in turn, affects the input of nutrients into the soil and alters the soil formation processes (Barannyk, 2018). Particularly in regions experiencing the highest economic pressures and where livestock grazing is constant, the ground cover is significantly impacted. A network of pathways, riddled with potholes and micro-disturbances, forms in these areas. Soil compaction becomes evident, and erosion processes intensify, contributing to the fragmentation of slopes and the degradation of already damaged vegetation.

In addition to the proliferation of low-yielding brome grasses and Vorian bindweed within the herbaceous vegetation of the subalpine and alpine zones in the Ukrainian Carpathians, the historical management of meadows has resulted in the degradation of significant portions of the subalpine crooked forest and a retreat of the natural forest boundary (Karabiniuk, 2020a). In the past, shrubbery was cleared to make room for the expansion of mountain pastures, essential for poloninas. Consequently, this has led to significant disturbances in the structure and altitudinal positioning of plant belts in the meadows and adjacent regions. In certain highland areas, such as the vicinity of Rognieska, Sheshul, Konets meadows, and others, the original mountain pine (*Pinus mugo* Turra) and Siberian juniper (*Juniperus sibirica* Burgsd.) forests are no longer present. This, in turn, intensifies erosion and landslide processes in the highlands while destabilising mudflows at lower elevations within the mid-mountain landscape tier of the upper Tisza River basin.

Recreational and tourist activities represent a primary and progressively growing use of the landscape complexes in the subalpine and alpine highlands of the Ukrainian Carpathians, particularly in Zakarpattia. The rich landscape diversity, the aesthetics of glacial landforms, panoramic vistas, and the presence of unique natural recreational assets such as peaks, lakes, caves, and more, all contribute to the development of recreation and tourism in these highlands. However, it's essential to recognize that the mismanagement of this sector can significantly impact the ecological state of these landscape complexes. The highlands feature an extensive network of tourist routes and paths that traverse the watersheds of the highest mountain ranges, primarily leading to the main tourist attractions.

In the alpine landscape tier of the Ukrainian Carpathians, the most popular natural recreational sites, including the highest peaks and relict glacial lakes, face significant recreational and tourist pressure (Rozhko, 2000; Karabiniuk et al., 2020; 2021). The most visited site is Mount

Hoverla, attracting over 15 000 to 20 000 visitors annually (Karabiniuk, 2020a). In general, the highlands of the Chornohora massif receive between 25 000 and 45 000 to 48 000 visitors each year. Over 75 % of them choose to explore the highlands during the summer, particularly in July and August. This concentrated influx of recreationists and tourists in a relatively short timeframe, especially in the most attractive highland areas, has a detrimental impact on the ecological condition of the landscape complexes. Hiking routes and trails bear the brunt of this pressure.

Field research conducted on tourist routes in Chornohora, specifically those leading to peaks like Hoverla, Petros, and Pip-Ivan, has revealed significant degradation due to the high number of summer climbers on these routes. The most popular hiking paths within the alpine landscape layer have reached the final (fifth) stage of degradation, characterised by the complete destruction of vegetation, the intensified development of erosion gullies, and the exposure of the mineral soil layer (Karabiniuk, 2020a). This degradation is primarily driven by the disruption of the natural processes within highland landscape complexes. Moreover, it exacerbates erosion processes, particularly in areas with a geological base of mudstones and surface slopes exceeding 9-12°.

Unauthorised overnight stays and prolonged visits by tourists exert a significant adverse influence on the environmental conditions within the highlands of the Ukrainian Carpathians. Of particular concern are the unique alpine lakes that originated during the final glacial deglaciation phase and now constitute prominent attractions within the highland landscape of the Ukrainian Carpathians. These lakes represent relics from ancient stages of mountain landscape evolution. However, the present recreational and tourist activities pose a potential threat to several of these lakes, especially those located along well-trodden tourist routes, in proximity to resorts or recreational centres, and amidst established tourist infrastructure.

Within the Zakarpattia Region, alpine glacial lakes are situated in the highlands of the Chornohora and Svydovets massifs at elevations exceeding 1450 metres. It was at these altitudes that the snow line extended during the Pleistocene glaciations. These lakes exhibit notable variations in terms of size, depth, and other morphometric characteristics (as shown in Table 6.3.1). The largest among these alpine lakes are Hereshaska and Apshynets, boasting a water surface area of 1.2 hectares each. The substantial recreational and tourist activities in proximity to the lakes and their surrounding areas significantly heighten environmental threats. Such activities often result in littering, the cutting of shrubs, and various other unlawful actions by visitors to the highlands.

Table 6.3.1.

Morphometric parameters of alpine glacial lakes in the Zakarpattia Oblast (Mykytchak and others, 2010; Karpenko, 2006; Hera and Kysheliuk, 2013)

Lake Name	Absolute Lake Height, m	Water Mirror Area, ha	Length, m	Width, m	Maximum Depth, m
Chornohora Mountain Range					
Brebeneskul	1791	0,61	146,8	67,1	3,0
Bretskul	1739	0,1	39,1	12,0	1,4
Verkhnie Ozirne	1637	0,24	122,2	24,7	3,2
Nyzhnie Ozirne	1507	0,13	60,2	29,0	2,0
Svydovets Mountain Range					
Drahobratske	1600	0,12	55	24	1,2
Hereshaska	1577	1,2	125	110	1,2
Apshynets	1487	1,2	126	100	3,3
Vorozheska	1460	0,7	95	95	4,5
(Verkhnyie and Nyzhnie)	1445	0,2	76	28	1,9

Particularly noteworthy is Lake Brebeneskul, situated at an elevation of 1791 metres, making it the highest lake in Ukraine (Ecosystems of the Lentic..., 2014). It stands as one of the most precious natural recreational sites within the Chornohora massif's highlands and holds the distinction of being a hydrological natural monument. Nestled at the base of a deeply incised cirque of the southwestern slope, near the summit of Hutyn Tomnatyk (2016.4 metres), in the upper region of the Brebeneskul basin, this area is encompassed by the Carpathian Biosphere Reserve, a dedicated nature conservation zone. Nevertheless, insufficient regulation of recreational and tourist activities in the Chornohora, unmonitored overnight camping and prolonged stays, a lack of essential hiking equipment such as stoves, and the relatively low eco-consciousness of tourists and recreationalists all contribute to adverse impacts on these invaluable landscape complexes.

To assess the adverse environmental impacts of unregulated recreational and tourist activities in the highlands of the Ukrainian Carpathians, we conducted field surveys of the landscape complexes near Lake Brebeneskul (Karabiniuk et al., 2020). Our surveys revealed nine extensive areas with evidence of cutting, primarily affecting mountain pine (*Pinus mugo* Turra), as well as significant instances of littering. Moreover, we identified four sizable areas showing signs of trampling, with a combined area of approximately 2 hectares (Karabiniuk et al., 2020). Utilising ArcGIS 10.4.1 software tools, we generated a landscape map at a scale of 1:10,000, which delineates the primary degradation areas within highland natural territorial complexes resulting from intensive recreational and tourist activities (see Figure 6.3.4).

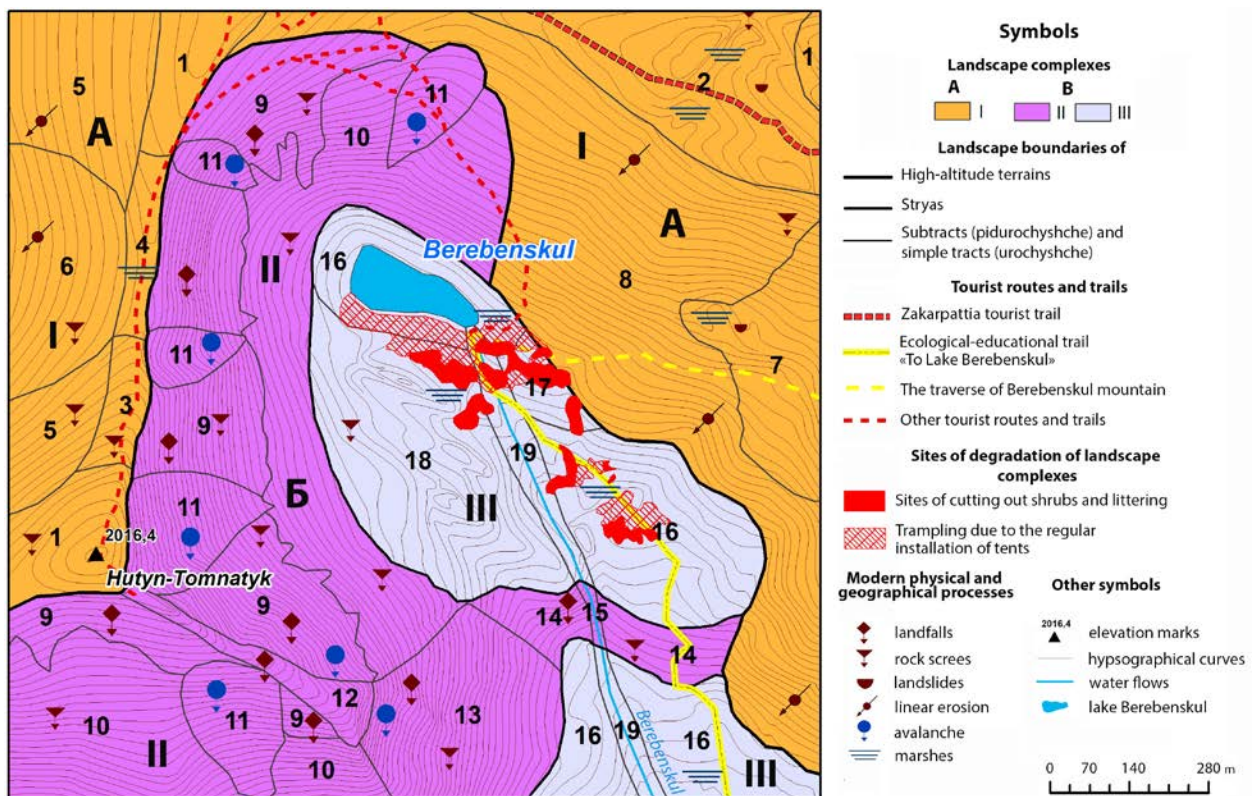


Fig. 6.3.4. Sites of degradation of natural territorial complexes of the subalpine and alpine highlands of Chornohora in the vicinity of Lake Brebeneskul (Karabiniuk et al., 2020).

The most significant environmental issue in the landscape complexes surrounding Lake Brebeneskul is the extensive cutting of mountain pine (*Pinus mugo* Turra) on an area of approximately 0.8 hectares (Karabiniuk et al., 2020). These activities result from the systematic cutting of shrubs, primarily for creating fires for cooking and heating in the absence of burners and other essential hiking equipment. During the field survey of the area, numerous pits were identified and mapped, with most measuring between 6×13 and 10×14 metres. Approximately 35% of these continuous cutting centres are concentrated within the sub-tract of the strongly sloping wavy section of the pit floor (see Fig. 6.3.6). The largest areas of mountain pine (*Pinus mugo* Turra) cutting, exceeding 10×18 metres in size, were observed in the tract of bedrock outcrops and the strongly sloping wavy section of the Brebeneskul cirque floor (refer to Fig. 6.3.7).



Figure 6.3.6. Cutting of mountain pine (*Pinus mugo* Turra) in the subtract of a strongly sloping wavy section of the Brebeneskul cirque floor (photo by the author)



Fig. 6.3.7. Cutting of mountain pine (*Pinus mugo* Turra) in a simple tract of bedrock outcrops in the bottom of the Brebeneskul cirque (photo by the author)

The environmental condition of the area around glacial Lake Brebeneskul is adversely affected by littering with household waste, including plastic and glass. This not only pollutes the environment but also poses dangers to tourists and recreationalists. The anthropogenization of the highland landscape complexes in the vicinity of the village of Brebeneskul in Chornohora is also experiencing intense trampling, resulting in the formation of a complex network of small trails. In areas with concentrated foot traffic, meadow and shrub vegetation are damaged, and various erosional processes occur. The cutting of mountain pine (*Pinus mugo* Turra) and other shrubs, along with trampling and the progression of trail degradation, leads to changes in soil moisture and structure. These activities affect the accumulation and erosion of snow under precipitation and

impair the overall functioning and restorative properties of alpine landscape complexes (Karabiniuk et al., 2020).

To mitigate the recreational and tourist impact and anthropogenization of the highland landscape complexes in the Ukrainian Carpathians, it is advisable to establish designated recreation and rest areas for tourists along popular tourist routes. This will significantly reduce the ad hoc placement of tents. Additionally, it is crucial to establish restrictions on the maximum capacity of the main tourist routes and recreational facilities and regulate the number of visitors in accordance with established guidelines. An essential measure in organising recreational and tourist activities in highlands includes verifying whether tourists possess burners and cylinders and implementing modern video surveillance or photographic documentation of any violations, among other steps. Another vital action for improving the ecological condition of high mountain areas is the implementation of systematic cleaning and geo-environmental monitoring.

References:

1. Baitsar A. L. Verkhnia mezha lisu v landshaftnykh kompleksakh Ukrainskykh Karpat : avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. heohr. nauk. : 11.00.01. [The Upper Boundary of the Forest in the Landscape Complexes of the Ukrainian Carpathians: PhD Thesis for the Degree of Candidate of Geographical Sciences: 11.00.01.] Kyiv, 1994. 21 s.
2. Barannyk A. V. Hirsko-luchno-burozemni hruntly Svydovetskoho i Chornohirskoho masyviv Ukrainskykh Karpat [Mountain-Meadow-Brown Soils of Svydovets and Chornohora Massifs of the Ukrainian Carpathians: PhD Thesis for the Degree of Candidate of Geographical Sciences]: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. heohr. nauk. : Lviv, 2018. 20 s.
3. Hera Y. B., Kysheliuk A. V. Morfometrychni osoblyvosti ozernykh ulohovyn Chornohirsko-Svydovetskoho masyvu Ukrainskykh Karpat. Realii, problemy ta perspektyvy rozvytku heohrafii v Ukraini : Materialy KhIV-oi 199 studentskoi naukovoï konferentsii (m. Lviv, 24 kvitnia 2013 r.). [Morphometric Features of the Lake Basins of the Chornohora-Svydovets Massif of the Ukrainian Carpathians. Realities, Problems and Prospects for the Development of Geography in Ukraine: Proceedings of the XIVth 199th Student Scientific Conference] Lviv : LNU imeni Ivana Franka. 2013. C.165–175.
4. Ekosystemy lentychnykh vodoim Chornohory (Ukrainski Karpaty) [Ecosystems of Lentic Reservoirs of Chornohora (Ukrainian Carpathians)] / za red. T.I. Mykitchaka. Lviv: ZUKTs, 2014. 288 s.
5. Karabiniuk M. M., Kalynych I. V., Peresoliak V. Yu. Morfometrychni osoblyvosti reliefu landshaftiv Chornohora i Svydovets v mezhakh Zakarpatskoi oblasti. Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatiuka. [Morphometric Features of the Landscape Relief of Chornohora and Svydovets within the Zakarpattia Oblast.] Ser. Heohrafiia. 2017. Vyp. 43 (2). S. 10–19.
6. Karabiniuk M. M. Landshaftna dyferentsiatsiia nehatyvnykh fizyko-heohrafichnykh protsesiv u subalpiiskomu i alpiiskomu vysokohiri Chornohory (dilianka “Sheshul-Petros”). Fizychna heohrafiia i heomorfolohiia. [Landscape Differentiation of Negative Physical and Geographical Processes in the Subalpine and Alpine Highlands of Chornohora (Sheshul-Petros Area). Physical Geography and Geomorphology.] 2019a. Vyp. 3 (93). S. 7–17. DOI: <https://doi.org/10.17721/phgg.2019.3.01>
7. Karabiniuk M. M. Do pytannia zledeninnia landshaftu Chornohora v Ukrainskykh Kaparatakh (istorychnyi aspekt). Dovhoterminovi sposterezhennia dovkillia : dosvid, problemy, perspektyvy : materialy Mizhnarodnoho naukovoho seminaru, prysviachenoho 75-richchiu z dnia narodzhennia B. P. Mukhy i 50-richchiu roboty Roztotskoho landshaftno-heofizychnoho statsionaru Lvivskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Franka (Lviv-Briukhovychi, 10–12 travnia 2019 r.). [To the Issue of Glaciation of the Chornohora Landscape in the Ukrainian Carpathians (Historical Aspect). Long-term Observations of the Environment: Experience, Problems, Prospects: Proceedings of the

- International Scientific Seminar dedicated to the 75th anniversary of B. P. Mukha and the 50th anniversary of the Roztotskyi Landscape and Geophysical Station of Ivan Franko National University of Lviv] Lviv : LNU imeni Ivana Franka, 2019b. S. 84–88.
8. Karabiniuk M. M., Shuber P. M. Zminy klimatychnykh umov u lystemu serednohir'no-pivnichno-skhidnoho sektoru landshaftu Chornohora. Dovhoterminovi sposterezhennia dovkillia : dosvid, problemy, perspektyvy : materialy Mizhnarodnoho naukovoho seminaru, prysviachenoho 75-richchiu z dnia narodzhennia B. P. Mukhy i 50-richchiu roboty Roztotskoho landshaftno-heofizychnoho statsionaru Lvivskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Franka (Lviv-Briukhovychi, 10–12 travnia 2019 r.). [Changes in Climate Conditions in the Forested Middle Mountains of the North-Eastern Sector of the Chornohora Landscape. Long-term Observations of the Environment: Experience, Problems, Prospects: Proceedings of the International Scientific Seminar dedicated to the 75th anniversary of B.P. Mukha and the 50th anniversary of the Roztotskyi Landscape and Geophysical Station of Ivan Franko National University of Lviv] Lviv : LNU imeni Ivana Franka, 2019. S. 88–93.
 9. Karabiniuk M. M. Pryrodni terytorialni kompleksy subalpiiskoho i alpiiskoho vysokohiria Chornohirskoho masyvu Ukrainyskykh Karpat [Natural Territorial Complexes of the Subalpine and Alpine Highlands of the Chornohora Massif of the Ukrainian Carpathians: PhD Thesis for the Degree of Candidate of Geographical Sciences: 11.00.01.]: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. heohr. nauk : 11.00.01. Kyiv, 2020a. 21 s.
 10. Karabiniuk M. M. Problema vyskhannia chaharnykyv ta yii vplyv na ekolohichni stan pryrodnykh terytorialnykh kompleksiv subalpiiskoho y alpiiskoho vysokohiria Chornohory. Konstruktyvna heohrafiia i kartohrafiia: stan, problemy, perspektyvy : materialy mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi onlain-konferentsii, prysviachenoi 20-richchiu kafedry konstruktyvnoi heohrafi i kartohrafi Lvivskoho natsionalnoho universytetu imeni Ivana Franka (Ukraina, m. Lviv, 1–3 zhovtnia 2020 r.). [The Problem of Shrubs Drying Out and Its Impact on the Ecological Status of Natural Territorial Complexes of the Subalpine and Alpine Highlands of Chornohora. Constructive Geography and Cartography: State, Problems, Prospects: Proceedings of the International Scientific and Practical Online Conference dedicated to the 20th anniversary of the Department of Constructive Geography and Cartography of Ivan Franko National University of Lviv] Lviv: Prostir-M, 2020b. S. 217–2020.
 11. Karabiniuk M. M., Hnatiak I. S., Markanych Ya. V. Antropizatsiia tsinnykh pryrodnykh terytorialnykh kompleksiv subalpiiskoho y alpiiskoho vysokohiria Chornohory pid vplyvom rekreatsiino-turystychnoi diialnosti v okolytsiakh ozera Brebeneskul (Ukrainski Karpaty). Fizychna heohrafiia ta heomorfologhiia. 2020. [Anthropisation of Valuable Natural Territorial Complexes of the Subalpine and Alpine Highlands of Chornohora under the Influence of Recreational and Tourist Activities in the Vicinity of Lake Brebeneskul (Ukrainian Carpathians). Physical Geography and Geomorphology.] Vyp. 1-2 (99-100). S. 13–25. DOI: <https://doi.org/10.17721/phgg.2020.1-2.02>
 12. Karabiniuk M. M., Markanych Ya. V. Dynamichnist klimatychnykh umov ta suchasni tendentsii yikhnikh zmin u pivnichno-skhidnomu sektori landshaftu Chornohora (Ukrainski Karpaty). Pryroda Karpat: naukovyi shchorichnyk Karpatskoho biosfernogo zapovidnyka ta Instytutu ekolohii Karpat NAN Ukrainy. [Dynamism of Climate Conditions and Current Trends of Their Changes in the North-Eastern Sector of the Chornohora Landscape (Ukrainian Carpathians). Nature of the Carpathians: Scientific Yearbook of the Carpathian Biosphere Reserve and the Institute of Ecology of the Carpathians of the National Academy of Sciences of Ukraine.] 2020. Vyp. №1(5) S. 58–70.
 13. Karabiniuk M. M. Polonynske hospodarstvo u subalpiiskomu y alpiiskomu vysokohiri Chornohory: suchasnyi stan ta orhanizatsiia // Stiiki rozvytok silskykh terytorii u konteksti realizatsii derzhavnoi ekolohichnoi polityky ta enerhozberezhennia : kol.

- monohrafiia [Polonyna Farming in the Subalpine and Alpine Highlands of Chornohora: Current Status and Organisation // Sustainable Development of Rural Areas in the Context of Implementation of State Environmental Policy and Energy Saving: a Collective Monograph] / za red. T. O. Chaika. Poltava : Vyd-vo PP «Astraia», 2021a. S. 203–2016.
14. Karabiniuk M. M. Rozvytok pryrodnykh terytorialnykh kompleksiv subalpiiskoho y alpiiskoho vysokohiria Chornohory u holotseni ta yikh suchasna struktura. Pryroda Karpat: naukovyi shchorichnyk Karpatskoho biosferneho zapovidnyka ta Instytutu ekolohii Karpat NAN Ukrainy. [Development of Natural Territorial Complexes of the Subalpine and Alpine Highlands of Chornohora in the Holocene and Their Modern Structure. Nature of the Carpathians: Scientific Yearbook of the Carpathian Biosphere Reserve and the Institute of Ecology of the Carpathians of the National Academy of Sciences of Ukraine.] 2021b. Vyp. №1(6). S. 57–73.
 15. Karabiniuk M. M., Burianyk O. O., Roman L., Karabiniuk Ya. V. Rekreatsiino-turystychna diialnist u Karpatskomu biosfernomu zapovidnyku: dynamika, suchasnyi stan ta problemy rozvytku. Liudyna ta dovkillia. Problemy neoekolohii. [Recreational and Tourist Activity in the Carpathian Biosphere Reserve: Dynamics, Current Status and Development Problems. Man and the Environment. Problems of Neoecology.] 2021. № 35. S.115–130. DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2021-35-11>
 16. Karpenko N. Osoblyvosti poshyrennia ozer v Ukrainskykh Karpatakh. Problemy heomorfolohii i paleoheohrafii Ukrainskykh Karpat i prylehlykh terytorii. [Features of the Distribution of Lakes in the Ukrainian Carpathians. Problems of Geomorphology and Paleogeography of the Ukrainian Carpathians and Adjacent Territories.]2006. C. 82–87.
 17. Kovaliukh N. N., Petrenko L. V., Tretiak P. R. Heokhronolohyia nyvalno-hliatsyalnykh otlozhenyi srednehoria Ukraynskykh Karpat. Biuro komys. po yzucheniyu chetvertychnoho peryoda. [Geochronology of Nival-Glacial Deposits of the Middle Carpathian Middle Range. Bureau of the Commission for the Study of the Quaternary Period.]1985. № 54. S. 113–118.
 18. Kravchuk Ya. S. Alpiiskyi relief Ukrainskykh Karpat. Problemy heomorfolohii i paleoheohrafii Ukrainskykh Karpat i prylehlykh terytorii : Zbirnyk naukovykh prats, 2006.[Alpine Relief of the Ukrainian Carpathians. Problems of Geomorphology and Paleogeography of the Ukrainian Carpathians and Adjoining Territories: Collection of Scientific Papers] S. 3–18.
 19. Malynovskyi K. A. Karpatski polonyny i polonynske hospodarstvo. Pratsi naukovohto tovarystva im. Shevchenka. Ekolohichniy zbirnyk "Ekolohichni problemy Karpatskoho rehionu". [Carpathian Meadows and the Meadow Economy. Works of the Shevchenko Scientific Society. Ecological collection "Ecological Issues of the Carpathian Region".] 2003. S. 293–309.
 20. Melnyk A. V. Ukrainski Karpaty: ekoloho-landshaftoznavche doslidzhennia: monohrafiia. [Ukrainian Carpathians: Ecological and Landscape Studies: a Monograph.] Lviv, 1999. 286 s.
 21. Melnyk A. V., Karabiniuk M. M., Kostiv L. Ya., Senychak D. V., Yaskiv B. V. Pryrodni terytorialni komplekсы verkhivya baseinu richky Lazeshchyna v mezhakh Chornohory. Fizychna heohrafiia ta heomorfolohiia. [Natural Territorial Complexes of the Upper Lazeshchyna River Basin within Chornohora. Physical Geography and Geomorphology.] 2018. Vyp. 90 (2). S. 5–24. DOI: <https://doi.org/10.17721/phgg.2018.2.01>
 22. Melnyk A. V., Karabiniuk M. M. Chynnyky formuvannia ta kryterii vydilennia vysokohirnoho landshaftnoho yarusu v Chornohori (Ukrainski Karpaty). Problemy heomorfolohii i paleoheohrafii Ukrainskykh Karpat i prylehlykh terytorii : zbirnyk naukovykh prats. [Factors of Formation and Criteria for the Allocation of the Highland Landscape Layer in Chornohora (Ukrainian Carpathians). Issues of Geomorphology and Paleogeography of the Ukrainian Carpathians and Adjoining Territories: a Collection of

- Scientific Papers.]2018. Vyp. 8. S. 24–41. DOI: <http://dx.doi.org/10.30970/gpc.2018.08.2012>
23. Mykitchak T. I., Rozhko I. M., Lenko O. V. Fyzyko-heohrafichna ta hidrokhimichna kharakterystyka ozer ta ozerets masyvu Chornohora (Ukrainski Karpaty). Nauk. pratsi UkrNDHMI. [Physical, Geographical and Hydrochemical Characteristics of Lakes and Lakes of the Chornohora Massif (Ukrainian Carpathians). Scientific Works of UkrNDGMI.] 2010. Vyp. 259. C.231–244.
24. Miller H. P., Fedirko O. M. Karpaty Ukrainski. Heohrafichna entsyklopediia Ukrainy. [Ukrainian Carpathians. Geographical Encyclopedia of Ukraine.] Kyiv : Holovna red. URE im. P. M. Bazhana, 1990. T.2. C. 113–114.
25. Miller H. P., Fedirko O. M., Brusak V. P. Landshaftna dyferentsiatsiia terytorii KBZ. Bioriznomanittia Karpatskoho biosferneho zapovidnyka. [Landscape Differentiation of the CBR Territory. Biodiversity of the Carpathian Biosphere Reserve.] Kyiv : InterEkoTsentr, 1997. S. 96–113.
26. Rozhko I. M. Rekreatsiina otsinka hirsykh pryrodno-terytorialnykh kompleksiv dlia potreb turyzmu (na prykladi Ukrainskykh Karpat) : avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. heohr. nauk : 11.00.11 [Recreational Assessment of Mountain Natural and Territorial Complexes for Tourism Needs (On the Example of the Ukrainian Carpathians): PhD Thesis for the Degree of Candidate of Geographical Sciences: 11.00.11] Lviv, 2000. 22 s.
27. Stadnytskyi D. H., Kravchuk Ya. S. Heoloho-heohrafichni peredumovy rozvytku i poshyrennia suchasnykh stykhiinykh protsesiv v Ukrainskykh Karpatakh. Heohr. problemy Ukrainskykh Karpat i Podillia [Geological and Geographical Preconditions for the Development and Spread of Modern Natural Processes in the Ukrainian Carpathians. Geogr. Issues of the Ukrainian Carpathians and Podillia] : II zizd Heohr. t-va. URSR. Kyiv, 1970. S. 70–81.
28. Tykhanovych Ye. Ye. Poshyrennia i dynamika lavynnykh pryrodnykh terytorialnykh kompleksiv v Ukrainskykh Karpatakh : avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia kand. heohr. nauk : 11.00.01. [Distribution and Dynamics of Avalanche Natural Territorial Complexes in the Ukrainian Carpathians: PhD Thesis for the Degree of Candidate of Geographical Sciences: 11.00.01.] Kyiv, 2016. 20 s.
29. Karabiniuk M., Markanych Y., Burianyk O., Hnatiak I., Gostiuk Z. Methodical aspects of geoinformation analysis of landscape differentiation of modern negative geological and geomorphological processes in natural territorial complexes of the highlands of Chornohora (Ukrainian Carpathians). *International Conference of Young Professionals, GeoTerrace 2020* (December 7-9, 2020. Lviv, Ukraine). Lviv, 2020. Vol. 2020, P.1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20205709>
30. Karabiniuk M., Kalynych I., Leta V., Mykyta M., Melnychuk V. Geological conditions of development and landscape differentiation of modern geological and geomorphological processes in the highlands of the Chornohora massif (Ukrainian Carpathians). *Geodynamics*. 2022a. Vol. 1(32). P. 64–79. DOI: <https://doi.org/10.23939/jgd2022.02.064>
31. Karabiniuk M., Melnychuk V., Romanko V., Radysh I., Kachailo, M. Pasture farming and its impact on the geoecological situation in the Rakhiv District of Transcarpathian Region. *16th International Conference Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment*. 2022b. Vol. 2022. pp. 1-5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580156>
32. Karabiniuk M., Hostiuk Z., Burianyk O., Leta V., Terletska Ya. Mapping and geoinformation analysis of snow avalanche processes in geocomplexes of the subalpine and alpine highlands of the Chornohora (Ukrainian Carpathians). *International Conference of Young Professionals, GeoTerrace 2022*. 2022c. Vol. 2022. pp.1–5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022590019>

CHAPTER 7. MODERN CHANGES IN THE STRUCTURE OF THE FOREST COVER OF ZAKARPATTIA (L. Felbaba-Klushyna, V. Klushyn, L. Miklovsh)

7.1. Forest Structure and Trends in Their Change

Forests are the most significant biomass accumulators among all types of phytocoenoses, playing a crucial role in regulating the biosphere's balance on our planet. According to V.A. Bokov and A.V. Lushchuk (Bokov and Lushchuk, 1998), forests accumulate 82% of the Earth's total phytomass, exceeding 1960 billion tonnes. Alarming, the world loses more than 21 hectares of forest every hour, with an annual harvest of about 5 billion m³ of wood, progressively undermining the biosphere functions of forests.

Zakarpattia oblast claims the highest forest cover percentage in Ukraine, reaching 50.4%. Beech forests dominate this region, while spruce forests prevail in the Ukrainian Carpathians as a whole. Geobotanical research conducted by P.M. Ustymenko has identified 1305 associations of forest vegetation in the Ukrainian Carpathians (based on dominant classification principles), which constitutes approximately 70% of the phytocoenofond of Ukrainian forests (Ustymenko, 2005). Zakarpattia contributes to this diversity by describing 600 associations, representing about 50% of the syntaxonomic diversity of Ukrainian forests.

L.M. Felbaba-Klushyna (2010) conducted an analysis of the forest vegetation, highlighting significant changes in forests over the centuries due to economic activities. These changes have been exacerbated by the absence of well-defined theoretical foundations for regional forestry and nature conservation models. Additionally, practical laws and indicators of interdependencies and relationships within these ecosystems have been lacking. The forest cover in the Ukrainian Carpathians has undergone a nearly 50% reduction compared to its original biogeocenotic cover. Mature and overgrown forests now occupy only 14% of the area, and young growth predominates at 40% (Holubets, 1965; Holubets and Malynovskyi, 1967). In regions accessible for forest exploitation on mountain slopes, the natural forest structure has been significantly altered. A common characteristic of anthropogenically modified forest phytocoenoses in the Ukrainian Carpathians is the simplification of their vertical and horizontal structure, resulting in decreased flora and coenotic diversity. These changes have led to significant alterations in functional indicators, including disruptions in the water and radiation balances of the territory, reduced biological productivity, and a general imbalance in self-regulation mechanisms within forest ecosystems (Holubets, 1978, 1994, 2005, 2010; Holubets et al., 1992; Golubets et al., 2001, as cited in Felbaba-Klushyn, 2010).

In the Ukrainian Carpathians, the distribution of forest types is as follows: spruce forests occupy 37.7% - 46.4% of the forested area, beech forests cover 35.1% - 37.7%, and fir forests account for 6.8% (Bilous et al., 1975).

Among these forest types, spruce forests demonstrate the highest productivity in the Ukrainian Carpathians. In Zakarpattia, their productivity reaches 323.9 m³/ha, which is 40 m³/ha higher than the regional average for the Ukrainian Carpathians. However, in recent decades, a significant and widespread decline in spruce forests, especially on their southern slopes, has been observed. This phenomenon is largely attributed to climate warming (Gensiruk, 2006).

In mature beech forests of Zakarpattia, the stand productivity averages between 420-517 m³/ha (Chubaty, 1972). This productivity is nearly half of what is found in the central part of the beech's range (Molotkov, 1966, as cited in Felbaba-Klushyna, 2010).

Over several decades, M.A. Holubets conducted extensive research on the forest cover of the Ukrainian Carpathians and studied the dynamics of various forest indicators. He noted a significant expansion of spruce forests within the state forestry fund over 150-200 years, growing from 393 to 691 thousand hectares. Specifically, the area of pure spruce forests increased from 126 thousand hectares at the end of the last century to 325 thousand hectares in the 1970s, representing an increase of more than 2.5 times. Conversely, the area of beech forests within the

restored cover initially totaled 680 thousand hectares. However, by the 1970s and 80s, it had decreased by 272 thousand hectares, marking a 40% reduction. For fir forests, the corresponding figures were 118 and 82 thousand hectares, respectively, representing a 30% decrease (Holubets et al., 2001). The widespread cultivation of spruce (*Picea abies* (L.) H. Karst.) has been a prominent feature of forestry practices in most European countries over the past two centuries (Bilous et al., 1975).

Due to the wide range of natural conditions, Zakarpattia exhibits both thermophilic forests containing Mediterranean species like white ash (*Fraxinus ornus* L.), silver linden (*Tilia tomentosa* Moench), fluffy oak (*Quercus pubescens* Willd.), and golden oak (*Q. dalechampii* Ten.), as well as boreal forests typically found in the taiga (Felbaba-Klushyna, 2010).

Virgin forest ecosystems dominated by European beech (*Fagus sylvatica* L.) hold exceptional value in terms of their functional significance and scientific importance, earning them a place on the list of the world's most treasured World Heritage sites. These forests are primarily concentrated within the protected regions of the Carpathian Biosphere Reserve, Synevyr National Nature Park, Uzhansky National Nature Park, and Zacharovanyi Krai National Nature Park. Among these, the largest tracts of such pristine forests are found in the Uholsko-Shyrokoluzhanskyi massif within the Carpathian Biosphere Reserve, which stands as one of Europe's most expansive virgin forest expanses (Pralisi..., 2003).

According to I. Fedurtsya and his colleagues (Fedurtsya and others, 1997), the forests of European spruce (*Picea abietae*) and white fir (*Abies alba*) account for just 31.6% of the forested area in Zakarpattia. This figure is 7% less than the Ukrainian Carpathians as a whole. Forests of common oak (*Quercus robur*) and rock oak (*Quercus petraea*), which cover relatively smaller areas, make up around 8% of the forest composition.

Forests in Zakarpattia are distributed unevenly across different vegetation zones. The largest forested areas are concentrated at altitudes of 400-800 metres above sea level, within the lower forest zone. A somewhat smaller forested area belongs to the upper forest zone, found at altitudes between 800 and 1200 metres above sea level. Approximately 10% of the forested land is located in the floodplains of the Latorytsia, Borzhava, and Tisa rivers within the Zakarpattia lowland, encompassed by the Prytysyansky Regional Landscape Park. These floodplains exhibit variations in dominant forest species. For instance, in the floodplains of the lower Latorytsia River, one can find ash oak forests known for their high floristic diversity, predominantly situated along old streams, branches, and the riverbed itself (Kish et al., 2009). In the lower reaches of the Borzhava River, the forests consist of elm and ash trees, along with hornbeam oaks, common oak (*Quercus robur* L.), and narrow-leaved ash (*Fraxinus angustifolia* Vahl.). As reported by Kish and colleagues, these areas are considered to be one of the largest continuous expanses, covering 2500 hectares, of lowland floodplain forests in both Ukraine and Europe (Kish et al., 2009). In the lower reaches of the Tysa River, you can find willow-poplar and black poplar (*Populus nigra* L.) forests, with trees that are over 100 years old. Moreover, the floodplain alder forest of black alder (*Alnus glutinosa* (L.) P. Gaertn.) in the Ehresh tract stands as the largest in terms of area and one of the best-preserved alder forests in Zakarpattia (Kish et al., 2009).

In the lowest areas of the oak forests in the lower reaches of the aforementioned rivers, swampy alder forests have been preserved, hosting rare species such as the Kyiv nettle (*Urtica kioviensis* Rogov.), common ostrich fern (*Matteucia struthiopteris* (L.) Tod.), and sphagnum mosses. Some of these areas are protected within the aforementioned park, while certain tracts have been designated as forest reserves, including Silash (75.5 hectares, Berehove State Forestry), Ehresh (37.4 hectares, Vynohradiv Forestry), and Ostrosh (30.0 hectares, Mukachevo Forestry) tracts (Kish et al., 2009).

Within the lower-lying sections of the topography of some of these protected tracts, alder and ash forests, featuring tall grass bogs, have developed. Among them, small patches of

sphagnum mosses, such as marsh sphagnum (*Sphagnum palustre* L.), central sphagnum (*S. centrale* C. Jens.), and sharp-leaved sphagnum (*S. capillifolium* (Ehrh.) Hedw.), can be found. It's possible that some alder forests emerged on the sites of former sedge-sphagnum or willow-sedge bogs following reclamation, a practice that was frequent in the lowlands during the postglacial era.

A significant proportion of forest vegetation syntaxons in Zakarpattia exhibit unique structural and species compositions not found elsewhere in Ukraine (Felbaba-Klushyna, 2010). Consequently, there is an observed decline in the extent of swampy alder forests.

A significant proportion of forest vegetation syntaxons in Zakarpattia exhibit unique structural and species compositions not found elsewhere in Ukraine (Felbaba-Klushyna, 2010). Consequently, there is an observed decline in the extent of swampy alder forests.

According to P.M. Ustymenko and colleagues, approximately 35% of Ukraine's rare forest phytocoenofond is found in Zakarpattia, with around 20% of these exclusive to the region (Ustymenko et al., 2007). Notably, these unique phytocoenoses are located in areas like Chorna Hora, Yuliyivska Hora, and Muzhiyivska Hora. The latest edition of the Green Data Book of Ukraine (2009) encompasses 308 associations within 72 forest vegetation formations in Ukraine. Among these, 28 occur in Zakarpattia, with 12 being exclusive to the region. Below, we provide a brief list and description of these unique forest phytocoenoses.

Additionally, the category of unique forest phytocoenoses includes swampy alder-lilac forests from the *Alnetea* (*incanae*) *syringosa* and *Alnetea* (*glutinosa*) *syringosa* formations. *Syringa josikaeae* J.Jacq.ex Rchb. is a Pleistocene relict that exclusively thrives in the Eastern Carpathians of Ukraine and Romania (Eastern Carpathian endemism). These communities, where it plays a dominant role in the undergrowth, are primarily situated on the southern slopes of the Ukrainian Carpathians within the upper reaches of the Latorytsia River catchment, with only one known location on the northern slopes of the Vododilnyi Ridge. To date, nine localities of *Syringa josikaea* communities have been recorded, whereas there were approximately 16 of them during the latter half of the previous century (Stoyko et al., 1980; Felbaba-Klushyna, 2005; Felbaba-Klushyna, Bizilya, 2006). Communities featuring grey alder Hungarian lilac and glue alder Hungarian lilac forests are designated as rare within the Green Book of Ukraine (2009) (Felbaba-Klushyna, 2010).

In the Zakarpattia Oblast, forest cover exhibits variations across different floristic regions and altitudes. There is a prevailing trend of younger forests increasing in abundance while mature and old-growth forests are decreasing. Old-growth forests are primarily preserved within protected areas, and floodplain glue alder forests are notably scarce.

Section 7.2: Functional Importance of Forest Cover (Hydrological and Soil Protection Role)

Numerous studies have been dedicated to exploring the functions of forests in the Ukrainian Carpathians (Bilous et al., 1975; Blystiv, 2002; Holubets, 2010; Komendar, 1966; Oliynyk, 2008; Chubaty, 1968-1984). For the most recent insights into the functions of forests of various species and age compositions, one can refer to the works of V.S. Oliynyk (1996, 1999a,b, 2008).

In summary, the water protection function of forests can be assessed by their impact on total water reserves, as represented by the annual river runoff within a specific region (Rakhmanov, 1984). The hydrological role of forests is evident in the reduction of surface runoff in rivers and the increase in groundwater runoff. This phenomenon results in a decrease in unproductive flood runoff and a simultaneous rise in the more valuable groundwater runoff, which sustains and benefits national economic activities (Lvovich, 1963). The water-regulating function of forests is essential, as forest cover plays a significant role in protecting and conserving the water resources of a region by redistributing moisture across different biogeocenotic horizons and throughout the year (Mikhovych, 1986; Chubaty, 1984, as cited in Felbaba-Klushyna, 2010).

Numerous studies have examined the relationship between the hydrological and soil protection roles of forests and factors such as the species composition of forest coenoses, age

category, relief conditions, altitude, the extent of forested areas, and forest management practices. For instance, the most substantial water protection impact is observed in mature and relatively mature beech forests and mixed beech-spruce-fir mountain forests. As mixed stands become more complex with age, they effectively utilise both underground and aboveground airspaces, enhancing their water protection functions compared to mono-dominant forest phytocoenoses. Therefore, to strengthen the water protection and conservation functions of forests for multi-purpose forest management, it is crucial to increase forest cover in watersheds and promote complex forests (Chubaty, 1968).

The water-regulating and water-protective roles of forests become more pronounced at higher altitudes due to increased precipitation, variations in the thermal regime, and the greater influence of mountain slope topography. Soils are a crucial functional component of forest phytocoenosis. In studies conducted by Chubaty in 1984, it was found that beech stand soils exhibited the highest infiltration rates and the lowest runoff rates. For instance, under similar precipitation intensity (62-75 mm per hour) and on slopes with similar steepness (20°-30°), the runoff in a mature beech stand was measured at 2.3-3.4 mm, with an infiltration rate of 95.5-96.6%. In contrast, a mature spruce stand showed runoff values of 14.1-57.8 mm, with infiltration rates ranging from 19.2% to 77.2%. In a pasture environment under these conditions, runoff levels were between 63.1-67.1 mm, and infiltration rates ranged from 11.7% to 16.3%. However, on slopes with a steepness of 100, runoff in mature spruce and beech stands was similar, at 3.6 mm, with an infiltration rate of 93.7%. Depending on weather conditions and the distribution of annual precipitation, underground runoff in mature beech stands varied from 61 to 553% of surface runoff for this period, while under spruce stands, it ranged from 45 to 347%. This demonstrates that the increased water-regulating influence of beech stands is attributed to their heightened moisture cycling intensity (Felbaba-Klushyna, 2010).

Forest functions are influenced by the method of logging and skidding. Clear-cutting and ground felling, for example, result in the complete removal of the forest floor and a significant portion of the topsoil on 60-90% of the logged area. In mountain forests, particularly in valley floors, soils exhibit very high water permeability, reaching up to 4000 mm per hour. In contrast, meadow communities dominated by compacted whitebark (*Nardus stricta*) have water permeability 10-15 times lower. Furthermore, after rainfall, runoff in forests starts several days later compared to meadows and fields. This means that water from the forest enters the riverbed when most of it has already drained from the meadows and fields, a crucial factor in flood prevention. In the Carpathian region, where 75% of river runoff is flood runoff, the primary function of forest cover lies in redistributing the total volume of runoff and reducing the potential for destructive floods (Felbaba-Klushyna, 2010).

Following clear-cutting, the annual runoff volume from the studied catchment in the beech stand increased significantly, rising from 39.1 to 406.3 mm when compared to control conditions without clear-cutting.

Forests universally serve the essential functions of soil protection and soil formation, as the nature and type of soil are intricately linked to forest cover in conjunction with climatic factors. A comparison of solid runoff (mudflows, landslides, avalanches) from catchments, both during the period when they were covered with forests and after harvesting for essential use, reveals that the maximum solid runoff occurs immediately after harvesting (Chubaty, 1984, as cited in Felbaba-Klushyna, 2010).

The pivotal factor that governs the state of water protection and water regulation functions of forests is the extent of forest cover within a given catchment. To uphold the water-regulating function of forests, it's imperative that their coverage within the catchments of Carpathian rivers remains at or above 70% of the total territory. Conversely, forest cover below 40% of the catchment area is regarded as inadequate for the stable operation of basin ecosystems (Blystiv,

2002; Oliynyk, 2008). Increasing the extent of forests in the region to 70% is a vital flood control measure, emphasising the need to expand afforestation in river basins with insufficient forest cover, while gradually replacing monocultures with mixed stands (Felbaba-Klushyna, 2010).

Chubaty has categorised the catchment basins in the Ukrainian Carpathians into four distinct groups:

1. River basins in the central drainage area of the southern megaslope of the Carpathians with an average annual precipitation of 1364 mm.
2. River basins in the upwind southern slope of the Polonynsky ridge, where the average annual precipitation is 1247 mm.
3. A group of basins on the southern and northern megaslopes, predominantly in the eastern part of the Pryvododilski Carpathians, with an average annual precipitation of 1156 mm.
4. Basins in the central and western parts of the northern megaslope of the Carpathians, partly in the Gorgan mountain range, and entirely in the Beskydy, where the average annual precipitation is 1008 mm (Chubaty, 1984).

The findings of O.V. Oliynyk's research underscore the pivotal role of catchment forest cover in shaping river runoff. For instance, a 1% increase in the forested area of catchments across all studied groups leads to a river runoff increase of 9.4-11.9 mm (Oliynyk, 1996, 1999, 2008; Chubaty, 1968). Mountain forests exhibit the capacity to retain approximately 25% of atmospheric precipitation. They reduce snow accumulation and the intensity of spring snowmelt by 1.5 times, enhance soil permeability by 2-10 times, lower soil moisture by 1.2 times, and decelerate the formation of surface water runoff by 3-4 times (Chubaty, 1968).

The main conclusion from these, and other relevant studies, on the role of forests is that, in addition to their climate-forming and soil-protective functions, forests play a crucial role as regulators of the hydrological balance in both mountainous regions and plains. This role becomes increasingly significant as concerns about water shortages grow (Felbaba-Klushyna, 2010).

Based on the results of the literature analysis, it can be concluded that unbalanced forest management in Zakarpattia has led to a disruption in the natural distribution of forests across altitude zones and age categories. Mature and overgrown forests are primarily found in high mountainous and remote areas, while young and middle-aged stands are situated at lower elevations, often near roads and settlements. Furthermore, young and middle-aged stands tend to be concentrated within certain river catchments, while mature and overgrown stands dominate others. This discrepancy is the primary cause of the environmental conditions that have resulted in water and energy imbalances and disruptions in river flows. For instance, in the basins of the Turya and Pynia rivers, located in the Skhidni Beskydy and low mountain meadows, extensive clear-cutting operations took place until the 1980s. Consequently, approximately 80% of their forested areas are now dominated by stands with a simplified vertical and horizontal structure, resulting in the loss of many water and soil protection functions. This has had a severely detrimental effect on the state of water resources. More than a quarter of a century ago, due to human activity, the Beskydy region lost about 460 million m³ of water annually, and the absorption of solar radiation by the forests was reduced by 2.8×10^{15} kcal/year, representing a 3.4% decrease compared to the original biogeocenotic cover (Holubets, 2010, as cited in Felbaba-Klushyna, 2010).

Moreover, the forest cover of the Carpathian Mountains significantly influences the moisture content of air masses both over the Carpathians and in neighboring regions. This influence arises from the substantial moisture retained by the Carpathian forest canopy and subsequently evaporated into the air, resulting in an annual enrichment of the region's atmosphere by an average of 2.5-3 km³ of water (Chubaty, 1984, as cited in Felbaba-Klushyna, 2010).

Mountain forests in the Carpathians are recognized for their essential roles in water and soil protection, although these roles may vary in different geomorphological regions of the mountains, on different types of soils, and, as previously mentioned, depending on the species composition of forest phytocoenoses.

In accordance with the zonation of Carpathian mountain forests based on their water protection significance, these forests are categorized into the following groups (Chubaty, 1972, as cited in Felbaba-Klushyna, 2010):

I. Watershed mountain forests of paramount water protection importance, which play a critically significant role in supplying water to mountain rivers on both the southern and northern macroslopes. These forests are situated in zones characterised by maximum atmospheric moisture and a cold to cool climate, which has resulted in the formation of the densest hydrographic networks. Within this category, three sub-districts have been identified: I a. Chornohora-Maramorosh-Chyvchyn, I b. Horgansky, and I c. Beskydsko-Verkhovynsky. In Zakarpattia, mudflows most frequently occur in the upper reaches of the Chorna Tisa and Bila Tysa rivers, Tereblya, Teresva, and Rika, all of which are located within the district. On steep, rocky slopes, heavy rainfall can trigger soil erosion. In the Pryvododilni Horgany region, during the first half of the last century, devastating landslides destroyed approximately 50 hectares of forests, including over 20 hectares of pine forests. In certain cases, when water saturation is particularly severe, forest cover may not withstand landslides. Nonetheless, intact forests that haven't been significantly altered by human activities generally serve as a natural defence against the development of landslides and mudflows.

II. Water protection forests of the southern macroslope of the Polonynski Carpathians. The unique orographic features of the Polonynsky ridge have a significant impact on the distribution of moisture within the water balance elements. The water-regulating influence of the forests in this area combines moisture accumulation and nourishment of mountain streams and rivers, which are water protection elements. Conversely, it leads to increased moisture consumption through total evaporation compared to riparian water protection forests. This increased evaporation contributes to a somewhat reduced water storage capacity of these forests. Sub-areas within this category include: IIa. Svydovets-Krasnyansky, IIb. Borzhavsky, and IIc. Western Polonynsky.

