

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДВНЗ «УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
ЗАХІДНЕ ГЕОДЕЗИЧНЕ ТОВАРИСТВО УТГК
НАУКОВО – ДОСЛІДНИЙ ГЕОДЕЗИЧНИЙ, ТОПОГРАФІЧНИЙ І КАРТОГРАФІЧНИЙ
ІНСТИТУТ (ЧЕСЬКА РЕСПУБЛІКА)
ЗАКАРПАТСЬКА РЕГІОНАЛЬНА ФІЛІЯ ДЕРЖАВНОГО ПІДПРИЄМСТВА «УКРАЇНСЬКЕ
АЕРОГЕОДЕЗИЧНЕ ПІДПРИЄМСТВО»
НАЦІОНАЛЬНИЙ ПРИРОДНИЙ ПАРК «СИНЕВИР»
ВСЕУКРАЇНСЬКА ГРОМАДСЬКА ОРГАНІЗАЦІЯ «АСОЦІАЦІЯ ФАХІВЦІВ
ЗЕМЛЕУСТРОЮ УКРАЇНИ»**

НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В ГЕОДЕЗІЇ, ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННІ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННІ

**МАТЕРІАЛИ
ХІ МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО - ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ**

26-28 жовтня 2023 р.

Ужгород

Ужгород – 2023

УДК 630+528.4(063)
ББК ПЗ+Д143л0
М34

Матеріали XI-ї міжнародної науково-практичної конференції «НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ В ГЕОДЕЗІЇ, ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННІ ТА ПРИРОДОКОРИСТУВАННІ» (26-28 жовтня 2023 року). – Ужгород: Видавництво, 2023. – с.205

У збірнику матеріалів конференції представлені роботи, які відображають загальнотеоретичні, методологічні, практичні проблеми та результати досліджень у галузі вивчення рухів земної поверхні, вищої геодезії, інженерної геодезії, картографії, аерогеодезії, фотограмметрії, геоінформатики, кадастру, правових відносин у галузі землекористування, лісівництва, заповідної справи та раціонального природокористування.

Рекомендується для науковців, викладачів, аспірантів, студентів та широкого кола громадськості.

Редакційна колегія:

*декан, к.т.н. І.Калинич (відповідальний редактор),
доцент, к.б.н. А. Мигаль (заступник відповідального редактора),
професори, доктори технічних наук С. Савчук, І. Тревого,
професор, д.ф.-м.н. В. Дробнич, доцент, к.геогр.н. М.Карабінюк,
доцент, к.б.н. Л. Потіш, професор, д.ф.-м.н. С.Поп, доцент, к.н.з.д.у. В. Пересоляк*

технічний редактор М. Ничвид

Відповідальний за випуск: доцент, к.б.н. А. Мигаль

Матеріали подано в авторській редакції.

Відповідальність за зміст поданих матеріалів та точність наведених даних несуть автори.

**Рекомендовано до друку
Редакційно-видавничою радою ДВНЗ "УжНУ"
(протокол №6 від 24 жовтня 2023 року)**

Адреса редакції:

*Ужгород 88000, вул. Університетська, 14
Географічний факультет ДВНЗ «УжНУ»
тел./факс (0312)640354*

ISBN 978-617-8127-28-2

© Ужгородський національний університет, 2023

УДК 528.3+551.435.8:502.51(282)(477.87)

Н.І.Каблак¹, І.В.Калинич¹, М.Р.Ничвид¹, І.І.Проданець², О.К.Рейтій¹

¹Кафедра геодезії, землеустрою та геоінформатики, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», вул. Університетська, 14, Ужгород, Україна, 88000, ел. пошта nataliya.kablak@uzhnu.edu.ua, ivan.kalynych@uzhnu.edu.ua, mariya.nychvyd@uzhnu.edu.ua

²Закарпатська регіональна філія ДП «УкрДАГП», вул. Грушевського, 39, Мукачево, Україна, 89600, ел. пошта geodezcentre@gmail.com

ДОСЛІДЖЕННЯ І МОНІТОРИНГ НЕБЕЗПЕЧНИХ ПРИРОДНИХ І ТЕХНОГЕННИХ ГЕОПРОЦЕСІВ В БАСЕЙНІ РІЧКИ ТИСА

Стаття присвячена висвітленню еволюції просторово-часової деформації земної поверхні в басейні р. Тиса в межах Закарпатської області з аналізом геодезичних спостережень. Моніторинг карсту почався з виявлення найбільш небезпечних ділянок земної поверхні, які піддаються вертикальним зміщенням. Для цього використовувався метод радіолокаційної диференціальної інтерферометрії SAR. Після виявлення найбільш небезпечних ділянок за даними супутникової інтерферометрії, на об'єктах було проведено локальний геодезичний моніторинг для запобігання можливих аварій.

Ключові слова: карст; моніторинг деформації земної поверхні; геодезичні вимірювання; InSAR; високоточне нівелювання.

Постановка проблеми

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 [1]. Серед усіх екзогенних геологічних процесів, що мають розвиток на території Закарпатської області, зсуви є одним з найпоширеніших. Зсуви на території Закарпатської області розвиваються у четвертинних глинистих елювіально-делювіальних відкладах на схилах річок та у корі вивітрювання вулканічних порід. Несприятливі кліматичні умови зумовили катастрофічну активізацію небезпечних екзогенних геологічних процесів 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 [2].

У районах ведення гірничих робіт та інтенсивного техногенного навантаження продовжується розвиток техногенного карсту. В Закарпатті цей процес зафіксовано в районі видобування соляних корисних копалин на території Солотвинське родовища кам'яної солі. 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 [3].

Згідно з архівними даними, Солотвинське родовище розроблялося підземним шляхом понад 220 років. За час

розробки було побудовано і експлуатувалось 9 копалень. Видобуток солі ДП «Солотвинський соляний рудник» було припинено з початку 2007 року. 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 фіксувалися часті падіння, що перекривали самостійність деревні води. 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 катастрофічних наслідків, які сьогодні спостерігаються на родовищі.

Техногенно активізований карст в межах Солотвинського родовища спричинив докорінні зміни рельєфу земної поверхні, збільшення коефіцієнта стоку, зміни місць живлення та розвантаження підземних вод.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Технологія InSAR набула широкої популярності на початку 90-х завдяки успішним спостереженням за деформаціями ґрунту, спричиненими землетрусом Ландерса в Каліфорнії [4]. У країнах ЄС, особливо в Італії, організовано національний моніторинг зсувів і осідань на вугільних шахтах за даними супутникових радарів на основі технології постійних інтерферометричних відбивачів (PS). Норвезька геологічна служба (NGU), Норвезьке управління водних ресурсів і енергетики (NVE) і Норвезький космічний центр запустили "InSAR Norway".

Отже, метод моніторингу InSAR можна застосувати для проведення всепогодного та постійного моніторингу поверхні без необхідності встановлення будь-якого обладнання в цільовій зоні моніторингу, охоплення моніторингу є широким, а точність моніторингу досягає

сантиметрового рівня в міліметровій шкалі [5-8].

Постановка завдання

На даний час, на території Солотвинської промислово-міської агломерації розвивається загрозна тенденція до зниження рівня екологічної безпеки внаслідок подальшого руйнування солепородного масиву солерудника. Водночас останні дані свідчать про зростання ризику виникнення транскордонної надзвичайної ситуації водно-екологічного походження на території Солотвинського солерудника через поширення карстових процесів у бік селища Солотвино та долини р. Тиса. Екологічна ситуація в с-щі Солотвино суттєво ускладнюється через недостатньо скоординовану дію центральних органів державної влади у природоохоронній сфері та сфері надзвичайних ситуацій і регіональної та місцевої влади зі стабілізації та подальшої нормалізації еколого-техногенної ситуації.

Через брак системного моніторингу небезпечних екзогенних та техногенних геопроцесів і зокрема розповсюдження карстовопровальних процесів та руху мінералізованих підземних вод у долині р. Тиса виникла потреба у комплексній оцінці загроз і ризиків, що появились у Карпатському регіоні. Тому ця стаття присвячена дослідженню геодинамічних процесів (зсувів, просідання, карстів) в басейні річки Тиса в межах Закарпатської області з комплексним поєднанням супутникових технологій та геодезичних спостережень, отриманих за останнє десятиліття.

Виклад основного матеріалу

З метою виявлення, аналізу та прогнозування небезпечних екзогенних та техногенних геопроцесів в Карпатському регіоні було розроблено та впроваджено міжнародний проєкт «Розширення діючої «Системи космічного захисту від надзвичайних ситуацій» у напрямку моніторингу небезпечних природних і техногенних геопроцесів на транскордонній території Угорщини, Словаччини, Румунії та

України» (скорочено GeoSES) в період з 1 грудня 2019 року по 31 грудня 2022 року, який був частиною 2-го конкурсу пропозицій Програми транскордонного співробітництва ENI, 2014-2020, Угорщина-Словаччина-Румунія-Україна.

Адже транскордонне співробітництво (СВС) є ключовим елементом політики ЄС щодо своїх сусідів, що підтримує сталий розвиток вздовж зовнішніх кордонів ЄС та вирішення спільних викликів за межами цих кордонів [9]. Ініціатором та керівником проекту виступив Державний університет «Ужгородський національний університет», Україна, з партнерами: 1) Університет Павла Йозефа Шафарика в Кошице (Словаччина), 2) Технічний університет Клуж-Напока, (Румунія), 3) Будапештський університет технологій та економіки та 4) Самоврядування округу Саболч-Сатмар-Берег (Угорщина).

Роль головного партнера в проекті полягала в моніторингу найважливіших деформаційних проявів у транскордонній зоні на території Закарпатської області.

Початкова фаза проекту була зосереджена на виборі ділянок для моніторингу деформації земної поверхні. Було реалізовано загальне радіолокаційне дослідження всього регіону HU-SK-RO-UA за допомогою технології InSAR, особливо існуючих або покинутих гірничодобувних ділянок, родовищ, дамб для виявлення небезпечних місць. За результатами вивчення інформації про зсуви та карстові прояви в транскордонній зоні об'єктами дослідження були обрані: Біла Церква, Ділове, Солотвино в Україні, Нижній Чай і Вишня Гутка в Словаччині та район Сігету в Румунії. Тому подальші дослідження були проведені на цих об'єктах.

Для проведення аналізу InSAR було опрацьовано понад 300 знімків Sentinel 1A (S1A), отримані для кожної відносної орбіти D080 і D153. Обробка регіональних даних виконувалась в межах прямокутної сітки, розбитої на 16x16 квадратів (Рис. 1).

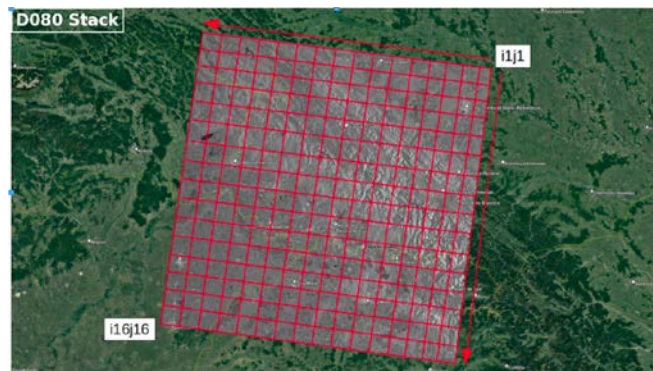
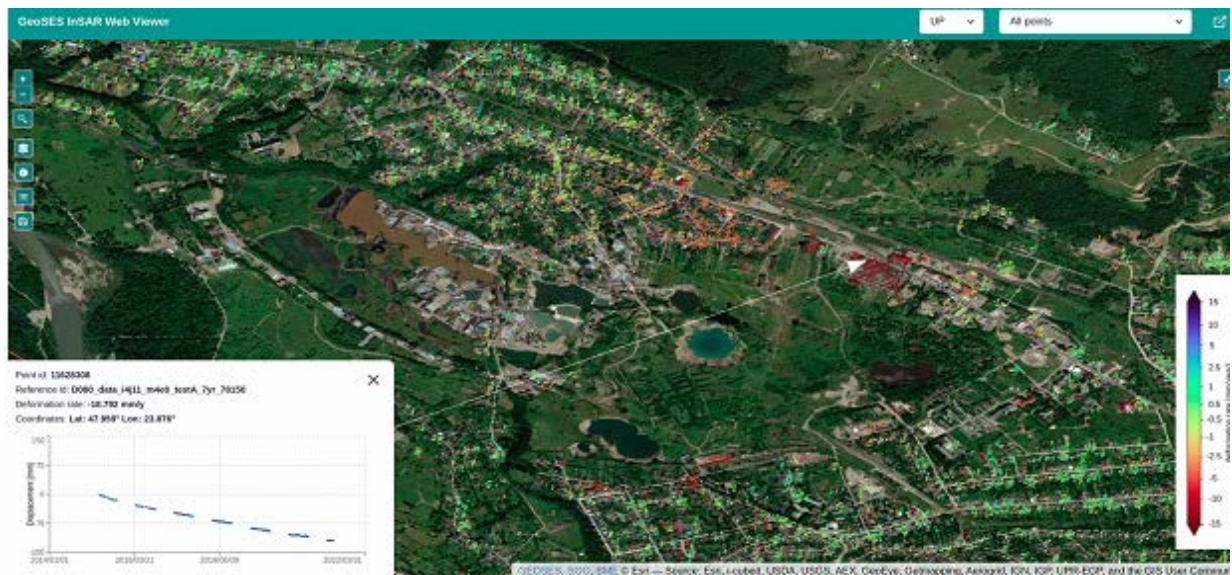


Рис. 1. Налаштування робочої зони дослідження

Основними вхідними даними InSAR-аналізу інтерферометричні дані Sentinel-1A (S1A) та Sentinel-1B (S1B) TOPS (Terrain Observation with Progressive Scanning) в період з 2014 р. до 2021 р. (для зменшення впливу снігу, були виключені дані за зимові місяці з жовтня по квітень). Так на рис. 2 представлено карту деформацій на прикладі смт Солотвино, отриману за допомогою аналізу InSAR. Деформація (у мм) вимірюється в кожній даті отримання SAR, що формує часовий ряд. Швидкість деформації (мм/рік) оцінюється за допомогою лінійної регресії часових рядів деформацій. Більшість визначених точок розсіювання візуалізуються як «зелені», що показує стабільні області. Позитивні (підняття) або негативні (осідання) зміщення відповідають вертикальним деформаціям та виділені відповідно синім і червоним кольорами. Так, з 01.01.2014 р. по 31.03.2022 р. без урахування зимових періодів, у смт. Солотвино виявлено значні зміни земної поверхні з максимальною швидкістю деформації $\sim 18,8$ мм/рік в центральній частині солерудника поблизу шахт №7 та №8, а також на території діючого продовольчого ринку [11].



*Рис. 2 Результати моніторингу InSAR на прикладі смт.Солотвино
(<https://geoses.sgo-penc.hu/>)*

Після виявлення найбільш небезпечних ділянок для попередження можливих аварій був проведений локальний геодезичний моніторинг на об'єктах в межах смт. Солотвино, с.Ділове та с.Біла Церква, використовуючи матеріали цифрового аерознімання, топографічного знімання та високоточного нівелювання.

Щоб визначити динаміку зсувів/карсту необхідно цифрове аерознімання повторити кілька разів через певні інтервали. Таким чином, на досліджуваних територіях аерознімальні роботи було виконано у два етапи: навесні 2020 та восени 2021 р. Фрагмент затопленої шахти №7 за результатами цифрового аерознімання першого етапу зображено рис.3



*Рис. 3. Затоплена шахта № 7
(з матеріалів цифрового аерознімання 2020 р. виконано за допомогою БПЛА – Tarot 680PRO Hexacopter, автор: Іван Проданець)*

В результаті аерознімальних робіт за допомогою БПЛА одержано ортофотоплани на об'єкти Солотвино, Ділове та Біла Церква, створено 3D схеми карстів та

топографічні плани масштабу 1:500 [12]. Результати подано на прикладі об'єкту Біла Церква (рис. 4 та рис.5)



Рис.4 Деформаційний моніторинг (цифрове аерознімання 2020-2021) Біла Церква

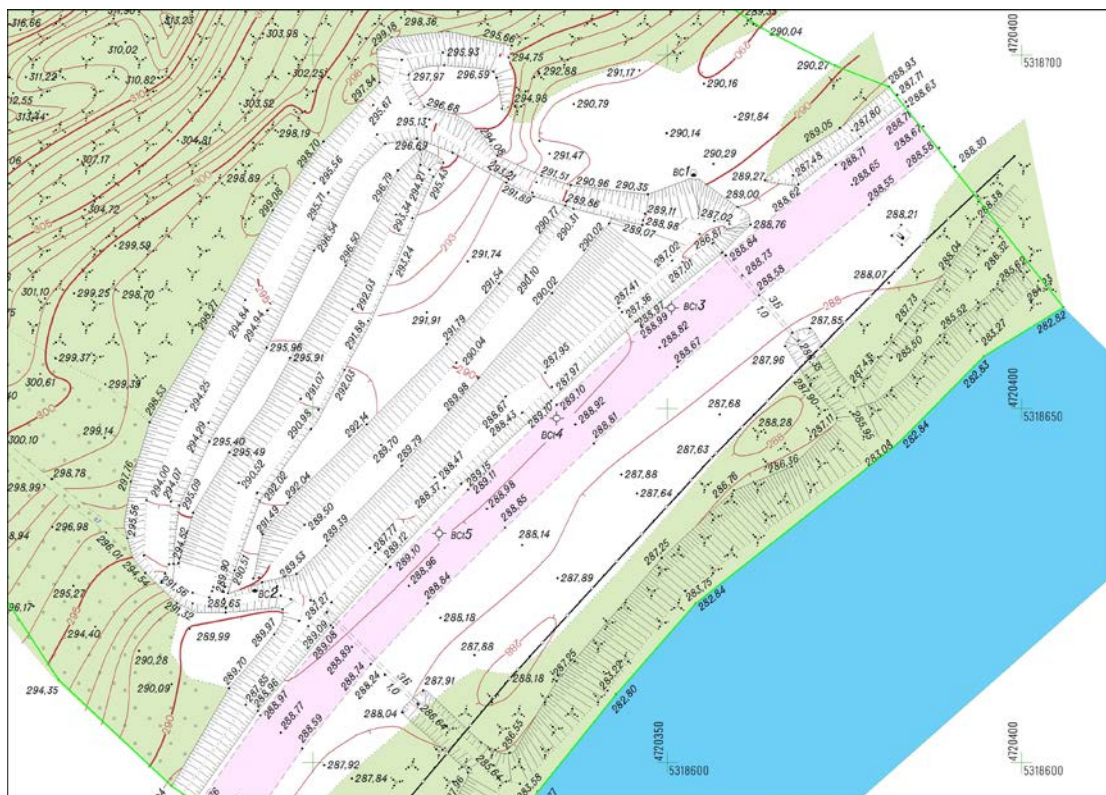


Рис.5 Фрагмент топографічного знімання 1: 500 Біла Церква

Для вивчення регіональних фонових геодинамічних процесів, кількісної оцінки деформаційних процесів земної поверхні в зоні активних техногенних проявів та створення епохи спостережень на першому

етапі робіт створено регіональні лінії, по яких виконано нівелювання другого розряду. Лінії нівелювання базувалися на точках державної нівелірної мережі у вигляді замкнутих полігонів (рис.6).

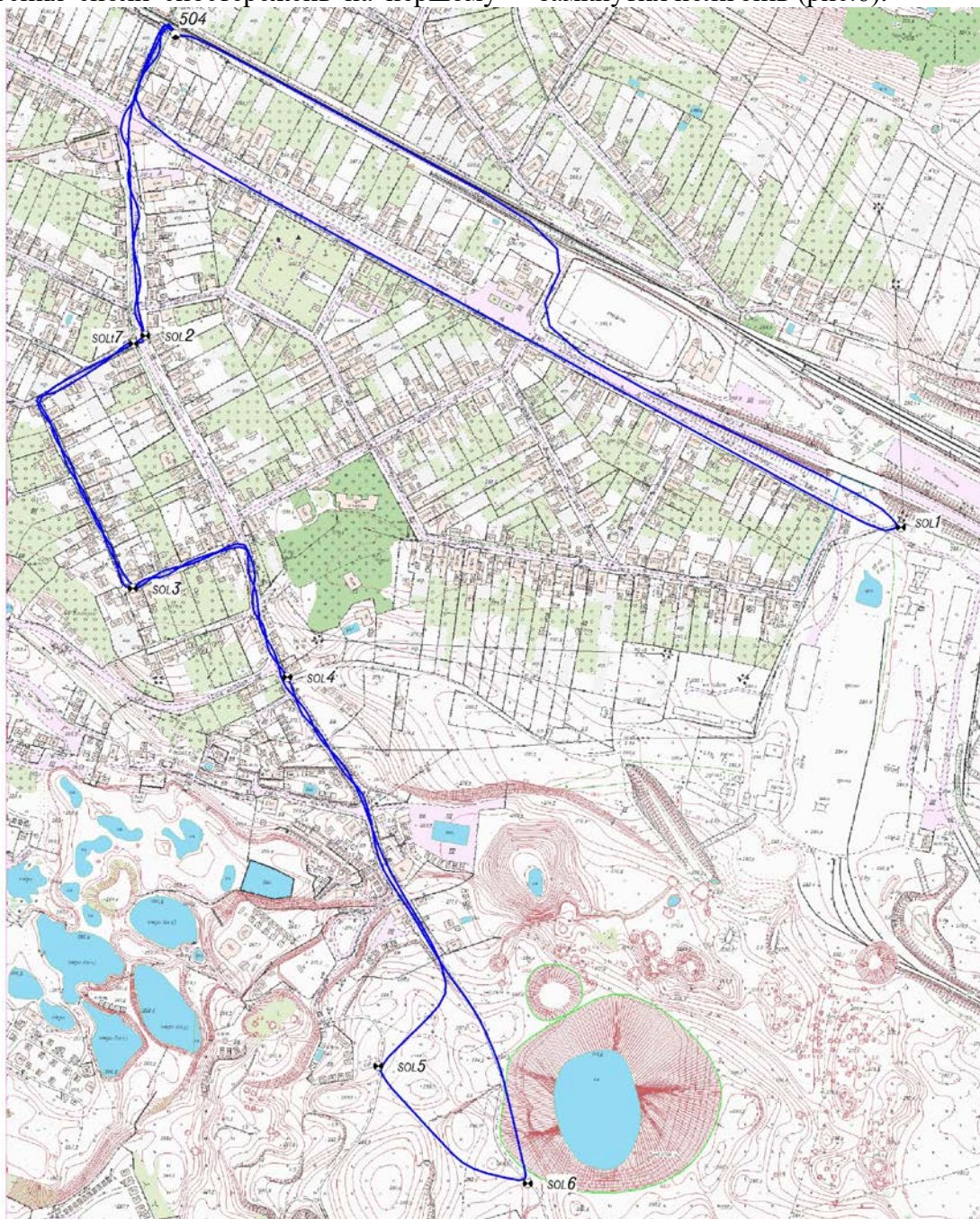


Рис.6 Схема нівелірних ходів (перший цикл нівелювання)

Вимірювання проводились цифровим нівеліром DiNi 22 (з метрологічними повірками) циклічно – 1 раз на квартал. Таким чином, у період з квітня 2020 року по листопад 2021 року кожні шість місяців було проведено чотири цикли вимірювання. За підсумками чотирьох циклів на Солотвинському майданчику найбільше

зрушення у репера SOL6. Максимальна швидкість осідання складала (SOL6, що знаходиться біля шахти №7) в плані 68 мм/міс, по висоті 60 мм/міс, мінімальна (SOL5 база відпочинку «Буковина») в плані 4 мм/міс, по висоті 1 мм/міс. Це також підтверджують дані радіолокаційної інтерферометрії. На об'єктах Ділове та Біла

Церква зміщення незначні. Зараз ведуться роботи зі стабілізації зсувів.

Висновки

Складний рельєф обмежує використання геометричного вирівнювання, а існування високої рослинності або просто зростання рослинності між циклами вимірювань може призвести до помилок у результатах, отриманих технологією InSAR. Тому завдяки проведеним дослідженням ми вважаємо, що найбільш прийнятною технологією моніторингу карстових і деформаційних рухів є поєднання згаданих технологій та методів. Комбінація методів (GNSS, геометричного нівелювання, аерофотограмметрії БПЛА, технології InSAR) у діяльності з моніторингу зсувів є єдиною альтернативою для отримання даних про рельєф місцевості для різних операційних кампаній.

З практичної точки зору ця розробка може стати стандартом, який можна буде

адаптувати на інших деградованих землях України.

Виконані роботи ще раз засвідчують наявність складної екологічної ситуації в Солотвині, для вирішення якої необхідно продовжити систему постійного геомоніторингу Солотвинського солерудника. Адже відповідно до Загальнодержавної програми №3 «Відновлення чистого та безпечного довкілля» заплановані заходи з екологічного відновлення Солотвинських соляних шахт на 2026-2032 роки.

Публікація здійснена в рамках виконання міжнародного гранту HUSKROUA/1702/8.1/0065 - Розширення операційної системи "Космічна аварійна система" в напрямку моніторингу небезпечних природних та техногенних геопроцесів у прикордонному регіоні HU-SK-RO-UA

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 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)
2. 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.
3. Дяків В.О. Закономірності розвитку техногенно активізованого соляного карсту в процесі затоплення шахт №8 та №9 Солотвинського солерудника Географія. № 9, 2012
4. Berardino, P., Fornaro, G., Lanari, R., & Sansosti, E. (2002). A new algorithm for surface deformation monitoring based on small baseline differential SAR interferograms. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 40(11), 2375–2383. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2002.803792>
5. Karaca, S. O., Abir, I. A., Khan, S. D., Ozsayın, E., and Qureshi, K. A. (2021). Neotectonics of the western Suleiman fold belt, Pakistan: evidence for bookshelf faulting. *Remote Sens.* 13 (18), 3593. <https://doi:10.3390/rs13183593>
6. Yang, Z. R., Xi, W. F., Shi, Z. T., Xiao, B., and Zhou, D. Y. (2022a). Deformation analysis in the bank slopes in the reservoir area of Baihetan Hydropower Station based on SBAS-InSAR technology. *Chin. J. Geol. Hazard Control* 33 (05), 83–92 <https://doi:10.16031/j.cnki.issn.1003-8035.202202056>
7. Yang, Z. R., Xi, W. F., Yang, Z. Q., Shi, Z. T., and Qian, T. H. (2022b). Monitoring and prediction of glacier deformation in the Meili snow mountain based on InSAR technology and GA-BP neural network algorithm. *Sensors* 22 (21), 8350 <https://doi:10.3390/s22218350>
8. Wang, L. Y., Qiu, H. J., Zhou, W. Q., Zhu, Y. R., Liu, Z. J., Ma, S. Y., et al. (2022). The post-failure spatiotemporal deformation of certain translational landslides may follow the pre-failure pattern. *Remote Sens.* 14 (10), 2333. <https://doi:10.3390/rs14102333>
9. Ma, S. Y., Qiu, H. J., Zhu, Y. R., Yang, D. D., Tang, B. Z., Wang, D. Z., et al. (2023). Topographic changes, surface deformation and

- movement process before, during and after a rotational landslide. *Remote Sens.* 15 (3), 662. <https://doi.org/10.3390/rs15030662>
10. https://neighbourhood-enlargement.ec.europa.eu/european-neighbourhood-policy/cross-border-cooperation_en
11. Magyr, B., Horváth, R. (2022). Regional scale monitoring results of surface deformation in the Transcarpathian Region, EGU General Assembly 2022, Vienna, Austria, 23–27 May 2022, EGU22-9443, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu22-9443>, 2022
12. 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>

N. Kablak, I. Kalynych, M. Nychvyd, I. Prodanets, O. Reitiy

RESEARCH AND MONITORING OF DANGEROUS NATURAL AND TECHNOLOGICAL GEOPROCESSES IN THE TISA RIVER BASIN

The article is devoted to the coverage of the spatio-temporal evolution of deformations of the earth's surface in the basin of the Tisza River within the Transcarpathian region with the analysis of geodetic observations. Karst monitoring began with the identification of the most dangerous areas of the earth's surface that are subject to vertical displacement. For this, the method of radar differential interferometry SAR was used. After identifying the most dangerous areas based on satellite interferometry data, local geodetic monitoring was carried out at the facilities to prevent possible accidents.

Keywords: karst; monitoring of deformation of the earth's surface; geodetic measurements; InSAR; high-precision leveling.

УДК 550.34

Л. Назаревич¹ А. Назаревич²

¹Інститут геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України, nazarevych.L@gmail.com

²Карпатське відділення Інституту геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України, nazarevych.a@gmail.com

СЕЙСМІЧНІСТЬ ЗАХОДУ УКРАЇНИ ПІСЛЯ СЕРІЇ КАТАСТРОФІЧНИХ ТУРЕЦЬКИХ ЗЕМЛЕТРУСІВ 2023 РОКУ ЯК ІНДИКАТОР «ЗБУРЕНИХ» ТЕКТОНІЧНИХ СТРУКТУР

В роботі проаналізовано сейсмічність заходу України після землетрусів 6 лютого 2023 року у Туреччині, які стали результатом колізії Аравійської та Африканської плит і Євразійської плити, з цим процесом також пов'язані і вогнища землетрусів заходу України. Тектонічні напруження, що виникли на розломах Анатолійської мікроплити, через системи глибинних розломів оточення Євразійської плити передаються на більші відстані, активізують розломні структури, зокрема на заході України (Закарпаття і Передкарпаття). Тут, на Закарпатті після турецьких землетрусів відбулися 11 місцевих землетрусів, на Передкарпатті – 3. Вогнища землетрусів мають свої особливості, ці події відбуваються у відомих активних сейсмогенних зонах, де відбувались також історичні сильні землетруси. Отже, в першу чергу активізуються структури, у яких постійно накопичуються тектонічні напруження.

Ключові слова: сейсмічність; геодинаміка; земна кора; розлом; тектоніка; землетрус; інтенсивність землетрусу; магнітуда; екологія.

Постановка проблеми

Серія руйнівних землетрусів початку 2023 р. у південно-східній частині Туреччини біля кордону з Сирією, найпотужніші з яких відбулися 6 лютого 2023 р. з M 7.8 і 7.5, увійшли до десятки катастрофічних землетрусів світу 21-го століття [9]. Вони викликали великі руйнування будівель та інфраструктури в епіцентрі, десятки тисяч людей загинули, сотні тисяч поранених. Помітно змінився ландшафт цієї території. В тектонічному аспекті ці землетруси потужно збурили глибинну тектоносферу не тільки цього сейсмоактивного регіону, але й передали тектонічні збурення на більш віддалені активні тектонічні структури, спричинивши активізацію сейсмічності в сусідніх регіонах. У зв'язку з цим актуалізувалась проблема сейсмічної небезпеки для території Карпатського регіону України, з огляду на те, що Карпати є складовою частиною (північною гілкою) Альпійсько-Гімалайського сейсмоактивного поясу.

Аналіз останніх досліджень

Сейсмічні спостереження на заході України ведуться вже понад 60 років [2]. Найбільш активною в сейсмічному плані тут є територія Закарпаття, Прикарпаття характеризується відносно слабшою

сейсмічністю, свої особливі тектоно-геологічні умови і певна сейсмічність характерні для Складчастих Карпат. На Закарпатті щороку реєструється до 10 і більше землетрусів невеликої сили, а в середньому що 5-10 років відбуваються відчутні землетруси з магнітудами M 2,5-3,5. В середньому кожних 60-100 років відбувається 1-2 ще сильніших (магнітудою до 4-4,7) землетруси місцевих або у прилеглих районах Словаччини, Угорщини чи Румунії, що спричиняють на цій території струшування силою до 7-8 балів. Землетруси невеликої сили, вогнища яких залягають на глибинах 0-7 км, зареєстровані на Прикарпатті, в районах Дністровського гідроенергетичного каскаду, видобування нафти, газу, калійних солей, але і вони можуть призвести до катастрофічних наслідків для територій через їхню інфраструктурну вразливість [5-7].

Постановка завдання

Сейсмічність заходу України пов'язана з глобальними тектонічними процесами в Альпійсько-Гімалайському сейсмоактивному поясі, а також з місцевою складовою регіонального геодинамічного та сеймотектонічного процесу. І саме катастрофічні турецькі землетруси 2023 р., які викликані глибинними тектонічними процесами, і є результатом зіткнення

Аравійської та Африканської плит з Євразійською плитою [9], «збурили» тектоносферу глобальних структур, зокрема і Карпатського регіону, вони змінили «сейсмічну погоду». Величезна тектонічна енергія виділилась під час цих сейсмічних подій (еквівалентна енергії 500 потужних атомних бомб), але ще інша частина енергії через світову систему пов'язаних між собою розломів вплинула тією чи іншою мірою на всю земну тектоносферу. Тому спостерігається зростання сейсмічності на активованих тектонічних структурах. Землетруси, які тут можна очікувати, будуть трасувати ті сейсмоактивні елементи земної кори, що активовані зміною напружено-деформованого стану складнопобудованого геологічного середовища [7, 9].

Виклад основного матеріалу

Як було зазначено вище, на заході України найбільш активним у плані сейсмічності є Закарпаття, тут після 6 лютого 2023 р. відбулося 11 землетрусів різної сили M – від 1.0 до 3.4 (див. табл.,). За цей часовий проміжок сейсмічна активність зареєстрована у Чоп-Мукачівській западині – в зоні Закарпатського глибинного розлому, а також поперечних розломів – Ужгородського, Мукачівського (Свалявського), Іршавського, Виноградівського. В основному зафіксовані зараз землетруси є слабкими, зареєстрованими тільки інструментально. Також було два відчутних землетруси, перший з них (з магнітудою 3.4) відбувся поблизу с. Білки (8 км на схід від м. Іршави), другий (з $M=3.3$) відбувся біля с. Велика Добронь (15 км на схід від м. Чоп).

Звертає на себе увагу той факт, що ряд із даних землетрусів групуються в зонах, які до того, на початку 20 століття, зазнавали відчутних землетрусів – це найсильніший з відомих на Закарпатті Свалявський землетрус 1908 р. з інтенсивністю в епіцентрі $I_0=7-8$ балів; у Страбичево, 1924 р., $I_0=5$ балів; поблизу Ужгорода, 1925 р., $I_0=5$ балів; в Анталовцях 1936 р., $I_0=6$ балів. Інші (з району Виногорова та Іршави) – у зоні, що була активною у 80-х роках 20 ст. (відчутні Виноградівські землетруси у 1983, 1988 і 1989 рр.).

Бачимо, що райони, де колись були відчутні землетруси, є тектонічно активними, вони швидше реагують на будь-які зміни напружено-деформованого стану геологічного середовища через свою специфічну геолого-тектонічну будову. Це все підтверджує новітню геодинамічну і сейсмічну активність цих тектонічних структур, а також вказує на те, що сучасний сейсмічний процес є успадкований і тісно пов'язаний з загальною геодинамікою регіону [1, 2].

Також можна стверджувати про сейсмічну активізацію сейсмогенної зони Довге (тектонічно – це район перетину структур Закарпатського глибинного розлому і Боржавської розломної зони (Боржавського міні-грабена) [3]), враховуючи, що тут раніше, 3 січня відбувся ще один відчутний землетрус магнітудою 3,8 (глибина 6 км.) з макросейсмічними проявами, зокрема, у с. Бронька.

Передкарпаття в сейсмічному плані є спокійнішим. Тут за історичними даними не зафіксовано відчутних землетрусів. Місцева сейсмічність вже детально проаналізована нами в [5-7]. Сейсмоактивними тут є три райони – Бориславський, Долинський і Надвірнянський.