III. The Zakarpattia lowland area with forests of water regulation and protection value coincides with the territory of the Volcanic Carpathians, encompassing the Solotvyno Basin in the eastern part. The significance of forest cover lies, firstly, in its ability to consolidate and stabilise the banks of mountain rivers, and secondly, in its role in regulating the hydrological patterns of the soil, ensuring high productivity for both forests and agricultural land. In this context, the water conservation role of forests, namely their influence on increasing water resources, is counterbalanced by the moisture consumption through total evaporation. This occurs in a relatively less humid and warmer climate. Thus, the widespread forests in this area create optimal hydrological conditions for the soil cover, with their water protection role being of secondary importance.

IV. The Carpathian lowland area of forests with water regulation importance. These forests share some similarities with the forests in the previous district regarding their role in water regulation and protection. This category comprises two sub-areas: IVa. The External Carpathian lowland and IVb. Pokutsko-Bukovyna lowland. The forests in the first sub-area serve the functions of both water protection and water regulation, while the forests in the second sub-area contribute to moisture accumulation and river nourishment. Additionally, they aid in stabilising river and stream banks and collectively enhance the hydrological conditions in both forested areas and adjacent agricultural lands.

Floodplain forests are not isolated as a separate region; instead, they are dispersed above the forest belt of the first two regions and form a transitional zone with the subalpine belt. Nevertheless, they are classified as forests with specific importance in water protection and water regulation (Chubaty, 1972). Foothill forests, in conjunction with thickets of mountain pine (*Pinus mugo* Turra) (coppice) and green alder (*Duschekia alnobetula* (Ehrh.) Pouzar) (larch), play a particularly crucial role in hydrological and erosion control. Вони поглинають величезну кількість води, яка стікає з полонин. For instance, graystone soil is capable of absorbing rainfall in just 23 seconds, whereas in white-tailed deer, it takes 7 minutes and 56 seconds. Sphagnum in

peaty soils exhibits an exceptionally high moisture retention capacity. To illustrate, the moisture capacity of grass plants typically ranges from 100% to 200%, green mosses exhibit a range of 300% to 500%, and sphagnum mosses reach an impressive 1500% to 3000% (or even up to 5000%) (Komendar, 1966). In alpine pine forests, the litter layer plays a particularly significant role, averaging 100 cm per hectare, while in spruce forests, it reaches 80 cm per hectare. Consequently, in dense spruce stands and coppice forests, even on slopes ranging from 20 to 25 degrees, surface runoff and soil erosion are nearly non-existent (Bilous, 1975). Foothill forests, situated adjacent to treeless meadows, are instrumental in redistributing snow cover, leading to a reduction in springtime floods.

V.I. Komendar (1966) underscored the need to protect all thickets of cedar and bramble in the Ukrainian Carpathians and advocated for the artificial restoration of damaged natural phytocoenoses.

In summary, the foremost priority for conserving and reinstating the core functionality of forest ecosystems entails expanding their coverage, optimising their structure, especially in the upper catchment areas of the primary tributaries of the Tysa River and in lowlands, and safeguarding and rejuvenating riverine and floodplain water protection forests. Consequently, the primary mission of contemporary mountain forestry revolves around enhancing the water protection role of forests.

References:

1. Bilous Z.P., Vainahii I.V., Holubets M.A. ta in. Biologichna produktyvnist smerekovykh lisiv Karpat. [Biological Productivity of Spruce Forests of the Carpathians] – K.: Nauk. dumka, 1975. – 237 s.
2. Blystiv V.I. Zberezhennia i posylennia vodorehuliuchoi roli hirskykh lisiv Ukrainy Karpat. // Prypolonynni lisy Karpat: Tezy dop. Mizhnarod. robochoi shkoly (s. Kostryno, Ukraina, 26-29 kvitnia 2002 r.) [Preservation and Strengthening of the Water Regulating Role of Mountain Forests of the Ukrainian Carpathians // Foothill Forests of the Carpathians: Proceedings of the International Workshop (Kostryno, Ukraine, 26-29 April 2002)]. – Uzhhorod, 2002. – S. 42.
3. Bokov V.A., Lushchik A.V. Osnovy ekolohycheskoi bezopasnosti. [Fundamentals of Environmental Safety] – Symferopol: Sonat, 1998. – S. 30-31.
4. Hensiruk S.I. Prychyny vsykhannia yalynovykh lisiv Karpat i zakhody dlia prypynennia yikh dehradatsii [Causes of Drying Out of Spruce Forests of the Carpathians and Measures to Stop Their Degradation] // Zeleni Karpaty. – 2006. – №1-2. – S. 56-58.
5. Holubets M.A. Suchasnyi ta vidnovlenyi lisovyi pokryv Ukrainy Karpat // Materialy III zizdu Ukr. botan. t.-va. [Modern and Restored Forest Cover of the Ukrainian Carpathians // Proceedings of the Third Congress of the Ukrainian Botanical Society] – K.: Nauk. dumka, 1965. – S. 94-95.
6. Holubets M.A. Elnyky Ukrainy Karpat. [Spruce Forests of the Ukrainian Carpathians]. – K.: Nauk. dumka, 1978. – 264 s.
7. Holubets M.A. Pytannia optymizatsii bioheotsenotychnoho pokryvu // Antropohenni zminy bioheotsenotychnoho pokryvu v Karpatskomu rehioni [Issues of Optimisation of Biogeocenotic Cover // Anthropogenic Changes of Biogeocenotic Cover in the Carpathian Region]/ Za red. M.A. Holubtsia; AN Ukrainy. In-t ekolohii Karpat. – K.: Nauk. dumka, 1994. – S. 113-146.
8. Holubets M.A. Seredovyshcheznastvo. [Environmental Studies] – Lviv: Manuskript, 2010. – 176 s.
9. Holubets M.A. Vstup do ekosystemolohii. [Introduction to Ecosystemology] – Lviv: Polli, 2005. – 199 s.

10. Holubets M.A., Borsuk D.V., Havryliuk M.V. y dr. Bioheotsenotycheskyi pokrov Beskyd y eho dinamicheskye tendentsyy.[Biogeocenotic Cover of the Beskyd and its Dynamic Trends] – K.: Nauk. dumka, 1992. – 240 s.
11. Holubets M.A., Kozak I.I., Kozlovskyi M. P. ta in. Antropohenni zminy bioheotsenotychnoho pokryvu v Karpatskomu rehioni [Anthropogenic Changes of Biogeocenotic Cover in the Carpathian Region (in Ukrainian)]// Za red. M. A. Holubtsia. – K.: Nauk. dumka, 1994. – S. 17-22 (165).
12. Holubets M.A., Malynovskyi K.A. Printsypy klasyfikatsiyi y klasyfikatsiya rastytelnosti Karpat // Botan. zhurn. [Principles of Classification and Classification of Vegetation of the Carpathians // Botanical Journal]– 1967. – 52, 2. – S. 189-201.
13. Holubets M.A., Maryshevych O. H., Kozlovskyi M. P. ta in. Ekologichna sytuatsiia na pivnichno-skhidnomu makroskhyli Ukrainyskykh Karpat [Ecological Situation on the North-Eastern Macro-Slope of the Ukrainian Carpathians (in Ukrainian)]// Za red. M. A. Holubtsia. – Lviv: Polli, 2001. – 162 s.
14. Zelena knyha Ukrainy. Ridkisi i taki, shcho perebuvaiut pid zahrozoiu znyknennia, ta typovi pryrodni roslynni uhrupovannia, yaki pidliahaiut okhoroni. [Rare, Endangered, and Typical Natural Plant Communities to be Protected]/ Pid zah. red. chlen-korespondenta Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy Ya. P. Didukha. – K., 2009. – 446 s.
15. Kish R., Prots B., Polianovskyi A. ta in. Rehionalnyi landshaftnyi park «Prytysianskyi» – zberezhennia pryrodnoi spadshchyny rivnynnoho Zakarpattia. [Regional Landscape Park "Prytysyansky" - Preservation of the Natural Heritage of the Plain Zakarpattia] – Uzhhorod: Mystetska liniia, 2009. – 20 s.
16. Komendar V.I. Forposty hornnykh lesov. [The Outposts of Mountain Forests]– Uzhhorod: Karpaty, 1966. – 205 s.
17. Levkivskyi S.S., Khilchevskyi V.K., Obodovskyi O.H. ta in. Zahalna hidrologiia: Pidruchnyk [General Hydrology: Textbook]/za red. S.M. Lysohora. – K.: Fitosotsiotsentr, 2000. – 264 s.
18. Lisy Zakarpattia. Narysy z istorii ta chasopys lisivnytstva. [Forests of Zakarpattia. Essays on the History and Journal of Forestry.](Ukladachi: Kyi V., Kotsur I., Davydova Yu. ta in) –Uzhhorod: TOV «RIK-U»- -367 s.
19. Lvovych M.Y. Chelovek y vody. Preobrazovanye vodnoho balansa y rechnoho stoka[Man and Water. Transformation of Water Balance and River Runoff]. – M.: Heohrafyzyt, 1963. – 568 s.
20. Mikhovych A.H. Normatyvy optymalnoi vodookhoronnoi lisystosti. [Standards of Optimal Water Protection Forest Cover // Water Protection Forest Plantations]// Vodookhoronni lisonasadzhennia. – K.: Urozhai, 1986. – S. 95 – 108.
21. Molotkov P.Y. Bukovye lesa y khoziaistvo v nykh.[Beech Forests and Their Management] – M.: Lesnaia promyshlennost, 1966. – 226 s.
22. V.S. Kolychestvennaia otsenka vodorehulyruishchei roly bukovykh lesov Ukraynskykh Karpat [Quantitative Assessment of the Water-Regulating Role of Beech Forests of the Ukrainian Carpathians]// Lesovedenye. - 1994. - № 4. - S.3-10.
23. Oliinyk V.S. Hidroloho-lisivnycha otsinka vodozboriv Karpat [Hydrological and Forestry Assessment of the Carpathian Watersheds] // Naukovyi visnyk: Lisivnytski doslidzhennia v Ukraini.- Lviv: UkrDLTU, 1996. - Vyp. 5. - S. 147-150.
24. Oliinyk V.S. Hydrolohicheskye posledstvyia rubok elnykov na elementarnykh vodosborakh v Ukraynskykh Karpatakh [Hydrological Consequences of Felling Spruce in Elementary Watersheds in the Ukrainian Carpathians]//Lesovedenye. – 1999a. - № 2. - S. 42-48.
25. Oliinyk V.S. Vplyv viku derevostaniv na formuvannia stoku vody v riznykh vysotno-typolohichnykh umovakh Karpat [Influence of the Age of Treestands on the Formation of Water Runoff in Different Altitude and Typological Conditions of the Carpathians

-]//Naukovyi visnyk: Lisivnytski doslidzhennia v Ukraini.- Lviv: UkrDLTU, 1999b. - Vyp. 9.10. - S. 150-157.
26. Oliinyk V.S. Vodookhoronno-zakhysna rol hirskykh lisiv Ukrainy Karpatskykh Karpat, yii antropohenni zminy ta shliakhy optymizatsii / Avtoref. dys. na zdob. nauk. st. doktora silskohospod. nauk.[Water Protection and Protective Role of Mountain Forests of the Ukrainian Carpathians, Its Anthropogenic Changes and Ways of Optimisation / PhD Thesis for the Degree of Doctor of Agricultural Sciences] – Lviv, 2008. – 40 s.
27. Pralisy u tsentri Yevropy. Putivnyk po lisakh Karpatskoho biosferneho zapovidnyka [Primeval Forests in the Centre of Europe. A Guide to the Forests of the Carpathian Biosphere Reserve]// Pid red. U. Brendli, Ya. Dovhanycha. – Shveitsarskyi federalnyi instytut doslidzhen lisu, snihu i landshaftiv, Birmensdorf, Shveitsariia; Rakhiv, KBZ, Ukraina, 2003. – 192 s.
28. Rakhmanov V.V. Hydrolohycheskaia rol lesov.[Hydrological Role of Forests] – M.: Lesnaia promyshlennost, 1984. – 241 s.
29. Stoiko S.M., Milkina L.I., Zhyzhyn M.P. Okhorona pryrody Ukrainy Karpatskykh Karpat ta prylehlykh terytorii [Nature Protection of the Ukrainian Carpathians and Adjoining Territories]. – K.: Nauk. dumka, 1980. – 264 s.
30. Ustymenko P.M. Fitotsenotaksonomichna riznomanitnist Ukrainy: fitosozolohiia, metodolohiia, analiz ta prykladni aspekty [Phytocoenotaxonomic Diversity of Ukraine: Phytosozology, Methodology, Analysis and Applied Aspects / PhD Thesis ... Doctor of Biological Sciences, Speciality 03.00.05 Botany]/ Avtorefe-rat ...doktora biol. nauk, spets. 03.00.05 botanika. – K, 2005. – 37 s.
31. Ustymenko P.M., Sheliakh-Sosonko Yu.R., Vakarenko L.P. Rarytetnyi fitotsenofond Ukrainy [Rare Phytocoenofond of Ukraine]. – K.: Fitosotsiotsentr, 2007. – 268 s.
32. Fedurtsia I.Iu., Pecher I.I., Kichura V.P. ta in. Lisy Zakarpattia. Suchasnyi stan ta okhorona [Forests of Zakarpattia. Current State and Protection]. – Uzhhorod, 1997. – 53 s.
33. Felbaba-Klushyna L.M. Fitotsenotychna kharakterystyka ta okhorona uhrupovan Syringa josikae Jack (Oleaceae) v Ukrainy Karpatskykh Karpatakh.[Phytocoenotic Characteristics and Protection of Syringa josikae Jack (Oleaceae) Communities in the Ukrainian Carpathians] // Ukr. botan. zhurn. – 2005. – 62, №4. – S. 484-495.
34. Felbaba-Klushyna L.M., Bizilia K.M. Buzok uhorskyi (Syringa josikae Jack.) // Plan dii shchodo polipshennia zberezhenia populiatsii flory ta fauny, shcho zaneseni do Chervonoii knyhy Ukrainy ta v mizhnarodni chervoni pereliky. V mezhakh pryrodno-zapovidnoho fondu [Action Plan to Improve the Conservation of Flora and Fauna Populations Listed in the Red Data Book of Ukraine and International Red Lists. Within the Nature Reserve Fund]. – Kharkiv: Raider, 2006. – S.40-44.
35. Chubatyi O.V. Vodookhoronni hirski lisy [Water Protection Mountain Forests]. – Uzhhorod: Karpaty, 1972. – 120 s.
36. Chubatyi O.V. Hirski lisy – rehuliatory vodnoho rezhymu [Mountain Forests - Regulators of Water Regime]. – Uzhhorod: Karpaty, 1984. – 102 s.
37. Chubatyi O.V. Zakhysna rol karpatskykh lisiv [Protective Role of the Carpathian Forests]. – Uzhhorod: Karpaty, 1968. – 136 s.
- s.

CHAPTER 8. CHANGES IN THE BIODIVERSITY OF ZAKARPATTIA IN THE CONTEXT OF ANTHROPOGENIC PRESSURE

8.1. Impact of Anthropogenic Factors on the Microbiota of Natural Ecosystems (M.Kryvtsova, M. Savenko)

Over the past decades, there has been an intensification of anthropogenic impact on natural ecosystems, which has led to significant changes in the functioning of microbial cenoses. Microorganisms react sensitively to changes in the environment and, accordingly, to the impact of anthropogenic pressure. Sources of environmental pollution include the use of pesticides, industrial emissions into the atmosphere, domestic and industrial wastewater, fuel industry, transport, liquid and solid municipal waste, and heavy metal deposits.

The dynamics of microbial communities is a sensitive bioindicator system that reflects not only the state but also the functioning of microbial communities, and to a large extent, the ecosystem as a whole.

Significant changes in the composition of the microbiota of aquatic ecosystems are reflected in the results of monitoring observations (Bilkey et al., 2018). In particular, monitoring observations of the Uzh River were carried out. The authors demonstrate the dynamics of the qualitative and quantitative composition of the surface waters of the Uzh River in several monitoring sites with different types of anthropogenic pollution: 1) the area of influence of the Perechynskiy Lisokhimichnyi Kombinat (Perechyn Forestry and Chemical Plant); 2) the areas where municipal wastewater from the city of Uzhhorod enters the river; 3) near the location of household plots and unauthorised landfills on the banks of the water body.

According to the results of spatial and temporal monitoring of microbiological indicators of the Uzh River, it was found that the total number of microorganisms (TNM) fluctuates widely. The main factor behind the change in bacterial contamination of water in these areas was the change in the river's intra-annual hydrological regime. Thus, the highest values of total TNM were recorded from February to March during the spring flood and summer low water, and the lowest in January. A similar trend is typical for the dynamics of the coli-index, however, a steadily increased level is observed during the summer. As for the fluctuations in the total number of microscopic fungi, an increase in early spring and a further decrease in summer can be observed. Such a trend may indicate the proliferation of micromycetes under favourable conditions, in particular, of an increase in temperature. The decrease in the concentration of microscopic fungi in summer can be explained by the increased exposure to solar radiation, which is known to be stronger in high mountainous areas and in surface waters with low flow levels. Bacteriological indicators of water quality increase significantly within 100 metres of the Domoradzh Stream. Throughout the year, the microbial count reaches above-normal values, decreases in winter, and gradually increases with the beginning of spring. In this case, the influence of chemicals on the change in the dynamics of the TNM can be observed. The change in the coliform index at this point indicates its dependence on the temperature factor and river water content, the highest values are recorded during the summer intermittent period and exceed the permissible values 24-28 times, in winter they decrease by half, exceeding the norms 10-15 times. The total number of microscopic fungi during the year was within the limits, which is insignificant given the increased content of biogenic matter and generally had a slight downward trend in winter. Outside of Perechyn, a similar trend is observed, but the level of both chemical and microbiological pollution slightly decreases, which is explained by the self-purification ability of the river in the mountainous part and the remote distance from the potential source of pollution.

The impact of dense urban development is reflected in the results of bacteriological pollution of the water body within Uzhhorod. This is most evident in changes in the coliform index. Water pollution by coliform bacteria is explained by the unregulated discharge of untreated or insufficiently treated wastewater. It can be also assumed that the increase in temperature and

the nature of the water content of the water body, namely the shallowing of the river during this period, leads to an increase in the concentration of pollutants and the proliferation of saprophytic microflora under favourable conditions. The results of chemical and microbiological studies of the Bialka mountain river in Poland were similar, where the level of bacterial pollution increased in summer as a result of an increase in the number of tourists and was closely correlated with the content of nitrogen compounds.

An equally important factor is the river's transition to a flat type, which results in the transfer of pollutants to lowland areas. In the lower reach of the Uzh River within the village of Storozhnytsia, a tendency to increased microbiological indicators of water quality outside the village was detected, with maximum TNM values recorded in summer and autumn. Compared to the control point, the excess of the total microbial count outside the village of Storozhnytsia reaches thousands of times. In addition, it was found that the increase in the total number of microorganisms and microscopic fungi was caused by an increase in the concentration of nitrates, nitrites and ammonium nitrogen, which is explained by the flow of nutrients into the water body, one of the main sources of which is agricultural wastewater and runoff from adjacent areas. It is also worth noting that in this area, the flow rate slows down and the riverbed becomes silted, which significantly reduces its natural self-purification mechanisms. The coli-index also reaches high values both before and after the village, which can be explained, firstly, by the transfer of pollutants from upstream areas, and, secondly, by the close proximity of the riverbed to buildings, in particular, to a number of small household farms, which serve as a source of faecal pollution.

The results of the study of the distribution of different groups of microorganisms in aquatic environments indicate qualitative and quantitative changes in the structure of microbial communities under the influence of anthropogenic pressure. In the areas of water bodies subjected to anthropogenic pressure, a decrease in autochthonous gram-positive groups of microorganisms and an increase in the number of allochthonous gram-negative microbes were observed. The number and ratio of microorganisms changes under the influence of chemical compounds. Excessive concentrations of heavy metals in water bodies inhibit the growth of myxomycetes, thereby upsetting the balance in the ecosystem. In turn, such dynamics of quantitative reduction of microscopic fungi can serve as an indicator of water body pollution.

The results of the study indicate an uneven distribution of microorganisms of different physiological groups depending on the territorial location. Comparative characteristics of the ratio and number of representatives of the microbiocenosis indicates that the most unfavourable environmental situation is typical for a technogenically transformed area, where under the influence of long-term pollution, an adaptive response of microorganisms to inadequate living conditions is observed, which leads to successive changes in the microbial cenosis. The area near the village of Storozhnytsia, which is in the zone of influence of agricultural activities, is also characterised by changes in the structure of the microbiocenosis, which indicates a continuous flow of pollutants into the water reservoir (Savenko and others, 2021).

Antibiotic-resistant microorganisms in technogenically transformed ecosystems. The real challenge of the 21st century is the problem of antibiotic resistance, which threatens the effectiveness of antimicrobial therapy in the fight against infectious diseases. According to the WHO, 37,000 deaths were recorded in Europe alone in 2016 as a result of microbial resistance to drugs. The use of antibiotics has long crossed the boundary of the clinical profile and is widely used in the agricultural and food industries, making it impossible to introduce controls over the rational use of antimicrobials.

One of the consequences of the irrational use of antibiotics is the growth of antibiotic-resistant microorganisms and their genetic determinants of resistance not only within hospitals but also in the environment. The results of scientific studies conducted over the past decade indicate a significant spread of poly- and multi-resistant microorganisms and resistance genes in surface water, wastewater and groundwater, drinking and bottled water, soil and food of the plant origin.

These results indicate the potential risks of antibiotic substances entering the human body through the food chain, as even the consumption of water of inadequate quality can lead to the development of resistance. Modern wastewater treatment facilities are not capable of completely cleaning water from genetic determinants, the largest source of which is known to be hospital wastewater and domestic wastewater.

We have conducted research to determine the relationships of the migration of antibiotic-resistant microorganisms in the system of human-aquatic environment and to assess the risks of resistance spreading. In particular, the level of antibiotic resistance of microorganisms isolates of the *Enterobacteriaceae* family isolated in the conditions of inflammatory processes of the oral cavity and bacteria isolated from surface waters (the Uzh River) was studied.

The high level of antibiotic resistance of microorganisms of the *Enterobacteriaceae* family both in aquatic ecosystems and the human body was established. The highest rates of antibiotic resistance were revealed for unprotected beta-lactams, tetracyclines, macrolides, and first-generation cephalosporins. The results of the study prove the possible role of aquatic ecosystems in the formation and migration of antibiotic-resistant microorganisms, both in the environment and on the way to the consumer. The data obtained substantiate the feasibility of introducing new indicators of sanitary and hygienic control over the spread of antibiotic-resistant microorganisms (Savenko et al, 2021; Savenko et al, 2020).

Microorganisms of technogenically transformed soils. The impact of transport facilities on the natural environment is caused by the construction of motorways, their operation, burning of significant amounts of fuel, pollution of adjacent areas by emissions, runoff, and waste, which disrupt the natural balance in ecosystems. These environmental impacts include disruption of the stability of natural landscapes by transport infrastructure through erosion and landslides; air pollution by exhaust gases; and a steady increase in soil contamination with oil, lead, and products of blowing and falling bulk cargo (coal, ore, cement). Toxic substances emitted by diesel engines include carbon oxide, nitrogen oxides, soot, hydrocarbon compounds, sulphur dioxide, and hydrogen sulphide. The exhaust gases also contain benzo(a)pyrene and polycyclic aromatic compounds, as well as heavy metals. These substances in increased quantities during intensive railway traffic undoubtedly have a negative impact on all components of the surrounding ecosystems, including the air. Railway transport is also a source of physical impact (noise, vibration, electromagnetic radiation) and biological pollution of the mainline biogeocenoses. At the same time, there is a spread and accumulation of harmful substances on adjacent fields and land areas, which is equally harmful to the environment and human health.

Microbiological and biochemical indicators allow us to determine the depth of anthropogenic impact at the early stages of ecosystem transformation and provide an integral assessment of soil condition.

Monitoring studies have been conducted on the impact of xenobiotics on soil microbial communities in the area affected by vehicles, motor vehicles, and industrial xenobiotics (Bobryk et al., 2012). Soils located in the immediate vicinity of railways have different qualitative and quantitative composition compared to technogenically transformed ecosystems. In particular, in the area affected by railway transport, a reduced content of ammonifiers, micromycetes, and *Azotobacter* bacteria was observed. At the same time, coliform organisms, oligotrophs, oligonitrophils, and spores were dominant in microbiocenoses, whose increased number indicates a disruption of the processes of natural self-purification of ecosystems and, consequently, a deteriorated ecological state. The analysis of the quantitative composition of microbiocenoses and phytotesting revealed a significant negative impact of railway transport on the adjacent ecosystems. Soils near railway tracks are characterised by reduced microbiological activity, which gradually increases at greater distances.

The impact of motor vehicles on the soil microbiota of the areas adjacent to the motorway has also been established. The studies conducted in Uzhhorod near the motorway at a distance of 0-50 m from the road showed a dramatic change in soil microbial cenosis, which was manifested

in an increase in the number of ammonifiers due to opportunistic microbiota and spore microorganisms, a decrease in the content of micromycetes and the percentage of nitrogen-fixing microflora (Ihnatko et al., 2012).

Trends in changes in soil microbiota indicators near the source of anthropogenic load were also established in the study of soil microorganisms near the Perechynskyi Lisokhimkombinat (Perechyn Timber and Chemical Plant). The research revealed chemical contamination of the soils close to the plant, which is caused by an increased content of nitrates and heavy metals exceeding the MPC. In addition, there is a strong acidification of the soil in the pollution zone. The correlation analysis showed that the most sensitive groups to the content of pollutants in the soil are nitrogen fixers and oligonitrophils. The number of actinomycetes did not change significantly, and the dynamics of oligotrophs coincided with the increased content of heavy metals. Studies have shown the presence of chemical contamination of the territories adjacent to the plant (30 m) and, as a result, the restructuring of microbial cenosis (Kryvtsova et. al, 2017).

Thus, microbial communities are sensitive to anthropogenic load, changing the ratio of autochthonous and allochthonous representatives, which inevitably affects the functioning of the ecosystem as a whole.

References:

1. Kryvtsova M., Bobryk N., Sabov M., Sabov M. Microbiological indication of soils in zone of influence of Perechin timber and chemical plant. *Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality*. 2017. No 1. P. 258-263.
2. Savenko M.V., Kryvtsova M.V. Urban aquatic ecosystems as a factor of the spread of antibiotic resistant microorganisms and resistance genes. *Transylv. Rev. Syst. Ecol. Res. The Wetlands Diversity*. 2021, No 23(2). 1-12.
3. Savenko M.V., Kryvtsova M.V. Anthropogenic impact on the development of resistance to antibiotics in microorganisms of the Uzh River (Ukraine). *Studia Biologica*. 2020, No 14 (3). 79-90.
4. Bilkey M.V., Kryvtsova M.V. Prostorovo-chasova kharakterystyka mikrobiolohichnykh ta hidrokhimichnykh pokaznykiv yakosti poverkhnevyykh vod richky Uzh (Ukrainy). *Bioresursy i pryrodokorystuvannia [Spatial and Temporal Characteristics of Microbiological and Hydrochemical Indicators of Surface Water Quality in the Uzh River (Ukraine). Biological Resources and Nature Management]*. 2018, T. 10, № 5-6. P. 24-37. [in Ukrainian]
5. Bobryk N.Yu, Kryvtsova M.V, Nikolaichuk V. I. Visnyk Dnipropetrovskoho Universytetu. *Biologhiia. Ekologhiia [Bulletin of the Dnipro University. Biology. Ecology]*. 2012, №2, Tom 20, 3-9. [in Ukrainian]
6. Ihnatko T.I., Bobryk N.Yu., Kolesnyk A.V., Kryvtsova M.V. Problemy ekoloho zbalansovanoho rozvytku. Otsinka stanu urbanizovanykh ecosystem (na prykladi travianykh hazoniv m. Uzhhoroda) [Problems of Ecologically Balanced Development. Assessment of Urbanised Ecosystems (based on the example of grass lawns in Uzhhorod)]. 2012, P. 137-144. [in Ukrainian]
7. Savenko M.V., Kryvtsova M.V., Fedurtsia O.I. Vplyv antropohennoho navantazhennia na strukturu mikrobiotsenozu richky Uzh (Ukraina). *Ekolohichni nauky [The Influence of Anthropogenic Load on the Structure of Microbiocenosis of the Uzh River (Ukraine). Ecological sciences]*, 2012, № 4(37). P. 52-55. [in Ukrainian]

8.2. Problems of Floral Diversity Preservation (R. Kish)

Zakarpattia, the westernmost region separated by mountains, is one of the most interesting, rich and original natural regions of Ukraine, where two biogeographical regions of Europe are represented simultaneously – the Pannonian, which includes the Transcarpathian lowland, and the Alpine, which includes the southern megaslopes of the Ukrainian Carpathians. The high diversity of natural conditions, from lowland to highland, as well as their mosaic characteristic of

mountainous countries, results in the second highest diversity of flora here after Crimea – more than 50% of all species of vascular flora in Ukraine. However, today, due to historical reasons, global changes in recent decades, and mainly due to the effects of anthropogenic impact, primarily economic development of land and natural resources, an increasing number of plant species growing in the region are experiencing a rapid reduction in natural habitats, insularisation and population decline, many species are already endangered, and some species have already disappeared or may disappear in the coming years (Chervona knyha, 2009). Therefore, nowadays preserving the unique floral richness and diversity of the region and creating conditions for its restoration is one of the main prerogative environmental tasks.

The issue of preserving the floral diversity of the territory of Zakarpattia at the legislative level, especially at the state level, began to be a focus of attention rather late. The very first measures in this direction, launched in the early twentieth century during the Austro-Hungarian era, were the creation of nature reserve areas, mainly forest reserves, where the entire vegetation cover of the reserved area was protected. Later, during the Czechoslovakian period of 1919-1939, this practice of protection was continued, but in addition to forest reserves (mainly for the preservation of virgin forests), a number of highland reserves were created in Zakarpattia (Stoiko, 1957, 1991). In Soviet times, after a long break, the restoration of some of the old reserves and the formation of new ones continued only in the late 1960s.

For the first time, the issue of direct protection of rare species at the regulatory level arose only with the publication of the Red Books – the Red Book of the USSR (Krasnaia kniga SSSR, 1978) and the Red Book of the Ukrainian SSR (published in 1980) – which contained lists of rare and endangered plants and animals, brief information about them and the necessary measures for their protection. The Ukrainian Red Book included 151 species of vascular plants in the list of species to be protected, almost half of which – 69 species – are recorded to be located on the territory of Zakarpattia (some of them, in particular, *Crocus banaticus*, *Narcissus angustifolius* – only in this region). The publication of this collection, prepared by a team of scientists, was preceded by lists of rare plants of Ukraine compiled in the 1970s by V.I. Chopyk (63-88 species of vascular plants were proposed for protection), which included species of the Zakarpattia's flora (Chopyk, 1970, 1978). The next, second edition of the Red Book, "the Red Book of Ukraine", which appeared during the years of independence, in 1996 included 541 plant species, where 439 species were those of higher plants – almost three times more than in the first edition (143 species were listed for Zakarpattia).

Today, the Red Book of Ukraine (hereinafter also referred to as the Red Book) is the legal basis for the protection of rare and endangered species of flora, according to the Laws of Ukraine "On Flora" of 9 April 1999 (current version) and "On the Red Book of Ukraine" of 7 February 2002 (current version). The latest, third, substantially revised edition of the national Red Book was published in 2009. It includes 826 plant species, including 611 species of vascular plants, which is almost a third more than in the previous second edition. 207 species, more than a third of the list, are found in Zakarpattia, including 36 species that are exclusively found in this region.

The tendency to expand the national list of rare species is associated, on the one hand, with an information gain about the composition, current distribution, number and actual state of populations of vascular plants in Ukraine. On the other hand, for a significant percentage of species that were not threatened until recently, a decrease in population numbers, reduction of habitats due to the destruction or transformation of habitats of the corresponding type, etc. has been recorded since the first edition of the Red Book.

After Ukraine ratified the Berne Convention, species listed in Resolution 6 (1998) of the Convention are also under state protection. There are 52 species of vascular plants in Ukraine listed in Resolution 6, 12 of which occur in Zakarpattia (Sudynni roslynny..., 2017). Seven of them are also simultaneously included in the national Red Book, three species (*Adenophora liliifolia*, *Iris aphylla* subsp. *hungarica*, *Tozzia carpathica*) are included in the regional Red List (see below),

but two species – *Poa deylii* and *Campanula serrata* – are protected exclusively by the Bern Convention.

At the same time, the list of species from the territory of the Zakarpattia Oblast included in the new edition of the national Red Book does not fully or only partially cover the species of the region's flora, which is currently threatened and in need of protection in Zakarpattia. Many species that are common in other parts of Ukraine are rare in Zakarpattia, and many of them are now on the verge of extinction and are often represented by several dozen individuals or even single specimens. In addition, given the modern concepts of protection, endemic plant species are of prior importance for the preservation of global phytodiversity as carriers of a special genotype with a limited distribution, so the vast majority of endemics require special attention and protection measures (Didukh, Tsarenko, 2003; Yena, 2003), in particular, regional ones.

The issue of protection of regionally rare species in Zakarpattia has been raised many times. Thus, S.S. Fodor (1973) compiled the first version of the regional red list, which included 364 taxa of vascular plants (including subspecies and varieties). Later, a list compiled by V.I. Komendar S.S. Fodor and V.I. Vainagiy (1987) was published, which included 213 taxa. The most detailed list today is the Red List of Endangered Vascular Plants of Zakarpattia, compiled by V.V. Krichfalushii and others (Krichfalushii, Budnikov, Myhal, 1999), which includes 485 taxa and became one of the first regional Red Lists in Ukraine in the modern sense. Several proposed editions of the lists of rare species of the Ukrainian Carpathians, including the territory of Zakarpattia (Stoiko, 1977; Komendar, 1988; Malynovskyi and Tsaryk, 1991; Kricsfalusy and Budnikov, 2007), or only its mountainous regions (Malynovskyi et al., 2002) are also worth noting.

Along with scientific publications in Zakarpattia, there were several legally enshrined editions of the regional red list of vascular plant species of special concern in the Zakarpattia Oblast, the first edition of which was approved by the Oblast Council in 1992. The list has been repeatedly revised, and new editions compiled by us together with Danyliuk I.M., D. Bi. Sci. (Institute of Ecology of the Carpathians of the National Academy of Sciences of Ukraine) and Prots B.H., Cand. Sc. Biology (State Museum of Natural History of the National Academy of Sciences of Ukraine) were approved in 2008 and 2011, after the publication of the new edition of the Red Book of Ukraine, which included 68 taxa from the previous list. The current version of the Red List is the 2015 edition – “List of vascular plant species subject to special protection in the territory of the Zakarpattia Oblast”, approved by the decision of the Oblast Council No. 1263 of 28.05.15 (Annex 2). It was edited by scientists from the Carpathian Biosphere Reserve, Uzhanskyi National Park, and Synevyr National Park. The latest version of the list includes 321 taxa of higher plants.

Thus, today in Zakarpattia, the total list of rare species of higher plants under protection includes 530 taxa, which is about a quarter of the natural flora of this region. This percentage generally reflects the actual current state of threats to the floral diversity of the region. A high percentage of rare plants is a characteristic feature of mountainous countries, including those in Europe, which are distinguished compared to the surrounding areas by increased phytodiversity, in particular, the presence of numerous endemics, relics, species with a disjunctive area, etc. For example, in Poland, the Carpathian region occupies only 7% of the territory, but it is home to about 85% of all higher plant species in the country, 80% of endemics, etc., while 20% of plant species do not occur outside this region (Czerwona księga..., 2008).

Another important reason is that, due to historical reasons or anthropogenic transformation, most of the specific habitats with high or original phytodiversity (xerothermic forests and meadows, bogs and marshes, rocky outcrops, most highland biotopes, etc.) in Zakarpattia are usually found in small areas, often in the form of fragments, and therefore a significant part of the natural flora species is concentrated in small areas, where it is represented by small, often isolated or solitary populations. It should also be noted that due to the location of Zakarpattia at the intersection of two particularly different biogeographical regions – the xerothermic Pannonian and the Carpathian-mountainous Alpine – many species are represented here by marginal borderline

populations in several or even one locality, with plants growing here at the limit of their ecological ranges (capabilities), with reduced population viability.

Only a small percentage of rare or endangered species in Zakarpattia owe its current state to the direct destruction by humans. Among these species, we should firstly mention highly decorative flowering plants, in particular, spring ephemeral plants (*Erythronium dens-canis*, *Fritillaria meleagris*, etc.) or certain orchid species, legendary plants, such as edelweiss (*Leontopodium alpinum*), woody plants with valuable wood (*Sorbus torminalis*), etc. Some species have also been and continue to be actively harvested (mostly illegally) as medicinal raw materials (*Gentiana lutea*, *Rhodiola rosea*), which has led, as in the case of *R. rosea*, to a total decline in species populations and even the extinction of some of them.

In recent decades, environmental changes associated with climate change have become the leading limiting factor in the decline of some species. First of all, this refers to cold-loving highland arcto-alpine, usually stenotopic species, whose isolated relict populations have been preserved on the slopes, peaks and ridges of the highest ranges of the Ukrainian Carpathians (*Anthemis carpatica*, *Callianthemum coriandrifolium*, *Carex fuliginosa*, *C. rupestris*, *C. lachenalii*, *Dichodon cerastioides*, *Gentiana nivalis*, *Lloydia serotina*, *Oreochloa disticha*, *Pedicularis oederi*, *Primula minima*, *Salix herbacea*, *Saxifraga androsacea*, *S. carpatica*, *Saussurea alpina*, *Trifolium badium*, *Veronica bellidioides*, etc.) Due to the limited altitudes of the region's mountains, under current trends in climate change, primarily global warming, these species may be lost (e.g., *Oreochloa disticha*, *Veronica bellidioides*) in the near future due to the inability to migrate higher or the lack of suitable habitats above their current distribution area (Klimatohenni zminy..., 2016). The overgrowth of rocky habitats of the highlands with woody and shrubby vegetation as a result of the upward movement of the upper forest is also an indirect negative impact of climate change, which has already resulted in the loss of some microhabitats of rare species confined to rock crevices and shelves (in particular, the localities of *Lloydia serotina*, *Carex rupestris* on the rocks of Mt. Smotrych on the Chornohora ridge disappeared). The upward trend was recorded for the populations of most of the above cold-loving arctoalpine species – the studied populations of these species when comparing data on their current and past locations in the late nineteenth and early twentieth centuries, taken from the literature or from old herbarium collections, have made an altitudinal rise from several tens to several hundred metres, reaching in some cases (the microhabitat of the aforementioned *Veronica bellidioides* now on the top of Pip-Ivan Marmoroshskiy – 1930 m above sea level) the limit of their vertical advancement (Kobiv, 2017).

Additionally, for many species (*Carex bicolor*, *C. pauciflora*, *Lycopodiella inundata*, *Oxyccocus microcarpus*, *Saussurea porcii*, *Saxifraga aizoides*, *Scheuchzeria palustris*, *Viola uliginosa*), whose populations reduction and insularisation are mainly associated with changes in the hydrological regime caused by anthropogenic impacts, climate change has an indirect effect, reinforcing the negative impact (Klimatohenni zminy..., 2016).

However, one of the most large-scale and significant threats to the phytodiversity of Zakarpattia and rare species in particular is the loss or transformation of habitat, which is now coming to the fore in the global planetary scale. The irreversible consequences of such processes are most clearly manifested in interventions that lead to the direct complete destruction of the ecotope. In historical times, such detrimental anthropogenic impacts have occurred primarily in the economically developed Transcarpathian lowland. In particular, in the late nineteenth and mid-twentieth centuries, a powerful marsh complex in the Serne Mochar tract was completely drained. Here, in a gigantic drainless depression of an area of about 15,000 hectares, located between the towns of Mukachevo and Berehove, a marshland of the upland type with unique flora and fauna and habitats that are particularly rare for the Pannonian region has been preserved since the last glacial age. The drainage works that began in the late nineteenth century and continued in the twentieth century eventually led to the complete disappearance of the relict marsh ecosystems of the massif and their specific biodiversity in the 1950s and 1960s, and, as a result, one of the largest

post-glacial refugia of natural biodiversity of past eras in the Pannonian region was destroyed. The habitats (sometimes the only ones) of numerous, now rare species of higher plants that still occurred on the territory of the tract in the 30s and 40s of the twentieth century and were recorded by researchers (Margyttai, 1923) were lost. In particular, after the drainage of Serne Mochar, the only localities of *Ludwigia palustris* in Ukraine disappeared. *Utricularia bremii* and the only locality of *Utricularia minor* in Zakarpattia, the latter two species being confined to lakes and dystrophic reservoirs among sphagnum peatlands. The habitats of numerous rare species included in the Red Book of Ukraine (2009), such as *Fritillaria meleagris*, *Iris sibirica*, *Narcissus angustifolius*, *Oxycoccus microcarpus*, and the regional red list of relict species *Comarum palustre*, *Carex limosa*, *Calla palustris*, etc. have also been lost.

However, large-scale processes of shrinking natural ecotopes have particularly affected the entire, now densely populated, plain Zakarpattia lowland. In the recent past (until the eighteenth and first half of the nineteenth centuries), the entire plain part of Zakarpattia lowland was almost entirely covered with forests – mainly floodplain oak forests, riverine willow and poplar forests, and alder forests. Significant areas were occupied by lowland bogs, marshes, numerous lakes, and old ponds. Nowadays, forest areas cover only about 10-12% of the previous area, but they are often forest crops with a changed composition, and most of the territory has been converted into agricultural land or buildings. Today, natural, lightly disturbed or even transformed forest areas remain only in the form of small islands on the plain, mostly in floodplains. For example, the once-dominant floodplain elm and ash forest habitat (Niklfeld, 1974) is now only preserved in the lower reaches of the Latorytsia and Borzhava rivers. An important refuge for the former natural phytodiversity of the plain (and the mountainous areas of the region) is the extensive use of meadow and pasture lands, which, however, have suffered a distinct degradation in recent times due to the decline and extinction of traditional management or changes in the way of use.

Another centre of concentration of natural phytodiversity in the Transcarpathian Lowland is the volcanic hills – the so-called volcanic hills. In historical times, it was also predominantly forested with oak woods in a combination of the rock oak and, less often, oak-beech and beech forests, a significant range of which, although in a somewhat transformed form, remains only on certain hills (in particular, on Chorna Hora, Shalankivskyi Helmets, Muzhiievski Hills, Yulivski Mountains). The most unique areas with high biodiversity are concentrated on the southern slopes of some hills, where, after development for agriculture, mainly vineyards, island areas of low-growing sparse xerothermophilous oak trees and, in the form of fragments, relict remains of Pannonian meadow steppes have been preserved.

All of the above-mentioned areas of remnants of natural ecotopes of Zakarpattia lowland are characterized by high phytodiversity, especially on the volcanic hills, but due to the island character and scarce areas of suitable ecotopes, many rare plant species are represented by few (*Euphorbia lingulata*, *Saxifraga bulbifera* (Red Book of Ukraine)), and often – by one (*Doronicum hungaricum*, *Lathyrus transsylvanicus*, *Silene viridiflora* (all are listed in the Red Book of Ukraine), *Lathyrus lacteus*) small, mostly isolated from the main range by populations with low number of individuals, or even with single specimens (*S. viridiflora*). Populations of such species are constantly under a high threat of rapid extinction due to anthropogenic interventions, natural environmental changes, or the complex effect of adverse factors, and, on the other hand, due to their isolation, there is virtually no possibility of restoring populations from other localities.

The plain part of the lowland underwent the most dramatic changes in the twentieth century, when, in addition to a large-scale reduction in forest areas, especially floodplains, there was a total drainage of the territory and regulation of rivers – straightening and canalization of channels, limiting floodplains with dams. This has led to the complete loss of small rivers and streams, and the large-scale disappearance of small water bodies on the plains – isolated washes, oxbows and waterlogged areas – relict upland bogs, forest and non-forest mires, lowland bogs, floodplain and wet alder forests, etc. Paradoxically, at the beginning of the twenty-first century, not a single bog remained in the Transcarpathian lowland, a former region of impassable swamps,

bogs and mires, and even one of the last ones, in the Touvar boundary, is now completely dry and degraded (Kish et al., 2009).

Therefore, as the results of recent studies show, for most species of rare phytodiversity, especially those that are particularly threatened, the advancing changes in the hydrological regime, reduction, drying up and transformation of the once dominant aquatic and waterlogged natural habitats (swamps, marshes, floodplain forests) of the plain part of the lowland have become the leading cause of population decline and habitat extinction (listed in the Red Book of Ukraine: *Iris sibirica*, *Leucanthemella serotina*, *Marsilea quadrifolia*, *Nymphoides peltata*, *Utricularia australis*, regionally rare *Buschia lateriflora*, *Crypsis alopecuroides*, *Cyperus michelianus*, *Elatine alsinastrum*, *E. triandra*, *Gentiana pneumonanthe*, *Juncus atratus*, *Schoenoplectus supinus*, *Senecio paludosus*, *Urtica kioviensis*, *Viola elatior*, *Viola pumila* and many others).

A similar trend can be traced for the mountainous part of Zakarpattia in general. It is significant that the vast majority of taxa that are now extinct from the region's flora (*Beckmannia eruciformis*, *Ranunculus lingua*, the aforementioned *Utricularia minor*, listed in the Red Book of Ukraine (2009) *Juncus subnodulosus*, *Gladiolus palustris*, *Hammarbia paludosa*, *Schoenus ferrugineus*) or from the flora of Ukraine (the already mentioned *Utricularia bremii*, *Ludwigia palustris*, and *Eleocharis multicaulis* are listed in the national Red Book as extinct as well as *Eleocharis multicaulis*, *Primula farinosa*, *Carex lachenalii*, *Sparganium angustifolium*, listed as endangered, but most likely extinct) have been lost due to the transformation of wetland habitats. Many species confined to aquatic and waterlogged habitats, which, according to old herbarium collections and reports, were common in the region relatively recently, have now, even in comparison with the recent past, drastically reduced the number of habitats and are known from a few isolated localities (*Calamagrostis canescens*, *Pycnus flavescens*, *Stellaria palustris*, *Thelypteris palustris*, etc.).

For the Carpathian-mountainous area of the region, as well as for its plain part, the most vulnerable fraction of rare flora is made up of species of waterlogged and aquatic habitats, as well as rocky coenoses of the foothills and highland belt. This is only to a small extent due to natural factors (in particular, the low representation of rocky habitats in the highlands), but is mainly due to anthropogenic transformation of landscapes in connection with the development of the territory.

For the forest zone of the mountainous part of Zakarpattia, the direct reduction of natural habitats, primarily due to deforestation and conversion of land to agricultural use, especially in the densely populated foothill zone, has had a significant impact on plant diversity and the reduction of habitats of rare species. At present, various types of forestry operations, including logging and related development and clearing of logging sites, timber skidding, and other activities carried out with the use of various machinery, pose significant risks of loss of rare species habitats. Its use leads to large-scale disturbance of the soil cover on forest slopes, direct destruction of micro-localities of many species of herbaceous layer growing under the forest canopy, in particular, orchid species (Kish, 2008) or rare species occurring in small clumps (such as *Festuca drymeja*, *Lathyrus laevigatus*, *Scopolia carniolica*, listed in the Red Book of Ukraine).

However, as in the plain part of the region, today one of the key negative factors affecting the rare component of the flora of the mountain forest zone is changes in the hydrological regime, primarily related to anthropogenic factors, in particular with the particularities of forest exploitation (a significant share of precipitation does not accumulate on the slopes and is transferred to underground runoff, but due to the unsatisfactory condition of forest roads, flows down them and directly into watercourses, causing powerful erosion and increasing the level of floods) and reinforced by climatogenic changes in recent decades. The general trend of such changes in the hydrological regime and their impact on the forests of the mountainous zone is on the initial stage of assessment, but even now there is an increase in the dry period of the low water season for many small streams, the complete drying up and disappearance of many of them, as well as forest springs. The first to suffer from these processes are plant species of waterlogged habitats, in particular, those near springs and coastal areas (banks of streams, mid-forest marshes,

spring bogs, etc.), for which populations have been observed to be progressively reducing and disappearing, as well as the abovementioned habitats to be degrading (Klimatohenni zminy..., 2016).

Among the vascular plants and habitats of the mountainous zone (including the highlands), species confined to oligotrophic sphagnum bogs – peatlands – are currently under the highest threat. In the largest of them (Hlukhania bogs in the village of Negrovets, Chorne Bahno at the foot of Buzhora mountain, Andromeda in Yasinia village and a number of others) in the 1960s, reclamation drainage works were carried out by laying a system of drainage channels for water withdrawal for further economic use of the bogs – peat extraction or for livestock needs – grazing, haymaking (Bradis, Andrienko, Lykhobabina, 1969; Marsh ecosystems..., 2006; Vorontsov, Danylyk, Kanarskyi, 2011).

These measures, not economically motivated at all, had catastrophic consequences for marsh ecosystems and led to the gradual degradation and transformation of the vegetation of oligotrophic marsh habitats, and their successive replacement in large areas by meadow mesophyte communities. Today, despite repeated attempts to block and disrupt the drainage systems in these marshes (Bolotni ekosystemy..., 2006), they continue to drain and dry the remnants of the original marsh ecosystems. The negative impacts of drainage are exacerbated by climate change – the shortening of the cold and prolongation of the warm period, which has become drier and hotter in the last decade, causing summer droughts (Rozroblennia..., 2013). Such changes are turning the climate closer to the southern steppe and Mediterranean types, moving it away from the boreal type (Klimatohenni zminy..., 2016), which significantly affects the change in vegetation cover of the Carpathians and peatlands in particular. Transformational processes caused by climate change are currently observed in almost all peatlands of Zakarpattia, including those where no drainage measures have been taken, for example, in the highlands, but the rate and depth of degradation here is not comparable to that in reclaimed marshes.

In general, for most peatlands today, a progressive trend of mesophytisation can be clearly observed – the penetration and growth of meadow species on sphagnum massifs, an increase in the area of meadow vegetation due to the displacement of native species and communities, and processes of sylvatisation – succession overgrowth of trees and shrubs – are taking place on peatlands in the forest zone.