Основною сейсмогенуючою структурою в цьому регіоні є зона Передкарпатського розлому північно-західно – південно-східного простягання, власне до його перетину з розломами ортогонального напрямку, а також до наявних тут різноглибинних насувів і складок тяжіють вогнища більшості землетрусів [8]. Сейсмічність у цих зонах певним чином пов'язана з видобуванням вуглеводнів, сейсмотектонічний процес має свої характерні часово-просторові закономірності. Після катастрофічних землетрусів у Туреччині 6 лютого 2023 р. район Передкарпаття також відчув збурення тектоносфери, тут відбулися 3 землетруси з магнітудами M 2.2 і 2.5 (табл.). Вогнища цих трьох землетрусів розташовані в районі Надвірної і Делятина, в тектонічному плані це зона перетину Передкарпатського і Надвірнянського розломів. Чи є ця сейсмічність наведеною, чи природною – це

потребує подальших досліджень з залученням більшої кількості матеріалів.

Але, безумовно, сейсмогенний індекс Закарпатського розлому є вищим, ніж

Передкарпатського. На це вплинуло ряд факторів – геологічна будова, тепловий потік, геодинамічна ситуація [3], тощо.

Таблиця

Сейсмічність заходу України після 6 лютого 2023 р.

Дата/Час	Широта φ°	Довгота λ°	Магнітуда М	Район
23.09.2023/12:53:01	48.57	22.94	2.0	Закарпаття
14.09.2023/11:52:57	48.17	23.12	2.0	Закарпаття
15.08.2023/16:43:07	48.61	22.66	2.2	Закарпаття
10.08.2023/10:36:45	48.66	22.42	2.4	Закарпаття
31.07.2023/14:25:53	48.52	22.9	2.1	Закарпаття
16.05.2023/11:55:26	48.77	22.83	1.1	Закарпаття
12.05.2023/12:45:29	48.47	22.74	1.0	Закарпаття
27.04.2023/13:34:53	48.5	24.51	2.2	Передкарпаття
14.04.2023/04:54:50	48.31	23.15	3.4	Закарпаття
12.04.2023/14:26:49	48.49	24.43	2.5	Передкарпаття
06.04.2023/12:22:21	48.53	22.87	2.2	Закарпаття
05.04.2023/11:41:05	48.41	22.72	2.2	Закарпаття
16.03.2023/12:14:41	48.59	24.44	2.5	Передкарпаття
27.02.2023/03:15:39	48.41	22.42	3.3	Закарпаття

Висновки

Сейсмічність заходу України має складний ієрархічний причинно-наслідковий характер. Аналіз цієї активності після серії катастрофічних Турецьких землетрусів 6 лютого 2023 р. показав, що тут відбулися 14 землетрусів різної магнітуди – від слабких з $M=1.0$ до відчутних з $M=3.4$. Сейсмічно активнішим тут є Закарпаття – 11 землетрусів, менше на Прикарпатті – 3.

На Закарпатті землетруси зареєстровані у Чоп-Мукачівській западині, зокрема, у смузі Закарпатського глибинного та інших розломів, вони локалізовані у відомих за

інструментальними та історичними даними сейсмогенних зонах. На Передкарпатті вогнища землетрусів зафіксовані у Надвірнянському районі, у зонах, які описані у [6], і тяжіють до смуги Передкарпатського розлому. Таким чином, головні світові сейсмоактивні розломи після активізації внаслідок катастрофічних землетрусів на Анатолійській плиті через системи глобальних глибинних розломів передають тектонічні збурення на інші сейсмоактивні області. Цей процес є новим для науки, довготривалим і потребує детального спостереження і вивчення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Демедюк М., Заблоцький Ф., Колгунов В., Островський А., Сідоров І., Третяк К. Результати досліджень горизонтальних деформацій земної кори на Карпатському геодинамічному полігоні // Геодинаміка. 1998. № 1. С. 3-13.
2. Дослідження сучасної геодинаміки Українських Карпат. / Під ред. В.І. Старостенка. Київ: Наук. думка. 2005. 254 с.
3. Назаревич А., Байрак Г., Назаревич Л. Особливості рельєфу району середньої

- течії ріки Боржави та їхній зв'язок із геодинамікою та сеймотектонікою. Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат. 2023. Вип. 1 (15), 78-103. DOI [10.30970/gpc.2023.1.3949](https://doi.org/10.30970/gpc.2023.1.3949).
4. Назаревич Л.Є. Характеристики сейсмічності і сеймотектонічного процесу в Закарпатті: новий погляд на сейсмоекологічну небезпеку регіону // Наук. вісник Ів.-Франк. нац. техн. ун-ту. нафти і газу 2002. 4, №3 С. 170-175.

5. Назаревич Л.Є., Назаревич А.В. Наведена сейсмічність і сеймотектоніка Надвірнянського нафтогазового району (Українське Передкарпаття). 15th EAGE International Conference on Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects “Geoinformatics-2016”. Київ. 2016. DOI: 10.3997/2214-4609.201600490.
6. Назаревич Л.Є., Назаревич А.В. Сейсмогеодинамічна активізація нафтогазоносних районів Передкарпатського прогину (Долина, Надвірна, Борислав). Мінеральні ресурси України. 2018. № 2. С. 36-42. DOI: 10.31996/mru.2018.2.36-42.
7. Назаревич Л.Є., Назаревич А.В. Сейсмічна небезпека територій в умовах видобутку корисних копалин як фактор екологічного ризику (на прикладі Українського Передкарпаття) // Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування / За наук. ред. Мальованого М.С. Розділ 1 «Екологічні аспекти збереження біорізноманіття, моніторинг, аудит, системний аналіз та оцінка ризику, відновлювальні джерела енергії. Львів. 2020. С. 97-123. 10.23939/book. Ecosongress.2020. Режим доступу <http://science.lpnu.ua/uk/ekokongres-2020/kolektyvna-monografiya>.
8. Тектоническая карта Западного нефтегазоносного региона Украины. Киев: УкрГГРИ. 1994.
9. An Q, Feng G, He L, Xiong Z, Lu H, Wang X, Wei J. Three-Dimensional Deformation of the 2023 Turkey Mw 7.8 and Mw 7.7 Earthquake Sequence Obtained by Fusing Optical and SAR Images. *Remote Sensing*. 2023; 15(10):2656. DOI: [10.3390/rs15102656](https://doi.org/10.3390/rs15102656)

L. Nazarevych, A. Nazarevych

SEISMICITY OF WESTERN UKRAINE AFTER THE SERIES OF CATASTROPHIC TURKISH EARTHQUAKES IN 2023 AS AN INDICATOR OF THE “HEATED” TECTONIC STRUCTURES

In the paper the seismicity of western Ukraine after the 06.02.2023 earthquakes in Turkey was analyzed, which was the result of the collision of the Arabian and African Plates and the Eurasian Plate, and the foci of earthquakes in western Ukraine are also associated with this process. The tectonic stresses that arose on the faults of the Anatolian microplate, through the deep fault systems of Eurasian Plate surroundings activate fault structures, in particular in the west of Ukraine (Transcarpathians and Precarpathians). Here, in Transcarpathians, after the Turkish earthquakes 11 local earthquakes were registered and in Prekarpathians 3 else. The foci of earthquakes have characteristic features; these events occur in known active seismogenic zones, where historical strong earthquakes have also occurred. Therefore, structures, in which tectonic stresses are constantly accumulated, are activated first of all.

Key words: seismicity; geodynamics; earth's crust; fault; tectonics; earthquake; earthquake intensity; magnitude; ecology.

УДК 550.34

В.В. Ігнатишин¹, М.Б. Ігнатишин², А.В.Ігнатишин², Т.Й.Іжак³, А.Й.Рац³, С.С.Молнар Д³

¹Інститут геофізики ім.С.І. Субботіна НАН України; Закарпатський угорський інститут ім.Ференца Ракоці II, rgstrs1962@i.ua

²Інститут геофізики ім.С.І. Субботіна НАН України, sitkomonika@i.ua,
ignatysin_adalbert@i.ua

³Закарпатський угорський інститут ім.Ференца Ракоці II, izsak.tibor@kmf.org.ua,
racz.bela@kmf.org.ua, molnar.d.istvan@kmf.org.ua

ВАРІАЦІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ЕМІСІЇ ТА СЕЙСМОТЕКТОНІЧНІ ПРОЦЕСИ В ЗАКАРПАТСЬКОМУ ВНУТРІШНЬОМУ ПРОГІНІ

Закарпаття- сейсмонезбезпечний регіон, де періодично рееструють відчутні місцеві землетруси на фоні чисельних слабких підземних поштовхів. Сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому за 2021 рік представлені розширенням порід, віковий хід яких становить величину 1 км та лежить в інтервалі рухів кори в Карпато-Балканському регіоні. Метою роботи є дослідження зв'язку електромагнітної емісії в діапазоні 2-50 кГц із параметрами геодинамічного стану регіону та проявом місцевої сейсмічності. Об'єктом дослідження є екологічний стан регіону, геодинамічний та сейсмічний стан Закарпатського внутрішнього прогину. Предметом дослідження є варіації електромагнітної емісії в центральній частині Закарпаття, сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому та просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності. Новизна роботи: відмічено зв'язок геофізичних полів та сейсмотектонічних процесів в регіоні, зокрема варіацій електромагнітної емісії в діапазоні 2-50 кГц та рухів кори. Аномальні рухи кори, сейсмічна активізація регіону, підвищені величини електромагнітної емісії виявляються в одних часових інтервалах.

Ключові слова: землетруси; електромагнітна емісія; просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності; геофізичні поля; сучасні горизонтальні рухи кори; сейсмічний стан, геодинамічний стан; Закарпатський внутрішній прогин; зона Оашського глибинного розлому; геофізична станція.

Постановка проблеми

На території Закарпатського внутрішнього прогину рееструються підземні поштовхи різної магнітуди. Сейсмічний стан регіону можна розглядати як стан, що характерний періодичністю. Сейсмічними станціями Карпатської дослідно - методичної геофізичної та сейсмологічної партії Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім.С.І. Субботіна НАН України проводиться круглодобовий моніторинг сейсмічного стану регіону. Паралельно на режимних геофізичних станціях Карпатського відділення Інституту геофізики ім.С.І. Субботіна НАН України проводяться безперервні спостереження параметрів геофізичних полів. Зокрема на режимній геофізичній станції „Тросник” ім.Т.З. Вербицького виконуються роботи по спостереженню фізичних характеристик геофізичних полів, зокрема магнітного поля Землю шляхом вимірювання вектора магнітної індукції магнітного поля Землі. За результатами багаторічних спостережень

параметрів магнітного поля Землі на декількох пунктах Закарпаття, відмітили особливості варіацій спостережуваного параметру в інтервалах інтенсивних геодинамічних процесів. Тривалий час проводяться спостереження за параметрами радіоактивного фону середовища на режимній геофізичній станції „Тросник”. Встановлено інтервали часу, коли відмічено кореляцію варіацій параметрів радіоактивного фону та сучасних рухів кори. Вказано на зв'язок просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності та інтенсивних рухів кори, виміряних на пунктах деформетричних спостережень в регіоні. Починаючи з 90-х років минулого століття на режимних геофізичних станціях проводяться круглодобові спостереження за природним імпульсним електромагнітним полем Землі. Електромагнітну емісію на пунктах спостережень вимірюють за допомогою спеціального пристрою РХІНДСП-03. Вимірювання проводять в різних часових та частотних діапазонах : 2, 5, 12.5, 17 та 2-50 кГц в режимі 1 с, 1 хв, 10 хв. Одиницею вимірювання

електромагнітної емісії є тисяча імпульсів за секунду. Результати минулорічних вимірювань вказали на існування взаємозв'язку між частотою електромагнітної емісії та сейсмотектонічними процесами в пунктах вимірювання параметрів геофізичних полів. Проведений аналіз результатів спостережень в різних частотних діапазонах та сучасних горизонтальних рухів кори вказує на зв'язок їх із просторово-часовим розподілом місцевої сейсмічності. Аналіз спостережуваних рядів електромагнітної емісії в різних частотних діапазонах відмітив різний ступінь кореляції із сейсмотектонічними процесами в регіоні. Зв'язок електромагнітної емісії із рухами кори та сейсмічною активністю представлений спільним часовим інтервалом, де рухи кори супроводжуються підвищеними величинами електромагнітної емісії. Також відмічено аномальні величини електромагнітної емісії в інтервалах часу, коли реєструють місцеві землетруси. Актуальність проведених досліджень реакції геофізичних полів на геомеханічні рухи кори та струшування в земній корі очевидна, оскільки Закарпаття є сейсмонезбезпечним регіоном, де відбуваються місцеві землетруси з певною періодичністю та різними енергетичними характеристиками. Сейсмічний моніторинг Закарпаття дає картину просторово-часового розподілу місцевої сейсмічності: за рік реєструють сотні енергетично слабких місцевих землетрусів, періодично відбуваються сильніші поштовхи, класифіковані як відчутні населенням, магнітуда яких більша. В середньому на території Закарпаття щорічно реєструють від одного до шести відчутних місцевих підземних поштовхів. Періоди сейсмічної активності чергують з періодами сейсмічного затишшя. Геофізичні спостереження на території Закарпаття встановили періоди сейсмічних збурень та затишшя. Інтервал часу протягом якого ці періоди чергують становить близько 12 років. Актуальність вивчення періодів сейсмічності важливе в плані створення моделі сейсмотектонічних процесів в регіоні та майбутнього прогнозування сейсмічних подій. Важливо відмітити, що

територія Закарпаття з її географічним положенням вплинула на розташування на її території об'єктів підвищеної небезпеки: газо-,нафто-, продуктогонів, ліній електропередач, залізниць. Тому важливо вивчення можливих сейсмонезбезпечних процесів, що погіршують екологічний стан регіону. Сучасні рухи кори, які можуть бути передумовою сейсмічної активності викликають зміни фізичних параметрів земно кори. Зміни фізичних характеристик можна виявити за змінами параметрів фізичних полів. Тому важливо вивчення варіацій параметрів всіх геофізичних полів, які спостерігаються на пунктах геофізичних спостережень в регіоні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

В результаті проведеного в [7] аналізу пропонується новий підхід до пошуків електромагнітних провісників землетрусів, який полягає у вивченні змін геоелектричних полів (потенційних інфранизькочастотних провісників землетрусів) як більш чутливих. Вивчення та інтерпретація цих змін може привести до виділення провісників землетрусів, який допоможе визначити геодинамічні активні зони, в яких можуть статися землетруси. Проведено практичні роботи з сейсмічного мікрорайонування будівельних майданчиків, який передбачав використання методу реєстрації короткоперіодних мікросейсм, який вважається одним з найбільш ефективних і об'єктивних інструментальних методів проведення польових сейсмологічних досліджень. Методу ґрунтується на порівнянні параметрів мікроколиваний ґрунтів, які збуджуються джерелами природного і техногенного походження на досліджуваних і еталонній ділянках[1]. В [11] розглянуто особливості відображення тектонічної будови, зон розуцільнення, подрібненості порід та літологічного складу в гравімагнітних полях регіонального масштабу, оцінено їхній зв'язок зі зсувними процесами, що дозволяє оцінити природні умови формування та розвитку зсувів у цьому регіоні, встановлено зв'язки між впливом розломних зон на зсувні процеси за

їхнім відображенням у гравімагнітних полях, що у майбутньому застосовуватись під час просторового прогнозування розвитку зсувів на територіях зі спорідненими структурно-тектонічними умовами. На побудованих картах горизонтальних деформацій та зміщень земної кори та розподілу параметрів деформацій на території Заходу України за даними ГНСС станцій з 2018 по 2021 роки, представлених в [9] відзначаються дві зони стиску: одна на Закарпатті, що відповідає території Закарпатського глибинного розлому, а інша – на північному заході регіону. Проведені дослідження в [8] визначили що в Закарпатті найнебезпечнішим періодом року стосовно випадання сильних дощів є літо, коли сильні чи надзвичайно сильні дощі або зливи можуть випадати практично всюди. Результати дослідження можуть бути використані при наступних наукових дослідженнях стихійних метеорологічних явищ, розвитку селевих та ерозійних процесів на досліджуваній території чи в інших галузях, включаючи теоретичну і практичну складові. Розраховані спектральні співвідношення в [6] дають можливість оцінити ступінь впливу середовища на записи сейсмічних сигналів на станціях, найбільший вплив виявлено на частотах, які відповідають отриманим резонансним максимумів і мінімумів, отримані результати необхідно враховувати при оцінці параметрів можливого сейсмічного впливу на даній території. Проведена інтерпретація експериментальних даних :деформаційних, геоакустичних і параметрів вогнища землетрусу, встановлено їхній зв'язок із сейсмічністю Закарпатського регіону з використанням статистичного (регресійного) аналізу, описано взаємозв'язки геофізичних параметрів: деформації, геоакустичної емісії та сейсмічних характеристик – магнітуди та енергетичного класу [10]. Вивчення змін геофізичних полів в сейсмогенеруючому регіоні проводяться тривалий період, зокрема вимірювання електромагнітної емісії проводили на РГС „Тросник”, „Нижнє Селище”, „Мукачеве “. Зв'язок

електромагнітної емісії низькочастотного діапазону з геодинамічним та сейсмічним станами Закарпаття в 2017 році розглянуто в [2]. Отримано підтвердження впливу геомеханічних явищ на варіації електромагнітної емісії в періоди сейсмічної активізації. Екологічно небезпечні процеси в Закарпатському внутрішньому прогині знаходять відгук у результатах геофізичних спостережень, зокрема магнітному полі Землі, електромагнітної емісії геофізичний аспект [3]. В [4] представлено результати дослідження зв'язку варіацій електромагнітної емісії з сейсмотектонічними процесами в Закарпатському внутрішньому прогині. Встановлено, що сейсмотектонічні процеси в Закарпатському внутрішньому прогині мають зв'язок із варіаціями електромагнітної емісії в діапазоні 12. 5 кГц, а саме в цьому діапазоні інтенсивні рухи кори та прояв сейсмічності в регіоні супроводжуються підвищеними величинами спостережуваного поля [5].