As a result, today most species of a small group of vascular plants with specific ecology confined to peatlands are rare and listed in the National Red Book (*Carex dioica*, *C. pauciflora*, *Lycopodiella inundata* (the only existing habitat in the region on the Hlukhania peatland), *Scheuchzeria palustris*), or regionally rare species known from several habitats (*Andromeda polifolia*, *Calla palustris*, *Carex limosa*, *Menyanthes trifoliata*, *Pedicularis palustris*), or nowadays single specimens from one locality (*Ledum palustre*, *Comarum palustre*, *Viola uliginosa*), or already extinct (already mentioned *Carex lachenalii*, *Hammarbia paludosa*, *Primula farinosa*, *Schoenus ferrugineus*). In addition to the abovementioned threats to the biodiversity of dried peatlands in the forest zone, in recent years, a large-scale expansion of the blue moor grass (*Molinia caerulea* agg.) has become critical in terms of its destructive consequences. Today, most peatlands in the forest zone of Zakarpattia, in particular, all the large ones, suffer from aggressive overgrowth of this species. Different stages of this degradation process can be observed in different bogs or parts of them. Sizeable areas of some peatlands (for example, in the Chorne Bahno bog) are now completely transformed – covered with mono-dominant thickets of blue moor grass, whose powerful overgrown clumps and dead remains have displaced species of native vegetation, including cenosis-forming sphagnum mosses. Some peat bogs, such as those in the Hnyla boundary on the northern outskirts of Lumshory village and a series of small ones have already been lost, as their original vegetation, displaced by molinia, became extinct and underwent successional substitution by its mono-dominant community.

Given the full range of threats, most existing peatlands, especially those in the forest zone, require active management measures for conservation and restoration. Today, without the

implementation of restoration and revitalisation measures, primarily the restoration of the natural hydrological regime, a significant part of relict oligotrophic marshlands, including large peatlands, have a discouraging prognosis – they may be lost within several decades.

A high proportion of the region's rare species is concentrated in the highlands. A big part of them is confined to individual peaks, rocky outcrops or slopes, especially in areas of limestone or carbonate rocks (for example, on Mt. Petros, Mt. Shpytsi, the Chornohora range, Mt. Blyznytsia, Drahobrat cliff, Hereshasky on the Svydovets range, the Nenieski rocks on the Maramorosh Alps, etc.), forming a kind of concentration nodes or "hot spots" of phytodiversity. As a rule, these are species with low competitive ability, represented by isolated small populations, many of which are stenotopic species, with a narrow ecological and cenotic amplitude, limited by specific environmental conditions, and their rarity is associated with the absence of ecotopes of the corresponding type in the highlands (*Aquilegia nigricans*, *Bupleurum ranunculoides*, *Dryas octopetala*, *Hedysarum hedysaroides*, *Minuartia pauciflora*, *Oreochloa disticha*, *Primula halleri*, *Ranunculus thora*, *Salix alpina*, *Saxifraga bryoides* listed in the Red Book of Ukraine and other abovementioned arcto-alpine species, narrow-range Carpathian endemics *Antennaria carpatica*, *Astragalus krajinae*, *Genista oligosperma*, which may have disappeared, *Ptarmica tenuifolia*, etc.) Such species are quite vulnerable, as even small interventions or damage to life environment lead to the rapid elimination of their habitats (Kyiak, 2013).

Over the past two decades, the rapid and chaotic development of the tourism and recreation industry has become a powerful factor of negative impact on the region's vegetation, which is getting more intense in terms of harmful effects. The construction of tourist facilities, development of adjacent territories, the coastal zone of reservoirs and watercourses for recreational purposes, the construction of new routes for the development of tourist infrastructure, etc. have become a new serious and powerful threat to the natural world of Zakarpattia and have already led to the loss or transformation of almost all types of natural habitats in the region – from southern plain xerothermic to highlands, and have caused the reduction or disappearance of habitats of numerous flora species, including rare ones. For example, as a result of the development and "clearing" of the recreational zone along the water's edge, the only habitat of the regionally rare halophilous species *Triglochin maritimum* was lost on the coast of salt water bodies in Solotvyno, near the reservoir at the foot of the eastern slope of Mt. Chorna Hora near the town of Vynohradiv. There was built a recreation complex, and localities of the forest grape (*Vitis sylvestris*) particularly threatened, endangered throughout Europe, which has been preserved in a few specimens in the region, were destroyed, etc.

In recent years, the highlands have been subjected to a particularly strong pressure and interference. Large-scale, uncontrolled development of tourist infrastructure, including recreation centres and towns, ski resorts, uncontrolled water extraction for their operation, and unauthorised construction of roads on the slopes, the huge unlimited and uncontrolled flow of tourists and recreationists and the associated pollution, devastation and transformation of natural areas have already led to significant changes and losses and today pose the greatest threat to the habitats and flora of the highlands. A vivid example of such processes is the devastation of the most extreme habitat of the Carpathian mountain tundra in terms of weather conditions – alpine dense short grass sod meadows, which now survive only on the peaks, saddles and placors of the highest mountain crests exposed to the winds. Nowadays, the highest habitat locality on the summit and surrounding areas of Mt. Hoverla, which is formed by the curved sedge (*Carex curvula*) community, has been virtually lost due to the excessive tourist visitation, and the summit itself is almost completely devoid of vegetation. For the same reason, the only microlocality of *Oreochloa disticha* in the Ukrainian Carpathians on the top of Mt. Turkul is now on the verge of complete extinction (Kyiak, 2013). Similarly, the process of devastation of alpine desert meadow areas with *Juncus trifidus* on peaty soils of the Svydovets range takes place, where they are often confined to the ridgeline areas of the range, which are also used for numerous mountain roads and hiking trails. Intensive tourist traffic, both for hiking and motoring, including powerful off-road vehicles, quad bikes, and

motorised vehicles, and the construction of new road sections next to those that are already impassable and destroyed, have led to the irreversible loss of significant areas of desert meadows on the range, for example, on the way up to Mt. Blyzniysia along the gentle northern ridge crest, where a continuous strip of completely devastated vegetation and soil cover, in some places up to the exposure of skeletal rocks, reaches several tens of metres. Similarly, extensive areas of primary alpine shrub communities of blueberries (*Vaccinium uliginosum*), which are also confined to extreme ravine and peak areas and often form complexes with the aforementioned desert meadows, have already been lost on the Svydovets Range. Blueberries, together with rhododendrons (*Rhododendron myrtifolium*), are the least tolerant communities to poaching in the Carpathian alpine belt, which degrade rapidly even with moderate regular poaching (or grazing), being replaced by dense grass sod communities or eroded areas (Kyiak, 1998).

Excessive recreational pressure is affecting water bodies in the highlands, especially limited in numbers lakes. The massive influx of vacationists (on some days, up to several hundred people are simultaneously on the shores of popular lakes, in particular, near Lake Nesamovyte on Chornohora, Lake Gereshaska on Svydivka) has resulted in eutrophication and mineralisation of water bodies, damage, devastation or transformation of the vegetation of the coastal zone and adjacent areas (Ekosystemy lentychnykh vodoim Chornohory, 2014). Today, the only relict locality of *Sparganium angustifolium* in Ukraine has already been lost due to transformational processes, in particular, eutrophication in Lake Gereshaska (Red Book, 2009), and one of the few known habitats of the oligo-mesotrophic alpine plant *Potamogeton alpinus* in Zakarpattia is endangered. The degradation processes associated with recreational interventions have also affected the group of peat bogs adjacent to the lake with a series of rare, endangered species in the region – *Carex pauciflora*, *Scheuchzeria palustris* (both species are listed in the Red Book of Ukraine), regionally rare *Carex limosa*, *Juncus castaneus*.

Another factor that has had a powerful negative impact on the diversity of the region's flora, rapidly progressing in recent years in terms of the scale and depth of destructive processes, has been the degradation, overgrowth and, ultimately, complete transformation of large areas of non-forested grassland communities – meadows and pastures. Today, in Zakarpattia, as well as throughout Europe, meadows and pastures are an important component of the typical landscapes of many regions and an integral part of their history, while they remain valuable agricultural land for fodder production or grazing, and important places of rest and recreation. In the vast majority of cases, these grass communities are semi-natural, created by cutting down forest vegetation. They have emerged as a result of century-old traditional extensive farming and have been maintained through long-term use, mainly as hayfields and pastures (Ellenberg and Leuschner, 2010). At the same time, temperate grassland habitats are particularly rich in biodiversity and are one of the most important areas of concentrations of non-forest species of natural flora and fauna, including the habitat of numerous rare species (Duelli and Obrist, 2003; Wilson et al., 2012). Due to their natural value, many areas of land in the European Union have been designated as areas of national or European importance (Natura 2000). Unfortunately, in recent decades, Europe (and more recently, Ukraine and Zakarpattia) has seen an extensive degradation of grassland habitats and a decline in their biodiversity, and these ecosystems are undergoing global changes and have become one of the most threatened globally (Hoekstra et al., 2005). The main reason for these negative trends is the decline of traditional management (grazing, pastoralism, haymaking) – primarily in areas remote from settlements – and the change in the way they are used: insufficient maintenance or even complete abandonment of areas with grass vegetation leads to their gradual transformation and disappearance. This issue is particularly acute for areas that have a zoological status and, based on the commonly used paradigm of conservation areas protection in Ukraine, are completely withdrawn not only from traditional economic use, but also from any active intervention.

Today, in Zakarpattia, due to the abovementioned trends in management changes, there is a rapid and large-scale transformation of widespread lowland-foothill meadow-pasture and rare

meadow-steppe areas, as well as large areas of meadows and pastures in the mountainous zone (mainly due to successive overgrowth of woody and shrubby vegetation). In addition, due to the decline of pastoralism and the conservation of large areas of the highlands, there is a gradual decline in subalpine pastures, primarily matgrass, and the restoration of native forest communities and shrubby crooked forests in their place. In addition, in the absence of pastoral impact, competitive displacement of light-loving grasses (mat grass (*Nardus stricta*) and other small species) by tall sod grasses, low shrubs (blueberries (*Vaccinium myrtillus*), cowberry (*Vaccinium vitis-idaea*)) and succession transformation of communities into floristically depleted communities of tussock-grass (*Deschampsia cespitosa*), reed grass (*Calamagrostis villosa*) and, mainly, shrubby wastelands of blueberry take place here.

At the present stage, in Europe, in order to preserve valuable areas of herbaceous habitats, primarily those with high biodiversity, management measures are increasingly being applied to such areas of nature conservation importance – various environmental management schemes have been developed, which incorporate the implementation of a set of factors that profile this type of ecosystems in an attempt to preserve all levels of dynamic and coenotic organisation of phytosystems in these areas (Andrews and Rebane, 1994; Managing habitats..., 1995; Hansson and Fogelfors, 2000; Habitat management..., 2007). This approach is focused on the maximum biotic and coenotic diversity, which is the key to dynamic stability, sustainability and time-unlimited preservation of grassland (meadow-pasture, meadow-steppe, alpine) ecosystems, and in the reserved areas it most fully meets the main zoological task – the conservation of biodiversity and natural ecosystems as standards of nature (Tkachenko, 2004). In Europe, the annexes of the European Community Habitats Directive (92/43/EEC) (Oselyshchna kontseptsii..., 2012) regulate certain activities in priority areas, but the preparation of management plans reflecting national or regional conditions should be developed by specific member states. This problem is receiving increasing attention in the Carpathians, and the first scientifically based models of ecological management of valuable areas of meadow-pasture land have already been developed and effective measures for different types of grassland communities (including areas with different zoological status) have been proposed in the neighbouring countries of the Carpathian region (Schmotzer A, Vojtkó, 1996; Irányelvek..., 1997; Šefferová Stanová, Plassman Čierna, 2011). In particular, in Slovakia, management models for 20 types of non-forest habitats have been developed, which include information on the ecology of a particular habitat, its distribution, trends and threats, recommended active management, restoration management, and generalisation of management requirements for specific species of flora and fauna.

Considerable data on habitat management measures for the long-term conservation and reproduction of populations of these species for the Ukrainian part of the Carpathian region have been developed, based on the results of long-term studies of the populations' biology of numerous, mainly highly rare, endemic or relict species of flora, mainly alpine and mountain flora of herb communities (Stratehiia populiatsiy, 2001; Vnutrishniopopuliatsiyna..., 2004; Zhyliaiev, 2005; Zhyttiezdatnist..., 2009; Kyiak, 2013; Zminy struktury..., 2018, etc.). Research and development of management models for the maintenance, conservation and restoration of the meadow-pasture communities in the region are only at the initial stage (Menedzhmentovi modeli..., 2018). In particular, the team of the Scientific Research Laboratory for the Protection of Natural Ecosystems (Uzhhorod National University) has made an attempt to analyse the current state, main threats and possible development trends for the types of grassland ecosystems common in the Ukrainian Carpathians and important in terms of conservation: for dry (xerothermic) meadows and meadow-steppe areas – spread as island fragments, for widespread lowland and low-mountain mesophilic hay meadows and mat grass meadows (Naukovi osnovy..., 2011; Rozrobka..., 2014). For these habitat types, pilot developments of current and long-term management measures based on the latest data from Central European experience, national practices and long-term results of own data and observations are recommended.

A powerful threat to the floristic and coenotic diversity of the region (as well as to biodiversity in general) is the progressive biological pollution caused by the invasion of non-native species – a global problem that requires separate coverage, and therefore is discussed in a separate section.

Summing up the far from complete overview of threats and problems of phytodiversity conservation in Zakarpattia, we can state that the destruction or transformation of life environment, which lead to the loss of natural habitats, is currently the most large-scale, significant and destructive threat to all biodiversity, as is the case in the global planetary dimension. Therefore, the conservation of biodiversity, especially of the vast majority of rare species or communities, is directly linked to the conservation of habitats – characteristic biotopes. This concept of biodiversity conservation necessitates the development of new approaches to the development of practical conservation recommendations that would ensure the sustainability of environmental conditions in the face of the inevitable increase in anthropogenic pressure on the natural environment. The response to these challenges was the development of the ecological network framework based on the so-called habitat concept of biodiversity conservation, i.e. the idea of conserving certain types of habitats as life environment for species or their groups (Prots et al., 2012; Kahalo et al., 2012; Recommendations., 2012; Kahalo et al., 2017). It is the ecosystem approach to biodiversity conservation, implemented through the habitat concept, that is currently considered a priority in the European environmental paradigm, as a kind of tool for unifying approaches to the protection of biotic and landscape diversity. In Europe, this task is being addressed through the implementation of the provisions of one of the basic environmental documents of the European Union – “Habitats Directive” (Habitats Directive 92/43/EEC) and the development of the concept of a habitat approach to identifying areas of ecosystem interest for biodiversity conservation, united in a network called Natura 2000. Instead, in non-European Union countries, the Emerald Network, which was initiated and coordinated by the Berne Convention (1979), is a tool for promoting nature conservation in a pan-European context. The Emerald Network has basically the same background and the formation purpose as Natura 2000, but operates outside the EU and, in a sense, extends EU environmental standards beyond its borders and prepares the environmental legislation of these countries for integration to the EU (Prots et al., 2012; Kahalo et al., 2012; Designing..., 2019). The basis of the environmental protection programmes stemming from this concept (Natura 2000, Emerald Network) is the principle of identifying areas of the earth’s surface (sites) that are initially characterised by certain properties or characteristics: as vegetation areas or habitats of certain species of plants and animals, location of certain types of communities, ecosystems, etc. (Recommendations., 2012).

The European integration processes currently taking place in Ukraine have significantly intensified the work on the formation of the Emerald Network and the adaptation of European environmental legislation. In 2019, the Standing Committee of the Bern Convention approved the updated list of officially accepted Emerald Network sites, which includes 377 sites in Ukraine, but the development of proposals for expanding the network continues (Territories., 2020). One of the main elements of the beginning the Habitats Directive implementation and, similarly, the development of the Emerald Network is the compilation of national lists of habitat types and species that may be found in Ukraine, followed by the development of management plans for all these areas with detailed habitat mapping (Recommendations., 2012; National Catalogue ..., 2018).

One of the first steps in this direction was the inventory, mapping and compilation of the Natura 2000 habitat catalogue (based on Annex I of the Habitats Directive) of the Transcarpathian lowland (Kish, Andryk, Mirutenko, 2006). Subsequently, a team of authors prepared the “Catalogue of Habitat Types of the Ukrainian Carpathians and Transcarpathian lowland” adapted to regional conditions (Prots, Kahalo, Kish et al., 2012), and developed and adapted the principles of zoological categorisation of habitats for Ukraine (Kish et al., 2012). The result of this process was the compilation of the National Catalogue of Habitats of Ukraine (2018), which, on the one hand, reflects the full diversity of habitat types in Ukraine, and on the other hand, is suitable for

mapping the Emerald Network sites and is compatible with the habitat types of Resolution 4 of the Bern Convention and Annex I of the Habitats Directive.

However, at the national legislative level, the promotion of the concept of a habitat-based approach to biodiversity conservation in Ukraine is still at the stage of approving draft laws, which have been repeatedly postponed for revision. In this context, the precedent of an attempt to protect certain types of habitats and launch a habitat-based approach to biodiversity conservation at the regional level is encouraging. Thus, we prepared the first regional "red list" of habitats in Ukraine for the territory of Zakarpattia, based on the previously compiled list of habitats of the Ukrainian Carpathians and the Transcarpathian lowland, which was subsequently approved by the decision of the Zakarpattia Oblast Council of 28.05.2015, No. 1263 as the "List of Habitats (biotopes) Subject to Special Protection in the Territory of the Zakarpattia Oblast" (Regional Red List of Habitats) with the identified categories of threats and compliance with the habitat types of Annex I of the Habitats Directive (Annex 3). Today, this is technically the first list of habitats in Ukraine whose protection within the region is recognised and approved by law. As in the case of the regional "List of Invasive Plant Species of Zakarpattia Oblast" adopted for the first time in Ukraine (see section "Threats of Biological Invasions"), the "red list" of habitats will help to improve environmental protection and biodiversity conservation in the region by allocating areas of different priority levels in terms of protection status or nature management features, depending on the representativeness of rare or threatened habitats as potential centres of phytodiversity and rare flora.

References:

1. Bolotni ekosystemy rehionu Skhidnykh Karpat v mezhakh Ukrainy / za red. Kovalchuk A.A. [Wetland Ecosystems of the Eastern Carpathians Region within Ukraine / ed. by Kovalchuk A.A.] / Kovalchuk A.A., Felbaba-Klushyna L.M., Kovalchuk N.Ye. ta in. – Uzhhorod: Lira, 2006. – 228 s. [in Ukrainian]
2. Bradis Ye.M., Andrienko T.L., Lykhobabina Ye.P. Olihotropni bolota Zakarpatskoi oblasti [Oligotrophic Bogs in the Zakarpattia Oblast // Ukr. Botan. Journ.] // Ukr. botan. zhurn. – 1969. – 26, № 1. – S. 29–35. [in Ukrainian]
3. Vnutrishniopopuliatsiina riznomanitnist ridkisnykh, endemichnykh i reliktovykh vydiv Roslyn Ukrainy Karpat [Intrapopulation Diversity of Rare, Endemic and Relict Plant Species of the Ukrainian Carpathians / ed. by M. Holubets, K. Malynovskiy] / Y. Tsaryk, H. Zhyliaiev, V. Kyiak, Yu. Kobiv, I. Danylyk, R. Dmytrakh, N. Sychak, V. Bilonoha, Yu. Nesteruk / Za red. M. Holubetsia i K. Malynovskoho. – Lviv: Polli, 2004. – 198 s. [in Ukrainian]
4. Vorontsov D.P., Danylyk I.M., Kanarskyi Yu.V. Roslynnyi pokryv olihotrofnoho bolota 'Andromeda' (Ukrainski Karpaty) // Biologichni systemy [Vegetation Cover of the Oligotrophic Bog "Andromeda" (Ukrainian Carpathians) // Biological Systems]. – 2011. – T. 3, Vyp. 3. – S. 282–287. [in Ukrainian]
5. Didukh Ya. P., Tsarenko P.M. Flora Ukrainy: stan i zahody zberezhenia // Zberezhenia i nevyznazhyve vykorystannia bioriznomanittia Ukrainy: stan ta perspektyvy [Flora of Ukraine: State and Conservation Measures // Conservation and Sustainable Use of Biodiversity of Ukraine: State and Prospects]. – Kyiv: Khimdzhest, 2003. – S. 24–37. [in Ukrainian]
6. Ekosystemy lentychnykh vodoim Chornohory (Ukrainski Karpaty) [Ecosystems of Lentic Water Bodies of Chornohora (Ukrainian Carpathians)] / Mykitchak T., Reshetylo O., Kostiuk A. ta in. – Lviv: ZUKTS, 2014. – 288 s. [in Ukrainian]
7. Yena An.V. Otsinka zahroz bioriznomanittiu, priorytetiv, mozhlyvostei i zakhodiv shchodo yikh zberezhenia (botanichni aspekty) // Otsinka i napriamky zmenshennia zahroz bioriznomanittiu Ukrainy [Assessment of Biodiversity Threats, Priorities, Opportunities and Conservation Measures (Botanical Aspects) // Assessment and directions of reduction of biodiversity threats in Ukraine]. – Kyiv: Khimdzhest, 2003. – S. 102–128. [in Ukrainian]

8. Zhylyayev H.H. Zhyzniesposobnost populiatsii rastenii [The viability of plant populations]. – Lvov: B.V., 2005. – 303 s. [in Russian]
9. Zhyttiezdatnist populiatsii roslyn vysokohiria Ukrainskykh Karpat // za red. Tsaryka Y.V. [Viability of Plant Populations in the Highlands of the Ukrainian Carpathians / ed. by Tsaryk Y.V.]. Lviv: Merkator, 2009. – 172 s. [in Ukrainian]
10. Zminy struktury populiatsii ridkisnykh vydiv vysokohirya Ukrainskykh Karpat ta problemy yikh zberezhenia / za red. V. Kyiaka [Changes in the Population Structure of Rare Species in the Highlands of the Ukrainian Carpathians and Problems of their Conservation / ed. by V. Kyiak] /. – Lviv: Vydavnytstvo NNVK “ATB”, 2018. – 280 s. [in Ukrainian]
11. Kahalo O.O., Prots B.H., Danylyk I.M., Chornei I.I., Kish R.Ya. Pryntsypy, katehorii, poniattia i terminy oselyshchnoi kontseptsii zberezhenia biotychnoi riznomanitnosti – ukraïnskyi kontekst // Biotopy (oselyshcha) Ukrainy: naukovi zasady yikh doslidzhennia ta praktychni rezultaty inventaryzatsii. / Za red. Ya. P. Didukha, O.O. Kahala, B.H. Protsia [Principles, Categories, Concepts and Terms of the Habitat Concept for the Conservation of Biotic Diversity – the Ukrainian Context // Biotopes (habitats) of Ukraine: Scientific Principles of their Research and Inventory Practical Results. / ed. by B.H. Prots, O.O. Kahalo]. – Kyiv-Lviv, 2012. – S. 29-36. [in Ukrainian]
12. Kahalo O.O., Prots B.H., Kruhlov I.S., Danylyk I.M., Kish R. Ya., Chornei I.I., Resler I.Ya. Metody vyvchennia oselyshchnoho riznomanittia. / Za red. B.H. Prots, O.O. Kahalo [Methods for studying habitat diversity / ed. by B.H. Prots, O.O. Kahalo]. – Lviv: Liha Press, 2017. – 61 s. [in Ukrainian]
13. Kyiak V.H. Vplyv vytoptuvannia ta vypasu na fitotsenozy alpiiskoho poiasu Karpat // Zberezhenia florystychnoho riznomanittia Karpatskoho rehfonu]: mater. nauk.-prakt. konf. (1-4 zhovtnia 1998, Synevyr, Ukraina) [Influence of Trampling and Grazing on the Phytocoenoses of the Carpathian Alpine Belt // Conservation of Floristic Diversity of the Carpathian Region: mater. of Scient.-Pract. Conf. (1-4 October 1998, Synevyr, Ukraine)]. – Uzhhorod: “Kolir print”, 1998. – S. 61-63. [in Ukrainian]
14. Kyiak V.H. Mali populiatsii ridkisnykh vydiv roslyn vysokohiria Ukrainskykh Karpat [Small Populations of Rare Plant Species in the Highlands of the Ukrainian Carpathians]. – Lviv: Liha-Pres, 2013. – 248 s. [in Ukrainian]
15. Kish R.Ya. Ohorona roslynnoho svitu // Poradnyk karpatskoho lisivnyka / za red. M.V. Cherniavskoho [Protection of Flora // Adviser to the Carpathian Forester / za red. M.V. Cherniavskiy]. – Ivano-Frankivsk: Foliant, 2008. – S. 346-361. [in Ukrainian]
16. Kish R.Ya, Andryk Ye.Y., Mirutenko V.V. Biotopy Natura 2000 na Zakarpatskii nyzovyni [Natura 2000 Habitats in Zakarpattia Lowland]. – Uzhhorod: Mystetska liniia, 2006. – 64 s. [in Ukrainian]
17. Kish R., Prots B., Polianovskyi A. ta in. Rehionalnyi landshaftnyi park “Prytysianskyi” – zberezhenia pryrodnoi spadshchyny rivnynnoho Zakarpattia [Prytysianskyi Regional Landscape Park: Preservation of the Natural Heritage of Plain Zakarpattia]. – Uzhhorod: Mystetska liniia, 2009. – 20 s. [in Ukrainian]
18. Kish R.Ya., Prots B.H., Kahalo O.O., Chornei I.I., Danylyk I.M. Pryntsypy sozologichnoi katehoryzatsii rarytetnykh typiv oselyshch // Biotopy (oselyshcha) Ukrainy: naukovi zasady yikh doslidzhennia ta praktychni rezultaty inventaryzatsii / za red. Ya.P. Didukha, O.O. Kahala, B.H. Protsia [Principles of Zoological Categorisation of Rare Habitat Types // Biotopes (habitats) of Ukraine: Scientific Principles of their Research and Practical Results of Inventory / ed. by Ya.P. Didukh, O.O. Kahal, B.H. Prots]. – Kyiv-Lviv, 2012. – S. 151-158. [in Ukrainian]
19. Klimatohenni zminy roslynnoho svitu Ukrainskykh Karpat: monohrafiia / Didukh Ya.P., Chornei I.I., Budzhak V.V., Tokariuk A.I., Kish R.Ya., Protopopova V.V., Shevera M.V., Kozak O.M., Kontar I.S., Rozenblit Yu.V., Norenko K.M.; nauk.red. Ya.P. Didukh, I.I. Chornei [Climatogenic Changes in the Flora of the Ukrainian Carpathians: a monograph / Didukh Ya.P.,

Chornei I.I., Budzhak V.V., Tokariuk A.I., Kish R.Ya., Protopopova V.V., Shevera M.V., Kozak O.M., Kontar I.S., Rozenblit Yu.V., Norenko K.M.; science ed. Ya.P. Didukh, I.I. Chornei]. – Chernivtsi: Druk Art, 2016. – 280 s. [in Ukrainian]

20. Komendar V.I. Problemy ohorony fitohenofondu Karpat // Ukr. bot. zhurn. [Problems of Protection of the Carpathian Phytogenetic Pool // Ukr. Bot. Journ.]. – 1988. – 45, 1. – S. 1-6.

21. Komendar V.I., Fodor S.S., Vainahii V.I. Roslyny, shcho ohoroniaiutsia // Pryrodni bahatstva Zakarpattia [Protected Plants // Natural Resources of Zakarpattia]. – Uzhhorod: Karpaty, 1987. – S. 279-283.

22. Krasnaia kniga SSSR: Redkiye i nakhodiashchiiesia pod ugrozoi ischeznoveniia vidy zhyvotnykh i rastenii / Glavnaia red. kollegiia: A.M. Borodin, A.G. Bannikov, V.Ye. Sokolov i dr. – 2-ye izd. [Red Book of the USSR: Rare and Endangered Species of Animals and Plants / main ed. board: A.M. Borodin, A.G. Bannikov, V.Ye. Sokolov et al. – 2-nd edition]. – M.: Lesnaia promyshlennost, 1984. – T. 2. – 480 s. [in Russian]

23. Krichfalushii V.V., Budnikov H.B., Myhal A.V. Chervonyi spysok Zakarpattia. Vydy roslyn ta roslynni uhrupovannia, shcho znahodiatsia pid zahrozoiu znyknennia [Red List of Zakarpattia. Endangered Plant Species and Plant Communities]. – Uzhhorod, 1999. – 196 s. [in Ukrainian]

24. Malynovskiy K.A., Tsaryk Y.V. Problema vyvchennia i ohorony populiatsii ridkisykh vydiv flory Ukrainy Karpat // Ukr. bot. zhurn. [The problem of Studying and Protecting Populations of Rare Species of Flora of the Ukrainian Carpathians // Ukr. bot. journ.]. – 1991. – 48, 3. – S. 13-21. [in Ukrainian]

25. Malynovskiy K., Tsaryk Y., Kyiak V., Nesteruk Yu. Ridkisi, reliktovi, endemichni ta pohranychno-arealni vydy roslyn Ukrainy Karpat [Rare, Relict, Endemic and Boundary-Areal Plant Species of the Ukrainian Carpathians]. – Lviv: Liha-Pres, 2002. – 78 s. [in Ukrainian]

26. Margittai A. Vznosy k flore Podkarpatskoi Rusi // Kvartalnik IV-oi sektiis [Contributions to the Flora of Podkarpatskaia Rus // Quarterly of the IVth section]. – Mukachevo: Pannoniia, 1923. – Ch. 1. – S. 8-79. [in Russian]

27. Modeli menedzhmentu dlia utrymannia, zberezhenia ta vidnovlennia deiakykh typiv nelisovykh biotopiv / za red. Sheferovoi-Stanovoi V., Plassman Cherna M., Kish R.Ya. [Management Models for the Maintenance, Conservation and Restoration of Some Types of Non-Forest Habitats / ed. by Sheferova-Stanova V., Plassman Cherna M., Kish R.Ya.]. – K.: FOP Klymenko Yu.Ya., 2018. – 52 s. [in Ukrainian]

28. Naukovi osnovy ekolohichnoho menedzhmentu sozolahichno znachymykh pryrodnykh kompleksiv i fitobioty Karpatskoho rehionu / DVNZ “Uzhhorodskiy natsionalnyi universytet” (UzhNU); kerivnyk NDR Komendar Vasyl Ivanovych; vykon.: Andryk Ye.Y., Kish R.Ya., Budnikov H.B. ta in. [Scientific Bases of Ecological Management of Sozologically Significant Natural Complexes and Phytobiota of the Carpathian region / SHEE “Uzhhorod National University” (UzhNU); the supervisor of academic research work – Komendar Vasyl Ivanovych; perform: Andryk Ye.Y., Kish R.Ya., Budnikov H.B. and others]. – Uzhhorod, 2011. – 184 s. – DR 0109U000875

29. Natsionalnyi kataloh biotopiv Ukrainy / Borsukevych L.M., Didukh Ya.P., Kuzemko A.A., Moisiienko I.I., Onyshchenko V.A., Sadohurska S.S., Chornei I.I., Kish R.Ya ta in. / za red. A.A. Kuzemko, Ya. Sheffera [National Catalogue of Habitats of Ukraine / Borsukevych L.M., Didukh Ya.P., Kuzemko A.A., Moisiienko I.I., Onyshchenko V.A., Sadohurska S.S., Chornei I.I., Kish R.Ya et al. / ed. by A.A. Kuzemko, Ya. Sheffer]. K.: FOP Klymenko Yu.Ya., 2018. – 442 s. [in Ukrainian]

30. Oselyshchna kontsepsiia zberezhenia bioriznomanittia: bazovi dokumenty Yevropeiskoho Soiuzu / za red. O.O. Kahalo, B.H. Prots [The Habitat Concept of Biodiversity Conservation: Basic Documents of the European Union / ed. by O.O. Kahalo, B.H. Prots]. – Lviv: ZUKTS, 2012. – 278 s. [in Ukrainian]

31. Perelik vydiv sudynnykh roslyn, shcho pidliahaiut osoblyvii ohoroni na terytorii Zakarpatskoi oblasti ("Rehionalnyi chervonyi spysok") [The List of Species of Vascular Plants Subject to Special Protection in the Territory of Zakarpattia Oblast ("Regional Red List")] [Electronic resource]. – 2015a. – Mode of access: http://ecozakarp.at.gov.ua/?page_id=106. [in Ukrainian]
32. Perelik oselyshch (biotopiv), shcho pidliahaiut osoblyvii ohoroni na terytorii Zakarpatskoi oblasti ("Rehionalnyi chervonyi spysok") [The List of Habitats (Biotopes) Subject to Special Protection in the Territory of Zakarpattia Oblast ("Regional Red List")] [Electronic resource]. – 2015b. – Mode of access: http://ecozakarp.at.gov.ua/?page_id=106. [in Ukrainian]
33. Proektuvannia i zberezhennia terytorii merezhi Emerald (Smarahdovoi merezhi). Metodychni materialy [Designing and Preserving the Emerald Network. Methodological materials] / Vasyliuk O., Borysenko K., Kuzemko A., Marushchak O., Tiestov P., Hrynyk Ye. – Kyiv: «LAT & K», 2019. – 78 s. [in Ukrainian]
34. Prots B. H., Kahalo O. O., Kish R. Ya. ta in. Kataloh oselyshch Ukrainskykh Karpat ta Zakarpatskoi nyzovyny [Catalogue of Habitats of the Ukrainian Carpathians and Transcarpathian lowlands]. – Lviv: 2012. – 320 s. [in Ukrainian]
35. Prots B., Kahalo O., Mocharska L., Danylyk I., Tsiura N., Resler I., Cherniavskiy M. Bernska konventsii ta oselyshchna kontseptsii zberezhennia bioriznomanittia: maibutnie dlia Ukrainy [The Berne Convention and the Habitat Concept of Biodiversity Conservation: the Future for Ukraine] Lviv: ZUKTS, 2011. – 20 s. [in Ukrainian]
36. Rekomendatsii shchodo vprovadzhennia v Ukraini Dyrektyvy pro oselyshcha Yevropeiskoho Soiuzu: stratehichniy plan diy (2012-2020) [Recommendations for the Implementation of the European Union Habitats Directive in Ukraine: Strategic Action Plan (2012-2020)] / Zingstra H., Kostiusyn V., Prots B., Kahalo O., Mocharska L. – Lviv: ZUKTS, 2012. – 60 s. [in Ukrainian]
37. Rozrobka novykh pidkhodiv sozologichnoi optymizatsii pryrodnykh kompleksiv Karpatskoho rehionu yak osnova yikh ekolohichnoho menedzhmentu. Zvit pro naukovu-doslidnu robotu / DVNZ "Uzhhorodskiy natsionalnyi universytet" (UzhNU); kerivnyk NDR Komendar Vasyl Ivanovych; vykon.: Andryk Ye. Y., Kish R. Ya., Budnikov H. B. ta in. [Development of New Approaches to Zoological Optimisation of Natural Complexes of the Carpathian Region as a basis for their Environmental Management. Report on Research Work / SHEE "Uzhhorod National University" (UzhNU); the supervisor of academic research work – Komendar Vasyl Ivanovych; perform: Andryk Ye. Y., Kish R. Ya., Budnikov H. B. and others]. – Uzhhorod, 2014. – 170 s. – DR 0112U001551[in Ukrainian]
38. Rozroblennia stsenariiv zminy klimatychnykh umov v Ukraini na serednio- ta dovhostrokovu perspektyvu z vykorystanniam danykh hlobalnykh ta rehionalnykh modelei [Development of Medium- and Long-Term Climate Change Scenarios for Ukraine Using Data from Global and Regional Models] [Electronic resource]. – UkrHMI., 2013b. – 135 s. – Mode of access: www.uhmi.org.ua/project/rvndr. [in Ukrainian]
39. Sudynni roslyny Smaragdovoi merezhi Ukrainy pid okhoronoiu Bernskoi konventsii (za red. prof. Solomakhy V. A.) [Vascular Plants of the Emerald Network of Ukraine under the Protection of the Berne Convention (edited by Prof. Solomakha V. A.)]. – Kyiv, 2016. – 152 s. [in Ukrainian]
40. Stoiko S. M. O neobkhodimosti vosstanovliennia zapoviednikov tsennykh lesnykh massivov Zakarpattia // Bot. zhurn. [On the Necessity of Restoration of Reserves of Zakarpattia Valuable Forests // Bot. Journ.]. – 1957. – 42, 9. – S. 1416-1426. [in Russian]
41. Stoiko S. M. Karpatam zelenity vichno [the Carpathians will be green forever]. – Uzhhorod: Karpaty, 1977. – 176 s. [in Ukrainian]
42. Stoiko S. M., Hadach E., Shymon T., Mykhalyk S. Zapovidni ekosystemy Karpat [Reserved Ecosystems of the Carpathians]. – Lviv: Svit, 1991. – 248 s. [in Ukrainian]

43. Stratehiia populiatsiy roslyn u pryrodnykh i antropohennozmimemykh ecosystemakh Karpat / za red. M. Holubtsia i Y. Tsaryka [A Strategy of Plant Populations in Natural and Anthropogenically Modified Ecosystems of the Carpathians / ed. by M. Holubets and Y. Tsaryk] / Y. Tsaryk, K. Malynovskyi, H. Zhyliaiev, V. Kyiak, Yu. Kobiv, I. Danylyk, R. Dmytrakh, M. Rudyshyn, N. Sychak, L. Hynda, V. Hissovskyi, N. Rechevska, A. Chornobai, Yu. Nesteruk. – Lviv: Yevrosvit, 2001. – 160 s. [in Ukrainian]
44. Terytorii, shcho proponuiutsia do vkluchennia u merezhu Emerald (Smarahddovu merezhu) Ukrainy ("iniiovyi spysok", chastyna 3) / kol. avt., za red. Vasyliuka O.V., Kuzemko A.A., Kolomiichuka V.P., Kutsokon Yu.K. [Territories, proposed for inclusion in the Emerald Network of Ukraine ("shadow list", part 3) / a group of authors, ed. by Vasyliuk O.V., Kuzemko A.A., Kolomiichuk V.P., Kutsokon Yu.K.]. – Chernivtsi: Druk Art, 2020. – 408 s. [in Ukrainian]
45. Tkachenko V.S. Fitotsenotychnyi monitorynh rezervatnykh suktseziy v Ukrainському stepovomu pryrodnomu zapovidnyku [Phytocoenotic Monitoring of Reserved Successions in the Ukrainian Steppe Nature Reserve]. – K.: Fitosotsiotsentr, 2004. – 184 s. [in Ukrainian]
46. Fodor S.S. Dopovnennia do flory Zakarpattia, shcho pidliahaie okhoroni // Pro okhoronu pryrody Karpat [Additions to the Flora of Zakarpattia to be Protected // On Nature Protection of the Carpathians]. – Uzhhorod: Karpaty, 1973. – S. 98-114. [in Ukrainian]
47. Chopyk V.I. Ridkisini roslyny Ukrainy [Rare Plants of Ukraine]. – K.: Nauk. dumka, 1970. – 188 s. [in Ukrainian]
48. Chopik V.I. Redkiie i ischezaiushchiie rasteniia Ukrainy [Rare and Endangered Plants of Ukraine]. – K.: Nauk. dumka, 1978. – 216 s. [in Russian]
49. Chervona knyha Ukrainskoi RSR [Red Book of the Ukrainian SSR]. – K.: Naukova dumka, 1980. – 504 s.
50. Chervona knyha Ukrainy. Roslynnyi svit [Red Book of Ukraine. Flora]. – K.: Ukrainська entsyklopediia im. M.P. Bazhana, 1996. – 608 s. [in Ukrainian]
51. Chervona knyha Ukrainy. Roslynnyi svit / za red. Ya. P. Didukha [Red Book of Ukraine. Flora / ed. by Ya.P. Didukh]. – K.: Hlobalkonsaltynh, 2009. – 900 s. [in Ukrainian]
52. Andrews J., Rebane M. Farming and Wildlife – a practical management handbook. RSPB. – 1994. – 358 p.
53. Czerwona księga Karpat Polskich. Rośliny naczyniowe. / Redakcja Zbigniew Mirek Halina Piękoś-Mirkowa. – Kraków: Instytut Botaniki im. W. Szafera, 2008. – 614 s.
54. Duelli P., Obrist M.K. Regional biodiversity in an agricultural landscape: the contribution of seminatural habitat islands // Basic Appl. Ecol. – 2003. – 4. – P. 129-138.
55. Ellenberg H., Leuschner C. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. – 6. Aufl. – Stuttgart: Ulmer, 2010. – 1334 s.
56. Habitat management for conservation: a handbook of techniques / Ed. M. Ausden. – Oxford: Oxford University Press, 2007 – 411 p.
57. Hansson M., Fogelfors H. Management of a semi-natural grassland; results from a 15-year-old experiment in southern Sweden // Journal of Vegetation Science. – 2000. – 11. – 31-38.
58. Hoekstra J.M., Boucher T.M., Ricketts T.H., Roberts C. Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection // Ecol. Lett. – 2005. – 8. – P. 23-29.
59. Irányelvek a füves területek természetvédelmi szempontú kezeléséhez / Szerk. J. Kelemen. – Budapest: Természetbuvár Alapítvány kiadó. – 1997. – 388 old.
60. Kobiv Yu. Response of rare alpine plant species to climate change in the Ukrainian Carpathians // Folia Geobot. – 2017. – 52. – P. 217–226.
61. Kricsfalusy V., Budnikov G. (2007): Threatened vascular plants in the Ukrainian Carpathians: current status, distribution and conservation. – Thaiszia – J. Bot. 17: 11-32.
62. Managing habitats for conservation / Eds. Sutherland W.J., Hill D.A. – Cambridge: Cambridge University Press, 1995. – 399 p.
63. Niklfeld H. Atlas der Donauländer, Karte 171. – Wien: F. Deuticke, 1974.

64. Schmotzer A., Vojtkó A. Semi-dry grasslands in the Bükk mountains // Symposium on Research, Conservation, Management. – Aggtelek-Jósvafő. – 1996. – 102 P.
65. ŠeffEROVÁ StanOVÁ V., Plassman Čierna M.(eds.) Manažmentové modely pre údržbu, ochranu a obnovu biotopov – Bratislava: DAPHNE – Inštitút aplikovanej ekológie, 2011. – 41 s.
66. Wilson J.B., Peet R.K., Dengler J., Pärtel M. Plant species richness: the world records // J. Veg. Sci. – 2012. – 23. – P. 796-802.

8.3. Protection of Phytocoenotic Diversity of Zakarpattia (L.M. Felbaba-Klushyna, V.O. Klushyn, L. P. Miklovsh)

Living organisms in nature, as a rule, do not live in isolation, but form certain communities, which may consist of individuals of the same species, or their species diversity may be considerable. In botanical science, the aggregates of plant organisms in a certain area (forest, meadow, steppe, marsh) are called a plant community or phytocoenosis. A set of phytocoenoses forms vegetation (Felbaba-Klushyna, Komendar, 2001). The vegetation structure of certain regions contains communities that are endangered or are the standards of nature in a particular region and need to be protected. In particular, these are communities that arose in ancient geological epochs and are currently in a certain mismatch with environmental conditions (relict communities), or are at the limit of their range, or are being destroyed by anthropogenic impact, or are gradually transformed into communities of other types of organisation due to climate change and other factors. Such communities can be preserved in case of the right conservation regime. The first step towards their conservation is to identify them, map them and identify the negative factors that threaten their development.

In Ukraine, the first list of rare and endangered plant communities was published by S. M. Stoiko and concerned the Ukrainian Carpathians (Stoiko, 1977). He defined rare, unique and typical phytocoenoses, developed their categorisation and highlighted the reasons for their protection. The issue of protecting the phytocoenotic diversity of Ukraine was first raised at the national level in 1987, when the first Green Book of Ukraine was prepared (Zelionaia kniga..., 1987). It included plant communities that required protection at the state level. The Green Book is an official state document that summarises information on the current status of rare, endangered and typical plant communities that are subject to protection. It includes 127 rare, endangered and typical phytocoenoses of different syntaxonomic ranks. Of these, 50 communities (24 forest, 15 meadow, 4 marsh and 7 aquatic syntaxa) are found in Zakarpattia, which is about 40% of all the syntaxa to be protected in Ukraine.

In 2009, the second edition of the Green Book of Ukraine was published (Zelena knyha..., 2009). As it was already mentioned, in the new edition of the Green Book of Ukraine (2009), the number of syntaxa has increased significantly in the territory of Zakarpattia, and this refers primarily to marsh and aquatic vegetation.

Here is a brief description of plant communities included in the Green Book of Ukraine (2009).

Forest vegetation

Communities of yew beech forests (*Fageta (sylvaticae) taxosa (baccatae)*) and fir-beech forests (*Abieto (albae)-Fageta (sylvaticae) taxosa (baccatae)*)

Synphytosozological status: "rare"

Distribution in Ukraine: Zakarpattia, Precarpathia and Bukovyna.

Communities of beech forests (*Fageta (sylvaticae)*) dominated by hart's tongue (*Phyllitis scolopendrium*) in the plant formation

Synphytosozological status: "rare"

Distribution in Ukraine: Ukrainian Carpathians (Uholskyi massif) Zakarpattia Oblast.

Communities of beech forests (*Fageta (sylvaticae)*) dominated by perennial honest (*Lunaria rediviva*) in the plant formation

Synphytosozological status: "rare"

Distribution in Ukraine: Ukrainian Carpathians (Bukovynian Carpathians, Beskydy, Siansko-Stryiska Verkhovyna, Uholsko-Shyrokoluzhanskyi massif, Gorgany).

Communities of beech forests (*Fageta (sylvaticae)*) dominated by scopolia (*Scopolia carniolica*) in the plant formation

Synphytosozological status: "rare"

Distribution in Ukraine: Ukrainian Carpathians (Zakarpattia Oblast (Eastern Beskydy, Volovets district; Tiachiv district, Shyrokoluzhanskyi massif); Ivano-Frankivsk Oblast, Lviv Oblast).

Communities of beech forests (*Fageta (sylvaticae)*) dominated by wild garlic (*Allium ursinum*) in the plant formation

Synphytosozological status: "endangered"

Distribution in Ukraine: Ukrainian Carpathians (Bukovynian Carpathians, Skole Beskydy, Siansko-Stryi Verkhovyna), Western Podillia (Holohoro-Kremenets Ridge, Roztochia, Kamianets Prydnistrovia, Medobory).

Communities of mountain-ash-beech forests *Sorbeto (aucupariae)* - *Fageta (sylvaticae)*

Synphytosozological status: "rare".

Distribution in Ukraine: Zakarpattia Oblast, Uzhhorod district (Stuzhytsia forest massif, Mount Ravka, territory of Uzhanskyi National Nature Park)

Communities of rock-oak-beech forests (*Querceto (petraeae)*-*Fageta (sylvaticae)*)

Synphytosozological status: "endangered"

Distribution in Ukraine: Marginal ridges (Ivano-Frankivsk Oblast) and southern (Zakarpattia Oblast, Volcanic ridge) macro-slopes of the Ukrainian Carpathians (Bukovyna Precarpathia) (Chernivtsi Oblast).

Communities of broad-leaved lime-beech forests (*Tilieto (platyphyllae)*-*Fageta (sylvaticae)*)

Synphytosozological status: "rare"

Distribution in Ukraine: Ukrainian Carpathians, Uholskyi massif, Zakarpattia Oblast).

Communities of common oak forests (*Querceta roboris*) dominated by European ivy (*Hedera helix*)

Synphytosozological status: "endangered"

Distribution in Ukraine: Podillia and Volyn Uplands, Zakarpattia lowland (floodplains of the Tysa and Borzhava rivers), Precarpathia (Dniester valley).

Communities of fir and common oak forests (*Abieto (albae)* - *Querceta roboris*)

Synphytosozological status: "endangered"

Distribution in Ukraine: Precarpathia (Lviv Oblast, Ivano-Frankivsk Oblast), Zakarpattia.

Communities of Austrian-oak-rock-oak forests (*Querceto (australis)*-*Querceta (petraeae)*)

Synphytosozological status: "rare"

Distribution in Ukraine: Foothills of the Vygorlat-Hutynskyi ridge (Yuliivska mountain, Gaborova Yanoch tract (Zakarpattia Oblast).

Communities of white-flowered ash-rock-oak forests (*Fraxineto (orni)*-*Querceto (petraeae)*) and white-flowered ash-dalechampia-oak-rock-oak forests ((*Fraxineto (orni)*-*Querceto (dalechampii)*-*Querceta (petraeae)*)

Synphytosozological status: "rare"

Distribution in Ukraine: Foothills of Vyhorlat-Gutynskyi ridge (Chorna Hora (Zakarpattia Oblast))

Communities of dalechampia-oak-rock-oak forests *Querceto (dalechampii)*-*Querceta (petraeae)*

Synphytosozological status: "rare"

Distribution in Ukraine: Volcanic foothills of the Vyhorlat-Gutynskyi ridge (Muzhiivski Mountains, Yuliivska Mountain, Chorna Hora (Zakarpattia Oblast))

Communities of rock-oak forests (*Querceta (petraeae)* dominated by wood melick (*Melica uniflora*)

Synphytosozological status: "endangered"

Distribution in Ukraine: Krasna Polonyna mountain range (Zakarpattia Oblast).

Communities of rock-oak forests of sod (*Querceta (petraeae) cornosa (maris)*

Synphytosozological status: "endangered"

Distribution in Ukraine: Zakarpattia (Uzhhorod, Mukachevo districts), forest-steppe zone of Prydnistrovia (Khmelnyskyi, Ternopil, Chernivtsi, Vinnytsia, Odesa Oblasts), Mountainous Crimea.

Communities of pine-rock-oak forests *Pineto (sylvestris) Querceto (petraeae)*

Synphytosozological status: "rare"

Distribution in Ukraine: Southern Beskydy macro-slope (upper Latorytsia River) (Zakarpattia Oblast)

Communities of silver-lime-rock-oak forests (*Tilieta (argenteae) Querceta (petraeae)*)

Synphytosozological status: "rare"

Distribution in Ukraine: Volcanic foothills of the Vyhorlat-Hutynskyi ridge (Yuliivska Mountain, Bihanska Mountain, Chorna Hora (Zakarpattia Oblast))

Communities of fir-rock-oak forest *Abieto (albae)-Querceta (petraeae)*

Synphytosozological status: "rare"

Distribution in Ukraine: Ukrainian Carpathians. Northeastern slope in Precarpathia (Hubychi tract, Lviv Oblast), southwestern slope in Zakarpattia (Kuziiskyi protected area of the Carpathian Biosphere Reserve).

Communities of cedar-pine forests (*Peneta cembrae*)

Synphytosozological status: "rare"

Distribution in Ukraine: Ukrainian Carpathians. North-eastern macro-slopes of the Gorgany and Zakarpattia (slopes of Popadia, Malyi Gorgan and Velykyi Gorgan, Tavpyshyrka)

Communities of Hungarian lilac European alder forests (*Alnetea (glutinosae) syringosa (josikaeae)*

Synphytosozological status: "rare"

Distribution in Ukraine: Ukrainian Carpathians (Volovets-Mizhhiria Verkhovyna, Watershed ridge of the upper Latorytsia river basin).

Communities of European alder forests (*Alnetea (glutinosae)* dominated by ostrich fern (*Matteuccia struthiopteris*) in the plant formation

Synphytosozological status: "endangered"

Distribution in Ukraine: Zakarpattia, Ukrainian Polissia (Rivne Oblast).

Communities of grey alder forests (*Alnetea (incanae)* dominated by ostrich fern (*Matteuccia struthiopteris*) in the plant formation

Synphytosozological status: "typical"

Distribution in Ukraine: Ukrainian Carpathians (Ivano-Frankivsk and Zakarpattia Oblasts).

Communities of grey alder (*Alnetea (incanae)* Hungarian lilac forests (*Alnetea (glutinosae) syringosa (josikaeae)*

Synphytosozological status: "rare"

Distribution in Ukraine: Ukrainian Carpathians (Watershed ridge, Polonynskyi Ridge, Siansko-Stryiska Verkhovyna, mountainous part of Zakarpattia and Lviv region: upper reaches of the Uzh, Latorytsia, Rika, Stryi rivers)

Communities of silver-lime forests (*Tilieta argentea*)

Synphytosozological status: "rare"

Distribution in Ukraine: Foothills of the Volcanic Vyhorlat-Hutynskyi ridge (Kosynski Mountains, Yuliivska Mountain, Zakarpattia Oblast).

Communities of broadleaf-lime forests (*Tilieta platyphyllae*)

Synphytosozological status: "rare"

Distribution in Ukraine: Eastern slopes of the spurs of the Volcanic Vyhorlat-Hutynskyi ridge (Kosynski Mountains, Yuliivska Mountain, Zakarpattia Oblast).

Communities of sycamore forests (*Acereta pseudoplatani*) dominated by perennial honesty (*Lunaria rediviva*) in the plant formation

Synphytozoological status: "endangered"

Distribution in Ukraine: Ukrainian Carpathians: Skole Beskydy - Slavske State Forestry (Lviv Oblast), Volovets and Velykyi Bereznyi State Forestry, Svydovets-Yasinia State Forestry (Zakarpattia Oblast); Bukovyna Carpathians (Chernivtsi Oblast), Prydnistrovia (Khmelnitskyi Oblast).

Communities of sycamore forests (*Acereta pseudoplatani*) dominated by wild garlic (*Allium ursinum*) in the plant formation

Synphytozoological status: "endangered"

Distribution in Ukraine: Ukrainian Carpathians: (Lviv and Zakarpattia Oblasts)

Communities of Polish larch-spruce forests (*Lariceto (polonicae)-Piceeta (abietis)*) and Polish larch-cedar-pine-spruce forests (*Lariceto (polonicae)-Pineto (cembrae)-Piceeta (abietis)*)

Synphytozoological status: "rare"

Distribution in Ukraine: Ukrainian Carpathians. Pryvododilni Gorgany (Kedryn tract, Zakarpattia Oblast), Skybovi Gorgany (Maniava tract, Ivano-Frankivsk Oblast).

Shrub and dwarf shrub vegetation

Communities of the herbaceous willow formation (*Saliceta herbaceae*)

Synphytozoological status: "rare".

Distribution in Ukraine. Subalpine and alpine zones of the Ukrainian Carpathians (Chornohora and Svydovets massifs).

Communities of the obtusifolious willow (*Saliceta retusae*) formation

Synphytozoological status: "rare".

Distribution in Ukraine. Subalpine belt of the Ukrainian Carpathians (Chornohora and Svydovets massifs) (Zakarpattia and Ivano-Frankivsk Oblasts).

Communities of the rowan-alder forest *Sorbeto (aucupariae)-Duschekia (viridis)* subformation

Synphytozoological status: "rare".

Distribution in Ukraine. Mount Velyka Ravka (Zakarpattia Oblast, Velykyi Bereznyi district).

Communities of the eightpetal mountain-avens (*Dryadeta octopetalae*) formation

Synphytozoological status: "rare".

Distribution in Ukraine. Subalpine and alpine belts of the Ukrainian Carpathians (Chornohora and Svydovets massifs) (Zakarpattia Oblast).

Communities of the alpine azalea formation (*Loiseleurietta procumbentis*)

Synphytozoological status: "rare".

Distribution in Ukraine. Alpine belt of the Ukrainian Carpathians (Chornohora massif) (Zakarpattia and Ivano-Frankivsk Oblasts).

Communities of the Eastern Carpathian rhododendron (*Rhododendreta kotschy*) formation

Synphytozoological status: "rare".

Distribution in Ukraine. Subalpine and alpine belts of the Ukrainian Carpathians (Chornohora, Marmarosh, Svydovets massifs), (Zakarpattia and Ivano-Frankivsk Oblasts).

Meadow communities

Communities of the inermous fescue (*Festuceta inarmatae*) formations

Synphytozoological status: "rare".

Distribution in Ukraine. Subalpine belt of the Ukrainian Carpathians (Beskydy, Chornohora, Svydovets, Marmarosh, Chyvchyn massifs).

Communities of the Carpathian fescue (*Festuceta carpaticae*) formation

Synphytosozological status: "rare".

Distribution in Ukraine. Subalpine belt of the Ukrainian Carpathians (Chornohora, Svydovets, Marmarosh, Chyvchyn massifs) (Ivano-Frankivsk and Zakarpattia Oblasts).

Communities of rocky fescue (*Festuceta saxatilis*) formation

Synphytosozological status: "rare".

Distribution in Ukraine. Subalpine belt of the Ukrainian Carpathians (Marmarosh and Chyvchyn massifs) (Ivano-Frankivsk and Zakarpattia Oblasts).

Communities of the narrow-leaved daffodil (*Narcissieta angustifolii*) formation

Synphytosozological status: "rare".

Distribution in Ukraine. Transcarpathian lowland (Khust district), highland areas of the Ukrainian Carpathians (Svydovets and Marmarosh ranges) (Ivano-Frankivsk and Zakarpattia Oblasts).

Communities of the Dale hairgrass (*Poeta deylii*) formation

Synphytosozological status: "rare".

Distribution in Ukraine. Subalpine and alpine zones of the Ukrainian Carpathians (Marmarosh and Chornohora massifs) (Ivano-Frankivsk and Zakarpattia Oblasts).

Bog communities

Communities of the mountain-pine-sphagnous (*Pineto (mugi)-Sphagneta*) formation

Synphytosozological status: "endangered".

Distribution in Ukraine. Ukrainian Carpathians (mainly the Chornohora ridge), subalpine belt (Zakarpattia Oblast, Ivano-Frankivsk Oblast).

Communities of the depressed spruce-sphagnum formation (*Sphagneta depressipiceetosa*)

Synphytosozological status: "endangered".

Distribution in Ukraine. Forest belt of the Ukrainian Carpathians (Skybovi and Pryvododilni Gorgany) (Ivano-Frankivsk and Zakarpattia Oblasts).

Communities of the fuscum-sphagnum depressed common pine (*Sphagneta (fusci) depressipinetosa (sylvestris)*) formation

Synphytosozological status: "rare".

Distribution in Ukraine. Northern part of Western Polissia (Volyn, Rivne, Zhytomyr Oblasts), upper forest belt of the Ukrainian Carpathians (Skole Beskydy, Gorgany) (Lviv, Zakarpattia, Ivano-Frankivsk Oblasts).

Communities of the Devell's sedge (*Cariceta davallianae*) formation

Synphytosozological status: "endangered".

Distribution in Ukraine: Western and Small Polissia, Roztochia, Volyn forest plateau (Volyn, Rivne, Khmelnytskyi, Lviv Oblasts). In Zakarpattia it occurs in the Eastern Beskydy (Volovets district).

Aquatic communities

Communities of the water caltrop (*Trapeta natantis*) formation

Synphytosozological status: "typical".

Distribution in Ukraine. Broad-leaved forest, forest-steppe and steppe zones (in floodplain water bodies and bays of the Dnipro, Prypiat, Teteriv, Desna, Ubort, Uzh, Latorytsia, Borzhava, Siverskyi Donets and Shatsk and Danube lakes).

Communities of the snowy water lily (*Nymphaeeta candidae*) formation

Synphytosozological status: "rare".

Distribution in Ukraine. Broad-leaved forest and forest-steppe zones (in lakes and floodplain water bodies of the Upper and Middle Dnipro, Desna, Teteriv, Uzh, Zdvyzh, Ubort, Horyn, Styr, Sluch, Turia, upper reaches of the Southern Buh, Sula, Vorskla, Psel, Siverskyi Donets rivers, in Shatsk lakes). The southern border in Ukraine follows the Uzhhorod - Ivano-Frankivsk - Vinnytsia - Cherkasy - Poltava – Kharkiv line.

Communities of the four-leaved pepperwort (*Marsileeta quadrifoliae*) formation

Synphytosozological status: "endangered".

Distribution in Ukraine. Broadleaved forest and steppe zones. Floodplain reservoirs of the Latorytsia River (Zakarpattia Oblast), reservoirs of the Danube lakes (Odesa Oblast).

Communities of the fringed water lily (*Nymphoideta peltatae*) formation

Synphytosozological status: "rare".

Distribution in Ukraine. Broad-leaved forest, forest-steppe and steppe zones.

In the reservoirs of the Desna, Snov, Ubort, Southern Buh, Dnipro rivers floodplains, as well as the Kiliia delta of the Danube River and Danube lakes. Transcarpathian lowland, lower reaches of the Latorytsia River.

Communities of the Bremi's bladderwort (*Utricularieta breinii*) formation

Synphytosozological status: "rare".

Distribution in Ukraine. Sporadically in water bodies of the Ukrainian Carpathians and Zakarpattia (Zakarpattia Oblast) (Probably extinct community).

Communities of the Alpine pondweed (*Potamogetoneta alpini*) formation

Synphytosozological status: "rare".

Distribution in Ukraine. Very rare in the Ukrainian Polissia, Forest-Steppe and in the water bodies of the Ukrainian Carpathians (Sumy, Zhytomyr, Rivne, Khmelnytskyi, Zakarpattia Oblasts).

Communities of the long pondweed (*Potamogetoneta praelongi*) formation

Synphytosozological status: "rare".

Distribution in Ukraine. Water bodies of broad-leaved forest and forest-steppe zones. It is distributed on Synevyr Lake in Zakarpattia Oblast.

Communities of the arrowhead (*Sagittarieta sagittifoliae*) formation

Synphytosozological status: "rare".

Distribution in Ukraine. Broad-leaved forest, forest-steppe and steppe zones (in lakes, rivers, floodplain reservoirs, artificial reservoirs). In the Transcarpathian lowland it is common in the lower reaches of the Tisza and Latorytsia rivers.

Communities of the white water lily (*Nymphaeeta albae*) formation

Synphytosozological status: "rare".

Distribution in Ukraine. Broad-leaved forest, forest-steppe and steppe zones (in lakes, riverbeds, floodplain reservoirs, artificial reservoirs). In the Transcarpathian lowland it occurs in the floodplains of the Latorytsia and Tisa rivers.

Communities of the yellow water lily (*Nuphareta luteae*) formation

Synphytosozological status: "typical".

Distribution in Ukraine. Broad-leaved forest, forest-steppe and steppe zones (in lakes, rivers, floodplain reservoirs). In the Transcarpathian lowland it occurs in the floodplains of the Latorytsia and Tisza rivers.

Communities of the floating fern (*Salvinieta natantis*) formation

Synphytosozological status: "typical".

Distribution in Ukraine. Broad-leaved forest, forest-steppe and steppe zones (in lakes, bays, branches, river oxbows, artificial reservoirs). In the Transcarpathian lowlands, it occurs in the floodplains of the Latorytsia and Tisza rivers.

Thus, 28 forest, 6 shrub and dwarf shrub, 5 meadow, 4 marsh and 11 aquatic communities are found in Zakarpattia, which are included in the Green Book of Ukraine (2009).

References:

1. Zelena knyha Ukrainy. Ridkisni i taki, shcho perebuvaiut pid zahrozoiu znyknennia, ta typovi pryrodni roslynni uhrupovannia, yaki pidliahaiut okhoroni / za zah. red. Ya.P. Didukha [Green Book of Ukraine. Rare, Endangered and Typical Natural Plant Communities to Be Protected / ed. by Ya.P. Didukh]. – K., 2009. – 446 s. [in Ukrainian]
2. Zelionaia kniga Ukrainskoi SSR: Redkiie, ischezaiushchiie i tipichnyie, nuzhdaiushchiiesia v okhranie rastitielnyie soobshchestva / pod red. Yu.R. Sheliag-Sosonko [Green Book of the Ukrainian SSR: Rare, Endangered and Typical Plant Communities in Need of Protection / ed. by Yu.R. Sheliag-Sosonko]. – K.: Nauk. dumka, 1987. – 216 s. [in Russian]
3. Stoiko S.M. Karpatam zelenity vichno [The Carpathians will Be Green Forever] / S. M. Stoiko. – Uzhhorod: Karpaty, 1977. – 172 s. [in Ukrainian]
4. Felbaba-Klushyna L.M., Komendar V.I. Fitotsenolohiia z osnovamy itosozolohii // Nauk. red. S. M. Zyman [Phytocoenology with the Basics of Itosozology // Scient. ed.]. – Uzhhorod: Lira, 2001. – 204 s. [in Ukrainian]

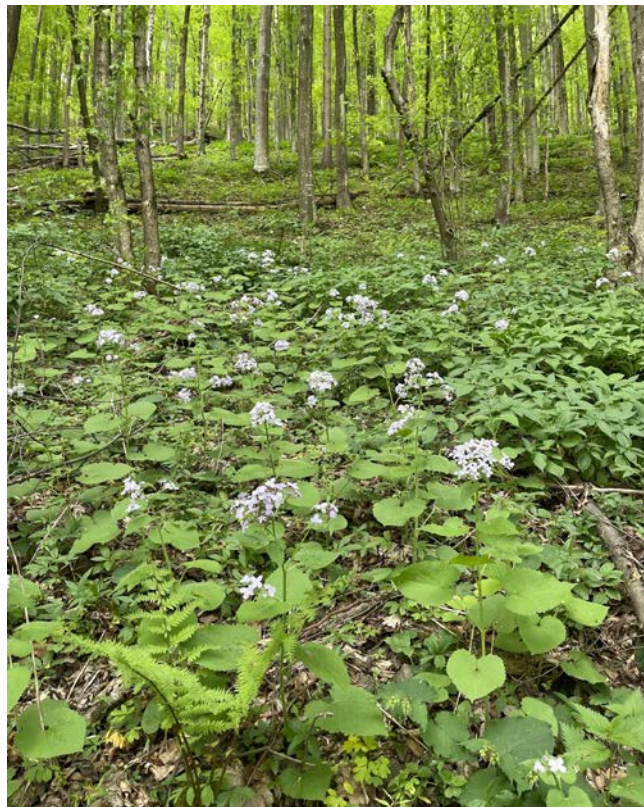


Fig. 8.3.1. Beech forests (Fageta (sylvaticae) dominated by perennial honest (Lunaria rediviva) in the plant formation (photo by L. Felbaba-Klushyna, 06.05.2023., Eastern Beskydy)



Fig. 8.3.2. Scopolia beech-sycamore maple forests (photo by L. Felbaba-Klushyna, 06.05.2023., Eastern Beskydy)



Fig. 8.3.3. Wild garlic beech forests
(photo by L. Felbaba-Klushyna, 06.05.2023., Eastern Beskydy)



*Fig. 8.3.4. Rock-oak forests (*Querceta (petraeae)*)) dominated by wood melick (*Melica uniflora*) in the plant formation
(photo by L. Felbaba-Klushyna, 08.05.2023, Volcanic ridge)*



*Fig. 8.3.5 Communities of the Devell's sedge (*Cariceta davallianae*) formation
(photo by L. Felbaba-Klushyna, 06.05.2023., Eastern Beskydy)*



Fig. 8.3.6. Communities of the four-leaved pepperwort (Marsilea quadrifolia) formation (photo by L. Felbaba-Klushyna, (05.09.2021, Zakarpattia lowland)

8.4. Influence of Anthropogenic Factors on the Fauna (F. Kurtiak, O. Mateleshko)

It's hard to imagine a world without animals, a kingdom that accounts for more than a million species. Animals affect the lives of every human being, whether they like them, or dislike them, eat them, or, on the contrary, protect them. Animals have been of vital importance since the first time our ancestors went hunting, and the transition to meat eating has become one of the most important factors in human evolution. The importance of animals for humans and nature in general is much broader and more significant than it might seem at first glance. Most domestic animals provide humans with food, materials for clothing and footwear. For many centuries, animals have been helping people to do various jobs, they are used in sports and active leisure activities, for rehabilitation in case of various diseases, to accompany visually impaired and disabled people; they are used as rescuers when searching for people after avalanches in the mountains and under rubble after earthquakes. People get aesthetic pleasure from contact with animals in nature, and keeping and caring for pets is extremely important in fostering positive character traits in children. However, some species of animals cause many problems for humans and even harm agriculture; predatory insects and pests are used in biological control of harmful arthropods. Wild mammals are a source of diseases dangerous to humans.

But the main significance of animals is ecological, in that every life form plays an important role in the ecological balance on Earth. Predators control the number of herbivorous animals' populations, and animals that feed on carrion or excrement of other animals clean the surface of the earth and enrich it with mineral and organic substances and microorganisms. Insects and other invertebrates are important links in the food chain and form the basis of the diet of many species of birds, mammals, and fish. Insects and, to some extent, bats and birds are important pollinators

of plants and are responsible for pollinating about 35% of the crops that provide food for humanity. Moreover, many species of flowering plants cannot exist at all without insect pollination.

Species extinction has always been a natural part of the evolutionary process. Throughout the history of the Earth, scientists claim that there were five stages of mass or major species extinction. The last and most well-known period of species extinction, believed to have been caused by an asteroid impact, occurred at the turn of the Cretaceous and Tertiary periods (~63-65 million years ago), when dinosaurs became extinct, enabling mammals to evolve.

According to many scientists, we are now in the early stages of the sixth period of species extinction (the Holocene extinction), which began about 50,000 years ago. This last great extinction was not caused by natural processes, but was directly or indirectly caused by humans. Animal species that in one way or another came into conflict with human interests were consistently slaughtered. The most recent extinction of species is associated with the development of new lands by Europeans in the 14th-16th centuries. Today, approximately 1000-1100 species of animals are endangered.

It is believed that the main and most threatening anthropogenic factor of species extinction is the degradation and fragmentation of animal habitats. The main causes of habitat degradation are agriculture, urbanisation, etc. The process of destruction of natural ecosystems occurs in stages. Sometimes, it may seem that a certain fragment of the natural landscape is not important for animals, but a combination of certain landscape elements or habitats may be vital for a particular species. This process is more insidious than direct destruction, because there seems to be no reason for the species to disappear, and yet it does. And, first of all, large animals (mammals, birds, etc.) disappear. Species with limited distribution (endemics) or rare, and species with limited ability to spread, as well as inhabitants of specific ecological niches (hollows of old trees, dead wood, caves), disappearing with the destruction of their habitats, are under the primary threat of extinction. Species that live in colonies or in complex social groups are threatened when their numbers fall to a certain critical level.

Other threats to species extinction include: 1) the trade in animals for pets and biomedical research, etc.; 2) climate change (the so-called global warming), which is predicted to cause the extinction of at least 20-30% of plant and animal species or 40-70% in the most unfavourable scenario; 3) high-intensity pollution; 4) introduced or invasive species destroying the habitats of native species, competing with them for resources and reducing their survival;

5) protection of farm animals by farmers; 6) isolated small populations lose the ability to exchange genetic material; 7) genetic pollution that is uncontrolled hybridisation or modification of the genome of natural species.

The scale of species extinction as a result of human activity is quite notable. Archival data and archaeological findings show that over the past 12 centuries, eight species of wild animals and more than 10 species of birds have been completely wiped out in the Carpathians. Nature conservation in the Ukrainian Carpathians has a long tradition and is described in the works of S.M. Stoiko (1991) and O.O. Haidukevych (2007). The initial stage was species protection, which accounted for caring for the conservation of hunting fauna; the stage of resource-based nature protection followed; territorial nature protection; and since the second half of the twentieth century, the environmental stage has been introduced in the nature protection concept and nature protection is now considered as a priority integral environmental, economic and social problem of international importance.

8.5. Threats and Decline of Amphibians (F. Kurtiak)

Amphibians undoubtedly hold a significant position within the biocenoses of Zakarpattia. While the species composition of the amphibian fauna in this region is under ongoing clarification, and the number of amphibians is still a subject of study (Gasso and others, 2001; Shcherbak and Shcherban, 1980; Shcherban, 1976), analysing and comparing the available literature data on their population with their current status proves challenging. The available information is primarily

limited to schematic estimates, classified as absent, very rare, rare, common, and frequent (Shcherbak and Shcherban, 1980).

Various factors influence the distribution and population size of amphibians within the region. Notably, abiotic factors such as temperature, humidity (particularly when they venture onto land), and the chemical properties of water and soil play pivotal roles in shaping amphibian habitats. Since amphibians are poikilothermic creatures, their body temperature and activity levels are contingent upon ambient temperature.

Given that amphibians possess exposed skin, maintaining a high level of humidity is imperative for their well-being. Rapid desiccation poses a significant threat, with even a 15% weight loss being fatal for these animals. Their skin is partially protected by a layer of mucus, serving to mitigate desiccation. In terrestrial amphibians, skin thickening and keratinization occur, reducing the potential for cutaneous respiration. This reduction is counteracted by an increase in the surface area of the lungs.

In conditions of inadequate ambient humidity, the skin of these amphibians becomes covered with a thin, dry, shiny film that is impermeable to water. The behaviour of amphibians also holds adaptive significance: most terrestrial species are active during dusk and nighttime, periods when humidity levels are at their highest.

It is important to note that amphibians cannot thrive in saltwater or on saline soils. Salts dissolved in water at concentrations exceeding 10% have detrimental effects on both larvae and adult amphibians.

In response to the climate changes observed in recent decades, our study focused on assessing shifts in the amphibian populations within Zakarpattia. The foundation of this research rests upon our own population counts, conducted from 1999 to 2021 in the Transcarpathian lowlands and foothills. These counts amounted to 1279 individual species counts in total and were executed utilising the route method (Novikov, 1953; Protasov, 2002). The route method was chosen because it had been employed by previous researchers when studying amphibian populations in Zakarpattia (Shcherbak and Shcherban, 1980; Shcherban, 1976). Furthermore, it is the most suitable and provides the most comprehensive data when studying this particular group of animals (Koly, 1979).

The length of the survey lines consistently exceeded 1000 metres, and the number of species was extrapolated to cover a 100-metre segment of the route. These surveys were carried out in 77 different habitats, which were distributed more or less evenly across the study area. Additionally, we analysed existing literature sources where quantitative data (a total of 227 counts for individual species) were provided alongside scoring (Shcherbak and Shcherban, 1980; Shcherban, 1976). Whenever possible, abundance counts were performed in habitats previously documented in the literature. This allowed us to compare contemporary data with the amphibian abundance recorded 30 years ago. The number of amphibians in this study is reported as "the number of individuals per 100 metres of the route."

In this study, "own data" pertains to the collections and surveys conducted by our team in the Zakarpattia lowlands and foothills from 1999 to 2021, while "literature data" refers to information on amphibian numbers in the same area between 1971 and 1980 (Shcherbak and Shcherban, 1980; Shcherban, 1976).

Based on our own collections and literature data, we compiled a database detailing the population of amphibians in the study area. This database was created and analysed using Microsoft Excel version 9.0. Additionally, a thematic map was generated using MapInfo version 7.0, a desktop cartography software package.

The main findings of the study are presented in Table 1, which includes quantitative data, percentages of individual species in the samples, and the classification scores proposed in the literature: - species absent, - + very rare, + rare, + + common, and + + + frequent (Shcherbak and Shcherban, 1980; Shcherban, 1976).

Analysing Table 1, we observe that the authors (Shcherbak and Shcherban, 1980) categorised very rare species as those with numbers per 100 metres of the route ranging from 0.50 ± 0.03 (*L. montandoni*) to 0.59 ± 0.12 (*M. alpestris*). Rare species encompass those with numbers ranging from 0.60 ± 0.07 (*R. dalmatina*) to 4.91 ± 1.79 (*R. lessonae*). Common species range from 4.72 ± 1.55 (*R. dalmatina*) to 20.04 ± 2.48 (*B. variegata*), while frequently occurring species range from 0.38 ± 0.03 (*P. fuscus*) to 16.64 ± 1.06 (*B. bombina*).

Upon examining the percentages of species in the samples, it becomes evident that the authors classified very rare species as those with percentages ranging from 2.88 ± 1.41 (*M. alpestris*) to 8.57 ± 0.00 (*L. montandoni*). Rare species include those with percentages ranging from 1.16 ± 0.38 (*R. dalmatina*) to 14.69 ± 2.45 (*P. lessonae*), common species range from 1.16 ± 0.38 (*R. dalmatina*) to 6.98 ± 0.73 (*B. variegata*). Finally, species that occur frequently range from 0.14 ± 0.09 (*P. fuscus*) to 5.99 ± 0.69 (*B. bombina*).

Hence, based on the data presented in Table 2, we can quantitatively characterise the classifications of species occurrence employed by the authors in the 1971-1980 period (Shcherbak and Shcherban, 1980; Shcherban, 1976).

Comparing our data with literature data on average abundance (Table 8.5.1), we observe that the total number of all amphibian species in our data is 1.92 times lower than in the literature data.

Table 8.5.1. Analysis of the number and percentage of amphibian species in the samples in the Zakarpattia lowland and foothills.

Species	Own Data		Literature Data		%, in the sample own data	%, in the sample literature	Score	
	average ± st. deviation	n	average ± st. deviation	n			lowland	foothills
Caudata								
<i>Salamandra salamandra</i>	5,29±2,61	31	3,67±0,70	13	2,49±1,23	0,90±0,17	—	+
<i>Lissotriton vulgaris</i>	6,09±0,68	127	16,16±7,47	23	2,87±0,32	3,96±1,83	++	+++
<i>Lissotriton montandoni</i>	1,06±0,06	12	35±0,00	1	0,50±0,03	8,57±0,00	—	—+
<i>Triturus cristatus</i>	2,66±0,42	31	8,88±1,62	15	1,25±0,20	2,17±0,40	—	+++
<i>Triturus dobrogicus</i>	5,43±0,82	144	9,52±2,48	13	2,53±0,38	2,33±0,61	++	—
<i>Mesotriton alpestris</i>	1,25±0,25	8	11,75±5,75	2	0,59±0,12	2,88±1,41	—	—+
Anura								
<i>Bombina bombina</i>	35,32±2,24	203	24,47±2,81	18	16,64±1,06	5,99±0,69	+++	—
<i>Bombina variegata</i>	42,54±5,27	33	28,50±3,00	6	20,04±2,48	6,98±0,73	—	++
<i>Pelobates fuscus</i>	0,81±0,07	82	0,57±0,36	21	0,38±0,03	0,14±0,09	+++	—+
<i>Bufo bufo</i>	11,15±1,41	91	28,88±7,60	8	5,25±0,66	7,07±1,86	+++	+++
<i>Pseudepidalea viridis</i>	22,65±2,83	73	17,87±3,61	18	10,67±1,33	4,37±0,88	+	+
<i>Hyla arborea</i>	7,05±1,63	64	9,84±1,09	16	3,32±0,77	2,41±1,98	++	+++
<i>Pelophylax ridibundus</i>	22,60±2,26	84	41,44±10,59	8	10,64±1,06	10,14±2,59	+++	++
<i>Pelophylax kl. esculentus</i>	37,36±7,34	122	67,71±11,19	13	17,60±3,46	16,58±2,74	—	—
<i>Pelophylax lessonae</i>	10,42±3,81	47	60,00±10,00	7	4,91±1,79	14,69±2,45	+++	+
<i>Rana arvalis</i>	1,00±0,00	1	13,28±1,46	17	0,47±0,00	3,25±0,36	+	++
<i>Rana dalmatina</i>	1,28±0,14	95	4,72±1,55	13	0,60±0,07	1,16±0,38	++	+
<i>Rana temporaria</i>	0,98±0,16	31	26,23±10,04	15	0,46±0,08	6,42±2,46	+	+++
Total	212,31±31,35	1279	408,49±88,32	227	100,00	100,00	22	25,5

Changes in the Biodiversity of Zakarpattia in the Context of Anthropogenic Pressure

Species	Own Data		Literature Data		%, in the sample own data	%, in the sample literature	Score	
	average ± st. deviation	n	average ± st. deviation	n			lowland	foothills
Average	11,80±1,74		22,70±4,91		5,56±0,82	5,56±1,20		

Over the study period, there has been a shift in the dominance of certain species in the samples, with an increase in the representation of some species and a much smaller, nearly equal share of others. This shift clearly indicates a decrease in species diversity, as higher diversity is typically observed when the relative abundance of species is more evenly distributed [6]. Such findings are a cause for concern.

Table 2 presents a comparison of our data (1999-2021) regarding the number and percentage of amphibians in the samples with those from the literature (1971-1980).

It is worth noting that, according to our data, the number of salamanders increased by 1.44 times, while its percentage in the sample of typical habitats increased by 2.77 times. The number and percentage in the samples also increased for the common mudpuppy, by 1.44 and 2.78 times, respectively. Mountain newts, according to our data, showed an increase in both number and percentage in the sample, by 1.49 and 2.87 times, respectively. Garlic frogs and green toads in our samples increased by 1.42 and 1.27 times, and their percentage in the sample increased by 2.71 and 2.44 times, respectively.

Conversely, several species decreased in number and percentage in the sample based on our data compared to the literature data. The common newt decreased by 2.65 times in number and 1.38 times in percentage in the sample. The Carpathian newt exhibited a substantial decrease of 33.02 times in number and 17.14 times in percentage. Crested newts and alpine newts both saw reductions in number and percentage, by 3.34 and 1.74 times and 9.40 and 4.88 times, respectively.

Additionally, the number and percentage of grey toads in our samples decreased by 2.59 and 1.35 times, and pond frogs exhibited reductions of 5.76 and 2.99 times, respectively. The number and percentage of all brown frog species in the samples exhibited a significant decrease. Sharp-toothed frogs decreased by 13.28 times in number and 6.91 times in percentage, nimble frogs by 3.69 times in number and 1.93 times in percentage, and grass frogs by 26.77 times in number and 13.96 times in percentage, respectively.

Conversely, some species experienced a decrease in numbers while showing a slight increase in percentage within the sample. The Danube triton decreased by 1.75 times in number and 1.09 times in percentage, frogs by 1.40 times in number and 1.38 times in percentage, lake frogs by 1.83 times in number and 1.05 times in percentage, and edible frogs (hybrid) by 1.81 times in number and 1.06 times in percentage, respectively.

Table 8.5.2 The ratio of the number and percentage of amphibian species in the samples for the period 1999-2021 compared to the data for 1971-1980 in Zakarpattia lowland and foothills.

Species	Ratio of accounting data in 1999-2021 to data from 1971-1980.	
	by number of amphibians	by percentage in the sample
<i>Caudata</i>		
<i>Salamandra salamandra</i>	1,44	2,77
<i>Lissotriton vulgaris</i>	0,38	0,72
<i>Lissotriton montandoni</i>	0,03	0,06
<i>Triturus cristatus</i>	0,30	0,58
<i>Triturus dobrogicus</i>	0,57	1,09
<i>Mesotriton alpestris</i>	0,11	0,20

Changes in the Biodiversity of Zakarpattia in the Context of Anthropogenic Pressure

Species	Ratio of accounting data in 1999-2021 to data from 1971-1980.	
	by number of amphibians	by percentage in the sample
<i>Anura</i>		
<i>Bombina bombina</i>	1,44	2,78
<i>Bombina variegata</i>	1,49	2,87
<i>Pelobates fuscus</i>	1,42	2,71
<i>Bufo bufo</i>	0,39	0,74
<i>Pseudepidalea viridis</i>	1,27	2,44
<i>Hyla arborea</i>	0,72	1,38
<i>Pelophylax ridibundus</i>	0,55	1,05
<i>Pelophylax kl. esculentus</i>	0,55	1,06
<i>Pelophylax lessonae</i>	0,17	0,33
<i>Rana arvalis</i>	0,08	0,14
<i>Rana dalmatina</i>	0,27	0,52
<i>Rana temporaria</i>	0,04	0,07
Average	0,62	1,70

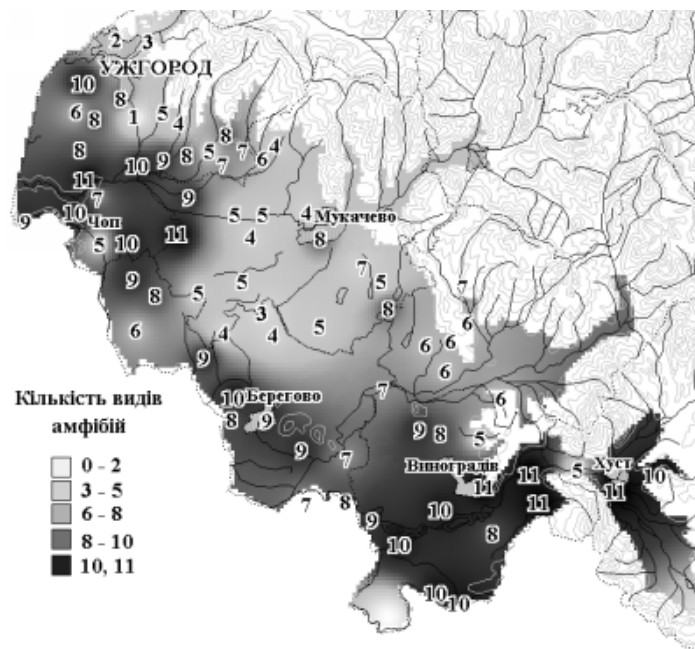


Fig. 8.5.1. Distribution of amphibian species richness in the Zakarpattia lowland and foothills.

At present, the distribution of amphibian species diversity across the study area is rather uneven (Fig. 8.5.1).

Fig. 2, based on the analysis of 77 localities that evenly cover the study area, reveals a clear association of the highest species diversity with the main waterways of the region, such as the Tysa, Latorytsia, Borzhava, and partially Uzh rivers. This may not seem obvious at first, as only one amphibian species (*P. ridibundus*) is found in these rivers. However, we attribute this distribution to the greater stability of riverine habitats.

Furthermore, this analysis of species richness distribution helps identify crucial areas for amphibian conservation, particularly in the southern part of Berehove, the central plain part of Vynohradiv, and the riverbed habitats of the Latorytsia River in Uzhhorod district. These regions exhibit high species diversity. On the contrary, the remarkably low distribution of amphibian species in the central and southern parts of Mukachevo district is noteworthy, likely due to habitat impoverishment, as the majority of the area is occupied by meadows and pastures [Kurtyak, 2004].

The distribution of amphibian species richness (Fig. 8.5.1) can provide a basis for designing programs for semi-natural breeding of amphibians with subsequent release into the wild, similar to some European regions.

Analysing the literature on this issue, it is evident that in recent decades, a significant decline in the populations of common and crested newts, as well as frogs, has been observed in the study area (Gasso and others, 2001; Shcherban, 1994). Despite the relatively recent nature of the data, quantitative estimates of the species' populations are notably lacking, except for crested newts, which are reported to be at 0.1-0.2 individuals per 100 m of the route (Gasso and others, 2001). Nevertheless, our observations align with the observed trend of declining numbers in these species, as reported in the literature.

Of particular interest is the increase in the percentage and number of *P. viridis* in the lowlands, which has also been documented by other researchers (Gasso and others, 2001). It is noteworthy that various European countries have reported a decrease in amphibian populations, including Poland (Zielinski and Klimkowski, 2003), France (Baumgart, 2003), Sweden (Claes and Goeran, 2003), Germany (Beckmann, 2003), Slovakia (Belansky, 2003), and others.

Therefore, the Zakarpattia Lowland region could potentially serve as a refuge for this species in the face of the overall negative impact of human activities. When studying the data obtained, it's important to acknowledge that the correlation between the number of species in the samples and their percentage representation during the study periods is 0.54.

The average percentages of species in the samples, despite significant differences in the numbers of individual species, were $5.56 \pm 0.82\%$ in our data and $5.56 \pm 1.20\%$ in the literature.

This decline in the number of species that are most commonly found in the lowlands suggests a significant impact of climate change on the amphibian populations of the region. It underscores the need to establish protected areas in these regions since human activity exerts a much greater anthropogenic pressure on the fauna, with approximately 90% of the area being utilized by humans. This pressure, combined with the region's higher species diversity, emphasizes the urgency of conservation efforts compared to mountainous regions.

8.6. Changes in the Composition of the Ichthyofauna (F. Kurtiak)

Significant changes have occurred in the ichthyofauna of Zakarpattia over the last century. These changes have been driven not only by shifts in the hydrography of our rivers but also by alterations in water management practices, the introduction of valuable commercial fish species, and environmental disasters such as water body shallowing and contamination with heavy metals.

A comparative analysis of fish species composition over the last hundred years is provided in Table 8.6.1.

Examining the data presented in the table, we can observe that V. Vladikov (1926) recorded 46 species of roundfish and fish in the region's rivers. E.K. Vlasova (1956) subsequently added two more species to this list: the bullhead (*Abramis bjoerkna*) and the American catfish (*Ictalurus nebulosus*).

I.I. Koliushhev (1959) documented 49 fish species in the water bodies of Transcarpathia, including the addition of silver carp (*Carassius gibelio*) and lake trout (*Salmo trutta m. lacustris*).

A notable increase in the species composition of fish in Zakarpattia occurred between 1959 and 1982. This expansion can be attributed to the initiation of active measures for acclimatizing commercial species, such as silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*), white carp (*Ctenopharyngodon idella*), Sevan trout (*Salmo ischchan*), char (*Salvenilus fontinalis*), Baikal brown trout (*Coregonus autumnalis migratorius*), and Chud River whitefish (*Coregonus lavaretus maraenoides*). Additionally, new species were discovered in Zakarpattia waters, including the European eel (*Anguilla anguilla*), burbot (*Sander volgensis*), Panonian roach (*Rutilus pigus*), Rodney's dace (*Gobitis aurata radnensis*), and bluegill (*Abramis ballerus*).

According to ichthyological studies conducted by Yu. Movchan (1993), the ichthyofauna of the Tysa River basin, encompassing all the rivers in the Zakarpattia Oblast, consists of 60 species and subspecies of roundworms and fish. New species reported by the author include oatmeal dace (*Leucaspis delineatus*), variegated silver carp (*Aristichthys nobilis*), and sunfish (*Lepomis gibosus*). Since 1998, two additional species have been discovered during ichthyological surveys: the rotan (*Perccottus glenni*) and the Amur sabrefish (*Pseudorasbora parva*).

The ichthyofauna of the study area currently consists of 62 species and subspecies of amphibians and fish, with 51 being native species, while 11 species have been acclimated or introduced into the water bodies of Transcarpathia in various ways. Notably, the ichthyofauna of the Tysa River basin is remarkable for Ukraine, as it encompasses numerous endemic species. Over the period from 1926 to 2022, a total of 77 fish species and subspecies have been documented in the entire Tysa River basin, representing nearly half of the species diversity found in European rivers. Among these, 54 species are shared between the Ukrainian and Hungarian sections of the Tysa River and its tributaries. This disparity is likely due to variations in hydrological, hydrophysical, and hydrochemical conditions resulting from the river's course through diverse terrain.

As evident from the information provided above, two regions, specifically the trout and grayling habitats, are entirely situated within Zakarpattia. Owing to the absence of these habitats in Hungary, several species, including the Hungarian lamprey (*Eudontomyzon danfordi*), grayling (*Thymallus thymallus*), rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*), char (*Salvenilus fontinalis*), lake trout (*Salmo trutta m. lacustris*), chub (*Phoxinus phoxinus*), barbel (*Nemachilus barbatulus*), andruff (*Leuciscus souffia agassizi*), Carpathian dace (*Gobio gobio carpathicus*), chub (*Cotus gobio*), and colourful dace (*Cotus poecilopus*), are either absent or occur as rare exceptions in this region. Additionally, species such as sturgeon (*Acipenser guldenstaedti*), thornyhead (*Acipenser nudiiventris*), bluegill (*Abramis ballerus*), largemouth bass (*Micropterus salmoides*), baloney ruff (*Gymnocephalus baloni*), goby (*Proterorhinus marmoratus*), and chub (*Neogobius kessleri*) are not found in the water bodies of Zakarpattia.

Over the past century, significant qualitative and quantitative transformations have occurred in the fish fauna of Zakarpattia. Quantitative changes have led to a general decline in fish populations, both across the region and in specific water bodies. Species like sturgeon (*Acipenser guldenstaedti*), beluga (*Huso huso*), spear (*Acipenser nudiiventris*), and stellate sturgeon (*Acipenser stelatus*) have vanished from the fish fauna of Zakarpattia due to alterations in the hydrobiological conditions of the rivers (Turianin, 1982; Movchan, 1993). Notably, these species are migratory and were previously known to spawn in the lower reaches of the Tysa River, albeit they are more prominently associated with the Danube Delta.

The attempt to acclimatize Sevan trout (*Salmo ichari*), Chudskiy whitefish (*Coregonus lavaretus maraenoides*), and Baikal brown trout (*Coregonus autumnalis migratorius*) was unsuccessful, and the fate of the peled introduced into certain water bodies remains unknown (Movchan, 1993). Furthermore, the introduction of dwarf catfish (*Ictalurus nebulosus*), sunfish (*Lepomis gibosus*), oatmeal (*Leucaspis delineatus*), rotan (*Perccottus glenii*), and Amur chub (*Pseudorasbora parva*) into the region's water bodies occurred through various means.

In recent years, a decline in the populations of Hungarian lamprey (*Eudontomyzon danfordi*), sterlet (*Acipenser ruthenus*), chub (*Hucho hucho*), brook trout (*Salmo trutta m. fario*),

grayling (*Thymallus thymallus*), vimba (*Vimba vimba*), sabrefish (*Pelecus cultratus*), elm (*Leuciscus idus*), and bream (*Abramis brama*) has been observed. We attribute this decline to several factors, including the general shallowing of rivers, degradation of water quality, changes in food supply, and more. The primary contributors to these phenomena are extensive deforestation and the discharge of various pollutants into riverbeds, originating not only from regional sources but also from abroad (notably, the substantial pollution of the Tysa River, the region's largest waterway, with heavy metals and cyanides from industrial facilities in Romania during 2000-2001).

Concurrently with the decline in fish stocks, there has been a notable increase in species diversity. Notably, between 1926 and 1993, the fish fauna of Zakarpattia was enriched by the addition of 14 species and subspecies of fish. Additionally, we believe that certain species such as the black American catfish (*Ictalurus melas*), balloon ruff (*Ictalurus melas*), bluegill (*Abramis ballerus*), and Panonian roach (*Rutilus pigus*), which are found in the lower reaches of the Tysa River, may also exist in the water bodies of Zakarpattia.

We propose three possible means through which these species could have entered Transcarpathian water bodies:

1. Accidental introduction during planned acclimatisation efforts for other species.
2. Introduction of eggs by migratory waterfowl.
3. Introduction as aquarium fish.

All of the above observations suggest that the ichthyofauna of Zakarpattia is not inherently stable, and there exists a lack of consensus among researchers regarding the taxonomic classification of specific species. In light of this, it is imperative to conduct a comprehensive inventory of the ichthyofauna in Transcarpathia, exploring the region's water bodies in greater detail, and working to enhance the number of individual fish species. This endeavour should also encompass efforts to develop methods for preserving the genetic diversity of the ichthyofauna, even in the face of recurrent pollution of the Tysa River with heavy metals and cyanides, which has led to increasingly severe consequences.

8.7. The Influence of Anthropogenic Factors on the Entomofauna of Main Biotopes (O.Mateleshko).

The influence of anthropic factors on the entomofauna of various biotopes is a topic of great significance. Based on extensive long-term observations and the analysis of collection materials, it is evident that human economic activities have a pronounced impact on the distribution and abundance of various insect groups and taxa.

The primary anthropogenic factors that exert significant effects on insects include:

Deforestation

Land reclamation

The development and establishment of agroecosystems

The use of pesticides

Pollution of water bodies

Degradation and destruction of aquatic environments

The practice of habitat burning

Grazing of livestock

Human recreational activities

Furthermore, it is essential to recognize that this impact and the underlying reasons for the decline in insect populations may vary across different types of ecosystems.

Alpine meadows and heathlands.



The entomocomplexes found in these areas encompass a significant representation of arctic-alpine and European montane elements, along with numerous endemic and relict species, and subspecies. Notably, these ecosystems are home to rare indicator species, including *Carabus fabricii*, *Carabus silvestris transsylvanicus*, *Carabus hampei incompsus*, *Nebria transsylvanica*, *Chrysolina carpatica*, and *Erebia manto*. It's essential to recognize that alpine habitats, in particular, face a heightened vulnerability due to the prevalence of substantial anthropogenic pressures, including recreational activities and pastoral practices, which are concentrated in relatively small areas.

Subalpine scrub-meadow complexes.

Moving to subalpine scrub-meadow complexes, the entomocomplexes here exhibit a diverse composition, combining Holarctic and Palearctic boreal and boreal-montane, Arctic-alpine, and European montane elements. Among their distinguishing features are the presence of rare species such as *Oreina plagiata*, *Oreina viridis*, *Parnassius mnemosyne*, *Pieris bryoniae*, and *Erebia manto*. These habitats, however, face their own set of challenges, including vulnerability due to fragmented distribution and significant anthropogenic pressures arising from recreational activities and grazing practices.

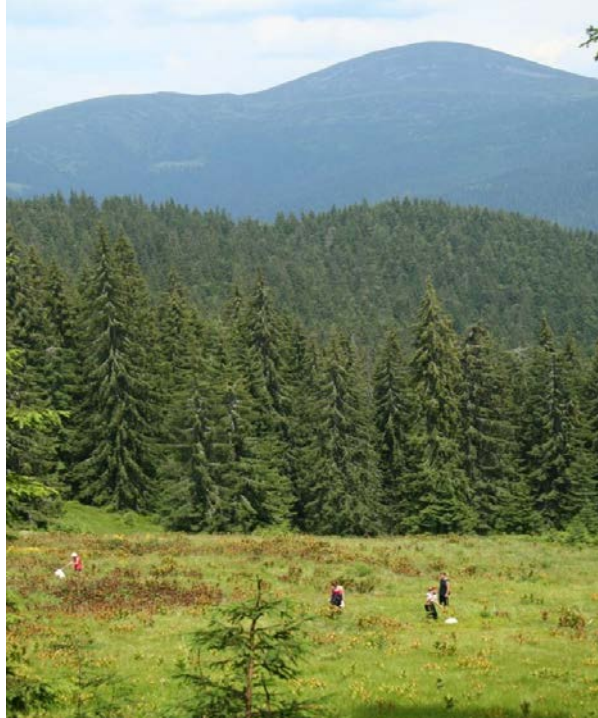


High-mountain reservoirs.



The entomocomplexes include Holarctic and Palearctic boreal and boreal-montane, arctic-alpine, and European montane elements: *Somatochlora alpestris*, *Hydroporus longicornis*, *Agabus solieri*, and *Crenitis punctatostriata*. Habitats of this type are extremely vulnerable due to their small size and excessive anthropogenic pressure, primarily recreational (pollution and destruction of coastal areas).

The upper forest belt.



The entomocomplexes have a relatively rich species composition, including Holarctic, Palearctic, boreal, boreal-montane, and European montane species. Indicator species in this habitat type include *Carabus irregularis*, *Quedius transsylvanicus*, *Lacon lepidopterus*, and *Pseudogaurotina excellens*. This habitat type is moderately widespread in the region and has a moderate degree of transformation. The primary negative impact on this habitat is due to the reduction of old natural forests.

The beech forest belt.

The beech forest belt is characterized by a species composition dominated by temperate and non-temperate Palearctic, European-Siberian, Western Palearctic forest elements, and a significant presence of European montane species. Characteristic species in this habitat include *Carabus intricatus*, *Carabus irregularis*, *Lucanus cervus*, *Rosalia alpina*, *Cucujus cinnabarinus*, *Ludius ferrugineus*, *Eurythyrea austriaca*, *Apatura iris*, *Limenitis populi*, *Lopinga achine*, *Agria tau*, *Endromis versicolora*, *Catocala fraxini*, *Catocala sponsa*, and *Phlogophora scitha*.



It is one of the most widespread habitat types in the region, which is generally characterised by a medium degree of transformation. The main factors of negative impact are the destruction of natural habitats of the species due to the reduction of old natural forests.

Thermophilic oak forests



The entomocomplexes exhibit a diverse species composition, featuring Western Palearctic non-moral, European-Siberian forest-steppe, and Mediterranean-Pontic species. Characteristic species include *Calosoma sycophanta*, *Lucanus cervus*, *Eurythyrea quercus*, *Cetonischema aeruginosa*, *Cerambyx cerdo*, *Purpuricenusa kaehleri*, *Brintesia circe*, *Hipparchia fagi*, *Marumba quercus*, *Arctia villica*, *Catocala sponsa*, and *Catocala conversa*. These habitats, primarily found in the Volcanic Carpathians, are highly fragmented, possess a substantial degree of transformation, and face a significant risk of extinction due to the reduction of old oak forests.

Floodplain and valley leafy forests.



The entomocomplexes are characterized by a rich species composition, predominantly composed of temperate and non-temperate Palaearctic, European-Siberian, and Western Palaearctic forest elements. Rare species that stand out in these complexes include *Carabus clatratus*, *Osmoderma eremita*, *Aromia moschata*, *Apatura iris*, *Limenitis populi*, *Nymphalis vaualbum*, *Euphydryas maturna*, *Lopinga achine*, *Catocala fraxini*, *Catocala sponsa*, *Eudia pavonia*, *Saturnia pyri*, and *Endromis versicolora*. Habitats of this type have limited distribution, a high degree of anthropogenic transformation, and a significant risk of further degradation due to the lowering of the groundwater level, deforestation, and development.

Forest-steppe complexes.

Forest-steppe entomocomplexes boast a rich species composition, with a significant presence of thermophilic Western Palearctic non-moral and Mediterranean-Pontic steppe elements. Notable rare species within these complexes include *Poecilimon schmidtii*, *Sagapedo*, *Cetonischema aeruginosa*, *Protaetia fieberi*, *Purpuricenus kaehleri*, *Libelloides macaronius*, *Iphiclides podalirius*, *Colias myrmidone*, *Melitaea britomartis*, *Brintesia circe*, *Hipparchia fagi*, *Hamearis lucina*, *Proserpinus proserpina*, *Hemaris tityus*, *Eudia pavonia*, *Saturnia pyri*, *Eriogaster catax*, *Pericallia matronula*, *Ammobiota festiva*, *Arctia villica*, and *Rhyparia purpurata*. These habitats are fragmented and subject to substantial anthropogenic pressure due to livestock grazing, grass burning, and artificial afforestation.