Постановка завдання

Геофізичні поля відгукуються на геодинаміку регіону, зокрема магнітне поле Землі реагує на геомеханічні процеси на геологічних структурах Закарпатського внутрішнього прогину. Електромагнітна емісія, яка є індикатором природного імпульсного електромагнітного поля Землі, спостерігається в різних діапазонах частот, зокрема в діапазоні 2-50 кГц. Оскільки цей діапазон частот охоплює більший спектр актуально проводити спостереження електромагнітної емісії та вивчати зв'язок її із сейсмотектонічними процесами в регіоні. Метою роботи є дослідження зв'язку електромагнітної емісії в діапазоні 2-50 кГц із параметрами геодинамічного стану регіону та проявом місцевої сейсмічності. Об'єктом дослідження є екологічний стан регіону, геодинамічний та сейсмічний стан Закарпатського внутрішнього прогину. Предметом дослідження є варіації електромагнітної емісії в центральній частині Закарпаття, сучасні горизонтальні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому та просторово-часовий розподіл

місцевої сейсмічності. Для вирішення поставленої задачі використано результати режимних геофізичних спостережень на режимній геофізичній станції „Тросник”, сучасних горизонтальних рухів кори на пункті деформетричних спостережень „Королеве” Карпатської дослідно-методичної геофізичної та сейсмологічної партії Відділу сейсмічності Карпатського регіону Інституту геофізики ім. С.І.Субботіна НАН України. Результати спостережень геофізичних полів інтерпретують на предмет виявлення зв'язків із сучасними рухами кори та просторово-часовим розподілом місцевих землетрусів. Використано результати розрахунку кінематичних характеристик сучасних рухів кори та проведено аналіз аномальних проявів варіацій параметрів електромагнітної емісії із періодами інтенсивних рухів кори та підвищення місцевої сейсмічності за 2021 рік.

Виклад основного матеріалу Електромагнітна емісія 2021 рік

Січень 2021 рік. На режимній геофізичній станції „Тросник”, проведено вимірювання величини електромагнітної емісії в діапазоні частот 2-50 кГц. Середньомісячна величина E_i становить 58250 імпульсів за секунду. Видно коливання із періодами, що змінювалися від 4 до 5 діб, амплітуда коливалася в межах від 55000 імпл/с до 62 імпл/с(Рис. 1).

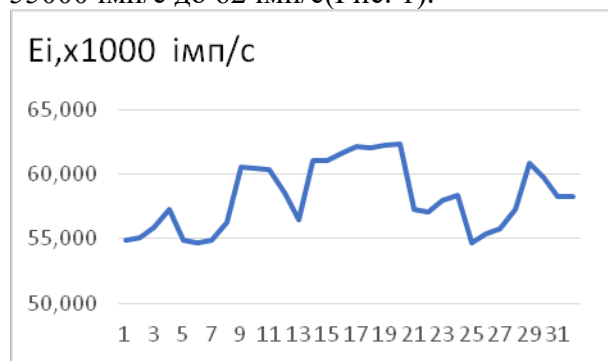


Рис.1. Варіації електромагнітної емісії в діапазоні частот 2-50 кГц. Січень 2021 рік, режимна геофізична станція „Тросник”

Представлено сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому за січень 2021 року, виміряні на пункті

деформетричних спостережень „Королеве”(рис. 2).

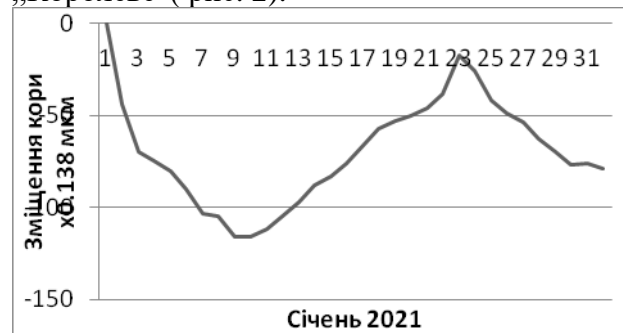


Рис. 2. Сучасні рухи кори в зоні Оашського глибинного розлому в січні 2021 року.

Величина місячної деформації в точці спостереження становить стиснення величиною:-4.8 мкм за місяць, амплітуда коливання- 8 мкм, період коливань 23 доби. В січні 2021 року на території Закарпатського внутрішнього прогину зареєстровано 20 місцевих землетрусів, серед яких виділяється відчутний поштовх, що відбувся на території Берегівського району. Побудовано просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності за січень 2021 року(Рис. 3).

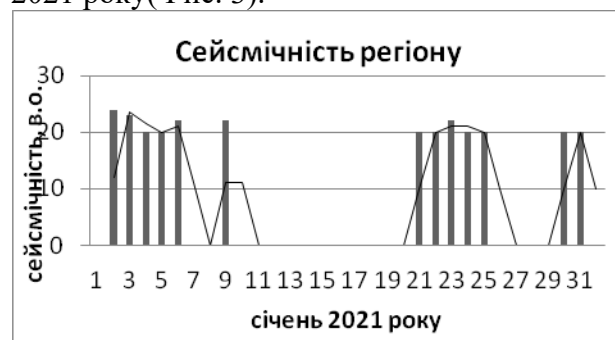


Рис. 3. Просторово-часовий розподіл місцевої сейсмічності. Закарпатський внутрішній прогин, січень 2021 року.

Виділяють інтервали часу, характерні підвищеною сейсмічністю (1-10.01.2021, 21-25.01.2021, 30-31.01.2021).

Періоди сейсмічної активізації припадають на періоди стиснення порід в регіоні та знакозмінних процесів рухів кори. Розглянуто комплекс геофізичних спостережень в центральній частині Закарпатського внутрішнього прогину за січень 2021 року.

Аналіз графіків показує, що сейсмічність регіону корелюється із варіацією електромагнітної емісії: підвищення електромагнітної емісії

супроводжується зростання прояву місцевої сейсмічності. Електромагнітна емісія змінюється в інтервалах інтенсивних рухів кори в зоні Оашського глибинного розлому.

Висновки

Закарпатський внутрішній прогин-сейсмогенеруюча ділянка Карпатського регіону. Тут щорічно реєструють сотні слабких місцевих землетрусів, серед яких відмічають і сильніші відчутні поштовхи. Зона Оашського глибинного розлому представлена сучасними горизонтальними рухами кори, переважно розширеннями. Землетрусам передують інтенсивні рухи кори, які супроводжуються аномальними варіаціями електромагнітної емісії в діапазоні частот 2-50 кГц. Більшість землетрусів відбуваються в періоди

стиснення порід, яке індукує підвищення виділення електромагнітної емісії на ділянці спостереження та прояву місцевої сейсмічності. Електромагнітна емісія за певний період до поштовху представлена підвищеними значеннями, вона є індикатором сеймотектонічної активізації. Проведено дослідження впливу геофізичних полів на сейсмогенеруючі процеси в регіоні, відмічено: інтенсивні рухи кори супроводжуються періодами реєстрації підвищених величин електромагнітної емісії підвищенням сейсмічності регіону. Відмічено зв'язок геофізичних полів та сеймотектонічних процесів в регіоні, зокрема варіацій електромагнітної емісії в діапазоні 2-50 кГц.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вербицький С., Купльовський Б., Прокопишин В., Стецьків О., Прокопишин В., Стецьків О., Ніщіменко І., Брич Т., Грук О. Розрахунок приростів інтенсивності сейсмічних струшувань методом реєстрації високочастотних мікросейсм (на прикладі майданчика забудови в м. Ужгород). Геодинаміка. 2021, 1(30). С. 58-64.
2. Ігнатишин В.В., Іжак Т.Й., Ігнатишин А.В., Ігнатишин М.Б. Зв'язок електромагнітної емісії низькочастотного діапазону з геодинамічним та сейсмічним станами Закарпаття в 2017 році. Науковий вісник Херсонського державного університету. Серія „Географічні науки„ №9. С.115-122. ISSN 2413-7391.
3. Ігнатишин В.В., Іжак Т.Й., Ігнатишин А.В., Ігнатишин М.Б. Екологічно небезпечні процеси в Закарпатському внутрішньому прогині: геофізичний аспект. Треті Сумські наукові географічні читання : Збірник матеріалів Всеукраїнської наукової конференції(Суми, 12-14 жовтня 2018 року). [Електронний ресурс]/ Сум ДПУ імені А.С. Макаренка, Сумський відділ Українського географічного товариства; (Упорядник Корнус А.О.) Елект. Текст.дані Суми. 2018, 201 с. 1 електр. Опт. Диск (CD R) С.83-95
4. Ігнатишин В.В., Іжак Т.Й., Ігнатишин А.В., Ігнатишин М.Б. Зв'язок варіацій електромагнітної емісії з сеймотектонічними процесами в Закарпатському внутрішньому прогині. Регіон-2018. Стратегія оптимального розвитку. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції(м. Харків, 8-10 листопада 2018 року). - Х.: ХНУ імені В.Н. Каразіна. 2018, -374 с. ISBN 978-966-285-535-7 . С. 223-226.
5. Ігнатишин В.В., Іжак Т.Й., Ігнатишин А.В., Ігнатишин М.Б. Сеймотектонічні процеси в Закарпатському внутрішньому прогині та їх зв'язок із варіаціями електромагнітної емісії в діапазоні 12. 5 кГц. Матеріали III Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції „Актуальні проблеми регіональних досліджень„. 13-14 грудня 2018 року.м. Луцьк. /за ред.. В.Й. Лажніка. – Луцьк : Вежа –Друк, 2018. – 252.с.220-226.
6. Купльовський Б., Брич Т. Порівняння спектральних характеристик приповерхневих шарів під сейсмічними станціями «Тросник», «Ужгород», «Міжгір'я», розрахованих методом скінченних елементів, з експериментальними. Геофізичний журнал. 2018. 40(6), 115–126.

- <https://doi.org/10.24028/gzh.v40i6.2018.151023> 0203-3100.
7. Р.Пірієв. Електромагнітні провідники землетрусів в діапазоні УНЧ і НЧ: перспективи досліджень. Геодинаміка, 2021, 1(30). С. 48-57.
8. 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.
9. К.Третяк, І.Брусак Іван. Сучасні деформації земної кори території заходу України за даними ГНСС мережі «GEOTERRACE». Геодинаміка. 2022, 1(32). С 16-25.
10. Хом'як М., Малицький Д., Асташкіна О., Махніцький М., Кравець С., Микита А., Грицай О. Регресійний аналіз сейсмічних і геофізичних параметрів та його застосування для дослідження сейсмічності Закарпатського регіону. Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Геологія. 2020, 3(90). С. 49-53, <https://doi.org/10.17721/1728-2713.90.07>
- 11.Штогрин Л., Анікеєв С.,Кузьменко Е., Багрій С. Відображення активності зсувних процесів у регіональних гравітаційному та магнітному полях (на прикладі Закарпатської області). Геодинаміка. 2021, 1(30). С. 48-57.

V. Ignatyshyn, M. Ignatyshyn, A. Ignatyshyn, T. Izhak, A. Rats, S. Molnar D

VARIATIONS OF ELECTROMAGNETIC EMISSIONS AND SEISMOTECTONIC PROCESSES IN THE TRANSCARPATHIAN INTERNAL TRACK

Transcarpathia is an earthquake-prone region, where local earthquakes are periodically recorded against the background of numerous weak aftershocks. Modern horizontal movements of the crust in the zone of the Oash deep fault in 2021 are represented by the expansion of rocks, the age course of which are 1 μ m and lies in the range of crust movements in the Carpatho-Balkan region. The purpose of the work is to study the connection of electromagnetic emission in the range of 2-50 kHz with the parameters of the geodynamic state of the region and the manifestation of local seismicity. The object of the study is the ecological state of the region, the geodynamic and seismic state of the Transcarpathian internal depression. The subject of the research is electromagnetic emission variations in the central part of Transcarpathia, modern horizontal movements of the crust in the Oash deep fault zone, and spatio-temporal distribution of local seismicity. The novelty of the work: the connection of geophysical fields and seismotectonic processes in the region, in particular variations of electromagnetic emission in the range of 2-50 kHz and crustal movements, was noted. Anomalous movements of the crust, seismic activation of the region, increased values of electromagnetic emission are detected in the same time intervals.

Keywords: earthquakes; electromagnetic emission; spatio-temporal distribution of local seismicity; geophysical fields; modern horizontal movements of the crust; seismic state, geodynamic state; Transcarpathian internal depression; zone of the Oash deep fault; geophysical station

УДК 582.4

О.В. Серант, С.В. Доскіч, Б.Б. Джуман

Національний університет «Львівська політехніка»

oksana.v.serant@lpnu.ua, sofiia.v.doskich@lpnu.ua, bohdan.b.dzhuman@lpnu.ua

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СЕЙСМІЧНОСТІ НА ГОРИЗОНТАЛЬНІ ЗМІЩЕННЯ ГРЕБЛІ ДНІСТРОВСЬКОЇ ГЕС

Робота присвячена аналізу впливу сейсмічності на горизонтальні зміщення греблі Дністровської ГЕС. Метою дослідження є оцінка взаємозв'язку між сейсмічною активністю та горизонтальними зміщеннями дамби. Сейсмічна активність може мати вплив на просторові зміщення гребель. Значення швидкостей горизонтальних та вертикальних зміщень пунктів спеціальної мережі Дністровської ГЕС кожних півроку міняють свій напрям на протилежний, в результаті чого, дамба у першому півріччі зазнає стиску, а у другому – розтягу. Проведено аналіз сейсмічної активності в радіусі 222 км навколо станції. Визначено, що більшість сейсмічних подій в околі об'єкта досліджень мали магнітуду від 2 до 3, лише два землетруси мали більшу магнітуду, а саме 4.3 та 4.4, а гіпоцентри переважно від 3 до 10 км. Залежності величин зміщень пунктів від землетрусів нами не було виявлено. Можливою причиною цього є мала магнітуда та невелика глибина (до 10 км) землетрусів, а також значна відстань між землетрусами та ГЕС.

Ключові слова: ГЕС, ГНСС спостереження; горизонтальні зміщення; сейсмічна активність; магнітуда.

Постановка проблеми

На території України розташована велика кількість гідротехнічних споруд. Експлуатаційний ресурс цих об'єктів здебільшого є практично вичерпаний. Тому, геодезичний моніторинг гідроелектростанцій є важливим та необхідним фактором по запобіганню руйнування цих об'єктів. У зв'язку з цим, вплив геодинамічних процесів на досліджуваній об'єкт може проявлятися на глобальному рівні. Ефективність геодезичного моніторингу буде досягнута не лише тоді, коли результати вимірів у геодезичних мережах будуть забезпечувати достовірний контроль деформаційних процесів на земній поверхні, але й тоді, коли ці результати будуть використані для прогнозування та проведення районування досліджуваних територій за спільними кінематичними характеристиками. Поява нових геодезичних та геотехнічних приладів дає можливість створення комплексних систем моніторингу просторових зміщень техногенно-навантажених територій. Дана робота спрямована на дослідження горизонтальних зміщень Дністровської ГЕС ГНСС методами з врахуванням геодинамічних процесів різного характеру впливу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Споруди Дністровської ГЕС розташовані за 678 км від гирла річки Дністер. Дамба ГЕС має довжину водосховища 194 км, площу дзеркала 142 квадратних кілометри, ємність акумуляторів 3 мільярди кубометрів, з яких корисна ємність – 2 мільярди кубометрів. Максимальна глибина водосховища – 124 м. Водосховище дозволяє сезонно регулювати стік Дністра, перехідний у багаторічний та забезпечуючи зрошення 500 тис. га орних земель. Більш того, населені пункти Молдови та України, розташовані на берегах Дністра, від ГЕС до Чорного моря, вже 25 років не зазнають руйнівних наслідків повеней і весняних заторів.

Будівля ГЕС-1 є русловою, сполученою, водозливного типу, має відкритий водозлив розміщений над машинним залом. Вона складається з трьох двох-агрегатних секцій, кожна шириною 51 м і довжиною 75 м. Висота будівлі - 80 м. Ширина кожного з двох вхідних та вихідних отворів проточної частини турбін 7.5м. [1]

Доцільність і необхідність застосування автоматизованої системи деформаційного моніторингу для створення єдиного геоінформаційного простору в Україні доведено в [2]. Для збереження великих територій та проблемних об'єктів,

інженерних споруд необхідно створення геоінформаційних моніторингових центрів з застосування апаратних засобів, ГНСС приймачів

У [3] проведені дослідження на ДніпроГЕС та встановлено зв'язок між сезонними змінами температури та вертикальними та горизонтальними переміщеннями опорних точок за даними ГНСС спостережень, отриманими автоматизованою системою моніторингу дамби, а в [4] досліджено вплив температури навколишнього середовища на горизонтальні переміщення дамби Дніпровської ГЕС (за ГНСС вимірюваннями), але залишається не вивченим питання впливу сейсмічної активності на зміщення споруд ГЕС.

Постановка завдання

Необхідно дослідити вплив сейсмічності на горизонтальні зміщення греблі Дністровської ГЕС, які визначені за даними мережі ГНСС із стаціонарної системи моніторингу просторових переміщень споруд Дністровської ГЕС-1 та сейсмічної активності довколишньої території.

Виклад основного матеріалу

Для дослідження за стійкістю споруд Дністровської ГЕС, на її основних спорудах та навколо неї було встановлено стаціонарну систему моніторингу просторових зміщень (ССМПЗС).

ССМПЗС Дністровської ГЕС-1 є сучасним складним програмно-апаратним комплексом у склад, яких входять мультисистемні ГНСС приймачі, роботизовані електронні тахеометри, прецизійні інклінометри та телекомунікаційне обладнання, яке у режимі реального часу передає результати різноманітних взаємно контрольованих вимірів на сервер мережі, з метою їх математичного опрацювання і визначення достовірних параметрів зміщень і деформацій бетонних та ґрунтових гребель. ССМПЗС складається із базових точок DSR1 і DSR2, точок активного моніторингу MP1-MP6, та точок активного контролю ACP1-ACP2. (рис 1)



Рис. 1 Схема розташування пунктів системи моніторингу

Для оцінки впливу геодинамічних та сейсмічних факторів на стійкість опорних пунктів необхідно щодобово визначати їх координати у світовій системі координат ITRF-2014 та європейській системі ETRF-2014. Вектор руху опорних пунктів у системі координат ITRF-2014 враховує рух Євразійської тектонічної плити і дозволяє визначити вплив глобальних геодинамічних процесів на стійкість Дністровської ГЕС-1.

Для аналізу використано результати вимірів ССМПЗС Дністровської ГЕС-1 за період з 2019 по 2022 рр. Для опрацювання використовувалися щоденні RINEX файли ГНСС спостережень з частотою запису вимірів у 30 с.

В результаті опрацювання ГНСС вимірів за весь період спостережень отримано щодобові розв'язки для опорних пунктів DSR1 і DSR2. Усі щодобові розв'язки сумісно опрацьовувались у програмі Bernese ADDNEQ2 (COMBINE NORMAL EQUATION SYSTEMS) та обчислювались остаточні координати та швидкості руху станцій приведені до середньої епохи кожного часового ряду

Працівниками ГНДЛ-18 розроблено спеціальний програмний продукт, який переформатує файли БД GEOMOS (дані поступають у різних форматах), систематизує по групах векторів, проводить статистичний аналіз кожної групи векторів, фільтрацію грубих, систематичних та випадкових похибок вимірів, визначає швидкості зміщень пунктів для кожної групи, проводить спільне урівноваження результатів з визначенням швидкостей зміщень та їх параметрів точності.

Для опрацювання ГНСС даних у спеціально розробленому програмному забезпеченні застосовані спеціальні фільтри, які фільтрують грубі та систематичні похибки. За результатами опрацювання ГНСС вимірів спеціальним програмним забезпеченням визначено швидкості зміщень

контрольних пунктів за піврічні періоди з 2015 по 2022 р. Для прикладу, у таблиці 1 представлено швидкості руху опорних пунктів у топоцентричній системі координат (напрями N – північ E - схід U- вверх) за піврічний період з 2021,1 р. по 2022,6 р.

Таблиця 1

Швидкості зміщень контрольних ГНСС-пунктів ССМПЗС Дністровської ГЕС-1 за період з 2022,1 по 2022,6

Назва станції	Швидкості			Похибки швидкостей		
	VE, мм/міс	VN, мм/міс	VU, мм/міс	VE, мм/міс	VN, мм/міс	VU, мм/міс
ACP1	-0.477	0.854	-0.7	0.051	0.021	0.044
ACP2	-0.075	0.521	1.276	0.123	0.265	0.279
DSR1	1.667	-1.335	2.593	0.034	0.09	0.155
DSR2	0.431	-0.899	0.764	0.053	0.028	0.044
MP1	1.587	-1.2	0.745	0.087	0.293	0.028
MP2	2.32	-1.559	1.037	0.016	0.547	0.01
MP3	2.659	-2.005	0.868	0.034	0.578	0.102
MP4	2.646	-1.509	1.261	0.026	0.642	0.151
MP5	2.39	-0.937	1.161	0.004	0.645	0.212
MP6	1.818	-0.185	0.975	0.101	0.077	0.127
WP1	2.389	-0.96	0.476	0.001	0.5	0.028
WP2	1.861	0.284	0.771	0.045	0.351	0.174
WP3	-0.123	-0.675	-0.468	0.128	0.284	0.221
WP4	0.54	-0.382	-0.761	0.185	0.315	0.409

Максимальні швидкості горизонтальних зміщень зафіксовані у центральній частині греблі на пунктах MP-3, MP-4, MP-5. Вертикальні швидкості є практично однакові. Виняток складає пункт DSR2, швидкості якого за період 2020.1-2020.6 склали 7 мм/міс.

Побудовано картосхеми векторів горизонтальних швидкостей зміщень пунктів ССМПЗС Дністровської ГЕС-1 за піврічні періоди з 2019 по 2022.6 (ГНСС-виміри). Для прикладу на рис 2-2 наведено вектори горизонтальних швидкостей зміщень пунктів ССМПЗС Дністровської ГЕС-1 за період з 2021.6 по 2022.6 та з 2022.1 по 2022.6рр. Як видно з наведених картосхем, значення швидкостей горизонтальних зміщень кожних півроку міняють свій напрям на протилежний. В результаті чого, дамба у першому півріччі зазнає стиску, а у другому – розтягу.



Рис.2 Схеми векторів горизонтальних швидкостей зміщень пунктів ССМПЗС Дністровської ГЕС-1 за період з 2021.6 по 2022.1

Для дослідження можливого впливу сейсмічної активності на пункти мережі греблі Дністровської ГЕС, на сайті [5] відібрано землетруси, які відбулися з 2019 по 2023 роки на відстані до 222 км від ГЕС.

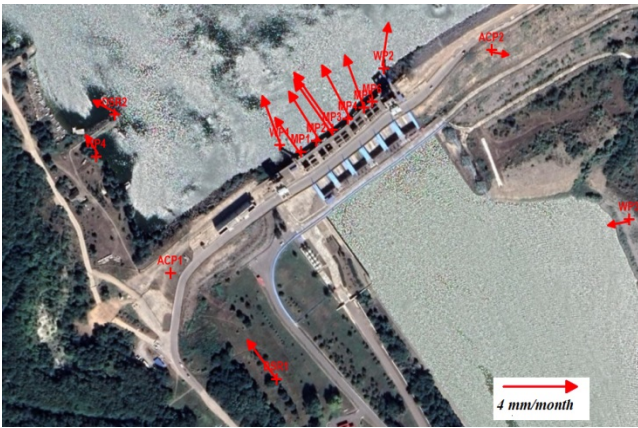


Рис. 3 Схеми векторів горизонтальних швидкостей зміщень пунктів ССМПЗС Дністровської ГЕС-1 за період з 2022.1 по 2022.6

За цей період відбулося 52 землетруси. Більшість сейсмічних подій в околі об'єкта досліджень мали магнітуду від 2 до 3, лише два землетруси мали більшу магнітуду, а саме 4.3 та 4.4. Глибина землетрусів не велика, це переважно від 3 до 10 км, але також слід відмітити землетруси на глибині 60, 90, 101,138 та 298 км оскільки такі землетруси впливають на більшу територію.

На рис. 4 приведено карту розташування землетрусів, які відбулися з 2019 по 2023рр. Як видно з карти, у безпосередній близькості до станції відбулося три землетруси на глибині до 40 км, більш глибокі сейсмічні події відбулися на більших відстанях від об'єкта досліджень, але завдяки значній глибині (до 300 км) вони теж можуть мати вплив на споруди ГЕС.

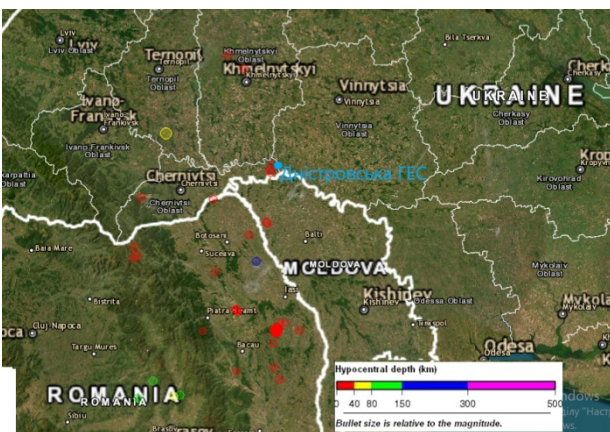


Рис. 4 Карта розташування землетрусів, які відбулися з 2019 по 2023 рр.

Для ілюстрації залежності зміщень пунктів від сейсмічних подій побудовано графіки піврічних зміщень у східному напрямку пунктів ССМПЗС (рис. 5),

піврічних зміщень у північному напрямку пунктів ССМПЗС (рис. 6) за період з 2019 по 2022 р і магнітуди землетрусів у радіусі 222 км від ГЕС.

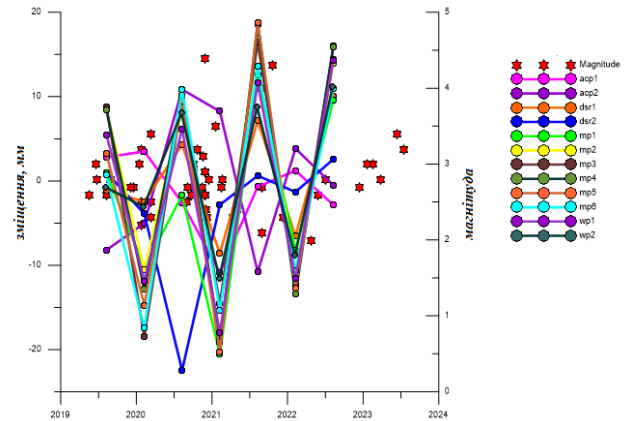


Рис.4 – Піврічні зміщення у східному напрямку пунктів ССМПЗС Дністровської ГЕС-1 за період з 2019 по 2022 р та магнітуди землетрусів у радіусі 222 км

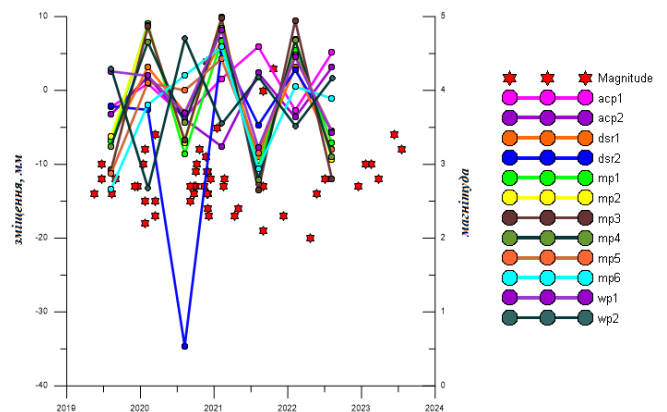


Рис.5 Піврічні зміщення у північному напрямку пунктів ССМПЗС Дністровської ГЕС-1 за період з 2019 по 2022 р та магнітуди землетрусів у радіусі 222 км

Проведений детальний аналіз зміщень та сейсмічних подій, чіткої залежності величин зміщень пунктів від землетрусів не виявив. Можливо це пов'язано із значною відстанню між землетрусами та ГЕС, та з тим що землетруси, які відбулися близько до станції мали малу магнітуду, та невелику глибину (до 10 км). Вважаємо, що дослідження слід продовжити зібравши більше інформації про сейсмічні події що відбуваються ближче до гідроелектростанції, які фіксують українські сейсмостанції, та слід порівняти такі події із визначеними щоденними, або щотижневими швидкостями зміщень.

Висновки

Значення швидкостей горизонтальних та вертикальних зміщень пунктів спеціальної мережі Дністровської ГЕС кожних півроку міняють свій напрям на протилежний. В результаті чого, дамба у першому півріччі зазнає стиску, а у другому – розтягу.

Проведений аналіз сейсмічної активності в радіусі 222 км навколо станції показав, що більшість сейсмічних подій в околі об'єкта досліджень були з магнітудою від 2 до 3, лише два землетруси мали більшу магнітуду, а саме 4.3 та 4.4. Глибина землетрусів не велика, це переважно від 3 до 10 км, але також слід відмітити землетруси

на глибині 60, 90, 101, 138 та 298 км оскільки вони впливають на більшу територію.

Залежності величин зміщень пунктів від землетрусів не виявлено. Можливо це пов'язано із значною відстанню між землетрусами та ГЕС, та з тим що землетруси, які відбулися близько до станції мали малу магнітуду, та невелику глибину (до 10 км).

Вважаємо, що дослідження слід продовжити зібравши більше інформації про сейсмічні події що відбуваються ближче до гідроелектростанції, які фіксують українські сейсмостанції, та слід порівняти такі події із визначеними щоденними, або щотижневими швидкостями зміщень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Моніторинг Дніпровської ГЕС [Електронний ресурс] - режим доступу до ресурсу: <https://geoterrace.lpnu.ua/monitoring-dnistrovskoyi-gaes>
2. Сидоренко, В. Д., Ковтун, В. Я., Куриляк, І. С., & Ковтун, М. В. (2018). Методи і технології геоінформаційного автоматизованого деформаційного моніторингу як економічно-ефективний підхід збереження небезпечних об'єктів і територій в Україні та Кривбасі. In Гірничий вісник (Ser. 103, pp. 3–7).
3. К. Третяк, Б. Паляниця, Дослідження сезонних деформацій греблі Дніпровської ГЕС за даними ГНСС-вимірів / Геодинаміка 1(30)/2021/ <https://doi.org/10.23939/jgd2021.01.005>
4. Tretyak K. & Palianytsia B. (2022) Research of the environmental temperature influence on the horizontal displacements of the Dnieper hydroelectric station dam (according to GNSS measurements). Reports on Geodesy and Geoinformatics, 113(1), 2022 1-10. <https://doi.org/10.2478/rgg-2022-0001>
5. Centre Sismologique Euro-Méditerranéen (Європейсько-Середземноземний Симологічний центр) [Електронний ресурс] - режим доступу до ресурсу <https://www.emsc-csem.org/>

O. Serant, S. Doskich, B. Dzhuman

STUDY OF THE INFLUENCE OF SEISMICITY ON HORIZONTAL DISPLACEMENTS OF THE DNIESTER HYDROELECTRIC POWER PLANT DAM

The paper is devoted to the analysis of the seismicity impact on the horizontal displacements of the Dniester HPP dam. The values of the horizontal and vertical displacements of the special network points of the Dniester HPP change their direction every six months, which results in the dam undergoing compression in the first half of the year and tension in the second half. The seismic activity within a 222 km radius around the plant was analyzed. It is determined that most of the seismic events in the vicinity of the study object had a magnitude of 2 to 3, only two earthquakes had a higher magnitude, namely 4.3 and 4.4, and the hypocenters were mainly from 3 to 10 km. Dependence of the magnitude of the points displacements on earthquakes has not been found. The possible reason for this is the small magnitude and a small depth (up to 10 km) of earthquakes, as well as a long distance between earthquakes and hydroelectric power plants.

Keywords: HPP, GNSS observation; horizontal displacements; seismic activity; magnitude.

УДК 528.2/3

С. Савчук, А. Федорчук

Національний університет “Львівська політехніка”, ssavchuk@polynet.lviv.ua,
alina.v.fedorchuk@lpnu.ua

МОДЕЛЮВАННЯ ПОХИБОК ВИСОТ ГЛОБАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ ГЕОЇДА ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ GNSS-НІВЕЛЮВАННЯ У ГІРСЬКІЙ МІСЦЕВОСТІ

У цій роботі здійснено моделювання похибок висот глобальних моделей геоїда EGM2008 та EIGEN-6C4 для гірської місцевості. Результати оцінювання залишкових похибок на тестових пунктах складають до 2 см. На основі запропонованої методики моделювання похибок можлива прив'язка GNSS-станцій до традиційної мережі нівелювання на рівні 2-3 см. Для ефективного моделювання похибок висот глобальних моделей у гірській місцевості достатньо всього 4-6 контрольних пунктів високоточного геометричного нівелювання.

Ключові слова: глобальна модель геоїда, похибки висот, моделювання похибок, геометричне нівелювання, GNSS-нівелювання, GNSS-станції.

Постановка проблеми

Визначення ортометричних або нормальних висот точок фізичної поверхні Землі раніше зводилося до методу високоточного геометричного нівелювання. Цей метод вимагав обчислення перевищення між відомими та невідомими точками висот з урахуванням гравіметричних поправок [6]. Загальноприйнята національна система відліку висот встановлюється за числовими значеннями висот, що визначені таким чином. Однак традиційне обчислення висот точок на реальній поверхні Землі вимагає трудомісткого і дорогого високоточного нівелювання.

Глобальні навігаційні супутникові системи (GNSS) зробили можливим визначення висот за допомогою альтернативних методів, таких як GNSS-нівелювання [14]. Цей метод вимагає залучення еліпсоїдних висот, а також висот геоїда або квазігеоїда. Висоти геоїда та квазігеоїда зазвичай отримують з відповідних моделей [9, 10]. Разом з тим, еліпсоїдні висоти пунктів є похідними з результатів GNSS-спостережень. До недавнього часу для застосування методу GNSS-нівелювання в основному використовували регіональні та локальні моделі висот, оскільки вони забезпечували найвищу точність. На сьогодні в Україні є кілька версій моделей висот геоїда/квазігеоїда [12]. Проте, ці моделі мають два основні недоліки: 1) вони недоступні для громадськості (використання даних потребує спеціального дозволу); 2)

вони непридатні для високоточних робіт (точність на рівні 5-10 см).

У першому випадку альтернативою може стати використання даних із глобальних моделей геоїда високого ступеня та порядку [8]. У другому випадку необхідно здійснити пошук рішень для підвищення точності модельних значень висот [1, 16]. Разом з тим, при використанні висот глобальних моделей геоїда слід пам'ятати, що їхня середня квадратична похибка є різною для різних регіонів планети [9]. Таку похибку визначають методом GNSS-нівелювання на пунктах геометричного нівелювання. У випадку вибору висот глобальної моделі геоїда, величина цієї похибки також залежить від системи припливів (припливних поправок) у якій будуть обчислені дані [2]. Звідси слідує, що для підвищення точності модельних даних слід провести їхнє коригування. Ефективне коригування зазвичай вимагає залучення великої кількості даних та кожен раз індивідуального підбору математичних функцій. Це пов'язано з тим, що для різних географічних територій похибки висот глобальних моделей змінюються по різному. Тому описати їх однією функцією практично не можливо. Особливо проблематичними є території із гірським та передгірським рельєфом.

Постановка завдання

Метою роботи є моделювання похибок висот глобальних моделей геоїда для підвищення точності GNSS-нівелювання у гірській місцевості.