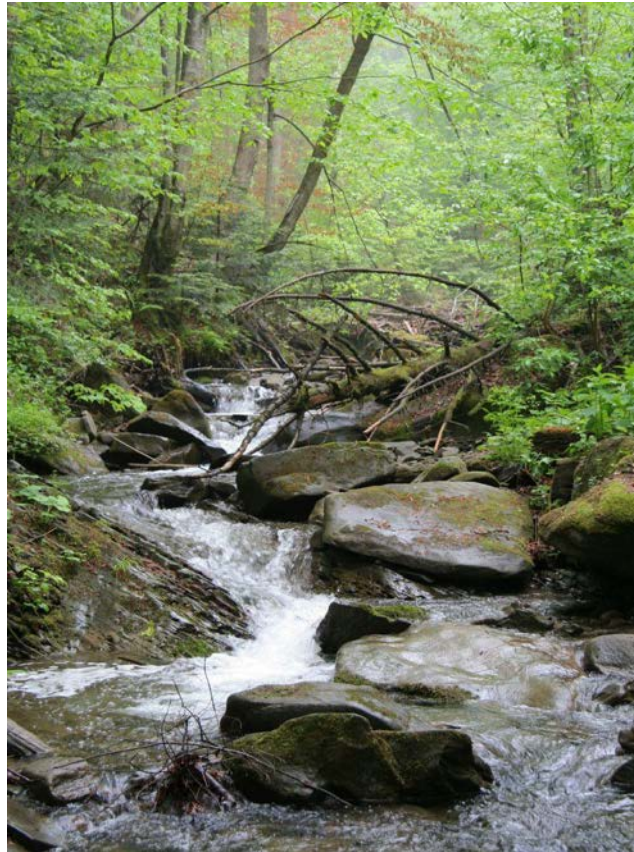


Bog and peat meadows.

These habitats form a unique hygrophilous complex within the entomofauna, featuring both zonal temperate and non-temperate as well as boreal faunal elements. Notable among the species found here are *Euphydryas aurinia*, *Boloria eunomia*, *Coenonympha hero*, *Lycaena helle*, *Maculinea alcon*, *Maculinea teleius*, *Maculinea nausithous*, and *Diachrysia zosimi*. Habitats of this type are under significant anthropogenic pressure, primarily due to drainage reclamation and grazing.



Springs, streams and their banks.



Mountain springs and streams, along with their banks, host a diverse and unique entomofauna. Notable rare species found in these ecosystems include *Cordulegaster bidentata*, *Leistus baenningeri*, *Nebria jokischii*, *Nebria fuscipes*, *Nebria reitteri*, *Deltomerus carpathicus*, *Oreodytes borealis*, *Ditylus laevis*, and more. The primary threat to these species and their habitats is the destruction caused by skidding felled timber along the streams.

8.8. Threats of Spread and Impact of Invasive Species (R. Kish, Yu. Shpontak, D.Tomenchuk, V. Mirutenko, I. Besehanych)

Among the environmental threats in Zakarpattia Oblast, it is essential to highlight a problem that, in terms of its impact and irreversible changes in biodiversity, particularly phytodiversity, is now considered one of the most powerful destructive factors affecting native ecosystems globally. This issue pertains to the invasion of non-native organisms, often referred to as 'adventitious' or 'alien' species. Notably, it includes invasive plants and the associated biological pollution. These invasions pose threats of a planetary scale, as they have spread to all continents, affecting even the most remote corners of the Earth. In addition to the direct damage caused to agriculture and human health by invasive species, their environmental impact is substantial. The environmental cost of invasive alien organisms is already evident in the irreparable damage inflicted upon natural species, habitats, and ecosystems. In terms of the depth of the impact on destructive processes, especially in the context of biodiversity loss, it can be likened to the complete destruction and irreversible loss of habitat. This issue represents the second most significant threat to the planet's biodiversity, following the destruction of natural habitats. The economic losses associated with invasive species are considerable. Direct and indirect losses

related to introduced species, including the loss of benefits, amount to billions of dollars annually in many countries.

Invasive plants comprise non-indigenous species with biological characteristics and efficient mechanisms for rapid and extensive colonisation of new regions. They can establish themselves not only in areas disturbed by human activity but also within natural vegetation, such as forests, meadows, and riverbanks, leading to a reduction in biodiversity. Climatic changes in recent decades have disrupted the structure of natural ecosystems, creating new niches in the vegetation cover. This, in turn, significantly enhances the opportunities for the establishment and naturalisation of such invasive species (Protopopova and Shevera, 2019).

The issue of alien invasions has reached a global scale, drawing the attention of not only specialists but also national and international institutions. It has been a topic of discussion at events such as the UN International Conference on Sustainable Development (Rio de Janeiro, 1992) and the UN International Conference on Non-Native Species (Trondheim, 1996). These discussions culminated in the development of the Global Strategy for the Problem of Invasive Non-Native Species (McNeely and others, 2001) and the European Strategy for the Problem of Invasive Non-Native Species (Genovesi and Shine, 2004). According to the core tenets of these strategies, countries were mandated to formulate National Strategies for the Prevention and Control of Invasive Species. Furthermore, they were directed to compile regional listings or 'Black Lists' of invasive plant species that account for regional nuances.

In Ukraine, as in other European countries, the issue of adventitious flora is exceptionally pressing. The country's adventitious flora fraction now comprises over 830 species, which accounts for approximately 14% of the total flora species count, a figure consistent with the European average (Protopopova, Mosyakin, Shevera, 2002). This fraction continues to expand yearly, with the addition of several taxa. Particularly perilous are highly invasive species with expansive distributions, often referred to as 'transformer' species. These species have already surmounted reproductive and cenotic barriers and possess the potential to unify and reshape ecosystems (Protopopova and Shevera, 2005). They exhibit a high degree of naturalization, rapid and effective dissemination, and a broad ecological range. The menace posed by invasive transformer species is particularly pronounced due to their penetration and naturalization in native habitats. In these habitats, they often establish themselves as a stable component of the community and can rapidly assume dominance, displacing indigenous species. This process leads to substantial losses in biodiversity and can result in the complete and often irreversible transformation, or even disappearance, of the habitat. During the historical period, Ukraine has seen the spread of approximately 42 to 64 species (depending on the interpretation), including *Ambrosia artemisiifolia*, *Acer negundo*, *Amorpha fruticosa*, *Helianthus tuberosus*, *Fallopia japonica*, *Heracleum mantegazzianum*, *Phalaris arundinacea*, *Solidago canadensis*, among others. Some of these species, such as *F. japonica*, *H. mantegazzianum*, *S. canadensis*, and several others, tend to form mono-dominant communities, particularly in disturbed areas, often covering extensive areas.

Currently, there exists a substantial body of research material and numerous reports detailing the distribution and degree of naturalization of various adventive and highly invasive plant species in different regions of Ukraine. Measures to prevent, counteract, and combat the spread of non-native species have been developed, but their implementation is hampered by a lack of systematic and practical government support (Protopopova, Mosyakin, Shevera, 2002; 2003). For instance, the M.G. Kholodnyi Institute of Botany at the National Academy of Sciences of Ukraine has formulated a working version of the National Strategy for the Control of Non-native Plants in Ukraine, proposed amendments to existing legislative acts, identified priority areas for the Concept, outlined measures for managing phytointvasions, and strategies for restoring the native flora fraction. Unfortunately, these proposals have not been put into practice (Protopopova, Mosiakin, Shevera, 2002).

In the Transcarpathia, despite the extensive natural areas, many of which have conservation status, the invasion of non-native plant species presents one of the most significant threats to the region's floral and coenotic diversity.

In recent years, there has been a concerning trend of non-native plant species, including invasive ones, encroaching upon the region's nature reserves. This has led to alterations in the flora's species composition and, in some cases, its overall structure. For example, within the flora of Synevyr National Nature Park, the adventitious fraction consists of 104 vascular plant species, with 11 of these classified as invasive. Notably, *Phalacrologium annuum* (*Erigeron annuus*), *Impatiens parviflora*, *Salix fragilis*, and the introduction and initial expansion of Mantegazzi hogweed (*Heracleum mantegazzianum*) pose the most significant threats to biodiversity (Protopopova, Tiukh, Shevera, 1999; Shevera et al., 2019). Uzhanskyi National Nature Park records 118 adventitious plant species, including *Acer negundo*, *Ambrosia artemisiifolia*, *I. glandulifera*, *Echinocystis lobata*, *Helianthus subcanescens*, *Heracleum sosnowskyi*, *Fallopia japonica*, and more.

Many of these species were intentionally introduced and cultivated for ornamental, medicinal, fodder, or honey purposes. Notably, Sosnovsky's and Mantegazzi's hogweed, originally from the highlands of the Caucasus, were initially introduced as ornamental plants and later as fodder plants, which are also valuable as honey plants. Mantegazzi hogweed was first introduced in the 1960s by S.S. Harkevych to the Central Republican Botanical Garden of the USSR Academy of Sciences. From there, it made its way to Zakarpattia Oblast, initially to the Botanical Garden and the biological base of Uzhhorod State University in the Polonyna Rivna. Subsequently, it was extensively cultivated in collective and state farms within the region ("Climatogenic changes...", 2016; Protopopova, Shevera, 2005).

By the 1970s, the first feral plants of this species began appearing, primarily in the areas where it was cultivated. In the 1990s, a massive expansion of the species commenced. Currently, the species is prevalent in anthropogenic ecotopes, forming part of synanthropic plant communities. It continues to spread rapidly along roads and riverbanks, encroaching upon riverine floodplain habitats and wet meadows. At times, it establishes extensive mono-dominant communities. The dense thickets of hogweed, which outcompete native vegetation, significantly diminish the biodiversity of natural habitats. Additionally, these plants pose a risk to human health as they can cause severe burns when touched in sunny weather.

Today, the penetration and naturalisation of adventive and highly invasive plant species are facilitated by the region's geographical position on the borders of several countries and at the intersection of important Central European routes. The area boasts diverse environmental conditions, a dense river network, a tradition of cultivating numerous species for ornamental purposes, and, more recently, vast expanses of long-term or periodically uncultivated agricultural land, primarily in the most developed lowland and foothill regions. These disturbed, abandoned areas of anthropogenic origin, where competition from native flora species is absent or reduced, serve as starting points for the establishment, naturalisation, accumulation of diaspores, and subsequent expansion of adventive and, particularly, invasive plant species into neighbouring territories, including natural habitats.

An important factor contributing to biological pollution is the absence of a legislative framework and a well-developed control system, along with mechanisms and means to implement control measures for invasive species at the state or regional level. According to the latest estimates, 31 species of vascular plants have attained the status of invasive species in Zakarpattia Oblast. These include, in addition to the aforementioned species, *Asclepias syriaca*, *Echinocystis lobata*, *Impatiens parviflora*, *Rudbeckia laciniata*, *Salix fragilis*, *Solidago gigantea*, and others. Numerous studies have demonstrated that invasive species have infiltrated nearly all types of natural habitats in the Transcarpathia, spanning the entire altitudinal gradient from the plains to the highlands. These invasive species have significantly altered the structure and functioning of these habitats. According to the data we have gathered, forest habitats, particularly those in

lowland and riverine areas, have been most affected by the spread of invasive species. For instance, floodplain willow-poplar gallery forests in the lower reaches of rivers harbor colonies of 11 invasive species. In riverine ash and alder forests, nine species have been identified, while floodplain elm and ash oaks in Zakarpattia's lowlands have been impacted by eight invasive species. In the forests of the Sub-Pannonian hornbeam oak habitat, a key component of the lowland forest tracts, seven invasive species have been observed. In total, 17 invasive plant species have been identified in the forest habitats of the Transcarpathia (Klimatohenni zminy ..., 2016; Shevera et al., 2017). In certain areas, these species can achieve total dominance, completely covering the grass layer and shrubby undergrowth with a continuous canopy. This is particularly evident in several forest tracts in the plains, where *Vitis riparia* thickets have expanded in some regions of elm and ash oaks. As a result, the global consequence of invasive plant species establishing themselves in natural plant communities is a reduction in species diversity and disruption of their structure, potentially leading to significant alterations in the region's most vulnerable ecosystems.

One of the initial steps in the development and organisation of measures to control phytoinvasions in the region and to address the issue at the state level is the creation of the first regional 'List of Invasive Plant Species of the Zakarpattia Oblast.' This list was adopted by the Zakarpattia Oblast Council, approved by decision of session No. 721 on 23 March 2017, and subsequently published (see Annex 4; Shevera et al., 2017). The list encompasses 31 species of invasive vascular plants subject to monitoring and control. It is anticipated that this list will form the foundation for ongoing monitoring efforts in the region and will contribute to the development and implementation of effective control measures for invasive plant species.

Today, similar lists have been compiled for several other regions of Ukraine, but their approval has been delayed for various reasons. These lists, along with locally developed action plans, could serve as the foundation for a national program to combat invasive species in Ukraine. It is also imperative to adopt a National Strategy for the Prevention and Control of Invasives, along with a comprehensive set of documents to establish a legislative framework for monitoring, research, methods of invasion prevention and control, the study of bio-ecological features at the regional level, and the subsequent development of an action plan to address the challenge of invasion protection. These are urgent tasks that should involve various research and environmental institutions. Neglecting or postponing the development and implementation of an action plan to prevent, control, and protect against invasions can lead to highly detrimental and unpredictable consequences for public health and the environment, particularly for natural ecosystems.

Invasive animal species also pose a significant threat to ecosystems. As previously mentioned, the region's location at the confluence of several countries' borders makes cross-border movements of goods and the importation of planting materials (such as fruit and ornamental plant seedlings) the primary pathways for invasive animal species to enter.

In recent years, there has been a rapid increase in the number of invasive invertebrate species, including the Spanish slug (*Arion vulgaris*), harlequin ladybird (*Harmonia axyridis*), western corn borer (*Diabrotica virgifera virgifera*), boxwood moth (*Cydalima perspectalis*), chestnut moth (*Cameraria ochridella*), *Phyllonorycter robiniella*, *Phyllocnistis vitegenella*, *Scaphoideus titanus*, and several others (Mirutenko et al., 2023).

Most of these species, with the exception of *Harmonia axyridis*, are phytophages. Their feeding activity leads to damage in agricultural, forest, and ornamental plants, resulting in significant losses for agricultural enterprises and local communities.

Harmonia axyridis, on the other hand, is a predatory beetle from the Coccinellidae family. It competes quite aggressively with native predators and contributes to the decline in native species in ecosystems, impacting the region's biodiversity as a whole. Numerous vertebrate invasions have also been reported in the region.

In particular, invasive fish species have been identified in the region, including sunfish (*Lepomis gibbosus*), variegated silver carp (*Aristichthys nobilis*), rotan (*Perccottus glehni*), Amur chub (*Pseudorasbora parva*) (Bondar and Kurtyak, 2017; Kurtyak, 2018), black catfish (*Ameiurus*

melas), brown catfish (*Ameiurus nebulosus*), and others (Görner and others, 2014). In the case of reptiles, the red-eared turtle (*Trachemys scripta*) (Kurtyak and Kurtyak, 2013; Hleba, 2016) has also been identified, and among mammals, the marsh muskrat (*Ondatra zibethicus*) (Görner and others, 2014) is of concern.

The introduction of these vertebrate invasive species likely occurred through various means. Some may have been introduced accidentally during the acclimatisation of other species, while eggs of certain fish species could have been introduced by migratory waterfowl. As for the red-eared turtle, it is evident that this species was initially introduced for ornamental purposes. However, over time, individual terrarium owners may have released them into natural reservoirs.

The impact of invasive species on the environment primarily stems from changes in biodiversity. These invasive species exert competitive pressure on native species, leading to a decline in native populations and disruptions to local ecosystems. Many invasive species trigger chain reactions within ecological communities and can affect both biotic and abiotic components of ecosystems.

Invasive species can also alter ecosystem services by influencing populations, communities, ecosystem processes, and causing specific abiotic changes. Virtually all ecosystem services can be negatively impacted by invasive species.

References:

1. Bondar P.P., Kurtiak F.F. Zminy skladu ikhtiofauny Zakarpatskoi oblasti Ukrainy za ostanni 100 rokiv [Changes in the Composition of the Ichthyofauna of the Zakarpattia Oblast of Ukraine over the Last 100 Years] // Materialy Vseukrainskoi zoolohichnoi konferentsii «Fauna Ukrainy na mezhi XX–XXI st. Novi kontseptsii zoolohichnykh doslidzhen». 12–16 veresnia 2017, Kharkiv: tezy dopovidei. Kharkiv, 2017. – S. 100–101.
2. Vykhov B.I., Prots B.H. Borshchivnyk Sosnovskoho (Heracleum sosnowskyi Manden.) na Zakarpatti: ekolohiia, poshyrennia ta vplyv na dovykillia // Biolohichni studii.[Sosnovsky's Hogweed (Heracleum Sosnowskyi Manden.) in Zakarpattia: Ecology, Distribution and Environmental Impact // Biological Studies.] –2012. – T. 6, № 3. – S. 185–196.
3. Vykhov B., Prots B. Vplyv invazyinykh vydiv roslyn na pryrodni ta napivpryrodni typy oselyshch Zakarpattia // Biolohichni studii. [Influence of invasive Species of Plants on Natural and Semi-natural Habitat Types of Zakarpattia // Biological Studies.]– 2014. – T. 8, № 3-4. – S. 221–232.
4. Protopopova V.V., Mosiakin S.L., Shevera M.V. Fitoinvazii v Ukraini yak zahroza bioriznomanittiu: suchasnyi stan i zavdannia na maibutnie [Phytointvasions in Ukraine as a Threat to Biodiversity: Current Status and Tasks for the Future]. – K.: In-t botan. NAN Ukrainy, 2002. – 32 s.
5. Kvakovska I.M. Analiz synantropnoi flory Uzhanskoho natsionalnoho pryrodnoho parku // Nauk. zap. Derzh. pryrodnavch. Muzeiu [Analysis of the Synanthropic Flora of the Uzhansky National Nature Park // Scientific Notes. State Museum of Natural History]. – Lviv, 2008. – Vyp. 24. – S. 109-114.
6. Kvakovska I.M. Flora Uzhanskoho natsionalnoho pryrodnoho parku, yii analiz ta okhrona: avtoref. dys. ... kand. biol. nauk : 03.00.05[Flora of the Uzhansky National Nature Park, Its Analysis and Protection: PhD Thesis ... PhD Dissertation: 03.00.05 / National Academy of Sciences of Ukraine] / Nats. akad. nauk Ukrainy, In-t botaniky im. M. H. Kholodnoho. – K., 2012. – 20 s.
7. Klimatohenni zminy roslynnoho svitu Ukrainskykh Karpat: monohrafiia [Climatogenic Changes in the Flora of the Ukrainian Carpathians: a Monograph] / Didukh Ya. P., Chornei I. I., Budzhak V. V., Tokariuk A. I., Kish R. Ya., Protopopova V. V., Shevera M. V., Kozak O. M., Kontar I. S., Rozenblit Yu. V., Norenko K. M.; nauk.red. Ya. P. Didukh, I. I. Chornei. – Chernivtsi: Druk Art, 2016. – 280 s.

8. Kurtiak F.F., Kurtiak M.F. Chervonovukha prysnovodna cherepakha *Trachemys scripta elegans* (Wied 1839) (Reptilia; Testudines), yak invazyvna zahroza na Zakarpatti // Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriya Biologiya [Red-eared Freshwater Turtle *Trachemys scripta elegans* (Wied 1839) (Reptilia; Testudines) as an Invasive Threat in Zakarpattia], Vyp. 34, 2013, S. 58-62.
9. Mirutenko V., Furyk Yu., Lovas P., Demchynska M., Savchyn N., Chumak V., Hutsa O., Husar M. (2023) Znakhidky deiakykh invaziinykh vydiv bezkhrebetnykh tvaryn na terytorii Zakarpatskoi oblasti // Znakhidky chuzhoridnykh vydiv roslin ta tvaryn v Ukraini. Seriya: «Conservation Biology in Ukraine» [Findings of Some Invasive Invertebrate Species in the Zakarpattia Oblast // Findings of Alien Species of Plants and Animals in Ukraine. Series: "Conservation Biology in Ukraine"]. Vyp. 29. Chernivtsi, Druk Art, S. 305-307.
10. Protopopova V.V., Mosiakin S.L., Shevera M.V. Vplyv adventyvnykh vydiv roslin na fitobiotu Ukrainy. // Otsinka i napriamky zmenshennia zahroz bioriznomanittiu Ukrainy [Impact of Adventive Plant Species on the Phytobiota of Ukraine // Assessment and Directions for Reducing Threats to Biodiversity of Ukraine]. – Kyiv: Khimdzhest, 2003. – S. 129–155.
11. Protopopova V.V., Shevera M.V. Fitoinvazii. I. Analiz osnovnykh terminiv [Analysis of the Main Terms]// Prom. botan. – 2005. – Vyp. 5. – S. 55–60.
12. Protopopova V. V., Shevera M. V. Invaziini vydy u flori Ukrainy. I. Hrupa vysoko aktyvnykh vydiv // Geo & Bio [Invasive Species in the Flora of Ukraine. I. Group of Highly Active Species // Geo & Bio.]. – 2019. – T. 17. – S. 116-135.
13. Protopopova V.V., Tiukh Yu.Iu., Shevera M.V. Kharakterystyka adventyvnoi fraktsii flory Natsionalnoho pryrodnoho parku «Synevyr» // V kn.: Problemy ekolohichnoi stabilnosti Skhidnykh Karpat: mater. mizhnar. nauk.-prakt. konf. (24—27 chervnia 1999, Synevyr, Ukraina)[Characteristics of the Adventive Fraction of the Flora of the Synevyr National Nature Park // In the Book: Issues of Ecological Stability of the Eastern Carpathians: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (24-27 June 1999, Synevyr, Ukraine)]. – Synevyr, 1999. – S. 157—158
14. Shevera M.V., Protopopova V.V., Tomenchuk D.Ie., Andryk Ye.I., Kish R.Ia. Pershyi v Ukraini ofitsiynyi rehionalnyi spysok invaziinykh vydiv roslin Zakarpattia // Visn. NAN Ukrainy [The First Official Regional List of Invasive Plant Species of Zakarpattia in Ukraine // Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine.]. – 2017. – 10. – S. 53-61.
15. Shevera M.V., Protopopova V.V., Myhal A.V., Tiukh Yu.Iu., Derbak M.Iu. Invazyvni vydy u flori Natsionalnoho parku «Synevyr» // Natsionalnyi park «Synevyr». Istoriia ta sohodennia [Invasive Species in the Flora of the Synevyr National Park // National Park "Synevyr". History and the Present.]. – Uzhhorod: TDV «Patent», 2019. – S. 161-164.
16. Chornesky E. A., Randall J. M. The threat of invasive alien species to biological diversity: Setting a future Course // Annales of Missouri Botanical Garden. – 2003. – 90, 1. – P. 67–76.
17. Davis M. Biotic Globalization: does competition from introduced species threaten biodiversity? // BioScience. – 2003. – 53. – P. 481–489.
18. Hleba V. 2016 *Trachemys scripta* Image ID # 37986 In: UkrBIN: Ukrainian Biodiversity Information Network [public project & web application]. UkrBIN, Database on Biodiversity Information. Available from: https://ukrbn.com/show_image.php?imageid=37986
19. Genovesi P., Shine C. European strategy on invasive alien species: Convention on the Conservation of European Wildlife and Habitats (Bern Convention). – Council of Europe Press, 2004.

20. Görner T., Botta-Dukát Z., Heltai M., Fehér Z., Márton M., Patkó L., Kuciel H., Solarz W., Szewczyk M., Schneider E., Olosutean H., Banaduc A., Dumbravă A., Lazarević P., Bakovič D., Zatezalo A., Brankovič S., Gojdičová E., Krištín A., Kautman J., Vavrová L., Urban P., Zach P., Kulfan J., Voloshchuk M., Kozurak A., Kurtiak F., Chumak V. // Draft list of invasive alien species of the Carpathian Region. Ed. J. Kadlečík. The State Nature Conservancy of the Slovak Republic, Banská Bystrica, Slovakia. 2014, P.: 228-234.
21. Kurtyak F. Changes in composition of ichtiofauna of basin of the river Tisa within Ukraine for the last 100 years // Sborník abstraktů z konference «Zoologické dny Praha 2018». 8-9, února 2018. – P. 126–127.
22. McNeely, J.A., H.A. Mooney, L.E. Neville, P. Schei, and J.K. Waage (eds.). A Global Strategy on Invasive Alien Species. – IUCN on behalf of the Global Invasive Species Programme, Gland, Switzerland, and Cambridge, UK, 2001. – 1-62 p.
23. Protopopova V., Shevera M. Expansion of alien plants in riverside in Tysa river basin (Transcarpathia). // Thaiszia – J. Bot. – 1998. – 8, 2. – P. 33-42.
24. Protopopova V., Shevera M. *Heracleum mantegazzianum* Sommier et Levier in Ukraine. The ecology and management of the Giant Alien *Heracleum mantegazzianum*. Final Inter. Workshop of the «Giant Alien» Project: programme and proceedings (21—23 Feb. 2005, Giessen). P. 26.
25. Prots B. Invasion success of alien plant species in the Carpathian region of Ukraine // Scientific Herald of Chernivtsi University. Biological systems. – 2013 – 5, 1. – P. 116-121.
26. Prots B., Simpson M. Habitats suitability of highly invasive plants species in Ukrainian part of the Upper Tysa basin // Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research. – 2011. – 11. – P. 95-108.
27. Simpson M., Prots B. Predicting the distribution of invasive plants in the Ukrainian Carpathians under climatic change and intensification of anthropogenic disturbances: implications for biodiversity conservation // Environ. Conser. – 2013. – 40, 1. – P. 1—15.
28. Zavalova L.V., Protopopova V.V., Kucher O.O., Ryff L.E., Shevera M.V. Plant invasions in Ukraine // Environmental & Socio-economic Studies. – 2021. – 9 (4). – P. 1-13.

CHAPTER 9. THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE ECOSYSTEMS OF ZAKARPATTIA AND ADAPTATION MEASURES

(O. Stankiewicz-Volosianchuk)

The most noticeable consequence of climate change for our region is not the gradual warming, although low-snow warm rainy winters have already become obvious. The most observable are unusual or anomalous weather and atmospheric phenomena – heat waves, «tropical nights», hail, gusty winds, prolonged droughts, very heavy rains, extremely hot days. In the future, the oblast will expect more frequent floods and high waters, which will alternate with droughts. Therefore, the main task for minimizing the consequences of climate change is the implementation of complex measures aimed at detaining rainwater in natural, agro- and urban ecosystems.

Adaptation to climate change is the adaptation to existing or expected risks caused by climate change. Timely adaptation measures create additional opportunities and save costs for combating the consequences of climate change. Roughly speaking, investing in adaptation to climate change saves a third of the costs of eliminating the consequences in the form of natural forest fires, devastating floods, landslides, mudflows, the need for energy resources and food, health care and treatment of people (Adaptation to climate change, 2015; Didukh, 2009).

Urban Environment.

The main negative consequences of climate change, which are manifested in cities, include: 1) long «heat waves» (periods during which the maximum daily air temperatures for more than 6 consecutive days exceed the average maximum air temperatures for a specific settlement in a specific season); 2) the appearance of days with «tropical nights» (a phenomenon when the air temperature does not drop below + 25 °C after sunset) (Safranov et al., 2021; Shevchenko, Vlasiuk, 2015); 3) underflooding as a result of torrential rains or floods; 4) hurricanes, squalls, hail (Kirbi, 2020); 5) degradation and reduction of green areas; 6) deterioration of the quality of drinking water and its shortage; 7) spread of previously rare infectious diseases and allergic reactions, etc.

All this has a negative impact on the state of the environment in populated areas, especially when it comes to cities where many people live, where there are blocks of high-rise residential buildings, roads, and transport interchanges. Cities become *more energy-dependent* especially in the summer period, when for comfortable living it is necessary to air condition the premises, additionally moisten the streets and install cuvettes with drinking water. Heat waves are very difficult to tolerate for people with cardiovascular diseases, frequent visits to polyclinics, hospitals, as well as deaths are sometimes the consequence of such weather conditions. Extending the growing season of allergenic plants common in urban landscapes also causes problems for allergy sufferers.

All these negative consequences can be mitigated, while at the same time significantly improving the habitat of people. A strategy and plan for the implementation of measures aimed at adapting to climate change should be developed for each city. This will determine not only the local climate policy, but also the specific steps that the city should take, based on the conditions and problems relevant to it. At the same time, there are events that are universal for every city. These measures are aimed at: 1) increasing the area of green spaces; 2) preservation of rainwater in city ecosystems; 3) development of distributed renewable energy power generation (Stankiewicz-Volosianchuk, 2021); 4) optimization of the use of drinking and technical water; 5) development of public transport.

It is not always possible to increase the area of green spaces for each city, especially in the historical city centres, in the blocks of high-rise residential buildings or industrial blocks. However, there is an equally effective solution, which consists in vertical greening of the urban environment. Vertical landscaping can be successfully used both in existing parks, squares, gardens of private estates through hedges, pergolas (Fig. 9.1), etc., and in areas of dense residential or office buildings or industrial zones through green facades (Fig. 9.2), green roofs, parklets (Fig. 9.3.).



Fig. 9.1. Pergola with extensive green facade and hedge in Eberswalde, Germany (Photo by the author)



Fig. 9.2. Extensive and intensive green facade in Brno, the Czech Republic (Photo by the author)

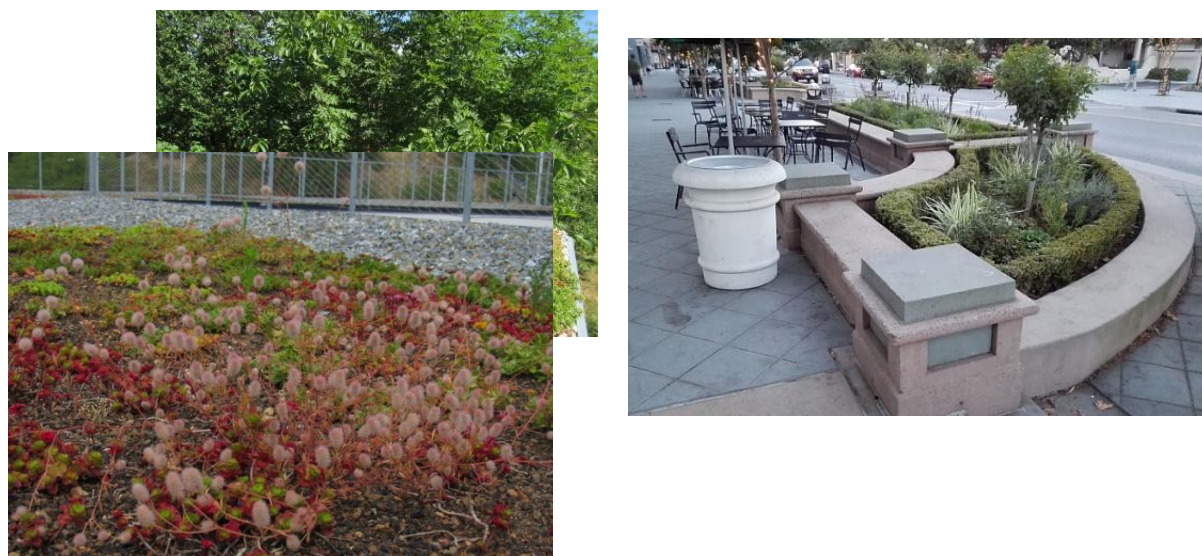


Fig. 9.3. Green roof in the city of Brno, the Czech Republic (photo by the author) and a parklet in the city of San Francisco, the USA (photo from the Internet)

Vertical greening of the urban environment achieves several goals: air purification and reduction of the amount of carbon dioxide in the air, production of oxygen, cooling of surfaces due to water evaporation. It has been proven that in the sun, concrete, ceramic or asphalt surfaces

heat up above 50 °C, and covered with greenery - up to 27-28 °C. Vertical gardening not only improves significantly the microclimate and atmospheric air quality in cities, but also eliminates the need for air conditioning in buildings. Rainwater storage in cities, which during heavy rains often leads to the collapse of the city sewage system and flooding of the city, can be solved in another way (Kravčík et al., 2010). In particular, these are: 1) 1) creation of water-permeable surfaces in car parking places, on paths in parks, squares, playgrounds; 2) creation of rain gardens and ditches (Catalogue of Green Solutions, 2021), which can absorb and retain up to 90% of stormwater; 3) preservation of miscellaneous herbs on lawns; 4) collection of rainwater from roofs into natural and artificially created reservoirs or into aboveground/underground containers (reservoirs).



Fig. 9.4. Parking lots with water-permeable surface and a rain ditch (Photo from the Internet)



Fig. 9.5. Miscellaneous herbs on lawns (photo from the Internet) and the lake created by rainwater from the roofs of high-rise buildings in the city of Novy Liskovec, the Czech Republic (Photo by the author)

All these measures will retain rainwater in the city, creating a healthy microclimate during the drought (Fig. 9.4.-9.5.). During heavy rains, water will not accumulate on asphalt and concrete surfaces, clogging the drains of the sewage system, but will penetrate the soil and accumulate in the created micro-ecosystems (Kravčík et al., 2007). Replacing mowed lawns with lawns of miscellaneous herbs that imitate natural meadows aims not only to achieve an aesthetic effect, but also to reduce the temperature on the surface (the mowed lawn does not evaporate enough water

for cooling and burns out without additional watering) and preserve biodiversity.

The development of local renewable energy power generation networks in settlements allows not only reducing the energy dependence of communities on central power grids, but also achieving energy passivity of budgetary institutions and housing fund. In addition, small (with a capacity of up to 1 MWt) and residential rooftop solar power stations (up to 30 kW) allow one to cover large areas of the surfaces of flat roofs and roofs with a small slope covered with ruberoid or metal plastic, which overheat by absorbing solar heat. These areas can be used for electricity generation (Fig. 9.6).



Fig. 9.6. Creating shade and electricity generation at the airports of the city of Medford, the USA and the city of Tbilisi, Georgia (Photo by the author)

Water Management

It is often emphasised that adaptation in the field of water resources is the basis of climate change adaptation policy (Masey, 2012). At the same time, no measures in this field can be developed, ignoring a comprehensive approach, which will include issues of forestry and agriculture, industry, housing and communal sphere, and preservation of biodiversity. Zakarpattia will face the problem of floods and long droughts in the near future. Therefore, protecting the population from the destructive force of floods, as well as providing them with quality water in all seasons, is the main task.

What can, thus, be done to make sure that the oblast remains with water all year round and does not suffer from destructive floods? The construction of dams and reservoirs is the last one in the list of measures, since these hydrotechnical structures do not eliminate the causes of the increase in surface runoff into the rivers during precipitation, but only temporarily mitigate the consequences. Moreover, due to creating an additional base of erosion and a change in the natural hydrological regime, they lead to the further degradation of river ecosystems and the loss of biodiversity (Merezhko, Khimko, 1999; Stankiewicz-Volosianchuk, 2017). Therefore, it is necessary to start with an analysis of the causes of river shallowing and the lowering of undergroundwater level, in particular, the draining of swamps, uncontrolled intake of gravel-sand mixture from riverbeds, improper maintenance of amelioration canal systems, construction of floodplains, disturbance and compaction of soils on mountain slopes as a result of the operation of heavy machinery under time of logging and uncontrolled jeeping in forests and meadows, etc.

Brooks and streams, as tributaries of rivers of the last order, are negatively affected by trawling equipment during logging and motorised transport, in particular jeeping in the mountains. However, it is in mountain forests and meadows that the river flow is formed, so the integrity of these ecosystems is important for the stability of the entire river regime. The destructive force of a flood in the lower reaches is directly proportional to the hydrological state of the upper reaches (Klymenko, 2010). Therefore, measures to mitigate the impact of floods should not apply to the

lower reaches of the river, where most of the settlements of the oblast are located, but, first of all, to the upper reaches, in particular the water catchment areas, where the runoff is formed. These measures should be aimed at preventing an increase in surface runoff as a result of soil destruction. Rainwater and meltwater should remain on meadows and forests, forming an underground aquifer, accumulating in upland lakes and forest reservoirs, marshes, swamps (Kravčik et al., 2007). Such measures should be based on an integrated approach to water management and reflected in *the Tysa River Basin Management Plan*.

The main measures should be aimed at the revitalization of swamps, floodplains and river meanders, where possible. In Zakarpattia, the majority of mountain rivers are free-flowing and this is an advantage for adaptation to climate change. Integrated river ecosystems are better able to adapt to any climatic changes. It is not without reason that within the framework of the implementation of the EU Biodiversity Strategy for 2030, EU countries plan to restore the free flow of 25,000 kilometers of rivers in order to guarantee normal water supply to the surrounding areas. In the context of implementing this strategy, in December 2021, the European Commission approved the Methodical Guide for the elimination of dams for the restoration of free-flowing rivers, which interprets the term «*free-flowing rivers*» as rivers or other surface water bodies (for example, lakes), which are not damaged by artificial barriers and are not disconnected from their floodplain (Guidance on Barrier Removal for River Restoration, 2021). Therefore, when developing a plan of measures within the framework of the Tysa River Basin Management Plan, it is necessary, where possible, to avoid water regulation measures. This refers to the construction of hydraulic structures such as retaining dams, which segment the river and slow down its natural flow, as well as dams along the riverbeds, which artificially separate the channel from the floodplain of the river (Catalogue of Nature-oriented Solutions, 2021).

Each settlement in the oblast, in accordance with the Water Code of Ukraine, must also have *maps of threats of flooding the territory* (showing the territories that may be flooded due to flooding with a low, medium and high probability) and *the risks of flooding the territory* (showing the potential negative consequences related to flooding with a low, medium and high probability), and in accordance with them spatial planning should be carried out.

It is also necessary to gradually move to circular economy: to contribute to the reduction of water consumption in industry, energy, agriculture and everyday life through the application of subsidies, taxes and fines. For instance, it is necessary to encourage both business entities and household owners to collect and use rainwater, install systems of purifying water from wash basins and further use it as technical water. In this way, it is possible to reduce the use of drinking water for technical needs or irrigation.

Forest Management

Almost half of the territory of Zakarpattia oblast is covered with forests, the major part of which is mountainous. This means that almost all the water flow to the river is formed in the upper reaches of forest areas (Chubaty, 1984; Hudyma, 2019). The integrity of the soil and forest floor in the forests, as well as the vegetation cover on the slopes is the key to the water regulation function of the forest (Buksha, 2002; Buksha et al., 2000). Forests affect the climate and at the same time climate change affects the forests.

Today, in the oblast there is a problem of the withering of spruce monocultures planted in the place of beech trees, as well as significant withering of forests on the plain and in the foothills. The problem of spruce withering is related to general warming and the spread of pests and diseases in spruce monocultures. This problem is solved by the use of combined felling systems aimed at the formation of native plantations of various ages, which are more resistant to climate changes. The situation is much more complicated with the grooves of the foothills and plains of Zakarpattia. It is related to the water regime of rivers.

In recent decades, there has been an increase in surface water runoff in the mountains and the rapid formation of floods during heavy rains, although the afforestation area of the territory is relatively high (more than 70%), in particular in the Uzh River basin (Barka et al., 2015) and in the upper reaches of the Tysa river. Despite this, the forests of the Carpathians are rapidly losing water.

We are talking about a very dense and branched network of forest roads, in particular, temporary and trailing roads on wood-cutting areas, which segment the forest landscape, compact the soil and «meliorate» forest massifs (Fig. 10 9.7.).

It is these forest roads that play the role of «channels» along which water flows in streams during rains and during snowmelt. Damaged by heavy forest machinery the compacted soil cannot absorb water. This is how the forest loses water and how flood waves are formed, which destroy everything in their path (Fig. 11 9.8.). The larger the area of such compacted soil, the lower the role of forests in water regulation. As a result, the loss of water by the forest can lead not only to the replacement of dominant species, but also to the reduction in the annual growth and productivity of the Carpathian forests.



Fig. 9.7. Network of forest roads and trails on wood-cutting areas where continuous felling was carried out in the vicinity of Huklyvyi village, Zakarpattia (Photo by the author)

The solution to this problem is achieved through measures or restoring forest roads and trails after the closure of the tree felling. Such works are also done with the use of heavy equipment, particularly, a bulldozer. The purpose of such works is to loosen the soil in order to increase its water permeability and form the necessary microrelief on slopes of various steepness, which will allow rainwater and meltwater to be directed to the undisturbed forest floor and/or to accumulate it in the created forest microreservoirs (Fig. 12 9.9). The same thing happens in primeval forests – uprooted old trees form a characteristic microrelief. In the depths where the roots were, moisture accumulates and various biological organisms live and develop – from fungi to vertebrates (Stankevych-Volosianchuk et al., 2022). Such micro-reservoirs are a breeding ground for yellow-

bellied (bombina variegata) and Carpathian and Alpine newts, which are listed in the Red Book of Ukraine. These also attract for feeding, e.g., the black stork, also a red book species, which today suffers a lot from the dehydration of forests. Thus, restoration of forest roads allows not only to preserve water in the forest, but also the biodiversity of forest species.

Other measures to retain water in the forest relate to the construction of forest roads, which are practically not built by forestry enterprises today. The technology of construction of forest roads involves the construction of lateral drains with a system of wells, where water flows and is discharged into the forest through a pipe under the road surface. Water culverts are built along the road from wood or concrete, which also divert water into the forest and prevent road erosion.

To retain surface runoff in the forest, in erosion ravines or temporary streams, a cascade of barrages is built from wood, stone or concrete (Fig. 13 9.10.). This allows water to be retained during the heaviest downpours, preventing the formation of powerful flood waves. With such measures, it is possible to stop the erosion processes of the soil and turf its surface. (Fig. 13 9.10.). Over time, the terrain in such places becomes even, and a forest appears in the place of ravines.

Owing to such measures, rainwater and meltwater enter the rivers gradually. They have time to saturate the soil and underground horizons with water and filter through.



Fig. 9.8. Transporting felled trees along forest roads and water flows along these roads in the wet season, State Enterprise «Brusturianske Forest and Hunting Enterprise» and State Enterprise «Yasinianske Forest and Hunting Enterprise» (Photo by the author).



Fig. 9.9. Restoration of forest roads and trails after felling operations in the Czech Republic (photo from the site www.aqua-inova.com)

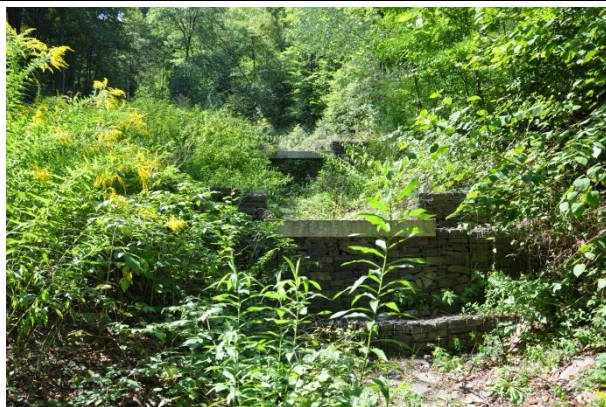


Fig. 9.10. Cascade of barrages in forest ravines, resulting from soil erosion, and in temporary streams of Slovakia (Photo by the author)

Some forestry enterprises in the EU countries practise collecting rainwater from forest felling areas where reforestation has recently been carried out and from forest roads into specially created forest reservoirs. Such measures are quite expensive, so not every forestry enterprise can afford them. These reservoirs can also be used as a source of water in case of forest fires (Fig. 14).

In the U.S., the Clean Water Act requires forestry companies to carefully plan felling cycles in forests, taking into account all forest watercourses. This is the so-called integrated water catchment principle of forest resource management, the purpose of which is to increase the hydrological role of forests (Best Management Practices for Forestry, 2005).

A water catchment area is all the land and water bodies from which water flows to a certain point. It is possible to determine the catchment area for a lake, stream, river. Catchment areas range in size from a few acres (for a small stream) to hundreds of hectares (for a large river). During the planning of felling, hydrologists of forestry enterprises in the United States investigate where water comes from and flows out of the catchment area where felling operations are planned. The area of felling and road construction at high elevations can affect the amount and timing of runoff at lower elevations within the same water catchment. When it becomes clear where, when and how much water flows in the felling area, hydrologists determine the best location of roads and skidding trails with minimal damage to the environment.



Fig. 14. 9.11. A forest reservoir created by rainwater on the territory of a forestry enterprise in Slovakia (Photo by the author)

After felling with consideration of the characteristics of watercourses within the catchment area, reclamation works are carried out at the felling area in American forestries. After a year, the achieved result is monitored and evaluated.

Agriculture.

Climate change also affects agriculture. On the one hand, the lengthening of the vegetation season and even milder winters enable growing fruits previously exotic for our climate in Zakarpattia, such as figs, kiwis, and persimmons. On the other hand, agriculture needs drip irrigation systems, means of pest and disease control, due to the instability of usual varieties to new conditions. Sudden natural disasters also become a challenge for agriculture, as it significantly affects the harvest. For Zakarpattia, climate change may also become noticeable because of winemaking. For instance, Europeans were the first to experience climate change at the household level, because French wines, which were considered benchmarks for centuries, are rapidly changing their properties (quality) along with climate change (Adamenko, 2019).

Not only climate affects agriculture, but also vice versa. Manufacturing agricultural products leads to the emission of three types of greenhouse gases: carbon dioxide, methane and nitrogen oxide. Agriculture accounts for almost half of the global emissions of two types of the most powerful greenhouse gases after carbon dioxide: nitrogen oxide and methane. Nitrogen oxide is formed during microbiological and chemical transformations of organic matter, both in oxidation (nitrification) and reduction reactions (denitrification). The amount of emissions depends on the type of soil, humidity, temperature and tillage system. Methane is formed as a result of anaerobic processing of organic matter by microbes in the digestive tract of ruminants and other animals (intestinal fermentation), during storage of organic fertilisers, as well as during all transformation processes in conditions of lack of oxygen in the air.

Measures to adapt agriculture to climate change should encompass the following: 1) search for opportunities to produce and use renewable energy sources in the economy (heat and electricity generated with the help of wind, sun, biomass, biogas). This is especially important for livestock

farms or farms that grow poultry. Accumulated livestock waste should become the basis of biomethane production; 2) cultivation of low-growing plants and plants that retain biogenic elements, so that after harvesting the soil does not remain bare; 3) cultivation of perennial herbs as part of crop rotation; 4) reduction of plowing, application of the system of zero tillage (No-Till) and other restorative agricultural practices; 5) giving preference to organic fertilizers (humus and compost); 6) prevention of water erosion; 7) cultivation of ground cover crops (radish, mustard), which clean the soil from nematodes, wireworms and pathogenic microorganisms, enrich the soil with a complex of useful substances and are antagonists of wheatgrass. They reduce soil erosion caused by heavy rains and floods, help to better retain moisture in the soil during drought; 8) giving preference to local varieties of crops that are less picky about the climate and more resistant to diseases. For example, in some European countries (Switzerland, the Czech Republic), farmers have returned to the cultivation of spelt – a less productive type of wheat, but which is a more stable crop in conditions of climate change. Small farms in Zakarpattia and Lviv oblast also grow spelt.

References:

1. Adamenko T. Zmina klimatu ta silske hospodarstvo v Ukraini: shcho varto znaty fermeram? [Climate Change and Agriculture in Ukraine: What Should Farmers Know?]. Kyiv, 2019. 36 s. [in Ukrainian]
2. Adaptatsiia do zminy klimatu. Broshura dlia tykh, khto khoche diznatys pro tse bilshe, a takozh tykh, khto khoche diiaty [Adaptation to Climate Change. A Brochure for Those Who Want to Know More about It, as well as Those Who Want to Take Action.]. ASSRKR «FORZA», 2015. – 40 s. [in Ukrainian]
3. Buksha I. F. Vnesok lisovoho hospodarstva Ukrainy u zmenshennia ryzyku zminy klimatu [Contribution of Forestry of Ukraine to Reducing the Risk of Climate Change] // *Deiaki aspekty hlobalnoi zminy klimatu v Ukraini: zbirnyk statei*. – Initsiatyva z pytan zminy klimatu. – K.: 2002. S. 132–148. [in Ukrainian]
4. Buksha I. F., Pasternak V. P., Bondaruk H. V. Stsenarne modeliuvannia ta prohnaz dynamiky lisovykh resursiv pry zminakh klimatu [Scenario Modeling and Forecasting of the Dynamics of Forest Resources under Climate Change]. *Lisivnytstvo i ahrolisomeliioratsiia*. 2000. Vyp. 98. S. 44–52. [in Ukrainian]
5. Hirski lisy – rehuliatory vodnoho rezhymu [Mountain Forests – Regulators of the Water Regime] / O.V. Chubatyi. – Uzhhorod: Vyd-vo “Karpaty”, 1984. – 104 s. [in Ukrainian]
6. Didukh Ya. Ekolohichni aspekty hlobalnykh zmin klimatu: prychyny, naslidky, dii [Ecological Aspects of Global Climate Changes: Causes, Consequences, Actions]. *Visnyk Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy*. 2009. №2. s. 34-44 [in Ukrainian]
7. Kataloh zelenykh rishen [Catalogue of Green Solutions] avt. kol.: A. Zozulia, M. Riabyka. Lviv: PLATO, 2021. 62 s. [in Ukrainian]
8. Kataloh pryrodooriientovanykh rishen [Catalog of Nature-oriented Solutions] / avt. kol.: M. Riabyka, O. Husakova, A. Zozulia, A. Bushovska ta in. Lviv: UKM, 2021. 116 s. [in Ukrainian]
9. Kirbi A. Klimat v opasnosti [Climate in Danger] // Pod red. K. Shtulberger, K. Geberlain. UNEP, 2020. – 64 s. [in Russian]
10. Klymenko V. H. Hidrolohiia Ukrainy: Navchalnyi posibnyk dlia studentiv-heohrafiv [Hydrology of Ukraine: Study guide for Students-geographers]. Kharkiv: KhNU imeni V. N. Karazina, 2010. 124 s. [in Ukrainian]
11. Kravčik M, Kohutiar Yu., Kováč M. ta in. Voda bez kordoniv. Voda ta klimatychna stabilnist rehionu [Water without Borders. Water and Climatic Stability of the Region] (pereklad zi slovatskoi). Koshitse, 2010. 176 s. [in Ukrainian]

12. Masei E. E.. Dosvid Yevropeiskoho Soiuzu v adaptatsii do zminy klimatu ta zastosuvannia yoho v Ukraini [Experience of the European Union in Adaptation to Climate Change and Its Application in Ukraine]. OBSIe, 2012. 40 s. [in Ukrainian]
13. Merezhko O. I., Khimko R. V. Richky Karpat [The Rivers of the Carpathians]. Kyiv, 1999. 124 s. [in Ukrainian]
14. Safranov T. A. Osoblyvosti dynamiky khvyl tepla v okremykh mistakh Ukrainy [Peculiarities of the Dynamics of Heat Waves in Certain Cities of Ukraine] / T. A. Safranov, H. P. Katerusha, O. V. Katerusha, Yarei Kambiz // *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. N. Karazina, seriia «Heolohiia. Heohrafiia. Ekolohiia»*, 2021. Vyp. 55. S. 232-244. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-55-17>. [in Ukrainian]
15. Osnovni chynnyky vodnoho rezhymu ta yikh rol u formuvanni pavodkiv [The Main Factors of the Water Regime and Their Role in the Formation of Floods] / V. D. Hudyma – 25 travnia 2019. – rezhym dostupu: <http://ukrrimf.org.ua/uk/osnovni-chinniki-vodnogo-rezhimu-ta-yih-rol-u-formuvanni-pavodkiv/> [in Ukrainian]
16. Stankiewicz-Volosyanchuk O. Problemy stroitelstva malych GES na gornykh rekakh Karpat [Issues of Construction of Small Hydroelectric Power Plants on the Mountain Rivers of the Carpathians] // *Integrirovannoe upravlenie transgranichnym bassejnom Dnestra: platforma dlya sotrudnichestva i sovremennye vyzovy: Materialy mezhdunarodnoj konferencii* (Tiraspol, 26-27 oktyabrya 2017). 2017. S.356-359. [in Russian]
17. Stankiewicz-Volosyanchuk O. Zastosuvannia vidnovliuvalnykh dzherel enerhii abo yak hromadam staty enerhonezalezhnymy? [The Use of Renewable Energy Sources or How Communities Can Become Energy Independent?]. Uzhhorod: RIK-U, 2021. 52 s. [in Ukrainian]
18. Stankiewicz-Volosyanchuk O., Shparyk Yu., Hleb R., Diedus V., Pokynchereda V., Volosyanchuk R. Mertva derevyna yak lisova ekosystema: navchalno-metodychnyi posibnyk dlia vuziv [Dead wood as a forest ecosystem: educational and methodological textbook for universities] / za red. Ya. S. Hasynets, R. T. Volosyanchuk, O. I. Stankiewicz-Volosyanchuk. Uzhhorod: RIK-U, 2022. 128 s. [in Ukrainian]
19. Shevchenko O. H., Vlasiuk O. Ya. Otsinka vrazlyvosti ta zakhody z adaptatsii do zminy klimatu [Vulnerability Assessment and Measures of Adaptation to Climate Change]. Uzhhorod. NETsU, 2015. 8 s. [in Ukrainian]
20. Barka I., Bucha T., Hlásny T., Kičura A., Kočický D., Koržov V., Kovalčík M., Mareta M., Parpan V., Parpan T., Petráš R., Schwarz M., Sitková Z., Sujová K.. Manažment lesa a hrozba vzniku povodní na slovenskej a ukrajinskej strane povodia rieky Bodrog. Zvolen, 2015, 237 s.
21. Best Management Practices for Forestry: Protecting New Hampshire's Water Quality. – University of New Hampshire Cjpptrative Extension, 2005. – 100 p.
22. Biodiversity Strategy 2030. Barrier Removal for River Restoration. – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2021. – 50 p.
23. Kravčík M., Pokorný J., Kohutiar J., Kováč M., Tóth E. Voda pre ozdravenie klímy – Nová vodná paradigma. – Žilina, 2007. – 90 s.

**CHAPTER 10. DEVELOPMENT OF NATURAL AND TECHNOGENIC PROCESSES
IN ZAKARPATTIA OBLAST**

**10.1. Geological and Geomorphological Exogenous and Technogenic Processes
(N.Kablak, M. Nychvyd, I. Kalynych)**

In recent decades, the Carpathian region has seen an increase in the number of environmental disasters. Territories with observed deformations of the earth's surface (geotectonic movements, landslides) are found in relatively densely populated areas, in industrial, agricultural, urban recreational areas, as well as in landscapes with different levels of nature protection. Any surface movements due to dangerous processes can destroy structures of various types on the earth's surface, threaten human life and property, and seriously affect environmental protection. Due to climate change, the Carpathian region is increasingly threatened by sudden and severe meteorological events (heavy precipitation, snowfall, landslides and mudslides), causing severe floods that threaten the population and the economy.

Exogenous Geological Processes (EGPs)

The territory of Zakarpattia oblast covers the mountainous part of the Ukrainian Carpathians (~70%), which is characterised by the highest dynamics of the geological environment, and the flat part of Zakarpattia Lowland. The most accurate correlation of the relief with the structural plan is observed in the Outer Carpathians, where the alternation of mountain ridges and basins, their heights, the nature of dissection and the direction of extension are associated with a series of covers that have a significant influence on the direction and structure of river valleys, which, in turn, form regional conditions for the development of landslides, mudslides and other dangerous engineering and geological processes [10]. Among all exogenous geological processes developing in the territory of Zakarpattia oblast, landslides are one of the most common (Table 10.1.1.).

Table 10.1.1.

Distribution of EGPs in the territory of Zakarpattia oblast

Type of EGP	Distribution area, km ²	Number of manifestations	Damage, %
Landslides	385,21	328	3,0
Karst (sediments capable of karstification)	2680,0	24*	21,0
Mudflow-prone watercourses	1822,0	276	14,3
Underflooding	1,0	4**	0,01
Lateral erosion	159,94	519	

* - karst phenomenon

** - settlement

Landslides on the territory of Zakarpattia oblast develop in Quaternary clay eluvial-deluvial deposits on river slopes and in the weathering crust of volcanic rocks. According to the type of displacement – these are landslides-flows and landslides-block slides. The main characteristics of landslides: absolute marks 409-471 m, longitudinal steepness, small dimensions: length 270-419 m, profile width 19,5 – 25,0 201-348 m, average capacity 6,7-16,0 m [7].

More than 20 types of geological processes of natural, natural-technogenic and technogenic origin, as well as the density of the network of rivers ($0.8-1.6 \text{ km/km}^2$), where often floods are formed and lateral erosion and a humid climate develop, significantly affect the occurrence of emergency situations. Underground water is the main destructive force of these processes. In particular, the level of underground water in Zakarpattia Lowland from the late 60s of the last century to the early 90s decreased by approximately 2 m, and since the mid-80s the average annual air temperature as well as the amount of total atmospheric precipitation have tended to increase, which is, to a certain degree, a result of climate change. Fig. 9.1 presents the classification of factors of the occurrence and development of landslide processes, highlights factors-conditions and factors-processes that determine various types of influence on the stability coefficient and mode of landslide slopes stability [9].

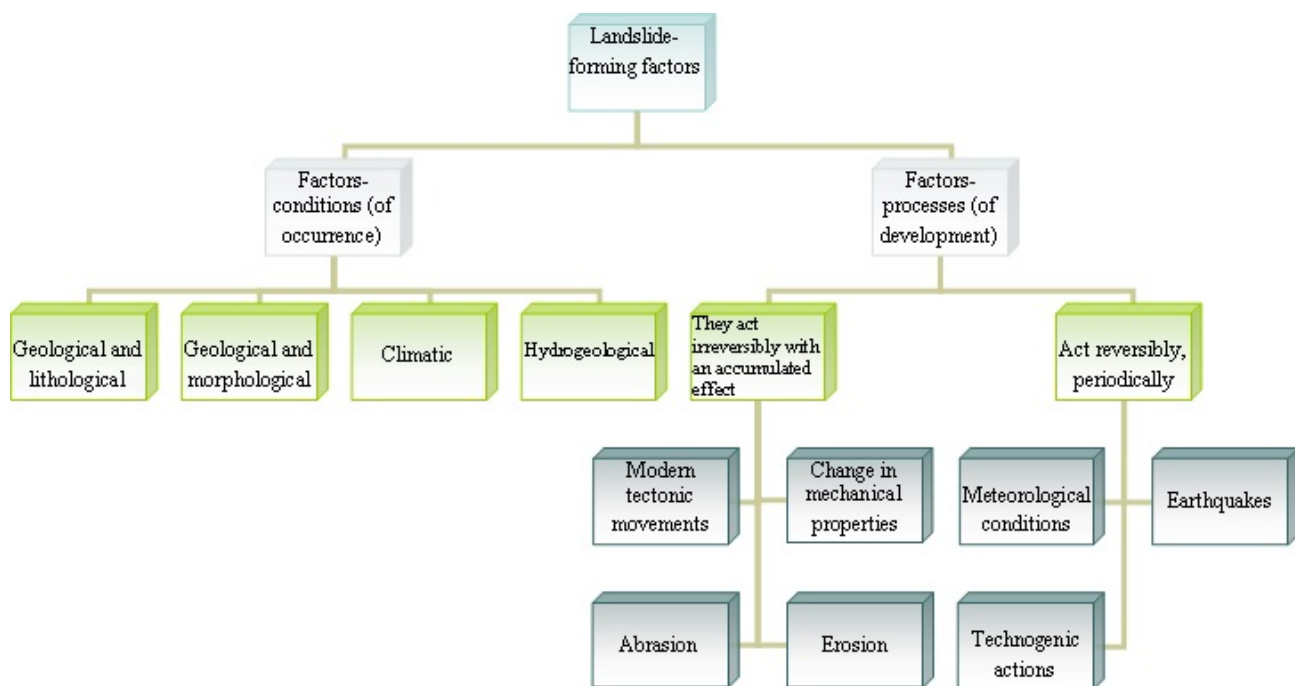


Fig.10.1.1. Classification of factors of occurrence and development of landslide processes

A total of 21 active landslides with a total area of 0.592841 km^2 were recorded on the territory of Zakarpattia oblast in 2020, of which 9 are newly formed (total area – 0.032500 km^2), and 12 are activated partially or fully the previously mapped ancient or modern landslides (total area 0.560341 km^2).

The activation of lateral erosion in 2020 was noted in the basins of the Chorna Tysa and Rika rivers, and to a lesser extent in the Teresva river basins in 20 areas, of which 12 were newly formed, and 8 were mapped in previous years. The length of individual newly formed areas of lateral erosion varies from the first tens of metres to 1.5 km, the total length of 12 newly formed areas is 3.7 km.

In total, in 2020, in the territory of the oblast, the descent of mudflows along 3 watercourses was recorded, the total area of whose basins is 16.13398 km^2 .

The System of Monitoring the Geological Environment of Zakarpattia Oblast

Adverse climatic conditions led to the catastrophic activation of dangerous exogenous geological processes (DEGPs) in the autumn of 1998 – spring of 1999, spring of 2001, and summer of 2008.

One of the most dangerous within the Carpathian region is the territory of Zakarpattia oblast, where 3,288 landslides with an area of 385.21 km² were registered in 2021, which is 18% of the total area of landslides in Ukraine, as well as 24 karst sinkholes with a total area of 0.224 km², 519 sections of lateral erosion of watercourses with a total length of 159.94 km, 276 mudflow-prone watercourses with a total area of 1822 km² [6]. More than 900 residential buildings were in the dangerous zone of influence of exogenous geological processes (EGPs). In addition, there is a potential threat of destroying more than 1,750 residential buildings that are in the area of influence of the DEGPs.

The abnormal amount of atmospheric precipitation observed in Zakarpattia oblast in the spring and early summer of the current year led to the intensification of landslides in the territory of Rakhiv, Khust, Tyachiv and Uzhhorod administrative districts.

In particular, on June 28, 2020, in the village of Lopushne of Khust district, an ancient landslide became active over almost the entire site measuring 530 × 250 m (area 0.1234 km²) as a result of overwetting of rocks on the slope after an intense downpour, which was preceded by almost daily rains in late spring and early summer.

The area of landslide activation covers almost the entire slope with an average steepness of about 22-25°, the lower and middle parts of which are mainly occupied by grass vegetation, and the upper part by young forest and shrubs. On the lower and middle parts of the slope, numerous glacier-like subordinate landslides were formed – flows ranging in size from 20×10 to 70×20 m with walls of detachment from the first tens of centimetres to 2.0–2.5 m in height. Higher up the slope on the body of the ancient landslide, numerous cleavage cracks with an extension of 5-10 cm and a vertical displacement of up to 20 cm were formed, which can be traced along the 50-70 m stretching. The thickness of the deformed rocks varies from 1-1.5 to 2.5-3.5 m, they are composed of deluvial-sliding clays and loams of the Quaternary age and sedimentary rocks (neogene flysch). Most of the landslide material of flowing consistency (including trees and bushes) moved to the foot of the slope, piling up the floodplain of the Branyshche stream, where 6 residential buildings are located. The thickness of the accumulated landslide material under the walls of buildings is from 0.2-0.3 to 2.5-3.0 m. One residential building was completely destroyed by the landslide material, other houses were damaged to one degree or another.

On the territory of the same settlement, 7 new small in size (from 30 × 20 to 170 × 100 m) and depth of laying (3-5 m) landslides with a total area of 0.0298 km², laid in deluvial-colluvial clays and loams of the Holocene, formed. The walls of 2 residential buildings were covered with landslide material, and 5 more buildings were in the hazardous zone of landslides.

In Tiachiv district on January 5, 2022, in the village of Nimetska Mokra, Maria Theresia Street and in the village of Tarasivka, Shevchenko Street due to waterlogging, a landslide occurred and hit the houses. And on December 17, 2022, a landslide took place on the mountain near the village of Pidplesha, Neresnytsia community of Tiachiv district. The landslide occurred as a result of prolonged rains.

In Rakhiv district, the activation of landslides was noted in the village of Yasinia and village of Lazeshchyna. The largest in terms of manifestation scale is the area of activation of the ancient landslide with a size of 830 × 250 m and an area of 0.1218 km², located in the urban-type village of Yasinia.

The landslide intensified on June 25, 2020, due to overwetting of the rocks on the slope after an abnormal amount of precipitation in the form of intense torrential rains. At the head of the landslide, a wall of detachment with a height of up to 20 m can be traced, near which a drainless depression of 20×15 m in size (depressed part of the landslide), filled with water, has formed. The thickness of the deformed rocks reaches 25-30 m, they are represented deluvially – by sliding clays and loams and sedimentary rocks (Paleogene flysch), the horizontal path of the landslide masses

down the slope reaches 25-30 m. On the body of the landslide, there are numerous cleavage cracks, intermediate walls of detachment from 1.0 to 3.0 m high, with an extension of up to 0.5 m. 50 m higher up the slope from the main wall of detachment there were recorded numerous arch-shaped cleavage cracks and detachment walls with a height of 1.0 -1.5 m, up to 50-70 m long. In the tongue part (place of confluence of two temporary watercourses) and on both sides of the landslide, extrusion shafts with a height from the first tens of centimeters to 3.0-4.0 m were formed. Directly on the landslide body, down the slope from the main detachment wall, there are two residential buildings that have moved down the slope for a distance of about 30 m. The buildings are significantly damaged and are not suitable for living. In the area affected by the landslide, at a distance of 30 to 120 m from the side parts of the active landslide, there are 5 residential buildings that are not damaged. At the time of examining, there was no threat of their destruction due to the landslide process. Thus, on June 26, 2020, a powerful landslide occurred in the tract of Robsha, Yasinia settlement, Rakhiv district. Cracks appeared in the house, which divided it in two halves. The landslide was due to overwetting of the soil.

On December 18, 2022, in Rakhiv district near the Kuzii tract a slide of soil and stones over a retaining wall occurred on the road of state importance H-09 Mukachevo - Rakhiv - Ivano-Frankivsk – Lviv. Soil masses partly made it difficult to move on the roadway.

In addition, 11 more active landslides measuring from 30×20 to 170×100 m with a total area of 0,193120 km² have been mapped on the territory of Rakhiv district, of which 2 are newly formed (total area of 0,002700 km²), and 9 are ancient ones mapped in previous years or modern years (total area 0,19042 km²). There are seven damaged residential buildings in the area affected by the landslides, and one of them is uninhabitable. The roadside of the Mukachevo-Rohatyn highway was covered with landslide material at a distance of about 50 m, there is a threat of destroying the support of the railway bridge.

Activation of the landslide process was also noted in the village Novoselytsia, Uzhhorod district, where in 2008 a 40×80 m landslide formed. In the following years, the landslide temporarily stabilized, and in the spring of the current year, it became more active on a much larger area (0.114828 km²). The edges of the village road was partially blocked by the landslide tongue up to 5 m high. Directly on the body of the landslide, in its tongue part, there are 10 residential buildings that are damaged to one degree or another (despite the fact that most of the buildings have been repaired, their walls and foundations have through cracks ranging from hair cracks to cracks 1.5-2, 5 cm wide).

A new landslide occurred on January 19, 2023 in the village of Abranka, 20 km from Volovets. As a result of the landslide, two buildings were destroyed.

A total of 21 active landslides with a total area of 0,592841 km² were recorded in the oblast this year, of which 9 are newly formed (total area of 0,032500 km²), and 12 are activated partially or fully, previously mapped ancient or modern landslides (total area of 0,560341 km²).

The activation of *lateral erosion* in 2020 was noted in the basins of the Chorna Tysa and Rika rivers, and to a lesser extent in the Teresva river basins in 20 areas, of which 12 were newly formed, and 8 were mapped in previous years. The length of individual newly formed areas of lateral erosion varies from the first tens of meters to 1.5 km, the total length of 12 newly formed areas is 3.7 km. In the areas of lateral erosion, which were mapped in previous years, only the erosion width increased, while their total length remained unchanged (2,405 km). The total length of the areas of activation of lateral erosion is 6.105 km.

The bank fortifications were destroyed by the lateral erosion of watercourses, auto and communal roads were washed away along the distance from the first dozens to 250 m in the villages of Lopushne (Fig. 1), Svoboda and Synevyrskya Poliana of Khust district, as well as the urban-type village of Yasinia and villages of Bilyn, Kvasy and Lazeshchyna of Rakhiv district. In Tiachiv district, there are no economic facilities in the zone affected by lateral erosion.

As of January 1, 2021, 531 areas of lateral erosion of watercourses with a total length of 163.64 km (159.94 km + 3.7 km) have been recorded in the territory of Zakarpattia oblast.

Mud-and-stone landslides and debris flows in the territory of the oblast were recorded in 2020 in the basins of the Rika and Teresva rivers in Khust and Tiachiv administrative districts. In the basin of the Rika river, debris flows came down near the village Pidchumal and in the village Lopushne of Khust district as a result of the downpour that occurred on June 28, 2020 (Fig. 10.1.2.). In the first case, the debris material covered the surface of the Khust–Mizhhiria highway along the distance of about 30 m, and in the second case – the private plots of 4 households.



Fig. 10.1.2. Road in Lopushne village, destroyed by the lateral erosion

Such factors as lithological-stratigraphic, engineering-geological, geomorphological, tectonic, landscape, meteorological, technogenic factors influence mudflow formation. The analysis of the data based on the long-term monitoring of EGPs shows that, all other things being equal, the main reason for their massive activation is the climatic factor, primarily the increased amount of rain precipitation and rapid snowmelt, which leads to overwetting of the soil and the occurrence of floods [5]. Heavy rains that occurred in the spring and early summer of 2020 led to the local activation of EGPs in the territory of Khust, Rakhiv, Tiachiv, and Uzhhorod administrative districts of Zakarpattia oblast. In summer and autumn, the intensity of precipitation practically did not differ or was less than the statistical average for a long period. Activation of EGPs was not noted against this background.

In the basin of the Teresva river, the mudflow descended along the right unnamed tributary of the Mokrianka river after a downpour at the end of June of the current year (the exact date has not been established) and was discharged in the floodplain of the latter. There are no economic facilities in the area affected by the mud. The volume of debris carried along each of the mudflow-prone streams does not exceed the first thousands of cubic meters. In total, on the territory of the oblast in the current year, the descent of mudflows along 3 watercourses, the total area of whose basins is 16,13398 km², was recorded. Mudflows descended along two watercourses for the first time (total basin area 6,178794 km²), and along one watercourse – also during the flood of 2001 (basin area 7,498798 km²).

Thus, as of January 1, 2021 there were recorded 278 mudflow-prone watercourses in the territory of Zakarpattia oblast, the total area of whose basins is 1,828 km² (1,822 km² + 6 km²).

On January 5, 2022, in the territory of Zakarpattia oblast, two mudflows descended on the road of regional significance P21 in the village of Nizhniy Bystryi of Khust district and on the highway of national importance H09 in the town of Rakhiv.

It should be noted that the data related to monitoring the spread and development of EGPs in the studied territory may be far from the real ones due to insufficient funding of the works.

Thus, the object-specific plan of the State Enterprise “Zakhidukrekolohiia” for the year of

2020 envisages the financing of works related to the object in the amount of UAH 150,0 thousand, while for the implementation of the geological task, the project implies the carrying out of a complex of field and laboratory works in the amount of about UAH 1445,0 thousand with subordinate works or UAH 1434,0 thousand – without the latter.

In view of the data obtained as a result of the study of the regime of EGPs at the observation points of the 1st category, it can be concluded that after the last massive activation of EGPs associated with the natural disaster on July 23-27, 2008, a temporary stabilisation of the process is observed. This trend is explained by relatively low amounts of atmospheric precipitation during these years.

A graphic image of landslides and mudflows in Zakarpattia is shown in Fig. 10.1.3.

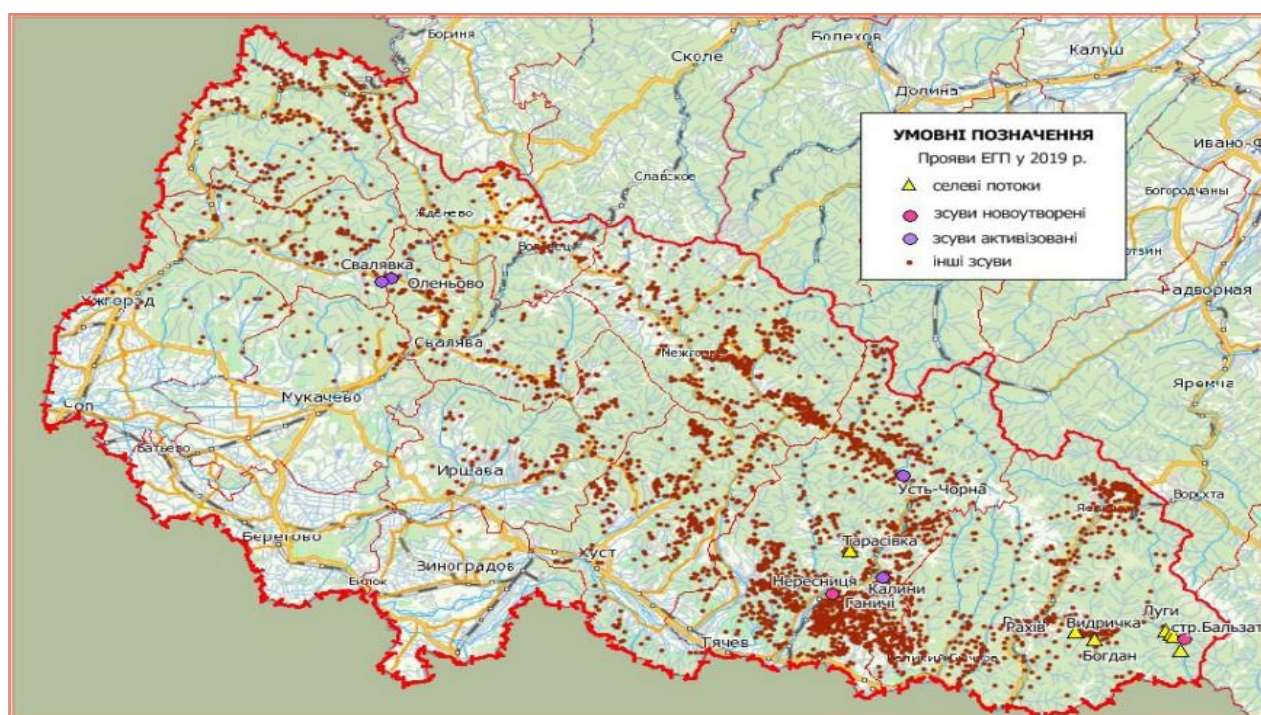


Fig. 10.1.3. Activation of landslides and mudflows on the territory of Zakarpattia oblast

The results of monitoring EGPs in Zakarpattia oblast for the period of 2020 are provided in the tables below (Tables 10.1.2.-10.1.4.).

Table 10.1.2.

The monitoring of landslide processes on the territory of Zakarpattia oblast

Total number	Area of landsli	Number of the	Area of	Num ber	Numb er of	Number of	In built-up areas	Numbe r of
--------------	-----------------	---------------	---------	---------	------------	-----------	-------------------	------------

Development of Natural and Technogenic Processes in Zakarpattia Oblast

of landslides in 2020	des, km ²	active ones	active landslides, km ²	of the active ones since 2019	the newly formed ones in 2020	landslides, identified within the period prior to studying the territory	Total number of landslides	Area of landslides, km ²	Number of active landslides	Area of active landslides, km ²	household facilities in the zone of landslides
3297	385,80 3	21	0,593	12	9	0	0	0	21	0,593	37

Table 10.1.3

The monitoring of karst processes in the territory of Zakarpattia oblast

Total number of karst manifestations in 2020	Number of surface karst manifestations (sinkholes) among them	Area of surface karst manifestations, km ²
24	24	0,224

Table 10.1.4

The Monitoring of mudflows in the territory of Zakarpattia oblast

Number of mudflow hazardous watercourses in 2020	Area of mudflow - hazardous watercourses, km ²	Number of mudflow forming loci	Total area of mudflow forming loci, km ²	Mudflow-hazardous watercourse				Mudflow-hazardous basin			Number of household facilities in the zone of descending a mudflow
				Name of a water course	Date of a mudflow descent	Volume of the washed away material, m ³	Number of cases of mudflow descents for the whole period of observations in 2020	Name of the basin	Number of cases of mudflow descents	Number of cases of mudflow descents for the whole period of observations	
3	16,13398	3	—	Unnamed	06.2020	7500	1	Tysa	3	4	5
				Unnamed	28.06.2020	1745	1				
				Vilkhovy	28.06.2020	750	1				

The sign “—” means that the source of the solid component of mudflows were loose sediments of the Quaternary age, accumulated on the bottoms of mudflow-prone watercourses, the exact distribution area of which is practically impossible to determine.

Technogenic processes under the influence of human activity within Zakarpattia oblast

According to the State Geological Service, more than 26,000 surface and underground karst manifestations have been recorded within the territory of Ukraine [2]. In the areas of mining operations and intensive technogenic load, the development of technogenic karst continues, sometimes with catastrophic manifestations of the process. This process has intensively developed in areas of salt minerals extraction (Solotvyno, Kalush, Novokarfahen, etc. deposits) within Zakarpattia, Ivano-Frankivsk, Lviv and Donetsk oblasts.

The Solotvyno rock salt deposit is located in the southeastern part of Tiachiv district of Zakarpattia oblast and is confined to the Upper Tysa (Solotvyno) depression of the Zakarpattia trough. The near-surface occurrence of rock salt formed as a result of post-sedimentation halokinesis – pressure on the salt rocks of the terrigenous strata that lie above, their transition to a plastic-flowing state and extrusion in the near-surface section area. Therewith the movement of plastic-flowing salt masses took place from the area of increased geostatic pressure to the area of its reduced values.

From the point of view of tectonics, the Solotvyno deposit is the stock of a salt diapir structure. Beneath the Quaternary sediments, the stock has a pear-shaped plan with a length of 1880 m and a width of 760 m. The long axis is oriented in the direction northwest – southeast. The salt stock has an asymmetric structure. The southwestern wing is steep (60–80°), and the northeastern one is gentler (up to 60°) [3].

From the point of view of geomorphology, the Solotvyno deposit lies within the wide valley of the Tysa river, in its right-bank part, in the areas of the spread of the second and partly the first terraces above the floodplain (Zaton area – old flooded mines, where salt lakes are located).

The deposit is located within the humid climate zone, where the amount of precipitation almost doubles the amount of evaporated moisture. The average annual rainfall is 873 mm, of which 45% falls in May-August, with a recorded maximum of 294 mm. Atmospheric water infiltration occurs in Quaternary sediments with flow into the lateral host rocks and up to the level of the salt mirror [4].

According to the archival data, the Solotvyno deposit has been developed underground for more than 245 years. Industrial development of the Solotvyno rock salt deposit began in 1778. During the development, 9 mines were built and exploited. The hydrodynamic equilibrium established in natural conditions at the Solotvyno deposit was disturbed at the end of the 18th – in the second half of the 20th century, when the construction of deeper mines began, compared to those that existed here in the Middle Ages. These are mines «Khrystyna» (1778), «Albert» (1781), «Kunihunda» (1789 p.), «Mykolai» (1798), «Old Ludwig» – mine № 7 (1808), mine № 8 (1886) and mine № 9 (1975). The underground workings of the old mines that passed close to the surface became the places of penetration of suprasalt waters into the salt-bearing stratum. Today, all mines, except mine No. 9, are flooded. In mine No. 9, the brine level is maintained at the 60 m mark in conditions of the partially filled mine shaft [11].

All seven old mines were previously closed for economic and technical (emergency) reasons, and until recently their condition was defined as ecologically balanced, as they were timely conserved by backfilling or flooding (natural, artificial or combined).

The central part of the salt massif, in which the submerged workings of mine No. 7 are located, became the place where destructive processes developed. Mines No. 8 and No. 9 operated the longest. Allergological hospitals functioned in the workings of the salt mines, in mine No. 8 – the Oblast Allergological Hospital, in mine No. 9 – the Ukrainian Allergological Hospital. In fact, the development of an ecologically dangerous situation is connected with the activity of mines No. 8 and No. 9 [1].

The salt extraction at the State Enterprise «Solotvynskyi Solerudnyk» (the Solotvyno Rock Salt Mine) ceased at the beginning of 2007. In 2009, the enterprise stopped pumping mine water into the surface reservoirs. The working horizons of the salt mine and the underground departments of the oblast and the Ukrainian Allergological Hospitals were flooded. The territory of the Solotvyno Rock Salt Mine was declared an emergency zone in 2010. At the same time, the Expert

Commission recognized the situation at the Solotvyno rock salt mine as an extraordinary state one.

The lack of funding for emergency repair works and technical re-equipment led to the destruction of the entire property complex, the activation of karst processes both on the territory of the enterprise and outside of it.

The ensuring of the movement of aggressive waters and the removal of saturated brines were the prerequisite for forming a large-scale karst. This role was played by the extensive drainage system, which was created in several levels in the salt massif itself to ensure the possibility of conducting mining works. However, frequent falls were recorded in tunnels and pits, blocking the water. Due to underfunding the Solotvyno salt mine, these falls were not eliminated in time. Artificial dams formed, which created the support of suprasalt waters and accelerated their infiltration into the salt massif in weakened zones, primarily in the area of Chornyi Mochar. This led to the catastrophic consequences that can be observed in the mine field today. Violation of the natural regime of suprasalt waters established in geological time led to the intensification of the dissolution of salts. The presence of an extensive system of drainage workings at the base of the Quaternary deposits and in the upper part of the salt body created zones of underground relief. This also expanded the zone of active water exchange to the zone of easily soluble rock salt and became the main reason for the intensive use of the territory. The flooding of mines No. 7 (Fig. 10.1.3.) and No. 8 (Fig. 10.1.4.) led to the appearance of new karst stream formations, the destruction of the waterproof cover (canopy) and the formation of sinkholes through which atmospheric water flows. The technogenically activated karst within the Solotvyno deposit has caused fundamental changes in the topography of the earth's surface, an increase in the runoff coefficient, changes in places of supplying and discharging groundwater.



Fig. 10.1.3. Pictures of some sinkholes in the Solotvyno salt mining area (photo by Ivan Prodanets). Flooded mine No. 7 (aerial photography materials as of 2020 was executed using the UAV – Tarot 680PRO Hexacopter)



Fig. 10.1.4. Pictures of some sinkholes in the Solotvyno rock salt mine (photo by Ivan Prodanets). Mine № 8 (aerial photography as of 2020 was executed using UAV – Tarot 680PRO Hexacopter

In 2016, in order to assess the situation on the territory of the mines of the «Solotvynskyi Solerudnyk» enterprise, the European Union Civil Protection Team (EUCPT) Advisory Mission operated there. The mission's activities were implemented with the support of the Ministerial Commissariat for the EU Strategy for the Danube Region, the Ministry of Foreign Economy and Foreign Affairs of Hungary, the Ministry of Foreign Affairs of Ukraine, the Representation of Ukraine to the EU, the Zakarpattia Oblast Council and the Zakarpattia Oblast State Administration. The experts prepared materials for the Advisory Mission, which aimed to contribute to the establishment of a concrete plan of action to resolve the issue of the emergency situation.

In addition, the rapid development of the salt karst prompted a number of neighbouring countries of the natural disaster zone – Hungary and Romania – to participate in joint planning of potential solutions to the problem. In 2015, the Ministry of Foreign Affairs of Ukraine, on the initiative of a number of state structures (the State Service for Emergency Situations, the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine, the Ministry of Ecology and Natural Resources, the Zakarpattia State Oblast Administration, the UN FAO, etc.) and Hungarian government and state organisations initiated an appeal to the EU regarding the involvement of an expert mission of the European Union to Ukraine to assess the threats and risks of the state-level emergency situation that has developed on the territory of the «Solotvynskyi Solerudnyk» State Enterprise.

The given data testify to the current critical and catastrophic state of the geological environment within the Solotvyno rock salt deposit, which is primarily related to the intensive development of salt karst in recent years. Violation of the natural regime of suprasalt waters, stable over geological time, led to the activation of salt dissolution. The presence of an extensive system of drainage workings at the base of the Quaternary sediments and in the upper part of the salt body became the main cause of intensive karstification of the territory.

In order to determine the dynamics of landslides and karst in the urban-type village of Solotvyno, aerial photography works were carried out in two stages: in the spring of 2020 and in the autumn of 2021. Based on the results of the aerial photography, there were created orthophoto maps and three-dimensional digital terrain models for predicting karsts and displacements (Fig. 10.1.5-10.1.7) [8].



Fig. 10.1.5. 3D karst scheme (Karst 1: mine №7)



Fig. 10.1.6. 3D karst scheme (Karst 2: Chornyi Mochar)



Fig. 10.1.7. 3D karst scheme (Karst 3: mine №8)

On the basis of the created cartographic materials, a study of karst manifestations on the territory of the urban-type village Solotvyno was carried out, with the comparison of the impact of destructive processes for the period of 2010-2021. Summarizing the fulfilled calculations, it can be emphasized that the processes of increasing the size of karst sinkholes are not linear in nature. The areas of the sinkholes at the site of mines No. 7 and No. 8 as of 2021 are 4,5518 hectares and 4,3711 hectares, respectively. The formed Chornyi Mochar lake has an area of 2.1487 hectares. This indicates the continued influence of ground water on salt deposits [8].

The current situation at the state enterprise the «Solotvynskyi Solerudnyk» is critical and requires the attention of the state in order to regulate negative phenomena, the development of which threatens the life and health of the residents of the urban-type village of Solotvyno. The existence of the research base on the subject of the issue indicates that endogenous processes continue to spread beyond the former mining area. It is necessary to carry out regular monitoring missions to track the dynamics of the development of destructive phenomena on the territory of the village. Admittedly, in accordance with the National Program No. 3 «Restoration of Clean and Safe Environment», measures for the ecological restoration of the Solotvyno Salt Mines are planned for 2026-2032.

References:

1. Bosevska, L. P., & Khrushchov, D. P. Nadzvychaina ekolohichna sytuatsiia v Solotvyno: heolohichni prychny i stratehiia rozviazannia problemy [Emergency Ecological Situation in Solotvyno: Geological Causes and Strategy for Solving the Problem]. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 19(32), 2011. S. 1-14. Retrieved from URL <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/> [in Ukrainian]
2. Derzhavna ekolohichna inspektsiia u Zakarpatskii oblasti [State Environmental Inspection in Zakarpattia Oblast], (2020). Retrieved from URL <https://zak.dei.gov.ua/> [in Ukrainian]
3. Diakiv V., Haidyn, A. Karstova heolohichna systema Solotvynskoho rodovyshcha, effekt samotamponuvannia karstovoho kanalu ta perspektyvy vidnovlennia speleolikarni

- ushakhti № 9 [The Karts Hydrogeological System of the Solotvyno Deposit, the Effect of Self-Tamponing of the Karst Channel and the Prospects of the Restoring the Speleological Hospital in Mine No. 9]. *Visnyk Lvivskoho Universytetu. Seriiia heolohichna*, (35). 2021. doi: <http://dx.doi.org/10.30970/vgl.35.07> [in Ukrainian]
4. Diakiv V.O. Zakonomirnosti rozvytku tekhnohenko aktyvizovanoho solianoho karstu v protsesi zatoplennia shakht № 8 ta № 9 Solotvynskoho solerudnyka [Patterns of the Development of Technologically Activated Salt Karst during the Flooding of Mines No. 8 and No. 9 of the Solotvyno Salt Mine]. *Heohrafiia*. № 9, 2012 [in Ukrainian]
 5. Ivanov, Ye. Landshafty hirnychopromyslovykh terytorii [Landscapes of mining areas]. Lviv: Vydavnychiy tsentr LNU imeni Ivana Franka. 2007. [in Ukrainian]
 6. Informatsiinyi shchorichnyk shchodo aktyvizatsii nebezpechnykh ekzohennykh heolohichnykh protsesiv za danymy monitorynhu EHP [Informational Yearbook on the Activation of Dangerous Exogenous Geological Processes according to the EGP Monitoring Data]. Kyiv, Derzhavna sluzhba heolohii ta nadr Ukrainy, Derzhavne naukovovyrobnyche pidpriemstvo «Derzhavnyi informatsiinyi heolohichnyi fond Ukrainy», 2021. 78 s. [in Ukrainian]
 7. Kalynych I.V., Kablak N.I., Skakandi S.V. Dynamika rozvytku zsumnykh protsesiv na terytorii Zakarpatskoi oblasti [The Dynamics of the Development of Landslide Processes in the Territory of Zakarpattia Oblast]. Kyiv: / Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia. 2017. №64. S. 535-543 [in Ukrainian]
 8. Kalynych I. V., Nychvyd M. P., Kablak N. I., Prodanets I. I. & Vash Ya. I. Monitoring of Geodynamic Processes in the Tysa River Basin Using AUTEL EVO II PRO RTK UAV. Geodesy, Cartography and Aerial Photography. Issue 95, 2022, 77-93, <https://doi.org/10.23939/istcgcap2022.95.077>
 9. Nychvyd M., Holinka M. Monitorynh suchasnykh ekzohennykh Protstiv [The Monitoring Modern Exogeneous Processes]. *Zbirnyk naukovykh prats studentiv heohrafichnoho fakultetu*, Vypusk 1, Uzhhorod, Vydav. FOP Sabov A.M., 2017. S. 123-132. [in Ukrainian]
 10. Shekhunova S. B., Siumar N. P., Lobasov O. P., Stadnichenko S. M. Analiz prostorovykh zakonomirnostei poshyrennia zsumiv u mezhakh Zakarparskoi oblasti zasobamy HIS [Analysis of Spatial Patterns of Landslide Distribution within Zakarpattia Oblast Using GIS]. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal*. 2022, 3(119). [in Ukrainian]
 11. Shekhunova S.B., Aleksieienkova M.V., Stadnichenko S.M. Zakonomirnosti rozvytku pryrodnykh ta pryrodno-tekhnohennykh nebezpechnykh heolohichnykh protsesiv na terytorii mistechka Solotvyno (Zakarpattia, Ukraina) [Patterns of Development of Natural and Technogenic Dangerous Geological Processes on the Territory of the Town of Solotvyno (Zakarpattia, Ukraine)]. *Zbirnyk naukovykh prats IHN NAN Ukrainy*. Tom 12. 2019 S.70-83 DOI:10.30836/igs.2522-9753.2019.185745 [in Ukrainian]

10.2. Dangerous and Spontaneous Meteorological Phenomena (R. Ozymko, M. Karabiniuk)

Over time, the interaction between man and the forces of nature has not lost its significance, and to some extent, on the contrary, it has gained even greater scope. One frequently comes across information about terrible destruction of buildings, hydraulic structures, flooding of territories, damage to property and even human casualties. Dangerous and spontaneous meteorological phenomena belong to such destructive forces of nature. They are atmospheric phenomena by their nature that rapidly develop in space and time, which complicates their predictability. These phenomena cause great damage to various sectors of the economy of any country, disrupting its development. Total losses from them can reach tens or even hundreds of millions of hryvnias per year. Very often, such phenomena are observed in combination with other dangerous or natural

phenomena, which increases their negative impact. For example, heavy rains are accompanied by thunderstorms, hail, and gusty winds; heavy snowfalls – by blizzards, sleet snow, strong wind, etc.

In the history of the hydrometeorological service of Ukraine, the criteria for dangerous and spontaneous phenomena have changed many times. New criteria for dangerous and spontaneous meteorological phenomena, adopted by the Ukrainian Hydrometeorological Center in 2019, are in effect today. Therefore, according to the new standards, the following definitions and concepts are applied (Regulations..., 2019):

1. *Dangerous meteorological phenomena of the 1st level of danger (DMP I)* – «weather phenomena that, based on quantitative indicators, duration and territory of distribution, create certain inconveniences for the population and the functioning of the economic complex of the country».
2. *Spontaneous meteorological phenomena of the 2nd level of danger (SMP II)* – «these are natural phenomena that, based on quantitative indicators, duration and territory of distribution, pose a threat to the population and disrupt the functioning of the country's economic complex».
3. *Spontaneous meteorological phenomena of the 2nd level of danger (SMP III)* – «these are natural phenomena that, based on quantitative indicators, duration and territory of distribution, pose a threat to people's lives in large areas, lead to large-scale damage to the country's economic complex, and harm the environment».

The territory of Zakarpattia Region is characterised, in general, by a relatively favorable climate for the life and activities of the population. However, the natural-geographic features of the territory and the specifics of atmospheric circulation cause, compared to the flat part of Ukraine, a significant development of various modern dangerous and spontaneous meteorological phenomena and processes. The most dangerous and most common processes include significant, heavy and extreme precipitations (Spontaneous Meteorological..., 2006; Report on..., 2013; Semerhei-Chumachenko, Ozymko, 2019; Ozymko, 2020; Karabiniuk, Markanych, 2020), the criteria of which are given in Table 10.2.1.

We will focus our attention on atmospheric precipitations that meet the criteria of SMP II and SMP III, as those that have the most negative impact on the surrounding natural environment and human activities. Further, the characteristics of the spatio-temporal distribution of heavy and extreme precipitations in Zakarpattia Region during a typical climatological period (1990-2019) are presented.

Table 10.2.1.

Types of atmospheric precipitation according to the criteria

DMP I, SMP II and SMP III (Regulations..., 2019)

Name of a phenomena	Criteria for DMP I (colour marking – yellow)		Criteria for SMP II (colour marking – orange)		Criteria for SMP III (colour marking – red)	
	quantitative indicator	duration	quantitative indicator	duration	quantitative	duration
Snow	significant snowfall 7-19 mm	≤ 12 hours	heavy snow 20-29 mm	≤ 12 hours	extreme snowfall ≥ 30 mm	≤ 12 hours
Wet snow	significant wet	≤ 12 hours	heavy wet snowfall 50-79 mm	≤ 12 hours	extreme wet snowfall ≥ 80 mm	≤ 12 hours

Development of Natural and Technogenic Processes in Zakarpattia Oblast

	snowfall 15-49 mm					
Rain	significant rainfall 15-49 mm	≤ 12 hours	heavy rainfall 50-79 mm	≤ 12 hours	extreme rainfall ≥ 80 mm	≤ 12 hours
Rain in mudflow-prone areas	significant snow 15-29 mm	≤ 12 hours	heavy rainfall 30-49 mm	≤ 12 hours	extreme rainfall ≥ 50 mm	≤ 12 hours
Downpour	-	-	heavy downpours 30-49 mm	≤ 1 hour	extreme downpours ≥ 50 mm	≤ 1 hour
Prolonged rains	-	-	heavy prolonged rainfall 100-149 mm	> 12 hours ≤ 48 hours	extremely prolonged rainfall ≥ 150 mm	> 12 hours ≤ 48 hours

From January 1, 1990 to December 31, 2019, 33 stationary hydrometeorological observation points in Zakarpattia Region recorded a total of 3,104 individual cases of rainfall, wet snowfall, and snowfall of the SMP II and SMP III criteria, the long-term dynamics of which are presented in Fig. 10.2.1. (Ozymko, 2020). The figure shows considerable variation in the number of SMP between different and even consecutive years. The biggest difference is noted between 2000 and 2001 (157 individual cases), and the largest amplitudes of fluctuations are observed between the first (1990-1999) and second (2000-2009) decades. During the studied period, the maximum recurrence rate of SMP occurred in 1998 (222 individual cases), and the minimum – in 1990 (36 individual cases). In this way, the absolute amplitude of the multiannual course of the recurrence of SMP was 186 individual cases within 30 years.

On average, there are observed 103 individual cases of rainfall according to the criteria of the SMP, which is a high indicator and can be tentatively considered the average annual climatological norm in the territory of Zakarpattia Region. In Fig. 10.2.1. the trend of an increase in the recurrence of spontaneous precipitation for 1990-2019 was identified. If this trend continues, in the future, we should expect an increase in the number of SMP cases. Sharp interannual fluctuations in the recurrence of spontaneous meteorological phenomena can negatively affect their timely forecasting and adaptation to the consequences (Semerhei-Chumachenko, Ozymko, 2019).

Analysis of the distribution curve of multiannual variability of heavy and extreme precipitations (refer to Figure 10.2.1.) reveals certain rhythms in recurrence, and given the multiannual period of the research – certain cycles. Rhythms are repetitions of certain atmospheric (or natural) processes or fluctuations in their intensity, as well as the associated fluctuations in the values of meteorological elements that are not strictly periodic in nature: the amplitude of fluctuations during rhythms is not constant, and the intervals between the occurrence of the phenomenon or between extreme values are not rigidly equal. Rhythms with large (multiannual) time intervals between repetitions of the process or extreme values of its intensity or between extreme values of the element are called cycles (International Meteorological..., 1992). The rhythmicity is traced regarding the recurrence maxima in 1992, 1995, 1998, 2001, 2004 (2005), 2007 (2008), 2010 and 2016 (2017). Thus, 3-year cycles of recurrence of heavy and extreme precipitations are quite clearly distinguished. The only exception is the period from 2011 to 2015. Of course, in quantitative terms, peaks of recurrence did not always coincide, but were above the average annual value.

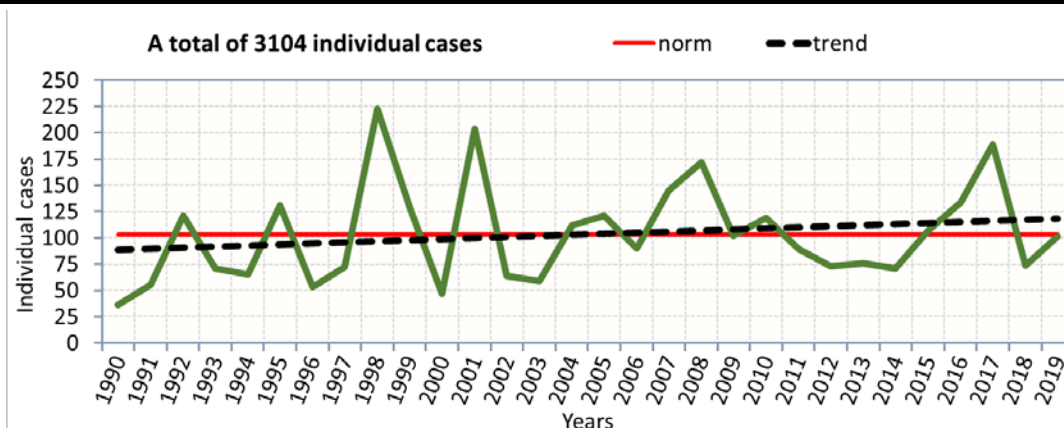


Fig. 10.2.1. Multiannual dynamics of individual cases of heavy and extreme precipitations in Zakarpattia Region (Ozymko, 2020)

In Fig. 10.2.2. the dynamics of heavy and extreme precipitation in view of the seasons is presented, which makes it possible to highlight interseasonal fluctuations and changes in the recurrence of precipitations that have met the criteria of SMP. Over the last three decades (1990-2019), there has been a sharp increase in individual cases of heavy and extreme precipitations in winter, as evidenced by the clear trend and rising amplitude of fluctuations. Admittedly, in the winter of 1991 and 1997, there was no individual case of heavy or extreme precipitation, and the maximum recurrence occurred in 2017 – 83 individual cases. It is obvious that it is at this time of the year that we should expect an intensive increase in the frequency of precipitations according to the criteria of the SMP and, respectively, a complication of weather conditions (Ozymko, 2020).

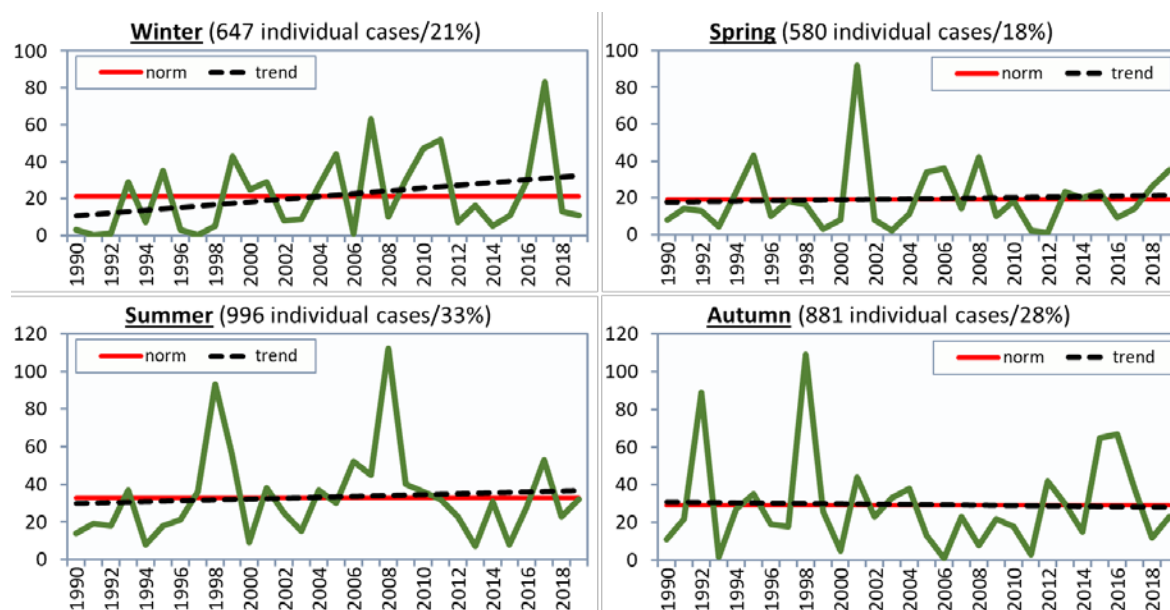


Fig. 10.2.2. Seasonal recurrence of individual cases of heavy and extreme precipitation in Zakarpattia Region (abscissa axis – years, ordinate axis – number of individual cases) (Ozymko, 2020)

In the spring, the trend is almost steady, so the interannual amplitude of variation in the number of individual cases is more or less smoothed out relative to the average value (19 individual cases), although significant differences were recorded in some years with a maximum in 2001 – 92 individual cases and a minimum in 2012 – 1 individual case. In the summer, there is a slight positive trend in the frequency of individual cases. Two maxima stand out: 1998 (93 individual cases) and 2008 (112 individual cases). A third (997 individual cases) of all heavy and extreme precipitation was observed in the summer, which is associated with a significant number of heavy

rains. The average annual recurrence of heavy and extreme precipitation is 33 individual cases. A slight negative trend in the recurrence of cases was observed only in autumn. Just as in summer, two peaks stand out: in 1992 (89) and in 1998 (109 individual cases). On average, 29 individual cases of heavy and extreme precipitation were recorded in autumn (Ozymko, 2020).