Виклад основного матеріалу

У цій роботі використано аномалії висот глобальних моделей геоїда EGM2008 [15] та EIGEN-6C4 [3]. Ці дві моделі обрано оскільки в попередніх дослідженнях вони показали найкращі результати при моделюванні похибок саме в гірській місцевості. Висоти моделей завантажено з сайту ICGEM (International Center for Global Earth Models) з параметрами [9]:

- Site utility: 1) Calculation Service, 2) User Defined Points;
- Model selection: EGM202008 та EIGEN6C4;
- Functional selection: height anomaly;
- Reference System: GRS80;
- Tide system: “mean-tide”.

При використанні еліпсоїда GRS80, як відлікової поверхні для аномалій висот глобальних моделей геоїда потрібно обов’язково алгебраїчно врахувати параметр ондуляції геоїда нульового порядку: $\zeta_{00} = +0.52\text{м}$ [1, 2, 16]. Систему середніх припливів (“mean-tide”) обрано відповідно до рекомендацій IAG (International Association of Geodesy) висвітлених у резолюції №9 та №16 (1983 р.) [7].

На основі висот, отриманих із глобальних моделей знайдено їхні похибки відносно квазігеоїда PL-quasi-geoid2021 [13]:

$$\Delta N_m = \zeta_0 - N_m \quad (1)$$

де ΔN_m – похибка висот глобальної моделі; ζ_0 – висоти квазігеоїда PL-quasi-geoid2021; N_m – аномалії висот глобальної моделі геоїда.

Модель квазігеоїда PL-quasi-geoid2021 створена на територію Польщі спеціально для реалізації GNSS-нівелювання висоти якої оцінюються на рівні точності в 1-2 см [4]. В даній роботі, цей квазігеоїд прийнято, як нульову поверхню відліку висот, тобто геометричний квазігеоїд.

Для виконання моделювання похибок до уваги взято територію в $48^\circ - 50^\circ$ по широті та $22^\circ - 25^\circ$ по довготі, що охоплює основну частину Карпат. Цю територію поділено на шість локальних ділянок розміром $1^\circ \times 1^\circ$ (рис. 1).

На обрану територію також нанесено всі пункти ходів геометричного нівелювання I–II класу та всі GNSS-станції, що потрапляють в її межі (див. рис. 1). Серед нанесених пунктів обрано в середньому від чотирьох до шести пунктів високоточного геометричного нівелювання на кожному локальну ділянку розміром $1^\circ \times 1^\circ$ (рис. 1 – квадратні умовні знаки). Ці пункти прийнято, як контрольні дані для моделювання. Всі інші пункти прийнято, як тестові дані, для перевірки методики.

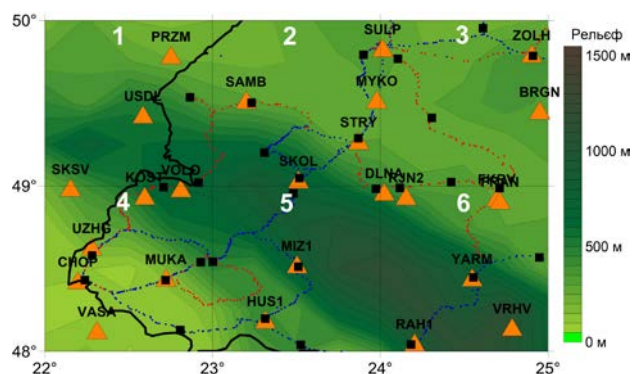


Рис.1 Територія досліджень та нанесені локальні ділянки

Результати отримані на GNSS-станціях оцінено незалежно від інших даних для можливості аналізу точності їхньої прив’язки до традиційної системи висот.

Методика моделювання

Методика локального моделювання похибок висот глобальних моделей складається із наступних кроків [16]:

- 1) за формулою (1) обчислюють похибки висот на контрольних пунктах високоточного геометричного нівелювання;
- 2) контрольні похибки перетворюють у сітку значень методом Kriging-інтерполяції з кроком $2' \times 2'$;
- 3) обчислюють гравітаційні аномалії для вузлів утвореної сітки з обраною глобальною моделлю геоїда [9];
- 4) обчислюють гравітаційні аномалії для вузлів утвореної сітки з високоточною моделлю гравітаційних аномалій WGM2012 [17];
- 5) знаходять різниці гравітаційних аномалій між глобальною моделлю та моделлю WGM2012;

- б) різниці гравітаційних аномалій перетворюють на вагові коефіцієнти інтерпольованих похибок висот:

$$P = \frac{1}{(\Delta g)^2} \quad (2)$$

- 7) сітку інтерпольованих значень та сітку вагових коефіцієнтів перетворюють у сітку середньовагових похибок:

$$\delta N_{m,n} = \frac{\sum_{i=1}^4 \Delta N_{i,j} \cdot P_{i,j}}{\sum_{i=1}^4 P_{i,j}} \quad (3)$$

- 8) проводять фільтрування значень методом середнього ковзкого спочатку по довготі:

$$\delta N_{m,n}(L) = \frac{\sum_{i=1}^3 \delta N_{m,n}(L)}{3} \quad (4)$$

- 9) проводять фільтрування по широті:

$$\delta N_{m,n}(B) = \frac{\sum_{i=1}^3 \delta N_{m,n}(B)}{3} \quad (5)$$

Описані кроки 1-9 відображають методику локального моделювання похибок висот глобальних моделей геоїда на основі вагових коефіцієнтів різниць гравітаційних аномалій.

Результати

Аналіз результатів здійснювався у три етапи:

- 1) аналіз точності моделювання на контрольних пунктах геометричного нівелювання;
- 2) аналіз точності на тестових пунктах ходів геометричного нівелювання;
- 3) аналіз точності на референцних станціях.

В табл. 1, наведено опис співвідношення всіх залучених даних для аналізу, окремо по кожній локальній ділянці.

Таблиця 1

Кількість залучених пунктів

Номер локальної ділянки	Кількість контрольних пунктів	Кількість тестових пунктів	Кількість референцних станцій
ЛД№1	4	25	2
ЛД№2	4	304	4
ЛД№3	5	179	3
ЛД№4	6	249	7
ЛД№5	6	178	2
ЛД№6	5	110	6

В результаті аналізу контрольних пунктів встановлено, що стандартне відхилення залишкових похибок для моделі EGM2008 складає 1 мм, а для EIGEN6C4 – 6 мм. Для аналізу точності моделювання похибок основним критерієм слід вважати середнє квадратичне відхилення. Через те, що для локальних ділянок похибка висот глобальних моделей проявляється у вигляді зсуву щодо пунктів геометричного нівелювання. Тобто первинна задача моделювання полягає у виявленні систематичної складової на контрольних пунктах. Вторинна задача моделювання зводиться до оптимальної передачі цих похибок з контрольних пунктів на всі невідомі пункти. В табл. 2 наведено порівняння скп обчислених похибок та змодельованих за методикою.

Таблиця 2

Середні квадратичні відхилення похибок висот

Номер локальної ділянки	Середнє квадратичне відхилення, см			
	Обчислені значення		Змодельовані значення	
	EGM2008	EIGEN6C4	EGM2008	EIGEN6C4
ЛД№1	8.4	8.4	8.7	8.7
ЛД№2	9.9	5.1	9.7	5.2
ЛД№3	10.9	6.7	10.9	6.8
ЛД№4	6.3	5.3	6.2	6.2
ЛД№5	7.7	8.3	7.0	7.8
ЛД№6	7.9	9.3	8.0	9.3

З результатів табл. 2 видно, що якість моделювання є досить високою. Певні відхилення фіксуються на локальних ділянках №4 та №5. Цю ситуацію можна пояснити не зовсім вигідним розташуванням контрольних пунктів на цих територіях. Після врахування змодельованих похибок, як поправок у висоти глобальної моделі, основним критерієм їхньої точності є стандартне відхилення залишкових похибок (табл. 3).

Таблиця 3

Стандартні відхилення залишкових похибок висот на тестових пунктах

Номер локальної ділянки	Стандартне відхилення залишкових похибок, см	
	EGM2008	EIGEN6C4
ЛД№1	0.9	0.9
ЛД№2	0.6	0.4
ЛД№3	0.3	0.3
ЛД№4	0.5	1.2
ЛД№5	1.1	1.0
ЛД№6	0.9	0.9

Таблиця 5

Характеристики похибок висот моделі EIGEN6C4 на референцних станціях

Назва станції	Характеристика похибок, см		
	Обчислені	Змодельовані	Стандартне відхилення
PRZM	-6.5	-6.8	0.2
USDL	-5.1	-6.7	1.1
SAMB	-5.5	-5.4	0.1
SKOL	-5.6	-5.3	0.2
STRY	-5.1	-5.1	0.0
MYKO	-5.0	-5.1	0.1
SULP	-5.5	-5.6	0.1
ZOLH	-8.2	-8.2	0.0
BRGN	-8.1	-8.0	0.1
SKSV	-9.2	-7.7	1.0
KOST	-5.8	-8.9	2.2
VOLO	-9.5	-9.1	0.3
VASA	-4.7	-4.7	0.1
MUKA	-4.8	-5.1	0.2
CHOP	-4.4	-5.4	0.7
UZHГ	-4.2	-6.3	1.5
HUS1	-7.9	-8.0	0.0
MIZ1	-9.6	-9.7	0.0
RAH1	-12.5	-12.6	0.0
VRHV	-7.6	-9.8	1.6
YARM	-8.9	-9.0	0.0
FKRV	-8.1	-8.1	0.0
FRAN	-7.9	-8.0	0.1
DLNA	-5.5	-5.8	0.2

Аналізуючи дані табл. 5 бачимо, що лише для станції KOST зафіксовано стандартне відхилення більше ніж 2 см. Разом з тим, для станцій SKSV та VOLO модель EIGEN6C4 показала точність моделювання на рівні 1 см та 0.3 см відповідно.

Висновки

За результатами проведеного дослідження можна зробити такі висновки:

- для моделювання похибок висот глобальних моделей у гірській місцевості достатньо всього 4-6 контрольних пунктів високоточного геометричного нівелювання;
- стандартні відхилення залишкових похибок тестових пунктів не перевищують 2 см;
- точність прив'язки GNSS-станцій до традиційної нівелірної мережі складає 2-3 см;
- якщо потенційні пункти прив'язки розташовані на краях локальних ділянок, то моделювання похибок слід проводити з перекриттям суміжних ділянок між собою.

За даними табл. 3 бачимо, що стандартні відхилення залишкових похибок є практично однаковими для моделі EGM2008 та EIGEN6C4. Проте на локальній ділянці №4, кращий результат продемонструвала модель EGM2008.

Для оцінки точності моделювання похибок на референцних станціях, оцінювання слід виконувати індивідуально. В таблиці 4 наведено обчислені та змодельовані значення похибок моделі EGM2008 для референцних станцій, а також їхні стандартні відхилення. Всього для перевірки методики залучено 24 референцні станції.

Таблиця 4

Характеристики похибок висот моделі EGM2008 на референцних станціях

Назва станції	Характеристика похибок, см		
	Обчислені	Змодельовані	Стандартне відхилення
PRZM	-6.5	-6.8	0.2
USDL	-5.1	-6.7	1.1
SAMB	-8.9	-9.0	0.1
SKOL	-9.0	-9.0	0.0
STRY	-10.7	-10.6	0.0
MYKO	-10.8	-10.5	0.2
SULP	-10.3	-10.7	0.3
ZOLH	-10.8	-10.9	0.0
BRGN	-11.3	-10.9	0.3
SKSV	-11.7	-7.8	2.8
KOST	-8.4	-8.8	0.2
VOLO	-12.1	-9.1	2.2
VASA	-4.1	-4.6	0.4
MUKA	-5.1	-5.1	0.0
CHOP	-5.5	-5.4	0.0
UZHГ	-6.3	-6.2	0.1
HUS1	-5.0	-5.1	0.0
MIZ1	-8.1	-8.1	0.1
RAH1	-7.6	-7.8	0.1
VRHV	-6.1	-7.3	0.9
YARM	-6.9	-6.9	0.1
FKRV	-9.9	-9.9	0.0
FRAN	-9.7	-9.7	0.0
DLNA	-7.7	-7.7	0.0

Серед перелічених станцій (див. табл. 4) досить великі розбіжності зафіксовано на локальній ділянці №4. Зокрема для станцій SKSV та VOLO стандартне відхилення похибок складає 2.8 та 2.2 відповідно. Ці дві станції розташовані на краю локальної ділянки, тому для кращих результатів моделювання слід виконувати з перекриттям із суміжними ділянками. Результати моделі EIGEN6C4 наведено в табл. 5.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Fedorchuk A. (2022). The Potential Application of the GNSS Leveling Method in Local Areas by Means of Sector Analysis. *Geomatics and environmental engineering*, 16 (3), 41-55, DOI: 10.7494/geom.2022.16.3.41
2. Fedorchuk, A. (2022). The role of the tidal systems of global geoid models in the determination of heights using the GNSS leveling method. *Geodesy, Cartography and Aerial Photography*, 96, 5-13. DOI: 10.23939/istcgcap2022.96.005
3. Förste Gh, et al. EIGEN-6C4 The latest combined global gravity field model including GOCE data up to degree and order 2190 of GFZ Potsdam and GRGS Toulouse. *GFZ Data Services*. 2014, 10
4. Head Office of Geodesy and Cartography. Opis techniczny obowiązującego modelu quasi-geoidy PL-geoid2021 w układzie PL-EVRF2007-NH. Raport techniczny (in Polish), Warszawa, Poland, 2022. URL: https://www.isgeoid.polimi.it/Geoid/Europe/Poland/TechnicalReportPL1_1.pdf
5. Heiskanen, W. A., Moritz, H. (1993). *Physical Geodesy*. Austria: Institute of Physical Geodesy of Technical University of Graz, 375.
6. Hofmann-Wellenhof B., Moritz H. (2005). *Physical Geodesy*. 2nd ed. Springer Wien, New York, 403.
7. IAG. (1984). Resolutions adopted by the International Association of Geodesy: The XVIIIth General Assembly, *Bulletin géodésique*, 58, 309-323. DOI: 10.1007/BF02519005
8. Ince, E. S., Barthelmes, F., Reißland, S., Elger, K., Förste, C., Flechtner, F., Schuh, H. (2019). ICGEM-15 years of successful collection and distribution of global gravitational models, associated services, and future plans. *Earth System Science Data*, 11(2), 647-674
9. International Centre for Global Earth Models (ICGEM). URL: <http://icgem.gfz-potsdam.de/home> [дата доступу: 10.09.2021]
10. International Service for the Geoid (IGS) [online] Available at: <https://www.isgeoid.polimi.it/index.html>
11. Mäkinen, J. (2021). The permanent tide and the International Height Reference Frame IHRF. *Journal of Geodesy*, 95 (106), 1-19. URL: 10.1007/s00190-021-01541-5
12. Marchenko, A. N., Kucher, O. V., Marchenko D. A. (2015). Regional quasigeoid solutions for the Ukraine area. *JGD*, 19 (2), 7-14. DOI: 10.23939/jgd2015.02.007
13. Marti, U. (2002). Modelling of differences of height systems in Switzerland. *Gravity and geoid*, 379-383. URL: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.483.7416&rep=rep1&type=pdf>
14. Moritz, H. *Advanced physical geodesy*. Abacus Press, Tunbridge Wells, 500, 1980.
15. Pavlis N. K., Holmes S. A., Factor J. K.: The development and evaluation of the Earth Gravitational Model 2008 (EGM2008). *Journal of Geophysical Research*, vol 117, 2012, pp. B04406. DOI: 10.1029/2011JB008916.
16. Savchuk S., Fedorchuk A. Methodology for local correction of the heights of global geoid models to improve the accuracy of GNSS levelling. *Geodesy and Geodynamics*, 2023, ISSN 1674-9847. DOI: 10.1016/j.geog.2023.02.005
17. WGM2012. (2022). Maps visualization/extraction: Anomaly map. [online] Available at: <http://bgi.obs-mip.fr/data-products/outils/wgm2012-maps-visualization/extraction/> [Accessed 09/2023]

S. Savchuk, A. Fedorchuk

MODELING OF HEIGHT ERRORS OF GLOBAL GEOID MODELS FOR IMPROVING THE ACCURACY OF GNSS-LEVELING IN MOUNTAIN AREA

*In this work, the height errors of the global geoid models EGM2008 and EIGEN-6C4 were modeled for mountainous areas. The results of the evaluation of the residual errors at the test points are up to 2 cm. Based on the proposed method of modeling errors, it is possible to link GNSS stations to the traditional leveling network at a level of 2–3 cm. For effective modeling of the errors of the heights of global models in mountainous areas, only 4-6 control points of high-precision geometric leveling. **Keywords:** global geoid model, height errors, error modeling, geometric leveling, GNSS leveling, GNSS stations.*

УДК 528.2

Ю. Стопхай¹, В. Плиська², О. Матвієнко²

¹115 Картографічний центр Сил підтримки Збройних Сил України, Київська обл., сел. Коцюбинське, вул. Пономарьова, 24, 08298, Україна, ел.пошта: stopkhay@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-7429-3588>

²Науково-дослідний інститут геодезії і картографії, 03150, м. Київ, вул. Велика Васильківська, 69, ел.пошта: info@gki.com.ua

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНЦІЙ ГНСС МЕРЕЖ НА ОСНОВІ УКРАЇНСЬКОЇ ПОСТІЙНО ДІЮЧОЇ (ПЕРМАНЕНТНОЇ) МЕРЕЖІ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ГНСС

Метою роботи є розробка та реалізація прототипу системи геодезичного моніторингу ГНСС мереж, що надають послуги користувачам в режимі реального часу і постобробки та є геодезичною основою для своїх користувачів. Використано програмне забезпечення GAMIT/GLOBK v. 10.71 та Bernese v 5.4 для опрацювання ГНСС спостережень та створено портал geo-monitoring.upn.net.ua з публікацією результатів опрацювання. Створено першу в Україні систему регулярного щоденного опрацювання результатів спостережень станцій ГНСС мереж у міжнародних системах координат ITRF/ETRS та УСК-2000 з метою гарантування ГНСС мережам високої точності вихідного положення станцій та моніторингу стабільності просторового положення і контролю якості в коротко- та довгоперіодичному інтервалі спостережень.