Of all the seasons, only in winter there were years when heavy or extraordinary precipitation was not recorded. A sharp increase in the recurrence of individual cases of precipitation of the SMP criteria in winter is explained by an increase in air temperature in the cold period of the year, which led to a change in the structure of precipitation. In Zakarpattia Region, there is a tendency of increasing the recurrence of days with rain and decreasing the number of days with snow, especially in winter, which has significantly intensified since the early 21st century (Balabukh, 2008; Balabukh, Lukianets, 2015). It can also be explained by more rapid climatic changes in this season of the year, among which there may be mentioned the restructuring of circulation mechanisms in the atmosphere. Significant interannual fluctuations in recurrence of heavy and extreme precipitation with a maximum difference of 80-90 individual cases prove the difficulty of making long-term weather forecasts and climate forecasts for the territory of Zakarpattia Region.

Recurrence cycles are also distinguished in terms of seasons (refer to Fig. 10.2.2.). In winter, a 6-year cycle of recurrence maxima is clearly observed 1993 (29), 1999 p. (43), 2005 (44), 2011 (52) and 2017 (83 individual cases), which increases gradually. In spring, less clear 6-year cycles of recurrence maxima are observed in 1995 (43), 2001 (92), 2008 (42), 2013 (23) and 2019 (35 single cases). In summer, 10-year cycles of recurrence of maxima are distinguished in 1998 (93), 2008 (112) and 2017 (54 individual cases). In the autumn, unclear 6-year cycles of recurrence of maxima of fixed individual cases of SMP are observed in 1992 (89), 1998 (109), 2004 (38), 2012 (42) and 2016 (67 individual cases).

Hence, in Zakarpattia Region, in all seasons of the year, there is significant interannual variability in the recurrence of individual cases of heavy and extreme precipitation. The most noticeable changes in recurrence were recorded in winter and summer.

As can immediately be seen from Fig. 10.2.3., the major part accounts for heavy and extreme rainfalls (81%/2526 individual cases), much less – for snowfalls (11%/333 individual cases) and wet snowfalls – (8%/245 individual cases). The differentiation of the phase state of heavy precipitation (SMP II) practically corresponds to the general picture of the ratio. However, when comparing extreme precipitation (SMP III), twice as much volume accounts for wet snowfalls (16%/74 individual cases), a little less for snowfall (12%/58 individual cases) and, certainly, the major part of it – on rains (72%/333 individual cases). Such a considerable unequal distribution of precipitation phases is due to the climatic features of Zakarpattia oblast and the predominance of synoptic processes characteristic of the warm half-year, during which even in the cold period of the year it rains quite often (Ozymko, 2020).

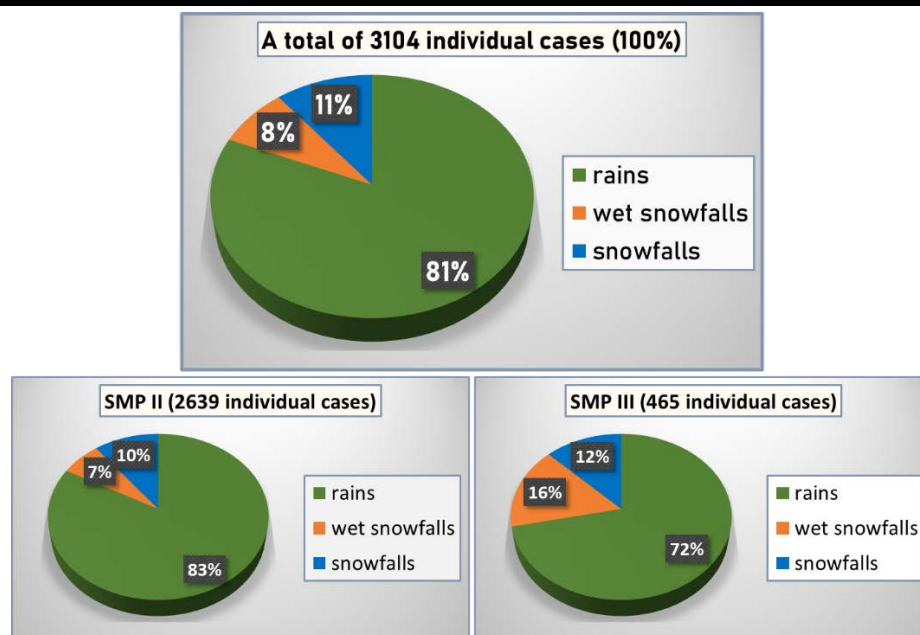


Fig. 10.2.3. The ratio of heavy and extreme precipitations in Zakarpattia Region by different phases during the period of 1990-2019 (Ozymko, 2020)

References:

1. Zvit pro naukovo-doslidnu robotu: Provedennia prostorovoho analizu tendentsii zminy chastoty ta intensyvnosti ekstremalnykh hidrometeorologichnykh yavlyshch na terytorii Ukrainy vnaslidok zminy klimatu [Report on Research Work: Conducting a Spatial Analysis of Trends in the Frequency and Intensity of Extreme Hydrometeorological Phenomena on the Territory of Ukraine due to Climate Change]. 2013. URL: <http://uhmi.org.ua/project/rvndr/extrime.pdf>. [in Ukrainian]
2. Karabiniuk M. M., Markanych Ya. V. Dynamichnist klimatychnykh umov ta suchasni tendentsii yikhnykh zmin u pivnichno-skhidnomu sektori landshaftu Chornohora (Ukrainski Karpaty) [Dynamics of Climatic Conditions and Modern Trends of Their Changes in the Northeastern Sector of the Chornohora Landscape (The Ukrainian Carpathians)]. *Pryroda Karpat: naukovyi shchorichnyk Karpatskoho biosferneho zapovidnyka ta Instytutu ekolohii Karpat* NAN Ukrainy. 2020. Vyp. №1(5) S. 58–70. [in Ukrainian]
3. Ozymko R. R. Sylni ta nadzvychaini opady u Zakarpatskii oblasti [Heavy and Extreme Precipitation in Zakarpattia Oblast]: dys. ... doktora filosofii (PhD) za spets. 103 Nauky pro Zemliu: Odesa, 2020. 207 s. [in Ukrainian]
4. Polozhennia pro poriadok skladannia ta dovedennia poperedzhen, operatyvnykh informatsii, opovishchen, donesen pro vynyknennia i rozvytok nebezpechnykh ta stykhiinykh meteorologichnykh yavlyshch I, II ta III rivniv nebezpechnosti [Regulations on the Procedure for Drawing up and Proving Warnings, Operational Information, Alerts, Reports on the Occurrence and Development of Dangerous and Spontaneous Meteorological Phenomena of the I, II and III Danger Levels]: zatv. Nakazom Ukrainskoho hidrometeorologichnoho tsentru vid 27.12.2019 № 245. Kyiv: UkrHMTs, 2019. 18 s. [in Ukrainian]
5. Semerhei-Chumachenko A. B., Ozymko R. R. Dynamika vynyknennia stykhiinykh opadiv na terytorii Zakarpatskoi oblasti z 1990 po 2019 rr. [The Dynamics of the Occurrence of Spontaneous Precipitation in Zakarpattia oblast from 1990 to 2019]. *International Academy Journal Web of Scholar*. 2020. № 5 (47). S. 23-26. [in Ukrainian]
6. Semerhei-Chumachenko A. B., Ozymko R. R. Sylni doshchi ta zlyvy u Zakarpatskii oblasti yak stykhiini meteorologichni yavlyshcha (1999-2018 rr.) [Heavy Rains and Downpours in Zakarpattia Oblast as Spontaneous Meteorological Phenomena]. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal*. 2019. № 4 (108). S. 11-17. [in Ukrainian]

7. Stykhiini meteorolohichni yavyscha na terytorii Ukrainy za ostannie dvadtsiatyrichchia (1986-2005 rr.) [Spontaneous Meteorological Phenomena on the Territory of Ukraine during the Last Twenty Years (1986-2005)]: monohrafiia / za red. V. M. Lipinskoho, V. I. Osadchoho, V. M. Babichenko. Kyiv: Nika-Tsentr, 2006. 312 s.

CHAPTER 11. FEATURES AND PLACE OF ENVIRONMENTAL EDUCATION IN OUR LIFE

(M. Vakerych, Ya. Hasynets, V. Mirutenko, M. Balazh, H. Popovych, A. Hiutler)

The ecological situation on the planet stimulates the rapid restructuring of the thinking of world society, the formation of environmental consciousness and environmental culture. In this regard, environmental education and environmental awareness-raising activities are becoming a new priority area in education. The experience of the countries of the European Union shows that based on the principles of the country's environmental policy, a high level of environmental culture and an active position of society in nature conservation activities, it is possible to improve the state of the environment (Malovanyi, 2010). However, a high level of environmental culture is impossible without an appropriate level of environmental education, which must be provided on the basis of complexity and continuity. Increasing the level of society's education based on the integration of knowledge and modernization of the entire educational space with elements of sustainable development of society is urgent. In the countries of Western Europe and Japan, systematic environmental education begins from early childhood.

Modern environmental education is a systemic component of the national education system, which functions on the basis of the current legislation on education and the National Education Development Strategy of Ukraine for the period until 2021. The focus of modern environmental education lies in harmonizing the interaction of society and nature, solving issues of environment and sustainable development of society. The goals and objectives of environmental education are determined in view of the goals and objectives of the national environmental policy.

Environmental education today is a continuous complex process of forming an environmental outlook, environmental consciousness and culture of the entire society as a whole. Its foundation consists in the acquisition of a system of knowledge about the laws of functioning, vital activity and interaction of all living beings, the role of man in preserving the environment; the process of environmental education and environmental awareness training, development of professional knowledge, skills necessary for nature protection activities (Orfanova, 2016).

In the conditions of the transition to the «New Ukrainian School», special attention is devoted to environmental education of pupils, which is expressed in one of the key competencies «Environmental Literacy and Healthy Life». In the process of acquiring this competence, the learner must be able to use natural resources wisely and rationally within the framework of sustainable development, be aware of the role of the environment for human life and health, and must develop the ability and desire to follow a healthy lifestyle (Vysotska, 2018).

In the system of continuous education, preschool education is the first step. Here preschoolers form and consolidate hygienic habits, develop the simplest practical skills, and become aware of elementary environmental issues. The key element of the system of continuous environmental education and awareness-raising activities is obviously the comprehensive school.

In primary school classes, knowledge about the surrounding natural and social environment, acquired by schoolchildren in the family circle and preschool institutions, is consolidated and developed. Attention is paid to this in such a school subject as «I Explore the World» with the involvement of tasks on environment, games, as well as some types of practical communication with nature. At this age, the foundations of environmental culture, a holistic view of nature are laid, a scientific and conservation attitude towards the natural environment is formed, the need for its protection is realized, the norms of behavior in the environment and the skills of carrying elementary environmentally competent actions are learned. This also happens within the lessons of the Native Language, Fine Arts, Music, Labor Education, etc., where this aspect reveals natural history material in a new way, enriches and helps to develop communication skills with natural objects.

Currently, in secondary school it is through subjects «Biology» and «The Fundamentals of Health» that issues of environmental education are dwelled upon. Although new integrated courses «Getting to Know Nature», «Natural Sciences», «Environment», «Health, Safety and Well-being»

are appearing in the conditions of the «New Ukrainian School», on which the main «burden» of responsibility of educating an environmentally conscious person will fall. During them «environmentalized» moral values are developed, accessible for perception of teenagers. The purpose of educating children of this age (11-14 years) is to form a positive attitude towards the environment. This also happens in the lessons of Geography, Literature, and Physics.

In senior classes, when studying such integrated courses within the framework of the «New Ukrainian School» as «Health and Environment», «Biosphere and Man», «Fundamentals of Ecology», «Human Ecology», «Nature and Culture», «Environmental Protection», the schoolers' moral orientation is consolidated and improved in their relationship with nature. Here the foundations of a dialectical understanding of the unity of nature and society are laid, yet nature protection is considered as part of the general and generally accepted human culture. At this stage, a modern worldview is formed, which is built on integrative knowledge about the surrounding world and is manifested in a responsible attitude based on the conviction of the need to protect the natural environment. The role of environmental practices is important.

Leading experts in school pedagogy are of the opinion that the teacher responsible for environmental education of pupils should always be aware of the super-task: the competence of the school graduate should correspond to the latest scientific achievements, which are closely correlated with environmental culture, with its humanistically integrated economic, legal, moral, aesthetic and practical attitude of man to nature.

It is important that school graduates enter adulthood with stable values of a careful attitude towards the environment. At the same time, the emphasis is put on understanding that their activity is indeed connected not only with the personal well-being and the well-being of their loved ones, but also with the whole of humanity.

The level of development of modern education in general and environmental education in particular depends on the introduction of new original and innovative methods and techniques of teaching and upbringing. This includes the widespread and continuous computerization of environmental education in schools. It is also necessary to proceed with the introduction of extracurricular activities, for example, «environmental summer camps» or starting with project lessons such as «Forest is my friend», «Nature and Art», etc. in primary school (Vakerych, 2023).

Environmental education is an organic and priority part of the entire education system, which gives it a new quality, which forms a different attitude not only to nature, but also to society and man.

Environmentalization of education means the formation of a new worldview and a new approach to activity based on the formation of noospheric humanitarian and ecological values (Lovas, 2023).

Appropriate school education and upbringing, their modernity and advancement depend primarily on the orientation and quality of the teacher's professional training. Admittedly, the formation of a proper attitude towards the surrounding world is primarily connected with imitating those patterns and attitudes that are characteristic of people from the child's immediate environment. Parents, as well as teachers, provide the child with the first example of morality.

References:

1. Lovas P.S., Mirutenko V.V., Roshko V.H., Vakerych M.M. (2023). Aktualni aspekty zmistu biolohichnykh dystsyplin ta innovatsiini metodyky y tekhnolohii yikh navchannia i vykladannia v zakladakh vyshchoi osvity Ukrainy. Akademichni Vizii, 19. DOI: 10.5281/zenodo.7781714.
2. Malovanyi M.S. Formuvannia ekolohichnoi svidomosti ta yii rol v zabezpechenni ekolohichnoi bezpeky // Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia. 2010, #2. pp. 68–75.
3. Orfanova M.M., Orfanova M.M., Yatsyshyn T.M., Rybak O.I. Innovatsiini tekhnolohii u formuvanni tryrivnevoi ekolohichnoi osvity // Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu im. V.N. Karazina. Serii «Ekolohiia». 2016, #14. pp.98–101.

4. Vakerych M., Shvartau V., Hasynets Ya., Felbaba-klushyna L., Petrosova V. Shliakhy formuvannia ekolohichno osvichenoho suspilstva v systemi osvity Ukrainy // Materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Navkolyshnie seredovyshche dlia maibutnoho cherez naukovu osvitu» Proceedings of the International scientific practical conference «Environment for the Future by Scientific Education» 1-2, June, 2023, Uzhhorod, Ukraine. – p. 12.
5. Vysotska O.Ye. Formuvannia rozvyvalnoho osvitnoho seredovyshcha uchnia na zasadakh osvity dlia staloho rozvytku zasobamy predmetiv pryrodnychoho tsyклу // Zbirnyk naukovykh prats vseukrainskoho kruhloho stolu (12.03.2018, Poltava) / Tekhnolohii intehratsii zmistu osvity. 2018. #10. pp. 109–116.

ДОДАТКИ

Додаток 1

ПЕРЕЛІК ВИДІВ СУДИННИХ РОСЛИН ФЛОРИ ЗАКАРПАТТЯ, ВНЕСЕНИХ ДО ЧЕРВОНОЇ КНИГИ УКРАЇНИ (2009)

1.	<i>Aconitum jacquinii</i> Reichenb. (<i>A. anthora</i> L. subsp. <i>jacquinii</i> (Reichenb. ex Bbeck) Domin; <i>A. anthora</i> L. s.l.) Аконіт Жакена
2.	<i>Aconitum lasiocarpum</i> (Rchb.) Gáyer Аконіт опушеноплодий
3.	<i>Agrostis rupestris</i> All. Мітлиця скельна
4.	<i>Allium ursinum</i> L. subsp. <i>ucrainicum</i> Kleopov et Oxner Цибуля ведмежа українська
5.	<i>Anacamptis coriophora</i> (L.) R.M. Bateman, A.M. Pridgeon et M.W. Chase (<i>Orchis coriophora</i> L.) Плодоріжка блощичний
6.	<i>Anacamptis laxiflora</i> (Lam.) R.M. Bateman, A.M. Pridgeon et M.W. Chase (<i>Orchis laxiflora</i> Lam.) Плодоріжка рідкокріткова
7.	<i>Anacamptis morio</i> (L.) R.M. Bateman, A.M. Pridgeon et M.W. Chase (<i>Orchis morio</i> L.) Плодоріжка салеповий
8.	<i>Anacamptis palustris</i> (Jacq.) R.M. Bateman, A.M. Pridgeon et M.W. Chase (<i>Orchis palustris</i> Jacq. = <i>O. laxiflora</i> Lam. subsp. <i>palustris</i> (Jacq.) Bonnier et Layens) Плодоріжка болотна
9.	<i>Anemone narcissiflora</i> L. (incl. <i>A. laxa</i> (Ulbr.) Juz.) Анемона нарцисоквіта
10.	<i>Antennaria carpatica</i> (Wahlenb.) Bluff et Fingerh. Котячі лапки карпатські
11.	<i>Anthemis carpatica</i> Waldst. et Kit. ex Willd. Роман карпатський
12.	<i>Aquilegia nigricans</i> Baumg. Орлики чорніючі
13.	<i>Aquilegia transsilvanica</i> Schur Орлики трансильванські
14.	<i>Asplenium adiantum-nigrum</i> L. Аспленій чорний
15.	<i>Aster alpinus</i> L. Айстра альпійська
16.	<i>Astragalus krajinae</i> Domin (<i>Astragalus australis</i> (L.) Lam. subsp. <i>krajinae</i> (Domin) Dost.) Астрагал Крайни
17.	<i>Atropa bella-donna</i> L. Белладонна звичайна
18.	<i>Bellardiochloa violacea</i> (Bell.) Chiov. Белардіохлоа фіолетова
19.	<i>Betula obscura</i> A.Kotula Бере́за темна
20.	<i>Biscutella laevigata</i> L. (incl. <i>B. laevigata</i> L. subsp. <i>austriaca</i> Jord.) Mach.-Laur., <i>B. laevigata</i> L. subsp. <i>hungarica</i> Soó) Очки гладенькі
21.	<i>Botrychium lunaria</i> (L.) Sw. in Schrad Гронянка півмісяцева, ключ-трава
22.	<i>Botrychium matricariifolium</i> (A. Braun ex Döll) W.D.J. Koch Гронянка ромашколиста
23.	<i>Botrychium multifidum</i> (S.G. Gmel.) Rupr.

	Гронянка багатороздільна
24.	<i>Vupleurum ranunculoides</i> L. Ласкавець жовтецевий
25.	<i>Vupleurum tenuissimum</i> L. Ласкавець тонкий
26.	<i>Callianthemum coriandrifolium</i> Reichenb. Рутовик коріандролистий
27.	<i>Campanula carpatica</i> Jacq. Дзвоники карпатські
28.	<i>Campanula kladniana</i> (Schur) Witasek Дзвоники Кладна
29.	<i>Carduus collinus</i> Waldst. et Kit. Будяк горбковий
30.	<i>Carex bicolor</i> All. Осока двоколірна
31.	<i>Carex bohemica</i> Schreb. Осока богемська
32.	<i>Carex buxbaumii</i> Wahlenb. Осока Буксбаума
33.	<i>Carex davalliana</i> Smith Осока Девелла
34.	<i>Carex fuliginosa</i> Schkuhr Осока темно-бура
35.	<i>Carex lachenalii</i> Schkuhr. (<i>C. tripartita</i> All.) Осока Ляхеналія
36.	<i>Carex pauciflora</i> Lightf. Осока малоквіткова
37.	<i>Carex rupestris</i> All. Осока скельна
38.	<i>Carex strigosa</i> Huds. Осока щетиниста
39.	<i>Carex umbrosa</i> Host Осока затінкова
40.	<i>Carex vaginata</i> Tausch Осока піхвова
41.	<i>Cephalanthera damasonium</i> (Mill.) Druce Булатка великоквіткова
42.	<i>Cephalanthera longifolia</i> (L.) Fritsch Булатка довголиста
43.	<i>Cephalanthera rubra</i> (L.) Rich. it. Булатка червона
44.	<i>Chamaecytisus albus</i> (Hacq.) Roth. Зіновать біла
45.	<i>Chamaecytisus podolicus</i> (Blocki) Klášková Зіновать подільська
46.	<i>Chamaecytisus rochelii</i> (Wierzb.) Rothm. Зіновать Рошеля
47.	<i>Coeloglossum viride</i> (L.) C.Hartm. Язичок зелений
48.	<i>Colchicum autumnale</i> L. Пізньоцвіт осінній
49.	<i>Conioselinum vaginatum</i> (Spreng.) Thell. Свистуля татарська
50.	<i>Corallorhiza trifida</i> Chatel. Коральковець тричінадрізаний

51.	<i>Crepis jaquinii</i> Tausch Скереда Жакена
52.	<i>Crocus banaticus</i> J. Gay Шафран банатський
53.	<i>Crocus heuffelianus</i> Herb. (<i>C. vernus</i> (L.) Hill subsp. <i>vernus</i>) Шафран Гейфеля
54.	<i>Cypripedium calceolus</i> L. Зозулині черевички справжні
55.	<i>Cystopteris alpina</i> (Lam.) Desv. (<i>C. regia</i> auct. non (L.) Desv.; <i>C. fragilis</i> (L.) Bernh. subsp. <i>alpina</i> (Wulf.) Desv.) Міхурниця альпійська
56.	<i>Cystopteris montana</i> (Lam.) Bernh. ex Desv. Міхурниця гірська
57.	<i>Cystopteris sudetica</i> A. Braun et Milde Міхурниця судетська
58.	<i>Dactylorhiza cordigera</i> (Fries) Soó Пальчатокорінник серценосний
59.	<i>Dactylorhiza fuchsii</i> (Druce) Soó subsp. <i>fuchsii</i> (<i>D. longibracteata</i> (F.W. Schmidt) Holub subsp. <i>fuchsii</i>) Пальчатокорінник Фукса
60.	<i>Dactylorhiza incarnata</i> (L.) Soó subsp. <i>incarnata</i> Пальчатокорінник м'ясочервоний типовий
61.	<i>Dactylorhiza maculata</i> (L.) Soó Пальчатокорінник плямистий
62.	<i>Dactylorhiza majalis</i> (Reichenb.) P.F. Hunt et Summerhayes Пальчатокорінник травневий
63.	<i>Dactylorhiza sambucina</i> (L.) Soó Пальчатокорінник бузиновий
64.	<i>Dactylorhiza traunsteineri</i> (Sout. ex Rchb.) Soó Пальчатокорінник Траунштейнера
65.	<i>Delphinium elatum</i> L. (incl. <i>D. nacladense</i> Zapal. <i>D. elatum</i> L. subsp. <i>nacladense</i> (Zapal.) Holub) Дельфіній високий
66.	<i>Dichodon cerastoides</i> (L.) Reichenb. Рогачка роговикова
67.	<i>Dictamnus albus</i> L. Ясенець білий
68.	<i>Diphasiastrum alpinum</i> (L.) Holub Діфазіаструм альпійський
69.	<i>Diphasiastrum complanatum</i> (L.) Holub Діфазіаструм сплюснутий
70.	<i>Diphasiastrum issleri</i> (Rouy) Holub (<i>D. complanatum</i> (L.) Holub subsp. <i>issleri</i> (Rouy) Jermy) Діфазіаструм Ісслера
71.	<i>Doronicum clusii</i> (All.) Tausch (<i>D. clusii</i> subsp. <i>villosum</i> (Tausch) Vierh.; <i>D. stytiacum</i> (Vill.) Dalla Torre) Сугайник Клузія
72.	<i>Doronicum hungaricum</i> (Sadl.) Reichenb. fil. Сугайник угорський
73.	<i>Draba aizoides</i> L. Крупка айзовидна
74.	<i>Dryas octopetala</i> L. Дріада восьмипелюсткова
75.	<i>Echinops exaltatus</i> Schrad. Головатень високий
76.	<i>Eleocharis carniolica</i> W.D.J. Koch Ситняг карніолійський

77.	<i>Eleocharis multicaulis</i> (Smith) Desv. Ситняг багатостебловий
78.	<i>Epipactis albensis</i> Nováková et Rydlo Коручка ельбська
79.	<i>Epipactis atrorubens</i> (Hoffm. ex Bernh.) Bess. Коручка темночервона
80.	<i>Epipactis helleborine</i> (L.) Crantz Коручка чемерникова
81.	<i>Epipactis microphylla</i> (Ehrh.) Sw. Коручка дрібнолиста
82.	<i>Epipactis palustris</i> (L.) Crantz Коручка болотна
83.	<i>Epipactis purpurata</i> Smith Коручка пурпурова
84.	<i>Epipogium aphyllum</i> Sw. Надбородник безлистий
85.	<i>Erigeron alpinus</i> L. Злинка альпійська
86.	<i>Erythronium dens-canis</i> L. Еритроній собачий зуб
87.	<i>Festuca drymeja</i> Mert. et Koch Костриця гірська
88.	<i>Festuca heterophylla</i> Lam. Костриця різнолиста
89.	<i>Festuca porcii</i> Hack. Костриця Порціуса
90.	<i>Festuca saxatilis</i> Schur (<i>F. rupicola</i> Heuffel subsp. <i>saxatilis</i> (Schur) Rauschert) Костриця скельна
91.	<i>Fraxinus ornus</i> L. Ясен білоцвітний
92.	<i>Fritillaria meleagris</i> L. Рябчик шаховий
93.	<i>Galanthus nivalis</i> L. Підсніжник білосніжний
94.	<i>Genista oligosperma</i> (Andrae) Simonk. (<i>G. tinctoria</i> (L.) subsp. <i>oligosperma</i> (Andrae) Prodan) Дрік малонасінний
95.	<i>Genistella sagittalis</i> (L.) Gams (<i>Chamaespartium sagittale</i> (L.) P. Gibbs) Дрочок крилатий
96.	<i>Gentiana acaulis</i> L. Тирлич безстебловий
97.	<i>Gentiana laciniata</i> Kit. ex Kanitz Тирлич роздільний
98.	<i>Gentiana lutea</i> L. Тирлич жовтий
99.	<i>Gentiana nivalis</i> L. Тирлич сніговий
100.	<i>Gentiana punctata</i> L. Тирлич крапчастий
101.	<i>Gentiana verna</i> L. Тирлич весняний
102.	<i>Gladiolus imbricatus</i> L. Косарики черепитчасті
103.	<i>Gladiolus palustris</i> Gaudin (Boros,) Косарики болотні
104.	<i>Goodyera repens</i> (L.) R. Br.

	Гудайєра повзуча
105.	<i>Gymnadenia conopsea</i> (L.) R.Br. subsp. <i>conopsea</i> Билинець комарниковий
106.	<i>Gymnadenia densiflora</i> (Wahlenb) A. Dietr. (<i>G. conopsea</i> (L.) R. Br. subsp. <i>densiflora</i> (Wahlenb) К. Richt Билинець щільноквітковий
107.	<i>Gymnadenia odorattissima</i> (L.) Rich. Билинець найзапашніший
108.	<i>Hammarbya paludosa</i> (L.) O. Kuntze Хамарбія болотна
109.	<i>Hedysarum hedysaroides</i> (L.) Schinz et Thell. Солодушка гірська
110.	<i>Herminium monorchis</i> (L.) R. Br. Бровник однобульбовий
111.	<i>Hyperzia selago</i> (L.) Bernh. ex Schrank et C. Mart. Баранець звичайний
112.	<i>Iris pseudocyperus</i> Schur (<i>I. graminea</i> L. subsp. <i>pseudocyperus</i> (Schur) Soó) Півники несправжньосмикавцеві
113.	<i>Iris sibirica</i> L. Півники сибірські
114.	<i>Jovibarba hirta</i> (L.) Opiz. (<i>J. hirta</i> (L.) Opiz. subsp. <i>pressiana</i> (Domin) Soo; <i>J. preissiana</i> (Domin) Omelcz. et Czopik) Борідник шерстистоволосистий
115.	<i>Juncus bulbosus</i> L. Ситник бульбистий
116.	<i>Juncus subnodulosus</i> Schrank Ситник тупопелюстковий
117.	<i>Larix polonica</i> Racib. (<i>L. decidua</i> Mill. subsp. <i>polonica</i> (Racib.) Domin) Модрина польська
118.	<i>Lathyrus laevigatus</i> (Waldst. et Kit.) Gren. Чина гладенька
119.	<i>Lathyrus transsylvanicus</i> (Spreng.) Reichenb. fil. Чина трансільванська
120.	<i>Leontopodium alpinum</i> Cass. Білотка альпійська, шовкова косиця
121.	<i>Leucanthemella serotina</i> (L.) Tzvel. Леукантемела пізня
122.	<i>Leucojum aestivum</i> L. Білоцвіт літній
123.	<i>Leucojum. vernum</i> L. subsp. <i>carpathicum</i> (Spring.) O. Schwarz Білоцвіт весняний карпатський
124.	<i>Ligularia sibirica</i> (L.) Cass. Язичник сибірський
125.	<i>Lilium martagon</i> L. Лілія лісова
126.	<i>Liparis loeselii</i> (L.) Rich. Жировик Лезеля
127.	<i>Listera cordata</i> (L.) R. Br. Зозулині сльози серцелисті
128.	<i>Listera ovata</i> (L.) R. Br. Зозулині сльози яйцевидні
129.	<i>Lloydia serotina</i> (L.) Reichenb. Ллойдія пізня
130.	<i>Loiseleuria procumbens</i> (L.) Desv. Наскельниця лежача

131.	<i>Lonicera caerulea</i> L. Жимолость голу́ба
132.	<i>Ludwigia palustris</i> (L.) Elliott Людві́гія боло́тна
133.	<i>Lunaria rediviva</i> L. Луна́рія ожива́юча
134.	<i>Lycopodiella inundata</i> (L.) Holub Лікопо́дієлла за́плавна
135.	<i>Lycopodium annotinum</i> L. Плау́н рі́чний
136.	<i>Malaxis monophyllos</i> (L.) Sw. Малаксис одноли́стий
137.	<i>Marsilea quadrifolia</i> L. Марси́лія чо́тирили́ста
138.	<i>Minuartia pauciflora</i> (Kit. ex Kanit) Dvorakova (<i>M. zarecznyi</i> (Zapał.) Klovov, <i>M. verna</i> auct. non (L.) Hierst., <i>M. gerardii</i> auct. non (Willd.) Hayek) Мі́нуарція́ рідко́кві́ткова
139.	<i>Muscari botryoides</i> Mill. (incl. <i>M. transsilvanicum</i> Schur; <i>M. botryoides</i> (L.) Mill. subsp. <i>transsilvanicum</i> (Schur) Soó) Га́дюча цибу́лька гронопо́ді́бна
140.	<i>Narcissus angustifolius</i> Curt. (<i>N. poeticus</i> L. subsp. <i>angustifolius</i> (Curt.) Asch. et Graebn.; <i>N. poeticus</i> L. subsp. <i>radiiflorus</i> (Salisb.) Backer) На́рцис вузько́листий
141.	<i>Neotinea ustulata</i> (L.) R.M. Bateman, A.M. Pridgeon et M.W. Chase (<i>Orchis ustulata</i> L.) Нео́ті́нея об́пале́на
142.	<i>Neottia nidus-avis</i> (L.) Rich. Гні́здівка зви́чайна
143.	<i>Nymphoides peltata</i> (S.G. Gmel.) O. Kuntze Пла́вун щито́листий
144.	<i>Orchis mascula</i> (L.) L. subsp. <i>mascula</i> Зо́зули́нець чо́лові́чий
145.	<i>Orchis militaris</i> L. Зо́зули́нець шоломо́носний
146.	<i>Orchis pallens</i> L. Зо́зули́нець блі́дий
147.	<i>Orchis purpurea</i> Huds. Зо́зули́нець пу́рпуровий
148.	<i>Orchis signifera</i> Vest. (<i>Orchis mascula</i> L. subsp. <i>signifera</i> (Vest) Soó) Зо́зули́нець прикра́шений
149.	<i>Oreochloa disticha</i> (Wulf.) Link Го́рянка дво́рядна
150.	<i>Ornithogalum boucheanum</i> (Kunth) Aschers. Ря́стка Бу́ше
151.	<i>Oxycoccus microcarpus</i> Turcz. ex Rupr. (<i>Vaccinium microcarpum</i> (Turcz. ex Rupr.) Schmalh. Жу́равли́на дрі́бноплі́дна
152.	<i>Oxuria digyna</i> (L.) Hill Ки́сличник дво́стовпчи́ковий
153.	<i>Pedicularis sylvatica</i> L. Шоло́дивник лі́совий
154.	<i>Pinguicula alpina</i> L. Товста́нка альпі́йська
155.	<i>Pinguicula vulgaris</i> L. Товста́нка зви́чайна
156.	<i>Pinus cembra</i> L. Сосна ке́дрова, сосна європе́йська

157.	<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich. subsp. <i>laxiflora</i> (Drejer) Løjtnant (<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rich.) Любка рідкоквіткова
158.	<i>Platanthera chlorantha</i> (Cust.) Reichenb. Любка зеленоквіткова
159.	<i>Primula farinosa</i> L. Первоцвіт борошністий
160.	<i>Primula halleri</i> J.F. Gmel. Первоцвіт Галлера
161.	<i>Primula minima</i> L. Первоцвіт дрібний
162.	<i>Pseudorchis albida</i> (L.) Á. Löve et D. Löve (<i>Leucorchis albida</i> (L.) E. Mey.) Псевдорхіс білуватий
163.	<i>Ptarmica lingulata</i> (Waldst. & Kit.) DC. (<i>Achillea lingulata</i> Waldst. & Kit.) Чихавка язиколиста
164.	<i>Ptarmica tenuifolia</i> (Schur) Schur (<i>Achillea oxiloba</i> (DC.) Schultz Bip. subsp. <i>schurii</i> (Schultz Bip.) Heimerl.; <i>A. schurii</i> Schultz Bip.) Чихавка тонколиста
165.	(<i>Pulsatilla scherfelii</i> (Ullep.) Skalicky (<i>P. alba</i> Reichb.) Сон білий
166.	<i>Quercus cerris</i> L. Дуб бургундський, дуб чимбарний
167.	<i>Ranunculus thora</i> L. (<i>R. tatrae</i> Borb.) Жовтець Тора
168.	<i>Rhodiola rosea</i> L. Родіола рожева
169.	<i>Rhododendron myrtifolium</i> Schott et Kotschy (<i>R. kotschyi</i> Simonk.) Рододендрон миртолистий
170.	<i>Salix alpina</i> Scop. Верба альпійська
171.	<i>Salix herbacea</i> L. Верба трав'яна
172.	<i>Salix retusa</i> L. (<i>S. retusa</i> L. subsp. <i>kitaibeliana</i> (Willd.) Reichb.; <i>S. kitaibeliana</i> Willd.) Верба туполиста
173.	<i>Salix starkeana</i> Willd. Верба Старке
174.	<i>Salvinia natans</i> (L.) All. Сальвінія плаваюча
175.	<i>Saussurea alpina</i> (L.) DC. Сосюрея альпійська
176.	<i>Saussurea porcii</i> Degen Сосюрея Порца
177.	<i>Saxifraga aizoides</i> L. Ломикамінь аїзовидний
178.	<i>Saxifraga androsacea</i> L. Ломикамінь переломниковий
179.	<i>Saxifraga bryoides</i> L. Ломикамінь моховидний
180.	<i>Saxifraga bulbifera</i> L. Ломикамінь бульбоносний
181.	<i>Saxifraga carpatica</i> Sternb. Ломикамінь карпатський
182.	<i>Saxifraga pedemontana</i> All. subsp. <i>cymosa</i> Engler (<i>S. cymosa</i> Waldst. et Kit.) Ломикамінь півзонтиковий
183.	<i>Scheuchzeria palustris</i> L. Шейхцерія болотна

184.	<i>Schoenus ferrugineus</i> L. Сашник іржавий
185.	<i>Scopolia carniolica</i> Jacq. Скополія карніолійська
186.	<i>Securigera elegans</i> (Pančič.) Lassen (<i>Coronilla elegans</i> Pančič; <i>C. latifolia</i> (Hazsl.) Jáv.) В'язіль стрункий
187.	<i>Sedum antiquum</i> Omelcz. et Zaverucha Очиток давній
188.	<i>Selaginella helvetica</i> (L.) Spring Селягінелла швейцарська
189.	<i>Selaginella selaginoides</i> (L.) C. Mart. Селягінелла плауноподібна
190.	<i>Sempervivum marmoreum</i> Griseb. (<i>S. schlehanii</i> Schott) Молодило мармурове
191.	<i>Sempervivum montanum</i> L. (incl. <i>S. montanum</i> L. subsp. <i>carpaticum</i> Wettst. ex Hayek) Молодило гірське карпатське
192.	<i>Senecio carpathicus</i> Herbich (<i>S. abrotanifolius</i> L. subsp. <i>carpathicus</i> (Herbich) Nyman) Жовтозілля карпатське
193.	<i>Silene viridiflora</i> L. Смілка зеленоквіткова
194.	<i>Sorbus torminlis</i> (L.) Crantz Берека
195.	<i>Sparganium angustifolium</i> Michx. (<i>S. affinae</i> Schnizl.) Їжача голівка вузьколиста
196.	<i>Spirantes spiralis</i> (L.) Chevall. Скрученик спіральний
197.	<i>Staphylea pinnata</i> L. Клокичка периста
198.	<i>Stipa transcarpatica</i> Klok. (<i>S. crassiculmis</i> P. Smirnov subsp. <i>euroanatolica</i> Martinovský; <i>S. pulcherrima</i> agg.) Ковила закарпатська
199.	<i>Succisella inflexa</i> (Kluk) G. Beck Комонничок зігнутий
200.	<i>Swertia perennis</i> L. (incl. <i>S. alpestris</i> Baumg. ex Fuss, <i>S. perennis</i> L. subsp. <i>alpestris</i> (Baumg. ex Fuss) Simonk.) Сверція багаторічна
201.	<i>Syringa josikaea</i> Jacq. fil. Бузок східнокарпатський
202.	<i>Taxus baccata</i> L. Тис ягідний
203.	<i>Trapa natans</i> L. Водяний горіх плаваючий
204.	<i>Traunsteinera globosa</i> (L.) Reichenb. Траунштейнера куляста
205.	<i>Trifolium badium</i> Schreb. Конюшина коричнева
206.	<i>Trifolium rubens</i> L. Конюшина червонувата
207.	<i>Utricularia australis</i> R. Br. (<i>U. neglecta</i> Lehm.) Пухирник південний
208.	<i>Utricularia bremii</i> Heer Пухирник Брема
209.	<i>Utricularia minor</i> L. Пухирник малий
210.	<i>Veronica aphylla</i> L.

	Вероніка безлиста
211.	<i>Veronica bellidioides</i> L. Вероніка стокроткова
212.	<i>Veronica fruticans</i> Jacq. Вероніка куциста
213.	<i>Viola alba</i> Besser Фіалка біла
214.	<i>Waldsteinia geoides</i> Willd. Вальдштейнія гравілатоподібна
215.	<i>Woodsia alpina</i> (Bolt.) S. F. Gray. Вудсія альпійська
216.	<i>Woodsia ilvensis</i> (L.) R.Br. Вудсія ельбська

Додаток 2

**ПЕРЕЛІК ВИДІВ СУДИННИХ РОСЛИН, ЩО ПІДЛЯГАЮТЬ ОСОБЛИВІЙ
ОХОРОНІ НА ТЕРИТОРІЇ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ
(затверджений рішенням Закарпатської обласної ради від 28.05.2015 р., № 1263)**

1.	<i>Achillea pannonica</i> Scheele Деревій паннонський
2.	<i>Achillea setacea</i> Waldst. et Kit. Деревій щетинистий
3.	<i>Acinos alpinus</i> (L.) Moench subsp. <i>baumgartenii</i> (Simk.) Pawł. (<i>Acinos baumgartenii</i> (Simk.) Klok.) Щебрушка альпійська Баумгартена
4.	<i>Aconitum bucovinense</i> Zapał. Аконіт буковинський
5.	<i>Aconitum</i> x <i>czarnohorensse</i> (Zapał.) Mitka Аконіт чорногірський
6.	<i>Aconitum degenii</i> Gáyer (<i>A. paniculatum</i> Lam. nom illeg.) Аконіт Дегена
7.	<i>Aconitum firmum</i> Rchb. subsp. <i>firmum</i> Аконіт міцний типовий
8.	<i>Aconitum firmum</i> Rchb. subsp. <i>fissurae</i> Nyárády (<i>A. romanicum</i> Wołoszcz.) Аконіт міцний вузьколистий
9.	<i>Aconitum</i> x <i>gayeri</i> Starmühl. Аконіт Гайєра
10.	<i>Aconitum gracile</i> Reichenb. (<i>A. variegatum</i> L. subsp. <i>gracile</i> (Rchb.) Gayer) Аконіт стрункий
11.	<i>Aconitum hosteanum</i> Schur (<i>A. moldavicum</i> Hacq. subsp. <i>hosteanum</i> (Schur) Graebn. et P. Graebn.) Аконіт Госта
12.	<i>Aconitum lasiocarpum</i> (Rchb.) Gáyer subsp. <i>kotulae</i> (Pawł.) Starmühl. et Mitka Аконіт шерстистовустиий Котули
13.	<i>Aconitum</i> x <i>nanum</i> (Baumg.) Simonk. Аконіт маленький
14.	<i>Adenophora liliifolia</i> (L.) A. DC. Аденофора лілієлиста
15.	<i>Aegonychon purpureocaeruleum</i> (L.) Holub (<i>Buglossoides purpureocaerulea</i> (L.) I.M. Johnston; <i>Lithospermum purpureo-caeruleum</i> L.) Егоніхон фіолетово-голубий
16.	<i>Agrostemma githago</i> L. Кукіль звичайний
17.	<i>Aira elegans</i> Willd. ex Gaudin (<i>A. capillaris</i> Host non al, <i>A. elegantissima</i> Schur) Аїра витончена

18.	<i>Alchemilla babiogorensis</i> Pawł. Приворотень баб'єгірський
19.	<i>Alchemilla baltica</i> Sam. ex Juz. Приворотень балтійський
20.	<i>Alchemilla cymatophylla</i> Juz. Приворотень хвилястолистий
21.	<i>Alchemilla deylii</i> Plocek Приворотень Дейла
22.	<i>Alchemilla firma</i> Buser Приворотень міцний
23.	<i>Alchemilla hoverlensis</i> M. Pawlus et O. Lovelius Приворотень говерляньськмий
24.	<i>Alchemilla incisa</i> Buser Приворотеньнадрізаний
25.	<i>Alchemilla obtusa</i> Buser Приворотень притуплений
26.	<i>Alchemilla pseudoincisa</i> Pawł. Приворотень несправжньонадрізаний
27.	<i>Alchemilla reniformis</i> Buser Приворотень нирковидний
28.	<i>Alchemilla walasii</i> Pawł. Приворотень Валаса
29.	<i>Alkanna tinctoria</i> (L.) Tausch (Bucek) Алкана красильна
30.	<i>Allium angulosum</i> L. Цибуля гранчаста
31.	<i>Anchusa barrelieri</i> (All.) Vitm. Воловик Баррельє
32.	<i>Andromeda polifolia</i> L. Андромеда багатолиста
33.	<i>Anthyllis alpestris</i> Reichenb. (<i>A. vulneraria</i> L. subsp. <i>alpestris</i> (Kit. ex Schult.) Aschers. et Graebn.; <i>A. calcicola</i> (Schur) Schur) Заяча конюшина альпійська
34.	<i>Arabis sudetica</i> Tausch (<i>A. allionii</i> DC.) Гусимець судетський
35.	<i>Arenaria leptoclados</i> (Reichenb.) Guss. subsp. <i>leptoclados</i> (<i>A. serpyllifolia</i> L. subsp. <i>leptoclados</i> (Reichenb.) Guss.) Піщанка тонкостеблова
36.	<i>Arenaria tenella</i> Kit. in Schul. (<i>A. ciliata</i> L.) Піщанка ніжна
37.	<i>Asparagus officinalis</i> L. Холодок лікарський
38.	<i>Asplenium</i> x <i>alternifolium</i> Wulfen Аспленій черговолистий
39.	<i>Avenula pubescens</i> (Hudson) Dumort. subsp. <i>laevigata</i> (Schur) Holub (<i>Avenastrum laevigatum</i> Schur) Вівсик пухнастий гладенький
40.	<i>Bartsia alpina</i> L. Бартсія альпійська
41.	<i>Batrachium circinatum</i> (Sibth.) Spas Водяний жовтець завитий, мочалка округла
42.	<i>Batrachium rhipiphyllum</i> (Bast. ex Boreau) Dumort (<i>B. floribundum</i> (Bab.) Dumort; <i>Ranunculus peltatus</i> Schrank) Водяний жовтець щитовий
43.	<i>Batrachium trichophyllum</i> (Chaix) Bosch

	Водяний жовтець волосистий
44.	<i>Beckmannia eruciformis</i> (L.) Host Бекманія звичайна
45.	<i>Bifora radians</i> M. Bieb. Біфора промениста
46.	<i>Bromopsis ramosa</i> (Huds.) Holub (<i>Bromus ramosa</i> Huds.) Стоколос гіллястий
47.	<i>Vupleurum longifolium</i> L. subsp. <i>vapincense</i> (Vill.) Todor (<i>B. vapincense</i> Vill.) Ласкавець фіолетовий
48.	<i>Vupleurum rotundifolium</i> L. Ласкавець круглолистий
49.	<i>Buschia lateriflora</i> (DC.) Ovcz. Бушія бокоцвіта
50.	<i>Calamagrostis canescens</i> (Web.) Roth Куничник сіруватий
51.	<i>Calla palustris</i> L. Образки болотні
52.	<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull Вереск звичайний
53.	<i>Campanula glomerata</i> L. subsp. <i>farinosa</i> (Andrz.) Kirschl. Дзвоники скупчені мучнисті
54.	<i>Campanula glomerata</i> L. subsp. <i>subcapitata</i> (Popov) Fed. Дзвоники скупчені майжеголовчасті
55.	<i>Campanula rapunculus</i> L. Дзвоники ріпчасті
56.	<i>Cardamine parviflora</i> L. Жеруха дрібноцвіта
57.	<i>Cardaminopsis neglecta</i> (Schult.) Hayek Кардамінопсис занедбаний
58.	<i>Carex appropinquata</i> Schum. Осока зближена
59.	<i>Carex diandra</i> Schrank. Осока двотичинкова
60.	<i>Carex dioica</i> L. Осока двудомна
61.	<i>Carex disticha</i> Huds. Осока дворядна
62.	<i>Carex hartmanii</i> Cajand. Осока Гартмана
63.	<i>Carex humilis</i> Leyss. Осока низька
64.	<i>Carex limosa</i> L. Осока багнова
65.	<i>Carex praecox</i> Schreber subsp. <i>curvata</i> (Knaf.) Kük. Осока рання зігнута
66.	<i>Carex rhizina</i> Blytt ex Lindbl. (<i>C. pediformis</i> C.A. Meyer subsp. <i>rhizodes</i> (Blytt) H. Lindb.) Осока кореневищна
67.	<i>Catabrosa aquatica</i> (L.) Beauv. Катаброза водяна
68.	<i>Centaurea kotschyana</i> Heufel ex Koch Волошка східнокарпатська
69.	<i>Centaurea melanocalathia</i> Borbás (<i>C. phrygia</i> L. subsp. <i>melanocalathia</i> (Borbás) Dostál) Волошка чорноголова
70.	<i>Centaurea stricta</i> Waldst. et Kit. (<i>C. triumfetti</i> All. subsp. <i>stricta</i> (Waldst. et Kit.) Dostál) Волошка стиснута

71.	<i>Cerastium eriophorum</i> Kit. in Schult. (<i>C. lanatum</i> auct. non Lam.; <i>C. alpinum</i> subsp. <i>lanatum</i> auct. non (Lam.) Asch. et Graebn.) Роговик вовнистий
72.	<i>Cerastium pumilum</i> Curt. Роговик низький
73.	<i>Cerastium sylvaticum</i> Waldst. et Kit. Роговик лісовий
74.	<i>Cerastium tauricum</i> Spreng. (<i>C. brachypetalum</i> Pers. subsp. <i>tauricum</i> (Spreng.) Murb.) Роговик кримський
75.	<i>Cerastium tenoreanum</i> Ser. (<i>C. brachypetalum</i> Pers. subsp. <i>tenoreanum</i> (Ser.) Soó) Роговик Тенора
76.	<i>Cerasus fruticosa</i> (Pall.) Woronow (<i>Prunus fruticosa</i> Pall.) Вишня степова
77.	<i>Chamaecytisus elongatus</i> (Waldst. et Kit.) Tzvel. Зіновать протягнута
78.	<i>Chamaecytisus ratisbonensis</i> (Schaeff.) Rothm. Зіновать регенсбурзька
79.	<i>Chamaecytisus triflorus</i> (Lam.) Skalický Зіновать триквіткова
80.	<i>Chimaphila umbellata</i> (L.) W. Barton Зимолюбка зонтична
81.	<i>Chrysosplenium alpinum</i> Schur Жовтяниця альпійська
82.	<i>Cicuta virosa</i> L. Цикута отруйна
83.	<i>Cimicifuga europaea</i> Schipcz. Клопогін європейський
84.	<i>Clematis recta</i> L. Ломиніс прямий
85.	<i>Knidium dubium</i> (Schkuhr) Thell. Стожильник сумнівний
86.	<i>Comarum palustre</i> L. (<i>Potentilla palustris</i> (L.) Scop.) Вовче тіло звичайне
87.	<i>Convolvulus cantabrica</i> L. Березка кантабрійська
88.	<i>Cortusa matthioli</i> L. subsp. <i>sibirica</i> (Andrz.) Nyár. Кортуза Маттіолі сибірська
89.	<i>Cruciata pedemontana</i> (Bellardi) Ehrend. Круціата п'ємонтська
90.	<i>Crypsis alopecuroides</i> (Piller et Mitterp.) Schrad. Скритниця китниковидна
91.	<i>Cyperus michelianus</i> (L.) Delile (<i>Dichostylis micheliana</i> (L.) Nees) Смикавець Мікелі
92.	<i>Dactylis slovenica</i> Domin (<i>D. glomerata</i> L. subsp. <i>slovenica</i> Domin) Грястиця словацька
93.	<i>Danthonia alpina</i> Vest. Дантонія альпійська
94.	<i>Dianthus carthusianorum</i> L. subsp. <i>saxigenus</i> (Schur) Jáv. et Soó Гвоздика картузіанська скельна
95.	<i>Dianthus carthusianorum</i> subsp. <i>subalpinus</i> (Rehman) Májovský et Králik (<i>D. carpaticus</i> Wołoszcz.) Гвоздика картузіанська субальпійська
96.	<i>Dianthus glabriusculus</i> (Kit.) Borb. (<i>D. collinus</i> Walst. et Kit subsp. <i>glabriusculus</i> (Kit.) Thaisz Гвоздика голувата
97.	<i>Dianthus tenuifolius</i> Schur

	Гвоздика тонколиста
98.	<i>Draba carinthiaca</i> Норре (<i>D. siliquosa</i> Bieb.) Крупка каринтійська
99.	<i>Drosera rotundifolia</i> L. Росичка круглолиста
100.	<i>Dryopteris affinis</i> (Lowe) Fras.-Jenk. subsp. <i>borreri</i> (Newman) Fras.-Jenk. (<i>D. borreri</i> (Newm.) Newm. ex Oberholzer et Tavel) Щитник споріднений Борера
101.	<i>Dryopteris assimilis</i> S. Walker (<i>D. expansa</i> auct. non (C. Presl) Fras.-Jenk et Jermy; <i>D. expansa</i> var. <i>alpina</i> (Moore) Viane) Щитник схожий
102.	<i>Dryopteris cristata</i> (L.) A. Gray Щитник гребенястий
103.	<i>Dryopteris remota</i> (A. Br. ex Doell) Druce Щитник розставлений
104.	<i>Echinops sphaerocephalus</i> L. Головатень круглоголовий
105.	<i>Elatine alsinastrum</i> L. Руслиця мокрична
106.	<i>Elatine triandra</i> Schkuhr (<i>Elatine ambigua</i> Wight) Руслиця тритичинкова
107.	<i>Eleocharis mitracarpa</i> Steud. Ситняг ковпаковий
108.	<i>Eleocharis quinqueflora</i> (F.X. Hartman) O. Schwarz Ситняг п'ятиквітковий
109.	<i>Epilobium anagallidifolium</i> Lam. Зніт курячоочковий
110.	<i>Epilobium alsinifolium</i> Vill. Зніт мокричниколистий
111.	<i>Epilobium lanceolatum</i> Sebast. et Mauri Зніт ланцетолистий
112.	<i>Epilobium nutans</i> F.W. Schmidt Зніт пониклий
113.	<i>Equisetum variegatum</i> Shleich. ex Weber et Mohr Хвощ рябий
114.	<i>Eriophorum gracile</i> W.D.J. Koch Пухівка струнка
115.	<i>Erysimum odoratum</i> Ehrh. subsp. <i>odoratum</i> (<i>E. panonicum</i> Crantz) Жовтушник запашний типовий
116.	<i>Euphorbia carpatica</i> Wołoszcz. Молочай карпатський
117.	<i>Euphorbia lingulata</i> Heuff. Молочай язичковий
118.	<i>Euphorbia lucida</i> Waldst. et Kit. Молочай глянсуватий
119.	<i>Euphorbia palustris</i> L. Молочай болотяний
120.	<i>Euphorbia sojakii</i> (Chrtek et Krisa) Dubovik (<i>E. austriaca</i> A. Kerner) Молочай Сойяка
121.	<i>Euphrasia salisburgensis</i> Funck Очанка зольцбурзька
122.	<i>Ferulago sylvatica</i> (Bess.) Reichenb. Ферульник лісовий
123.	<i>Festuca apennina</i> De Not. (<i>F. pratensis</i> Hudson subsp. <i>apennina</i> (De Not.) Hegi) Костриця апеннінська

124.	<i>Festuca carpatica</i> F. Dietr. Костриця карпатська
125.	<i>Festuca inarmata</i> Schur Костриця безоста
126.	<i>Festuca pseudodalmatica</i> Krajina ex Domin Костриця несправжньодалматська
127.	<i>Festuca tatrae</i> (Csakó) Degen Костриця татранська
128.	<i>Festuca tenuifolia</i> Sibth. (<i>F. filiformis</i> Pourret) Костриця тонколиста
129.	<i>Gagea minima</i> (L.) Ker-Gawl. Зірочки маленькі
130.	<i>Gagea spathacea</i> (Hayne) Salisb. Зірочки чохлаваті
131.	<i>Gagea villosa</i> (Bieb.) Duby (<i>G. arvensis</i> (Pers.) Dumort.) Зірочки мохнаті
132.	<i>Galatella linosyris</i> (L.) Reichenb. fil. (<i>Aster linosyris</i> (L.) Bernh.) Солонечник звичайний
133.	<i>Galium abaujense</i> Borbás Підмареник абауйський
134.	<i>Galium anisophyllum</i> Vill. Підмаренник різнолистий
135.	<i>Galium hercynicum</i> Weigel Підмаренник герцинський
136.	<i>Galium rubioides</i> L. Підмаренник мареновидний
137.	<i>Galium transcarpaticum</i> Stojko et Tasenkevitch Підмаренник закарпатський
138.	<i>Gentiana cruciata</i> L. Тирлич хрещатий
139.	<i>Gentiana pneumonanthe</i> L. Тирлич звичайний
140.	<i>Gentianopsis ciliata</i> (L.) Ma Yu-Chuan (<i>Gentiana ciliata</i> L.; <i>Gentianella ciliata</i> (L.) Borkh.) Тирличник війчастий
141.	<i>Glyceria declinata</i> Bréb Лепешняк похилений
142.	<i>Helianthemum grandiflorum</i> (Scop.) DC. subsp. <i>grandiflorum</i> Сонццвіт великоквітковий
143.	<i>Helianthemum grandiflorum</i> (Scop.) DC. subsp. <i>glaucescens</i> (Murb.) Holub (<i>H. glaucescens</i> (Murb.) Tzvel.) Сонццвіт великоквітковий сизуватий
144.	<i>Helianthemum nummularium</i> (L.) Miller subsp. <i>obscurum</i> (Čelak) Holub (<i>H. chamaecistus</i> Mill; <i>H. hirsutum</i> (Thuill.) Mérat; <i>H. ovatum</i> (Viv.) Dunal in DC; <i>H. obscurum</i> Pers.) Сонццвіт звичайний темний
145.	<i>Heracleum carpaticum</i> Porcius Борщівник карпатський
146.	<i>Heracleum palmatum</i> Baumg. (<i>H. sphondylium</i> L. subsp. <i>transsilvanicum</i> (Schur) Brummitt) Борщівник пальчастий
147.	<i>Hierochloë odorata</i> (L.) P. Beauv. Чаполоч пахуча
148.	<i>Inula aspera</i> Poir. (<i>I. salicina</i> L. subsp. <i>aspera</i> (Poir.) Hayek; <i>I. cordata</i> Boiss.) Оман шорсткий
149.	<i>Inula conyzae</i> (Greiss.) Meikle (<i>I. conyza</i> DC.) Оман блошиний
150.	<i>Inula germanica</i> L.

	Оман німецький
151.	<i>Iris germanica</i> L. Півники німецькі
152.	<i>Iris hungarica</i> Waldst. et Kit. (<i>Iris aphylla</i> L. subsp. <i>hungarica</i> (Waldst. et Kit.) Hegi) Півники угорські
153.	<i>Iris variegata</i> L. Півники рябі
154.	<i>Juncus acutiflorus</i> Ehrh. ex Hoffm. Ситник гостропелюстковий
155.	<i>Juncus atratus</i> Krock. Ситник темноцвітий
156.	<i>Juncus castaneus</i> Smith Ситник каштановий
157.	<i>Juncus thomasi</i> Ten. Ситник Томаса
158.	<i>Juncus triglumis</i> L. Ситник трилусковий
159.	<i>Juniperus sabina</i> L. Ялівець козачий
160.	<i>Kohlruschia prolifera</i> (L.) Kunth (<i>Petrorhagia prolifera</i> (L.) P. W. Ball et Heywood) Кольраушія пагононосна
161.	<i>Koeleria transsylvanica</i> Schur (<i>K. macrantha</i> (Ledeb.) Schultes subsp. <i>transsylvanica</i> (Schur) Beldie) Кипець трансільванський
162.	<i>Lactuca quercina</i> L. subsp. <i>chaixii</i> (Vill.) Čelak. (<i>L. chaixii</i> (Vill.))* Латук (салат) дуболистий Ше
163.	<i>Lathyrus lacteus</i> (M. Bieb.) Wissjul. (<i>L. pannonicus</i> (Jacq.) Carcke subsp. <i>collinus</i> (Ortmann) Soó)* Чина молочнобіла
164.	<i>Lathyrus latifolius</i> L. Чина широколиста
165.	<i>Lathyrus palustris</i> L. Чина болотна
166.	<i>Ledum palustre</i> L. Багно звичайне
167.	<i>Leontodon hispidus</i> L. subsp. <i>opimus</i> (Koch) Finch et P.D. Sell (<i>L. opimus</i> Koch) Любочки шорсткі блискучі
168.	<i>Leontodon pseudotaraxaci</i> Schur (<i>L. montanus</i> Lam. subsp. <i>pseudotaraxaci</i> (Schur) Finch et P.D. Sell) Любочки несправжньокульбабові
169.	<i>Leucanthemum margaritae</i> (Gáyer in Jávorka) Soó Королиця Маргарити
170.	<i>Leucanthemum subalpinum</i> (Schur) Tzvel. (<i>L. raciborskii</i> M. Pop et Chrshan.; <i>L. vulgare</i> Lam. subsp. <i>alpicola</i> (Gremli) Á. et D. Löve; <i>L. vulgare</i> subsp. <i>subalpinum</i> (Schur) Soó) Королиця субальпійська
171.	<i>Lilium bulbiferum</i> L. Лілія цибулинконосна
172.	<i>Limosella aquatica</i> L. Мулянка водяна
173.	<i>Lindernia procumbens</i> (Krock.) Borbás Ліндернія простерта
174.	<i>Linum austriacum</i> L. Льон австрійський
175.	<i>Linum extraaxillare</i> Kit. Льон гірський
176.	<i>Linum flavum</i> L.

	Льон жовтий
177.	<i>Linum trigynum</i> L. Льон триматочковий
178.	<i>Lotus tenuis</i> Waldst. et Kit. ex Willd. Лядвенець тонкий
179.	<i>Luzula spicata</i> (L.) DC. Ожика колосиста
180.	<i>Lycopus exaltatus</i> L. Вовконіг високий
181.	<i>Melampyrum saxosum</i> Baumg. Перестріч скельний
182.	<i>Melica ciliata</i> L. Перлівка вийчаста
183.	<i>Melica picta</i> C. Koch Перлівка ряба
184.	<i>Melica transsilvanica</i> Schur Перлівка трансільванська
185.	<i>Menyanthes trifoliata</i> L. Бобівник трилистий
186.	<i>Myricaria germanica</i> (L.) Desv. Мірикарія німецька
187.	<i>Nepeta rannonica</i> L. Котяча м'ята паннонська
188.	<i>Nonea pulla</i> (L.) DC. Куряча сліпота звичайна
189.	<i>Nymphaea alba</i> L. Латаття біле
190.	<i>Nymphaea candida</i> J.Presl. Латаття сніжно-біле
191.	<i>Oenanthe banatica</i> Heuff. Омег банатський
192.	<i>Oenanthe silaifolia</i> Bieb. subsp. <i>hungarica</i> (Simon) Bertová Омег морківнолистий угорський
193.	<i>Ophioglossum vulgatum</i> L. Вужачка звичайна
194.	<i>Orlaya grandiflora</i> (L.) Hoffm. Орлайя великоквіткова
195.	<i>Orobanchе alsatica</i> Kirschl. Вовчок ельзаський
196.	<i>Orobanchе caryophyllacea</i> Smith. (<i>O. vulgaris</i> Poir.) Вовчок гвоздикovidний
197.	<i>Orobanchе teucryi</i> Holandre* Вовчок самосиловий
198.	<i>Oxycoccus palustris</i> Pers. (<i>Vaccinium oxycoccus</i> L.) Журавлина болотна
199.	<i>Padus avium</i> Mill. subsp. <i>petraea</i> (Tausch) Pavl. ex J. Holub (<i>P. racemosa</i> (Lqam.) Gilib. subsp. <i>petraea</i> (Tausch) Pavl.; <i>Prunus padus</i> L. subsp. <i>borealis</i> Cajander) Черемха скельна
200.	<i>Pedicularis palustris</i> L. Шолудивник болотний
201.	<i>Peucedanum alsaticum</i> L. Смовдь-кукотина
202.	<i>Peucedanum palustre</i> (L.) Moench Смовдь болотна
203.	<i>Phelipanche purpurea</i> (Jacq.) Soják (<i>Orobanchе purpurea</i> Jacq.)*

	Вовчок пурпуровий
204.	<i>Phleum ambiguum</i> Ten. Тимофіївка сумнівна
205.	<i>Phyllitis scolopendrium</i> (L.) Newm. (<i>Asplenium scolopendrium</i> L.) Листовик сколопендровий
206.	<i>Pinus sylvestris</i> L. Сосна звичайна
207.	<i>Plantago altissima</i> L. Подорожник найвищий
208.	<i>Plantago atrata</i> Horpe subsp. <i>carpathica</i> (Pilg.) Soó Подорожник карпатський
209.	<i>Plantago urvillei</i> Opiz (<i>P. media</i> L. subsp. <i>stepposa</i> (Kuprian.) Soó) Подорожник степовий
210.	<i>Poa media</i> Schur Тонконіг середній
211.	<i>Poa nemoralis</i> L. subsp. <i>carpatica</i> Jirásek Тонконіг карпатський
212.	<i>Poa panonica</i> A.J. Kerner Тонконіг паннонський
213.	<i>Poa remota</i> Forselles Тонконіг розсунутий
214.	<i>Polycnemum verrucosum</i> Láng Наземка бородавчаста
215.	<i>Polygala amara</i> L. subsp. <i>brachyptera</i> (Chodat) Hayek (<i>P. subamara</i> Fritsch; <i>P. amblyptera</i> Rchb.) Китятки гіркі гірські
216.	<i>Polygala amarella</i> Crantz Китятки гіркуваті
217.	<i>Potamogeton acutifolius</i> Link Рдесник гостролистий
218.	<i>Potamogeton alpinus</i> Balb. Рдесник альпійський
219.	<i>Potamogeton gramineus</i> L. Рдесник злаколистий
220.	<i>Potamogeton praelongus</i> Wulfen Рдесник довгий
221.	<i>Potamogeton trichoides</i> Cham. et Schlecht. Рдесник волосовидний
222.	<i>Potentilla alba</i> L. Перстач білий
223.	<i>Potentilla crantzii</i> (Crantz) G. Beck ex Fritsch (<i>P. verna</i> L.) Перстач Кранца
224.	<i>Potentilla goldbachii</i> Rupr. Перстач Гольдбаха
225.	<i>Potentilla laciniosa</i> Kit. ex Nestl. Перстач розрізаний
226.	<i>Potentilla patula</i> Waldst. & Kit. Перстач розлогий
227.	<i>Potentilla rupestris</i> L. Перстач скельний
228.	<i>Potentilla thuringiaca</i> Bern. ex Link Перстач тюрінгський
229.	<i>Ptarmica vulgaris</i> Blackw. ex DC. (<i>Achillea ptarmica</i> L.) Чихавка звичайна
230.	<i>Pulmonaria angustifolia</i> L.

	Медунка вузьколиста
231.	<i>Pulmonaria filarszkyana</i> Jáv. Медунка Філярського
232.	<i>Cyperus flavescens</i> (L.) Beauv. ex Reichenb. (<i>Cyperus flavescens</i> L.) Ситовник жовтуватий
233.	<i>Pyrola carpatica</i> Holub et Krisa* Грушанка карпатська
234.	<i>Pyrola chlorantha</i> Sw. Грушанка зеленоцвіта
235.	<i>Pyrola media</i> Sw. Грушанка середня
236.	<i>Quercus polycarpa</i> Schur Дуб багатоплідний
237.	<i>Radiola linoides</i> Roth* Радіола льновидна
238.	<i>Ranunculus arvensis</i> L. Жовтець польовий
239.	<i>Ranunculus lingua</i> L. Жовтець язиколістий
240.	<i>Ranunculus oreophilus</i> Bieb. (<i>R. hornschruchii</i> Hoppe) Жовтець гірськолюбний
241.	<i>Ranunculus polyphyllus</i> Waldst. et Kit. ex Willd. Жовтець багатолістий
242.	<i>Ranunculus pseudomontanus</i> Schur Жовтець несправжньогірський
243.	<i>Rhynchospora alba</i> (L.) Vahl Ринхоспора біла
244.	<i>Rosa pimpinellifolia</i> L. (<i>R. spinosissima</i> L.) Шипшина бедренцелиста
245.	<i>Rubus bifrons</i> Vest. Ожина двобічна
246.	<i>Rubus constrictus</i> P.J. Müller et Lefèvre Ожина перетягнута
247.	<i>Rubus gothicus</i> Friderichsen et Gelert ex E.H.L.Krause Ожина готична
248.	<i>Rubus grabowskii</i> Weihe ex Günther et al. Ожина Грабовського
249.	<i>Rubus haesitans</i> Martensen et Walsemann Ожина чіпка
250.	<i>Rubus montanus</i> Libert ex Lejeune Ожина гірська
251.	<i>Rubus praecox</i> Bertoloni Ожина рання
252.	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott Ожина в'язолиста
253.	<i>Rumex palustris</i> Smith Щавель багновий
254.	<i>Rumex scutatus</i> L. Щавель щитковий
255.	<i>Sagina apetala</i> Ard. (<i>S. ciliata</i> Fr.) Моховинка безпелюсткова
256.	<i>Sagina nodosa</i> (L.) Fenzl. Моховинка вузлувата
257.	<i>Sagina subulata</i> (Sw.) C. Presl. Моховинка шиловидна

258.	<i>Salix phylicifolia</i> L. (<i>S. phylicifolia</i> (L.) subsp. <i>rhaetica</i> (Anderson) A. Skvorts.; <i>S. rhaetica</i> Anderson; non <i>S. bicolor</i> Ehrh. ex Willd.) Верба філіколиста
259.	<i>Salix rosmarinifolia</i> L. (<i>S. repens</i> L. subsp. <i>rosmarinifolia</i>)L.) Čelak.) Верба розмаринолиста
260.	<i>Saxifraga adscendens</i> L. Ломикаміннь висхідний
261.	<i>Scabiosa lucida</i> Vill. subsp. <i>barbata</i> E.I. Nyárády (<i>S. opaca</i> Klok.) Скабіоза світла бородата
262.	<i>Scabiosa lucida</i> Vill. subsp. <i>pseudobanatica</i> (Schur) Chrték Скабіоза світла несправжньобанатська
263.	<i>Schoenoplectus supinus</i> (L.) Palla (<i>Scirpus supinus</i> L.) Куга лежача
264.	<i>Scirpoides holoschoenus</i> (L.) Soják subsp. <i>australis</i> (Murr.) Soják (<i>Scirpus holoschoenus</i> L.; <i>Holoschoenus vulgaris</i> Link.) Комишівник звичайний
265.	<i>Scirpus radicans</i> Schkuhr Комиш укорінливий
266.	<i>Scolochloa festucacea</i> (Willd) Link Тростяниця кострицевидна
267.	<i>Sedum alpestre</i> Vill. Очиток альпійський
268.	<i>Sedum annuum</i> L. Очиток однорічний
269.	<i>Sedum atratum</i> L. Очиток чорнуватий
270.	<i>Sedum hispanicum</i> L. Очиток іспанський
271.	<i>Sedum urvillei</i> DC. (<i>S. hillebrandii</i> Fenzl.; <i>S. sartorianum</i> Boiss. subsp. <i>hillebrandii</i> (Fenzl.) D.A. Webb) Очиток Дюрвілля
272.	<i>Senecio fluviatilis</i> Wallr. Жовтозілля надрічкове
273.	<i>Senecio paludosus</i> L. subsp. <i>lanatus</i> Holub Жовтозілля багнове шерстисте
274.	<i>Seseli libanotis</i> (L.) W.D.J. Koch subsp. <i>libanotis</i> (<i>Libanotis montana</i> Crantz) Жабриця-ладанник
275.	<i>Seseli pallasii</i> Bess. (<i>S. varium</i> Trev.) Жабриця Паласа
276.	<i>Sesleria heufleriana</i> Schur subsp. <i>heufleriana</i> Сеслерія Гейфлера
277.	<i>Silene jundzillii</i> Zapal. Смілка Юндзілла
278.	<i>Soldanella montana</i> Willd. Сольданела гірська
279.	<i>Sparganium minimum</i> Wallr. Іжача голівка маленька
280.	<i>Stellaria barthiana</i> Schur Зірочник Барта
281.	<i>Stellaria longifolia</i> Muehl. ex Willd. (<i>S. diffusa</i> Willd ex Schlecht.) Зірочник довголистий
282.	<i>Stellaria palustris</i> Retz. Зірочник болотний
283.	<i>Swertia punctata</i> Baumg. Сверція крапчаста

284.	<i>Symphytum tanaicense</i> Steven (<i>S. officinale</i> L. subsp. <i>uliginosum</i> (A. Kerner) Nyman; <i>S. uliginosum</i> A. Kerner) Живокіст донський
285.	<i>Taraxacum fontanicola</i> Soest. (<i>T. fontanum</i> Hand-Mazz. s.l.) Кульбаба джерельна
286.	<i>Taraxacum nigricans</i> (Kit.) Rchb. Кульбаба чорнувата
287.	<i>Taraxacum palustre</i> (Lyons) Symons Кульбаба болотна
288.	<i>Teucrium scordium</i> L. subsp. <i>palustre</i> (Lam.) Gams Самосил часниковий болотний
289.	<i>Thelypteris palustris</i> Schott Теліптерис болотний
290.	<i>Thesium alpinum</i> L. Льонолижник альпійський
291.	<i>Thesium linophyllum</i> L. Льонолижник льонолистий
292.	<i>Thlaspi dactyloides</i> Heuff. subsp. <i>dactyloides</i> (<i>Nocca dactyloides</i> (Heuff.) F.K. Mey.) Талабан дакійський
293.	<i>Thymus pulcherimus</i> Schur Чебрець гарний
294.	<i>Tilia tomentosa</i> Moench (<i>T. argentea</i> Desf. in DC) Липа пухнаста
295.	<i>Tordylium maximum</i> L. Торділій великий
296.	<i>Tozzia carpathica</i> Wołoszcz. (<i>T. alpina</i> L. subsp. <i>carpathica</i> (Wołoszcz.) Dostál) Тоція карпатська
297.	<i>Trichophorum cespitosum</i> (L.) C. Hartm. (<i>Baeothryon cespitosum</i> (L.) A. Dietr.; <i>Scirpus cespitosum</i> L.) Пухівочка дерниста
298.	<i>Trifolium pratense</i> L. subsp. <i>kotulae</i> (Pawl.) Soják Конюшина лучна Котули
299.	<i>Trifolium striatum</i> L. Конюшина смугаста
300.	<i>Triglochin maritimum</i> L. Тризубець морський
301.	<i>Trisetum alpestre</i> (Host) Beauv. subsp. <i>alpestre</i> Трищетинник альпійський
302.	<i>Trisetum ciliare</i> (Kit.) Domin (<i>T. fuscum</i> (Kit. ex Schultes) Schultes) Трищетинник вйчастий
303.	<i>Trisetum flavescens</i> (L.) Beauv. subsp. <i>taticum</i> Chrtk Трищетинник жовтуватий татранський
304.	<i>Typha shuttleworthii</i> Koch et Sond. Рогіз Шутлеворта
305.	<i>Urtica kioviensis</i> Rogow. Кропива київська
306.	<i>Utricularia vulgaris</i> L. Пухирник звичайний
307.	<i>Valeriana simplicifolia</i> (Reichenb.) Kabath (<i>V. dioica</i> L. subsp. <i>simplicifolia</i> (Reichenb.) Nyman) Валеріана цілолиста
308.	<i>Valeriana transsilvanica</i> Schur Валеріана трансільванська
309.	<i>Verbascum glabratum</i> Friv. Дивина голенька
310.	<i>Verbascum lanatum</i> Schrad.

	Дивина шерстиста
311.	<i>Veronica alpina</i> L. (<i>V. pumila</i> Jacq.; <i>V. alpina</i> L. subsp. <i>pumila</i> (All.) Dostál) Вероніка альпійська
312.	<i>Veronica jacquinii</i> Baumg. (<i>V. austriaca</i> L. subsp. <i>jacquinii</i> (Baumg.) Watzl.) Вероніка Жакена
313.	<i>Veronica prostrata</i> L. Вероніка лежача
314.	<i>Viola dacica</i> Borbás Фіалка дакійська
315.	<i>Viola elatior</i> Fries (<i>V. canina</i> L. subsp. <i>elatior</i> (Fries) Rouy et Fouc.) Фіалка висока
316.	<i>Viola pumilla</i> Chaix Фіалка низка
317.	<i>Viola saxatilis</i> F.W. Schmidt (<i>V. tricolor</i> L. subsp. <i>subalpina</i> Gaudin) Фіалка скельна
318.	<i>Viola uliginosa</i> Besser Фіалка багнова
319.	<i>Vitis sylvestris</i> C.C. Gmel. Виноград лісовий
320.	<i>Wolfia arrhiza</i> (L.) Horkel ex Wimmer Вольфія безкоренева
321.	<i>Zannichelia palustris</i> L. Цанікелія болотна

Додаток 3

**ПЕРЕЛІК ОСЕЛИЩ (БІОТОПІВ), ЩО ПІДЛЯГАЮТЬ ОСОБЛИВІЙ ОХОРОНІ НА
ТЕРИТОРІЇ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ**
(затверджений рішенням Закарпатської обласної ради від 28.05.2015 р., № 1263)

№	Групи оселищ	UA Code	Українська назва типу оселища	Ступінь раритетності	Відповідність типам оселищ (біотопів) Natura 2000
1	Галофільний	Га1	Паннонські напівзасолені луки	CR	-
2	Піщано-піонерний	Пп2	Силікатні скелі з піонерною рослинністю <i>Sedo-Scleranthion</i> чи <i>Sedo albi-Veronicion dillenii</i>	VU	8230 Силікатні скелі з піонерною рослинністю <i>Sedo-Scleranthion</i> чи <i>Sedo albi-Veronicion dillenii</i> / Siliceous rock with pioneer vegetation of the <i>Sedo-Scleranthion</i> or of the <i>Sedo albi-Veronicion dillenii</i>
3	Піщано-піонерний	Пп3	Наскельні карбонатні або базифільні трав'яні угруповання <i>Alyso-Sedion albi</i>	VU	6110* Наскельні карбонатні або базифільні трав'яні угруповання <i>Alyso-Sedion albi</i> / Rupicolous calcareous or basophilic grasslands of the <i>Alyso-Sedion albi</i>
4	Водний	Во2	Оліготрофні та мезотрофні водойми з угрупованнями	CR	3130 Оліготрофні та мезотрофні водойми з рослинністю <i>Littorelletea uniflorae</i> та/або

			<i>Littorelletea uniflorae</i> та/або <i>Isoeto-Nanojuncetea</i>		<i>Isoeto- Nanojuncetea</i> / Oligotrophic to mesotrophic standing with vegetation of the <i>Littorelletea uniflorae</i> and/or <i>Isoeto- Nanojuncetea</i>
5	Водний	Bo3	Природні евтрофні водойми з угрупованнями <i>Magnopotamion</i> та/або <i>Hydrocharition</i>	VU	3150 Природні евтрофні озера з рослинністю типу <i>Magnopotamion</i> або <i>Hydrocharition</i> / Natural eutrophic lakes with <i>Magnopotamion</i> or <i>Hydrocharition</i> – type vegetation
6	Водний	Bo4	Низинні та гірські водотоки з рослинністю <i>Ranunculon fluitantis</i> та/або <i>Callitricho-Batrachion</i>	CR	3260 Водотоки від рівнинних до монтанних поясів з рослинністю <i>Ranunculon fluitantis</i> та <i>Callitricho-Batrachion</i> / Water courses of plain to montaine levels with the <i>Ranunculon fluitantis</i> and <i>Callitricho-Batrachion</i> vegetation
7	Водний	Bo5	Мілководдя з рослинністю макрофітів (<i>Ranunculon aquatilis</i>)	VU	-
8	Прибережний	Пб1	Мулисті береги річок з рослинністю <i>Chenopodion rubri</i> та <i>Bidention</i>	VU	3270 Мулисті береги річок з рослинністю <i>Chenopodion rubri</i> р.р. та <i>Bidention</i> р.р. / Rivers with muddy banks with <i>Chenopodion rubri</i> р.р. and <i>Bidention</i> р.р. vegetation
9	Прибережний	Пб4	Гірські ріки та їх прибережна трав'яна рослинність	VU	3220 Гірські ріки та їх прибережна трав'яна рослинність / Alpine rivers and the herbaceous vegetation along their banks
10	Прибережний	Пб5	Гірські ріки та їхня прибережна чагарникова рослинність з мірикарією німецькою (<i>Myricaria germanica</i>)	CR	3230 Альпійські ріки та їхня прибережна чагарникова рослинність з <i>Myricaria germanica</i> / Alpine rivers and their ligneous vegetation with <i>Myricaria germanica</i>
11	Прибережний	Пб6	Альпійські ріки та їхня прибережна чагарникова рослинність з <i>Salix elaeagnos</i>	VU	3240 Альпійські ріки та їхня прибережна чагарникова рослинність з <i>Salix elaeagnos</i> / Alpine rivers and their ligneous vegetation with <i>Salix elaeagnos</i>
12	Чагарниковий	Ча3	Ксеротермні субпанонські чагарники	EN	40A0* Субконтинентальні при-Паннонські чагарники / Subcontinental peri-Pannonic scrub
13	Чагарниковий	Ча6	Сухі вересовища	VU	-
14	Чагарниковий	Ча9	Зарості рододендрону східнокарпатського (<i>Rhododendron kotschy</i>)	EN	4070* Криволісся з <i>Pinus mugo</i> та <i>Rhododendron hirsutum</i> (<i>Mugo-Rhododendretum hirsuti</i>) / Bushes with <i>Pinus mugo</i> and <i>Rhododendron hirsutum</i> (<i>Mugo-Rhododendretum hirsuti</i>)

15	Чагарниковий	Ча12	Субальпійські зарості листяних чагарників з участю верби сілезької (<i>Salix silesiaca</i>)	VU	4080 Субарктичні чагарники за участі верб / Sub-Arctic <i>Salix</i> spp. Scrub
16	Чагарниковий	Ча13	Зарості сланких верб у субальпійському та альпійському поясах	EN	4080 Субарктичні чагарники за участі верб / Sub-Arctic <i>Salix</i> spp. Scrub
17	Чагарниковий	Ча14	Субальпійське гірськососнове криволісся (жерепняки, <i>Pinion mugo</i>)	VU	4070* Криволісся з <i>Pinus mugo</i> та <i>Rhododendron hirsutum</i> (<i>Mugo-Rhododendretum hirsuti</i>) / Bushes with <i>Pinus mugo</i> and <i>Rhododendron hirsutum</i> (<i>Mugo-Rhododendretum hirsuti</i>)
18	Чагарниковий	Ча15	Субальпійські чагарники з душекією зеленою (<i>Duschekia viridis</i> , зеленівільшняки)	VU	-
19	Альпійський	Ап1	Альпійські луки на силікатах	VU	6150 Альпійські та бореальні луки на силікатах / Siliceous alpine and boreal grasslands
20	Альпійський	Ап2	Низькотравні мохові альпійські луки на силікатах	EN	-
21	Альпійський	Ап4	Вологі скельні жолоби із високотравними угрупованнями	VU	-
22	Альпійський	Ап6	Ділянки альпійських наскельних угруповань на карбонатовмісному субстраті	EN	-
23	Альпійський	Ап7	Високогірні луки на карбонатних ґрунтах	VU	6170 Альпійські та субальпійські луки на вапняках / Alpine and subalpine calcareous grasslands
24	Альпійський	Ап8	Луки лісового та субальпійського поясів на карбонатних ґрунтах	EN	6170 Альпійські та субальпійські луки на вапняках / Alpine and subalpine calcareous grasslands
25	Ксеротермний	Кс1	Сухі напівприродні злаково-різнотравні луки на карбонатовмісних ґрунтах	VU	6210 Напівприродні лучні степи, остепнені луки та чагарникові зарості на вапнякових субстратах (*важливі місцезростання для орхідних) / Semi-natural dry grasslands and scrubland facies on calcareous substrates (<i>Festuco-Brometalia</i>) (*important orchid sites);
26	Ксеротермний	Кс2	Субпаннонські лучні степи	CR	6240* Субпаннонські лучні степи / Sub-pannonic steppic grasslands
27	Ксеротермний	Кс3	Наскельні паннонські ксеротермні трав'яні угруповання	EN	6190 Наскельні паннонські ксеротермні трав'яні угруповання / Rupicolous pannonic grasslands (<i>Stipo-Festucetalia pallentis</i>)

28	Лучно-пасовищний	Лу1	Заплавні луки річкових долин <i>Cnidion venosi</i>	EN	6440 Заплавні луки річкових долин <i>Cnidion venosi</i> / Alluvial meadows of river valleys of <i>Cnidion venosi</i> ;
29	Лучно-пасовищний	Лу7	Молінієві луки (<i>Molinion caeruleae</i>)	VU	6410 Луки з <i>Molinia</i> на вапнякових, торф'яних або глинисто-мулових ґрунтах (<i>Molinion caeruleae</i>) / <i>Molinia</i> meadows on calcareous, peaty or clayey-silt-laden soils (<i>Molinion caeruleae</i>)
30	Болотний	Бо1	Активні верхові (оліготрофні) болота	CR	7110* Активні верхові болота / Active raised bogs
31	Болотний	Бо2	Деградовані верхові (оліготрофні) болота здатні до природного відновлення	CR	7120 Деградовані верхові болота здатні до природного відновлення / Degraded raised bogs still capable of natural regeneration
32	Болотний	Бо3	Перехідні трясовини та сплавини	EN	7140 Перехідні трясовини та сплавини / Transition mires and quaking bogs
33	Болотний	Бо4	Депресії на торф'яних субстратах (<i>Rhynchosporion</i>)	CR	7150 Депресії на торф'яних субстратах з <i>Rhynchosporion</i> / Depressions on peat substrates of the <i>Rhynchosporion</i> ;
34	Болотний	Бо5	Лужні низинні болота	CR	7230 Лужні низинні болота / Alkaline fens
35	Болотний	Бо6	Висячі або схиліві болота	CR	-
36	Болотний	Бо7	Евтрофні болота на різних стадіях осушувальної дигресії	VU	-
37	Струмково-джерельний	Сд1	Низинно-передгірні джерела на силікатних породах	VU	-
38	Струмково-джерельний	Сд2	Гірські та субальпійські джерела на силікатних породах	VU	-
39	Струмково-джерельний	Сд3	Холодні жорстководні джерела на туфах і травертинах (<i>Cratounerion</i>)	EN	7220* Заболочені жорстководні (твердоводні) джерела на травертинах з утворенням туфа та з угрупованнями <i>Cratounerion</i> / Petrifying springs with tufa formation (<i>Cratounerion</i>);
40	Скельний	Ск3	Карбонатні скелясті схили з хазмофітною рослинністю	VU	8210 Карбонатні скельні стіни та схили з хазмофітною рослинністю / Calcareous rocky slopes with chasmophytic vegetation
41	Скельний	Ск6	Осипища карбонатних порід у монтанному та альпійському поясах	VU	8120 Calcareous and calcshist screes of the montane to alpine levels (<i>Thlaspietaia rotundifolii</i>).
42	Скельний	Ск8	Малодоступні печери	VU	8310 Малодоступні печери / Caves not open to the public
43	Лісовий	Лс1	Заболочені рівнинні	CR	-

			ВІЛЬХОВІ ЛІСИ		
44	Лісовий	Лс2	Заплавні вербо-тополеві ліси-галереї (<i>Salicion albae</i>)	VU	91E0* Заплавні ліси з <i>Alnus glutinosa</i> та <i>Fraxinus excelsior</i> (<i>Alno-Padion</i> , <i>Alnion incanae</i> , <i>Salicion albae</i>) / Alluvial forests with <i>Alnus glutinosa</i> and <i>Fraxinus excelsior</i> (<i>Alno-Padion</i> , <i>Alnion incanae</i> , <i>Salicion albae</i>)
45	Лісовий	Лс3	Гірські заплавні сіровільхові ліси-галереї (<i>Alnion incanae</i>)	VU	91E0*3 заплавні ліси з <i>Alnus glutinosa</i> та <i>Fraxinus excelsior</i> (<i>Alno-Padion</i> , <i>Alnion incanae</i> , <i>Salicion albae</i>) / Alluvial forests with <i>Alnus glutinosa</i> and <i>Fraxinus excelsior</i> (<i>Alno-Padion</i> , <i>Alnion incanae</i> , <i>Salicion albae</i>)
46	Лісовий	Лс4	Прибережні заплавні дубово-в'язово-ясеневі ліси (<i>Ulmenion minoris</i>)	EN	91F0 Прибережні мішані ліси з <i>Quercus robur</i> , <i>Ulmus laevis</i> та <i>Ulmus minor</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> або <i>Fraxinus angustifolia</i> вздовж великих річок (<i>Ulmenion minoris</i>) / Riparian mixed forests of <i>Quercus robur</i> , <i>Ulmus laevis</i> and <i>Ulmus minor</i> , <i>Fraxinus excelsior</i> or <i>Fraxinus angustifolia</i> , along the great rivers (<i>Ulmenion minoris</i>)
47	Лісовий	Лс5	Заплавні ясенєво-вільхові ліси рівнини та передгір'я	VU	91E0* Заплавні ліси з <i>Alnus glutinosa</i> та <i>Fraxinus excelsior</i> (<i>Alno-Padion</i> , <i>Alnion incanae</i> , <i>Salicion albae</i>) / Alluvial forests with <i>Alnus glutinosa</i> and <i>Fraxinus excelsior</i> (<i>Alno-Padion</i> , <i>Alnion incanae</i> , <i>Salicion albae</i>)
48	Лісовий	Лс6	Сухі ацидофільні дубові ліси	VU	-
49	Лісовий	Лс7	Вологі ацидофільні осиково-березово-дубові ліси (молінієві діброви)	CR	9190 Старовікові ацидофільні дубові ліси з <i>Quercus robur</i> на піщаних рівнинах / Old acidophilous oak woods with <i>Quercus robur</i> on sandy plains
50	Лісовий	Лс8	Рівнинні дубові ліси з перстачем білим (<i>Potentilla alba</i>)	CR	91I0* Євросибірські степові ліси <i>Quercus</i> spp. / Euro-Siberian steppic woods with <i>Quercus</i> spp.
51	Лісовий	Лс9	Паннонські ксеротермні дубові ліси	EN	91H0* Паннонські ліси з <i>Quercus pubescens</i> / Pannonian woods with <i>Quercus pubescens</i>
52	Лісовий	Лс10	Понтично-паннонські лісостепові дубові ліси	CR	91I0* Євросибірські степові ліси <i>Quercus</i> spp. / Euro-Siberian steppic woods with <i>Quercus</i> spp.
53	Лісовий	Лс12	Термофільні паннонсько-балканські скельнодубові ліси	EN	91M0 Паннонсько-балканські ліси з австрійського та скельного дубів / Pannonian-Balkan turkey oak-sessile oak forests

54	Лісовий	Лс19	Середньоєвропейські букові ліси <i>Cephalanthero-Fagion</i> на вапняках	VU	9150 Середньоєвропейські букові ліси <i>Cephalanthero- Fagion</i> на вапняках / Medio- European limestone beech forests of the <i>Cephalanthero-Fagion</i>
55	Лісовий	Лс20	Середньоєвропейські яворово-букові гірські ліси	VU	9140 Середньоєвропейські субальпійські букові ліси з <i>Acer</i> and <i>Rumex arifolius</i> / Medio- European subalpine beech woods with <i>Acer</i> and <i>Rumex arifolius</i>
56	Лісовий	Лс21	Ліси <i>Tilio-Acerion</i> на схилах, кам'яних осипищах і в ущелинах	VU	9180* Ліси <i>Tilio-Acerion</i> на схилах, кам'яних осипищах і в ущелинах / <i>Tilio-Acerion</i> forests of slopes, screes and ravines
57	Лісовий	Лс22	Ялицеві та смереково- ялицеві ліси монтанного та альпійського поясів	VU	-
58	Лісовий	Лс26	Високогірні смерекові ліси на верхній межі поширення	VU	9410 Ацидофільні ліси з <i>Picea</i> від монтанного до гірського поясів <i>Vaccinio-Piceetea</i> / Acidophilous <i>Picea</i> forests of the montane to alpine levels (<i>Vaccinio-Piceetea</i>)
59	Лісовий	Лс27	Високотравні смерекові ліси	VU	9410 Ацидофільні ліси з <i>Picea</i> від монтанного до гірського поясів <i>Vaccinio-Piceetea</i> / Acidophilous <i>Picea</i> forests of the montane to alpine levels (<i>Vaccinio-Piceetea</i>)
60	Лісовий	Лс29	Болотні смерекові ліси	CR	91D0* Заболочені ліси / Bog woodland
61	Лісовий	Лс31	Карпатські реліктові соснові ліси	EN	-
62	Лісовий	Лс33	Березово-ялиново-соснові ліси на греготах	VU	-
63	Лісовий	Лс34	Модринові та/або кедрові високогірні ліси	VU	9420 Альпійські ліси з <i>Larix decidua</i> та/або <i>Pinus cembra</i> / Alpine <i>Larix decidua</i> and <i>Pinus cembra</i> forests

Назва. Назва, об'єм та розуміння біотопів подано згідно регіонального «Каталогу оселищ Українських Карпат та Закарпатської низовини» ((Проць, Кагало, Кіш та ін., 2012), які, у випадку, якщо виявлений тип біотопу в розумінні авторів збігається з його інтерпретацією в Natura 2000, українська назва та об'єм, здебільшого, відповідає офіційній назві та об'єму біотопу в переліку Додатка І Директиви про біотопи Європейського Союзу.

Код. Окрім назви, кожний тип біотопу позначений літерно-цифровим кодом, у якому літерний індекс – це аббревіатура назви виділених груп (класів) біотопів, а цифра є порядковим номером типу біотопу в межах групи.

Природоохоронний статус. Визначеною аббревіатурою за категоріями IUCN відзначено природоохоронний статус типу біотопу. Созологічна категоризація раритетних типів біотопів виконана згідно розроблених рекомендацій (Кіш та ін., 2012).

Природоохоронні категорії оцінки стану типів біотопу, яким загрожує зникнення:

CR – IUCN категорія “CR” – Critically Endangered, тип біотопу знаходиться під критичною загрозою зникнення (перебуває в критичному або критично загроженому стані),

(тип біотопу, знищення якого передбачуване в часі, якщо фактори впливу продовжуватимуть діяти й надалі, а також не будуть запроваджені дієві заходи його охорони);

EN – IUCN категорія “EN” – Endangered, тип біотопу знаходиться під високою загрозою зникнення (перебуває у небезпечному стані),

(тип біотопу, який у своєму типовому вигляді значно змінився (деградував), або через безперервний антропогенний вплив знаходиться під постійною загрозою);

VU – IUCN категорія “VU” – Vulnerable, тип біотопу знаходиться під загрозою зникнення (вразливий)

(тип біотопу, який у своєму типовому вигляді відчутно змінився (деградував), або через безперервний антропогенний вплив знаходиться під постійною загрозою);

Natura 2000. Наведено код біотопу та його оригінальна офіційна назва згідно з Додатком I Директиви Європейського Союзу 92/43/ЄЕС “Про збереження природних біотопів та видів природної фауни і флори”.

(*) - помічені пріоритетні оселища.

Назва та розуміння обсягу біотопу прийняті за останньою редакцією “Тлумачного посібника з визначення типів оселищ Європейського Союзу” (2007, версія EUR27) (Оселищна концепція., 2012). При цьому офіційна назва та обсяг і розуміння біотопу можуть мати певні розбіжності, що не суперечить настановам, які наведені у вступі до Тлумачного посібника. Тому, в окремих випадках, оригінальні англійські назви типів біотопів за Natura 2000, виділених як еквіваленти для певних біотопів каталогу, можуть не зовсім відповідати назвам останніх або їх інтерпретації. Нерідко тип біотопу за Natura 2000 розглядається в широкому, або й дуже широкому розумінні й включає кілька біотопів каталогу, іноді навіть з різних груп типів. Прочерк означає, що біотоп не включене до переліку біотопів мережі Natura 2000.

Додаток 4

**ПЕРЕЛІК ІНВАЗІЙНИХ ВИДІВ РОСЛИН ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ
(ЗАТВЕРДЖЕНИЙ РІШЕННЯМ ШОСТОЇ СЕСІЇ VII СКЛИКАННЯ
ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ РАДИ від 23.03.2017 р., № 721)
(за Шевера та ін., 2017)**

Назва виду	Походження	Загальний ареал	Ступінь натуралізації
<i>Acer negundo</i> L. – Клен ясенелистий	Пн. Америка	Голарктичний	Агріоепекофіт
<i>Amaranthus retroflexus</i> L. – Шириця звичайна	Пн. Америка	Голарктичний	Епекофіт
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L. – Амброзія полинолиста	Пн. Америка	Космополіт	Епекофіт
<i>Amorpha fruticosa</i> L. – Аморфа кущова	Пн. Америка	Європ.-Амер.	Епекофіт
<i>Asclepias syriaca</i> L. – Ваточник сирійський	Пн. Америка	Європ.-Пн. Амер.	Епекофіт
<i>Bidens frondosa</i> L. – Череда листяна	Пн. Америка	Голарктичний	Агріоепекофіт
<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq. – Злінка канадська	Пн. Америка	Космополіт	Епекофіт
<i>Echinocystis lobata</i> Torr. et A. Gray – Ехіноцистис шипуватий	Пн. Америка	Плюрирегіон.	Агріофіт

<i>Elodea canadensis</i> Michx. – Елодея канадська	Пн. Америка	Голарктичний	Агріофіт
<i>Erechtites hieracifolia</i> (L.) Raf. – Ерехтитес нечуйвітро вий -	Пн. Америка	Голарктичний	Агріоепекофіт
<i>Fraxinus pennsylvanica</i> Marschall – Ясен пенсильванський	Пн. Америка	Плюрирегіон.	Агріоепекофіт
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav. – Галінсога дрібноцвіта	Пн. Америка	Плюрирегіон.	Агріоепекофіт
<i>Heracleum mantegazzianum</i> Sommier et Levier – Борщівник Мантегацці	Кавказ	Пн. Амер.-Європ.-Кавказ.	Епекофіт
<i>Heracleum sosnowskyi</i> Manden. – Борщівник Сосновського	Кавказ	Європ.-Кавказ.	Епекофіт
<i>Impatiens glandulifera</i> Royle – Розрив-трава залозиста	Пд.-Сх. Азія	Європ.-Сх. Азій.	Агріоепекофіт
<i>Impatiens parviflora</i> DC. – Розрив-трава дрібноквіткова	Центр. Азія	Голарктичний	Агріоепекофіт
<i>Parthenocissus inserta</i> (A. Kern.) Fritsch – Дикий виноград	Пн. Америка	Європ.-Пн. Амер.	Колонофіт
<i>Phalacrologium annuum</i> (L.) Dumort. (<i>Erigeron annuus</i> (L.) Desf.) – Тонкопромінник однорічний	Пн. Америка	Європ.-Кавказ.-Пн. Амер.	Агріоепекофіт
<i>Fallopia japonica</i> (Houtt.) Ronse Decr. (<i>Reynoutria japonica</i> Houtt.) - Гірчак японський	Сх. Азія	Плюрирегіон.	Епекофіт
<i>Fallopia bohemica</i> (Chrtek & Chrtkova) J.P. Bailey (<i>Reynoutria bohemica</i> (Chrtek & Chrtkova) J.P. Bailey) – Гірчак богемський	Гібридне	Плюрирегіон.	Епекофіт
<i>Fallopia sachalinensis</i> (F. Schmidt) Ronse Decr. (<i>Reynoutria sachalinensis</i> (F. Schmidt) Rons) - Гірчак сахалінський	Сх. Азія	Плюрирегіон.	Епекофіт
<i>Robinia pseudoacacia</i> L. – Робінія звичайна, біла акація	Пн. Америка	Голарктичний	Епекофіт
<i>Rudbeckia laciniata</i> L. – Рудбекія роздільнолиста	Пн. Америка	Голарктичний	Агріоепекофіт
<i>Salix fragilis</i> L. – Верба ламка	Мала Азія	Європ.-Середземномор.-Передньозій.	Агріофіт
<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem. & Schult. – Мишій сизий	Середземном ор.	Не з'ясовано	Епекофіт
<i>Solidago canadensis</i> L. – Золотушник канадський	Пн. Америка	Плюрирегіон.	Агріоепекофіт
<i>Solidago gigantea</i> Aiton. – Золотушник пізній	Пн. Америка	Голарктичний	Агріоепекофіт
<i>Vitis vinifera</i> L. – Виноград справжній	Не встановлено	Не з'ясовано	Колонофіт

<i>Xanthium albinum</i> (Widd.) H. Scholz – Нетреба ельбінська -	Середньоєвроп.	Плюрирегіон.	Агроіоєкофіт
<i>Xanthium italicum</i> Miretti –	Середземном	и ,	и .

Scientific edition

ISBN 978-617-7825-43-1