Ключові слова: GNSS networks, RT Networks, RTK, ITRF, УПМ ГНСС, ДГМ, УСК-2000

Постановка проблеми та завдання

Згідно усталених міжнародних практик розвитку ГНСС-мереж реального часу точність визначення взаємного положення станцій мереж повинна бути на рівні 1-3 мм, а абсолютна точність в поточній реалізації міжнародної системи координат ITRF - до 10 мм. Враховуючи, що швидкості змін положення пунктів в системі координат ITRF для території України складають порядку 20 мм/рік, виникає потреба у контролі положення та моніторингу стабільності положення з подальшим коригуванням вихідних координат станцій щонайменше двічі на рік. Окрім того, частина станцій може бути розташована на ділянках з локальними геодинамічними явищами, спричиненими антропогенною діяльністю або власною нестабільністю пунктів.

Станом на 2021 р. в Україні працювало близько 400 постійно діючих базових станцій різної форми власності, що функціонують окремо або в складі різних ГНСС-мереж. Найбільша проблема для кінцевого користувача цих станцій полягає у неузгодженості вихідних координат цих станцій, нерівномірної точності визначення, використанні різних систем координат або різних реалізацій та епох цих систем.

Сукупність таких факторів призводить до систематичних помилок у визначенні місцеположення кінцевого користувача, що призводить до економічних та ресурсних втрат сучасних високотехнологічних процесів виробництва.

Тому створення та впровадження відповідних сервісів для території України дасть змогу забезпечувати операторів та користувачів, які потребують міліметрової точності у постобробці чи перших сантиметрів у режимі реального часу - стабільністю роботи відповідних ГНСС-станцій в Державній геодезичній референційній системі координат УСК-2000 та створить інструментарій зв'язку з міжнародними системами координат ITRS та ETRS.

Виклад основного матеріалу

З 1 жовтня 2021 року в Центрі аналізу ГНСС-даних Науково-дослідного інституту геодезії та картографії (НДІГК) України виконується регулярне опрацювання ГНСС-спостережень на постійно діючих ГНСС-станціях, які розташовані на територіях України та сусідніх країн.

На теперішній час в опрацювання залучено станції НДІГК, MAO, System.NET, ZAKPOS, GEOTERRACE, RTKHUB, MOLDDPOS, та станції мережі IGS. Схема

станцій задіяних в опрацюванні наведена на рис.

1.

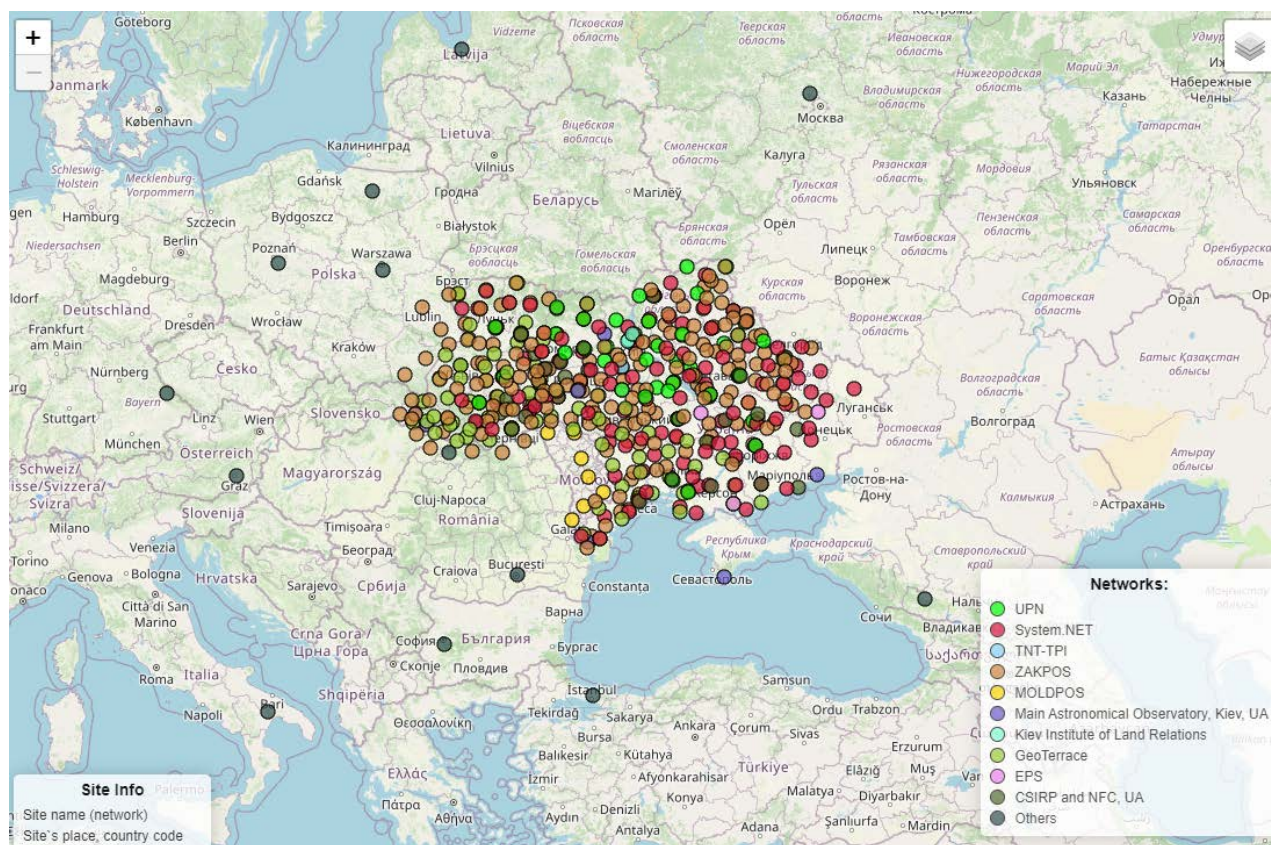


Рис. 1 Схеми станцій, задіяних в опрацюванні

В результаті опрацювання визначаються з високою точністю координати ГНСС-станцій у

системах координат: ITRF2020, ETRF2014, UСК2000.

Вхідними даними для опрацювання спостережень на постійно діючих ГНСС-станціях є координати станцій і швидкості зміни координат мережі IGS у системі координат ITRS/ITRF2020 та спостереження на станціях.

Добові розв'язки отримуються паралельно у двох програмних продуктах GAMIT/GLOBK Version 10.71 [1,2] та Bernese GNSS Software Version 5.4 [2].

Основні параметри добових розв'язків, які використовуються для обробки наведено нижче:

Параметр	Bernese	GAMIT/ GLOBK
Океанські припливи	Ocean Tide: OT_FES2014b	
Нутації	Nutation model: IUA2000R06	
Атмосферні затримки	Atm delay models : VMF3-1° x 1°	VMF1- 2.5° x 2.0°

Параметр	Bernese	GAMIT/ GLOBK
Рух полюсів	IERS2010_v1.2.0 Mean pole model DESAI2016 Subdaily pole model	IERS2010 Mean pole model DESAI2016 Subdaily pole model
Задання системи відліку	Умова «No-Net-Translation» на координати ГНСС-станцій IGS: BOR1, BUCU, GLSV, GRAZ, ISTA, JOZE, KTVL, LAMA, MATE, MDVJ, MIKL, NICO, POLV, RIGA, SOFI, SULP, WTZR та ZECK	
Корекції атмосферного навантаження	«S1/S2»	
Система координат точних ефемерид	CODE (GPS, GLONASS) final, rapid	IGS (GPS) final, rapid
Модель калібровок фазових центрів комбінацій	Абсолютна модель «I20.ATX»	

Параметр	Bernese	GAMIT/ GLOBK
антена-купол		
Мінімальний кут місця спостереження	3°	
Інтервал спостережень	30 сек.	
Тривалість сесії спостережень	не менше 12 годин	

Добові розв'язки комбінуються з застосуванням 7-ми параметрів трансформації у програмному комплексі GAMIT/GLOBK утворюючи тижневі і кварталні розв'язки. З комбінованого розв'язку виключаються станції у яких різниці координат між добовим і комбінованим розв'язком перевищують 10мм у плановому положенні та 15мм у висотному положенні.

Координати постійнодіючих ГНСС-станцій у Державній геодезичній референційній системі координат УСК-2000 та Європейській ETRF2014 отримуються трансформацією координат з ITRS/ITRF2020 до УСК-2000 за значеннями параметрів та змін параметрів, опублікованими на офіційному сайті Європейської перманентної мережі [3,4].

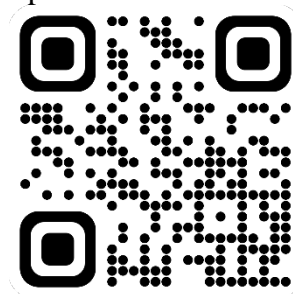
Висновки

На серверах під керуванням ОС Linux розгорнуто програмні комплекси GAMIT/GLOBK, розробки Масачусетського інституту технологій (США), отриманого на правах вільного використання для наукових некомерційних цілей та Bernese v.5.4 розробки Астрономічного університету Берна (Швейцарія) та закупленого у 2021 р. в рамках бюджетного фінансування. За допомогою згаданих комплексів розгорнуто автоматизовану систему добових визначень координат станцій ГНСС спостережень як УПМ ГНСС, так і інших ГНСС мереж, що працюють на території України, загалом близько 400 станцій.

Розроблена система автоматизованого опрацювання ГНСС спостережень дає можливість організувати добове визначення координат станцій з найвищою точністю, генерування тижневих та іншої тривалості розв'язків для координатного забезпечення ГНСС мереж, моніторингу стабільності положення станцій спостереження та моніторингу зв'язку Державної геодезичної референційної системи України УСК-2000 з міжнародними системами відліку, забезпечення операторів інших геодезичних ГНСС мереж однорідними наборами координат станцій в спільних системах координат на єдину епоху.

Розроблена система геодезичного моніторингу ГНСС мереж забезпечує рішення таких завдань:

- виконання математичного опрацювання ГНСС спостережень, їх автоматизації, формування кінцевих результатів, їх архівування, аналіз, візуалізація та публікація засобами Web;
- забезпечення постійного зв'язку Державної геодезичної референційної системи координат УСК-2000 з міжнародними загальноземними системами координат;
- забезпечення суб'єктів топографо-геодезичної та картографічної діяльності цілісними та актуальними даними в частині УПМ ГНСС;
- забезпечення геодезичних ГНСС мереж, поєднання результатів спостережень, реалізація та моніторинг державної геодезичної референційної системи координат УСК-2000, що надається цими мережами. Результати моніторингу доступні за адресою geo-monitor.upn.net.ua



СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. [GAMIT, GPS Analysis at MIT, T. A. Herring, R. W. King, M. A. Floyd, S. C. McClusky, Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology, 7 June 2018](#)

http://geoweb.mit.edu/gg/docs/GAMIT_Ref.pdf
2. [GLOBK, Global Kalman filter VLBI and GPS analysis program](#), T. A. Herring, M. A. Floyd, R. W. King, S. C. McClusky Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology, 16 June 2015

http://geoweb.mit.edu/gg/docs/GLOBK_Ref.pdf
3. [Bernese GNSS Software Version 5.2](#), Rolf Dach, Simon Lutz, Peter Walser, Pierre Fridez, November 2015

f)

<http://www.bernese.unibe.ch/docs/DOCU52.pdf>

4. [EUREF Technical Note 1: Relationship and Transformation between the International and the European Terrestrial Reference Systems](#), Zuheir Altamimi, Institut National de l'Information Géographique et Forestière (IGN), France, June 28, 2018

<http://etrs89.ensg.ign.fr/pub/EUREF-TN-1.pdf>
5. [Transformation Parameters between ITRF Solutions](#)
<https://itrf.ign.fr/en/solutions/transformations>

Yu. Stophai, V. Plyska, O. Matvienko

GEODETIC MONITORING SYSTEM OF GNSS NETWORKS STATIONS BASED ON THE UKRAINIAN PERMANENT GNSS NETWORK DEVELOPMENT

The purpose of the work is the development and implementation of a prototype of a GNSS geodetic monitoring system, which provides services for real-time and post-processing users and acts as a geodetic reference frame for all users. GAMIT/GLOBK v. 10.71 and Bernese v 5.4 were used for processing GNSS observations and a portal geo-monitoring.upn.net.ua was developed for publishing results. The first Ukrainian system for regular daily processing of observations from GNSS network stations in international coordinate systems ITRF/ETRS and UCS-2000 is developed, with the aim of ensuring high accuracy of the initial positions of stations and monitoring the stability of their spatial positions and quality control over a short and long-term observation interval.

Keywords: GNSS networks, RT Networks, RTK, ITRF, UPN GNSS, State Geodetic Network (SGN), UCS-2000

УДК 528.3

С. Савчук, В. Керкер

Національний університет “Львівська політехніка”, ssavchuk@polynet.lviv.ua,
vladyslav.kerker.mhdkh.2022@lpnu.ua

РОЗРОБКА ТА ТЕСТУВАННЯ НОВОГО ПРОГРАМНОГО ПАКЕТУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЧАСОВИХ РЯДІВ КООРДИНАТ GNSS-СТАНЦІЙ

У цій роботі нами пропонується новий програмний пакет під назвою PS-NETM для аналізу наявності залишкових неврахованих систематичних похибок на конкретній GNSS-станції. Він був написаний на Python і розроблений для аналізу залишкових похибок опрацьованих часових рядів GNSS-координат тривалістю від півтора року і більше. Це програмне забезпечення може підтвердити або відхилити гіпотезу про підпорядкування залишкових похибок нормальному закону розподілу Гаусса, тобто виявити ефект слабких, неврахованих джерел систематичних помилок.

Ключові слова: Аналіз часових рядів GNSS, розподіл Пірсона–Джефферса, неklasична теорія похибок, Python.

Постановка проблеми

Безперервні GNSS-вимірювання забезпечують науковців часовими рядами змін координат, які призначені, в основному, для виявлення тектонічних сигналів: рух літосферних плит, рух геоцентру, накопичення деформації земної кори тощо. Разом з тим вони реагують і на часові варіації поверхневого навантаження від різних джерел, таких як припливне навантаження, атмосферний тиск, поверхневі води тощо, і на недозмодельовані похибки систематичного характеру, включаючи помилкове моделювання супутникових орбіт, поправок фазового центру супутника/ів і антени приймача, ефекти багатопроменевого поширення тощо. Як реакції глобального/регіонального поверхневого навантаження, так і недозмодельовані похибки призведуть до просторово-часових когерентних характеристик GNSS-вимірювань на досить великій території. Відомо, що такі когерентні характеристики зазвичай називають помилками загального режиму (CME - Common Mode Error), які є основними просторово корельованими сигналами у мережевих GNSS-вимірюваннях. Для пом'якшення впливу CME застосовуються методи статистичного розкладання сигналу. Серед них найбільшого використання отримали: аналіз головних компонент (PCA) [1], багатоканальний сингулярний спектральний аналіз (MSSA) [2] та аналіз незалежних компонент (ICA) [3], а також їх численні модифікації та оцінки. Базуючись на

допустимому неоднорідному розподілі CME (коли в CME є лише одне джерело) і більш строгій математичній структурі, ці методи широко використовувалися для усунення CME з регіональної мережі. Головною проблемою зазначених методів є припущення про те, що для залишкових похибок часового ряду GNSS-координат справджується нормальний закон їх розподілу, відомий як закон Гаусса, тобто, середнє і стандартне відхилення є найкращими оцінками, що використовуються при пошуку істинного значення та їх похибок. Для тривалих часових рядів окремих GNSS-станцій можуть мати місце залишкові слабкі невраховані систематичні похибки. Саме вони будуть сприяти погіршенню точності координат станції та отриманих на їх основі значень швидкостей їх зміни, а також приховуванню багатьох слабких і перехідних сигналів у часовому ряді координат (наприклад, рух сусідніх розломів).

Мета роботи

Метою роботи є створення нового програмного забезпечення для аналізу наявності залишкових неврахованих систематичних похибок на конкретній GNSS-станції, яке може підтвердити або відхилити гіпотезу про підпорядкування залишкових похибок нормальному закону розподілу Гаусса, тобто проводити діагностування математичного моделювання.

Виклад основного матеріалу

Математична обробка даних у природничих науках, а також існуючі програмні продукти, що використовуються з цією метою, розроблені на основі класичних уявлень про похибки спостережень, викладені у роботах знаменитого математика К. Ф. Гаусса. Класичні уявлення про похибки означають передусім нормальний характер їх розподілу. За таких уявлень про похибки еквівалентними є такі найважливіші гіпотези: (а) нормальний закон є адекватним дійсному розподілу похибок спостережень; (б) середнє арифметичне є ефективною оцінкою величини, що спостерігається; (в) середня квадратична похибка (СКП) є ефективною оцінкою точності вимірів. Фундаментальна умова, яка дає право на застосування цього методу, може бути записана так

$$\frac{f'(x_i)}{x_i f(x_i)} = \text{const}, \quad (1)$$

де $f(x_i)$ - щільність ймовірності похибок спостережень x_i у даному експерименті.

Якщо ж нормальний закон є неадекватним реальному розподілу похибок спостережень, то це означає неможливість: (а) використання арифметичного середнього у дослідженні; (б) застосування СКП як оцінки точності спостережень або вимірювань; (в) використання стандарту середнього арифметичного: $\sigma_{\bar{x}} = \sigma/\sqrt{n}$ чи побудови для нього довірчих інтервалів. Відомий вчений Г. Джефріс показав, що при об'ємах багаторазових вимірювань $n < 500$, закон Гауса зазвичай зберігає адекватність. Однак, через різке збільшення обсягів вимірювальної інформації (ера великих вибірок), гіпотеза нормальності і практично, і теоретично є неспроможною [4].

За останні роки ідеї, підходи і методи НТПВ пройшли апробацію в різних галузях досліджень: астрономічних, космічних, гравіметричних, геофізичних, геодезичних та інших. Так в [5,6] розроблено спосіб апостеріорного контролю за стабільністю умов спостережень сучасними абсолютними балістичними гравіметрами прискорення вільного падіння на основі методів неklasичної теорії похибок та приведено НТПВ-діагностику ймовірнісної форми розподілів вимірів з метою вдосконалення

методики цих високоточних визначень. У [7] доведена необхідність використання сучасних методів опрацювання багаторічних GNSS-спостережень неklasичною теорією похибок, діагностика точності яких ґрунтується на використанні довірчих інтервалів для оцінок асиметрії та ексцесу великих вибірок із наступним застосуванням χ^2 тесту Пірсона.

Алгоритм діагностування результатів ГНСС вимірювань за неklasичною теорією похибок вимірювань

Розглянемо алгоритм дій щодо оцінювання результатів високоточних GNSS-спостережень – діагностування моделювання – з використанням НТПВ. Для програмного пакету діагностування GNSS станцій використаємо дані високоточних визначень просторових топоцентричних прямокутних координат (N,E,U) на перманентних станціях спостережень, що входять у міжнародні, регіональні чи національні мережі. Зазначимо, що достовірність їх точність визначення повинна знаходитись на рівні декількох мм, а похибки швидкості зміни координат не перевищувати 0.1-0.3 мм/рік.

Пропонується наступний алгоритм діагностування моделювання часових рядів з використанням математичних методів статистики і НТПВ:

1. Знаходимо середнє арифметичне значення із обсягу вибірки $n > 500$.
2. Обчислюємо похибки і центральні вибіркові моменти.
3. Обчислюємо значення асиметрії (A) і ексцесу (ϵ) вибірки [8].
4. Знаходимо стандарт асиметрії (σ_A) і ексцесу (σ_ϵ).
5. Будуємо довірчі інтервали для асиметрії і ексцесу. Для діагностики моделювання достатньо знайти 90 % довірчі інтервали, тобто, використовуючи квантиль $t_\alpha = 1,645, \alpha = 10\%$, за формулами: $A \pm 1,645 \cdot \sigma_A, \epsilon \pm 1,645 \cdot \sigma_\epsilon$. Якщо довірчі інтервали для A і ϵ покривають нуль, то тоді при опрацюванні GNSS спостережень можна обмежитись класичними методами оцінювання.
6. На основі побудованих довірчих меж для асиметрії і ексцесу виконуємо діагностику

математичного моделювання за різницями $O-C$. Методи НТПВ необхідно застосовувати тоді, коли довірчий інтервал для $(H_0 : A=0)$ накриває нуль і коли увесь інтервал для ε знаходиться в додатній області ($H_0 : \varepsilon > 0$). Всі інші випадки будуть свідчити про різні патології в роботі GNSS-обладнання, процесі опрацювання чи про недопустимі умови спостережень (стан центру встановлення антени, наявність постійного джерела багатопрошляховості сигналів, специфічних місцевих геофізичних параметрів тощо). Всі результати діагностики на основі побудованих довірчих інтервалів для асиметрії і ексцесу можна отримати із Табл. 1 [9].

Таблиця 1
Діагностика математичного моделювання за залишковими похибками

Результат	Діагностика
Підтвердження гіпотез: $(H_0 : A=0), (H_0 : \varepsilon=0)$	Застосовувати НТПВ немає потреби.
Підтвердження гіпотез: $(H_0 : A=0), (H_0 : 1.2 < \varepsilon < 6)$ $(H_0 : A=0), (H_0 : 0 < \varepsilon < 1.2)$ $(H_0 : A=0), (H_0 : \varepsilon < 0)$	Наявна дія слабких систематичних похибок, що не були виключені при опрацюванні GNSS-спостережень. Необхідне оцінювання методами НТПВ.
Підтвердження гіпотез: $(H_0 : A < 0) \text{ і } (H_0 : \varepsilon = 0)$ $(H_0 : A > 0) \text{ і } (H_0 : \varepsilon = 0)$ $(H_0 : A < 0) \text{ і } (H_0 : \varepsilon < 0)$ $(H_0 : A > 0) \text{ і } (H_0 : \varepsilon > 0)$ $(H_0 : A < 0) \text{ і } (H_0 : \varepsilon > 0)$ $(H_0 : A > 0) \text{ і } (H_0 : \varepsilon < 0)$	Значна патологія даних. Оцінювання неможливе.

7. Проводимо перевірку нульової гіпотези H_0 про закон розподілу генеральної сукупності (міри наближення теоретичного та емпіричного розподілів) за допомогою критеріїв згоди Пірсона (χ^2 критерій) і Колмогорова-Смірнова (D_n статистика) [10].

8. Отримуємо загальний висновок щодо оцінки точності результатів GNSS –

спостережень з використанням діагностики НТПВ.

Огляд ПЗ та результати

Програмний засіб PS-NETM було розроблено мовою Python, версія 3.11. При розробці ПЗ, було використано ряд бібліотек, а саме Pandas, Numpy, Scipy, Matplotlib, Pywt, PyEMD, FilterPy, PyQt.

Структурно програмний продукт PS-NETM складається із декількох модулів. На Рис.1 приведено коротку характеристику кожного з них.

Для тестування ПЗ, нами було обрано дані із 4 перманентних GNSS-станцій, що входять одночасно у мережі IGS та EPN (EUREF Permanent GNSS Network), а саме BOGI, BOR1, WROC та EUSK [11,12]. Часові ряди формувались із щоденною частотою на період від 01.01.2018 до 31.12.2019, фінальна кількість членів ряду складала 730 днів.

Процедура підготовки даних була однаковою для усіх станцій – усунення тренду, інтерполяція відсутніх даних та фільтрація ряду. Для фільтрації було застосовано Вейвлет аналіз типу Symlet 4 I порядку. Цей метод фільтрації забезпечує зменшення кількості білого шуму та, в той же час, зберігаються основні властивості сигналу [13]. Результатами роботи PS-NETM є побудовані графіки та гістограми для кожної координати (рис. 2, 3), а також обчислені статистичні показники часового ряду: асиметрія (та її відхилення) з довірчим інтервалом для неї та ексцес (та його відхилення) з довірчим інтервалом для нього.

Після аналізу даних, програмний пакет також формулює відповідні висновки щодо роботи станції.

Треба відзначити, що загальний висновок формується на підставі «найгіршого» сценарію щодо будь-якої із компонент координат. На рисунках 4 – 7 подано довірчі інтервали для станцій BOGI та EUSK, на основі яких формується кінцевий висновок.

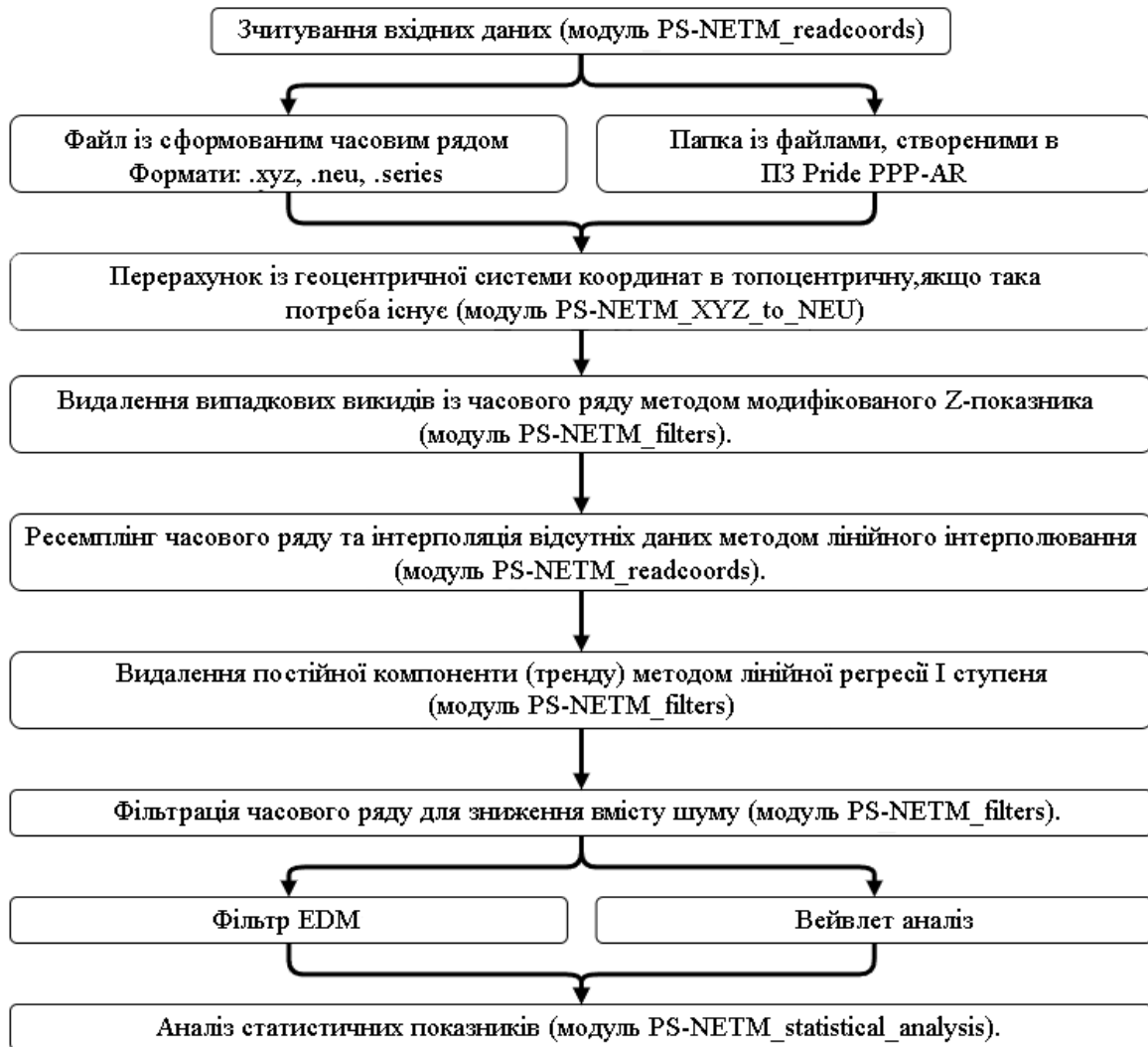


Рис.1 Загальна структура PS-NETM

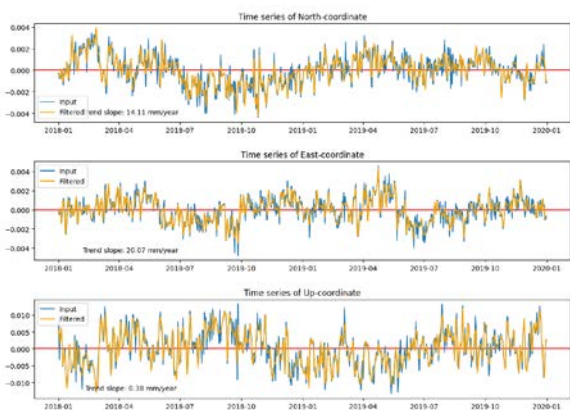


Рис. 2 Графік часового ряду для станції WROC

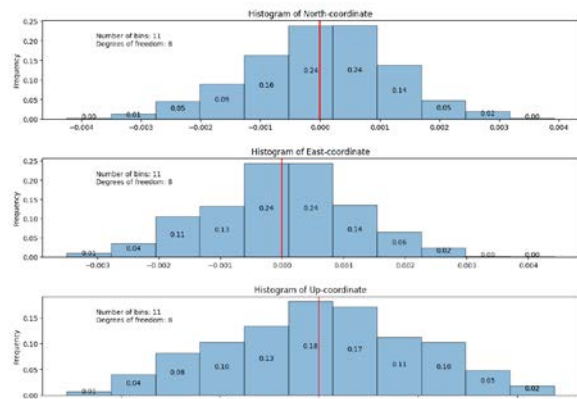


Рис. 3 Гістограма розподілу похибок на станції WROC

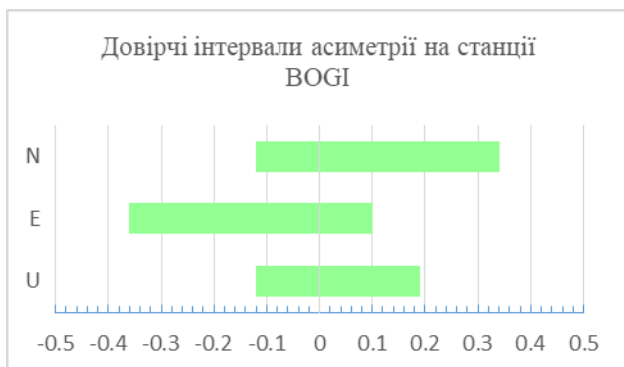


Рис. 4 Область, яку накриває довірчий інтервал асиметрії на станції BOGI

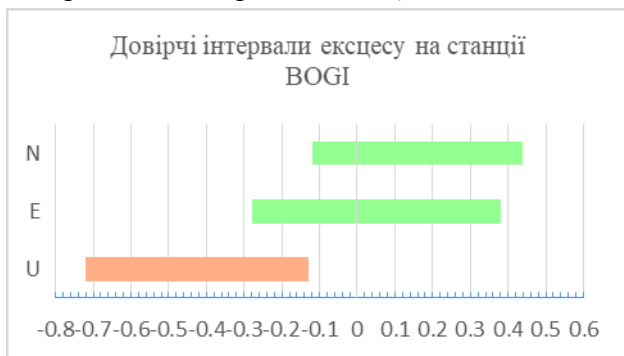


Рис. 5 Область, яку накриває довірчий інтервал ексцесу на станції BOGI

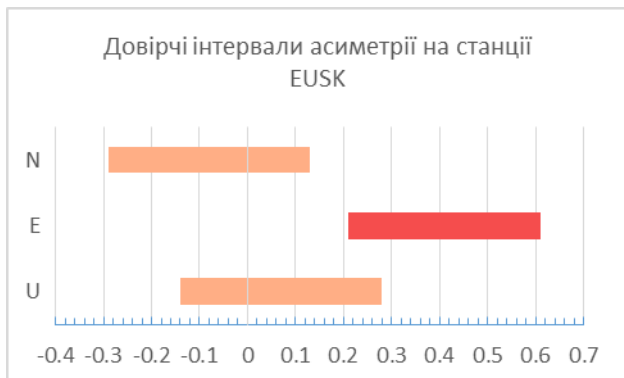


Рис. 6 Область, яку накриває довірчий інтервал асиметрії на станції EUSK

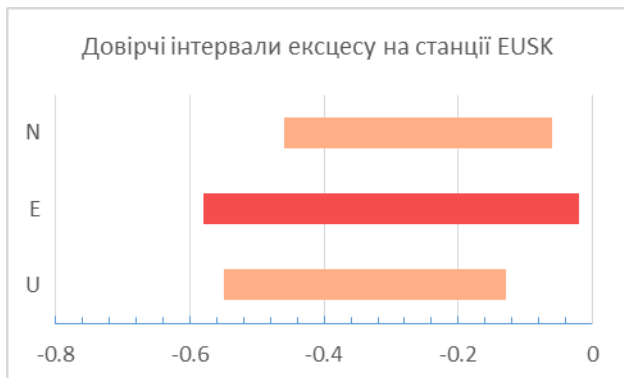


Рис. 7 Область, яку накриває довірчий інтервал ексцесу на станції EUSK

Проаналізувавши дані, бачимо, що на станції EUSK присутня певна патологія даних.

Щодо решти станцій, то результати аналізу показують, що за всіма трьома компонентами координат класичний нормальний закон похибок є неадекватним до реального розподілу похибок спостережень. Якщо для планових компонент N та E математична модель часового ряду є, в основному, спроможною, оскільки довірчі інтервали асиметрії та ексцесу покривають нуль, то у висотній складовій U очевидно присутній вплив неврахованих систематичних похибок.

Висновки

У даній статті представлено основні ідеї неklasичної теорії вимірів та програмне рішення щодо їх практичної реалізації в області метрологічної діагностики тривалих часових рядів, отриманих на перманентних GNSS-станціях. Для аналізу наявності залишкових неврахованих систематичних похибок на конкретній GNSS-станції нами пропонується новий програмний пакет під назвою PS-NETM. Узагальнено основні його функціональні можливості та наведено числовий приклад для демонстрації можливостей програмного забезпечення з точки зору діагностики ймовірнісної форми розподілів вимірів, яка ґрунтується на використанні довірчих інтервалів для оцінок асиметрії та ексцесу великих вибірок із наступним застосуванням χ^2 тесту Пірсона.

На основі проведеного прикладу можна стверджувати, що розподіл похибок для вибраних часових рядів перманентних GNSS-станцій в Європі не підпадає під закон нормального розподілу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Dong D, Fang P, Bock Y, Webb F, Prawirodirdjo L, Kedar S, Jamason P (2006) Spatiotemporal filtering using principal component analysis and Karhunen-Loeve expansion approaches for regional GPS network analysis. *J Geophys Res Solid Earth* 111, B03405.
2. Zhou M, Guo J, Shen Y, Kong Q, Yuan J (2018) Extraction of common mode errors of GNSS coordinate time series based on multi-channel singular spectrum analysis. *Chin. J. Geophys.* 61: 4383–4395.
3. Ming F, Yang Y, Zeng A, Zhao B (2017) Spatiotemporal filtering for regional GPS network in China using independent component analysis. *J Geodesy* 91: 419–440.
4. Jeffreys H (1938) The law of error and the combination of observations. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences* 237 (777): 231–271.
5. Dvulit P, Dzhun J (2017) Application of methods of the non-classical error theory in absolute measurements of Galilean acceleration. *Geodynamics* 1(22): 7–15.
6. Dvulit P, Dzhun J (2019) Diagnostics of the high-precise ballistic measured gravity acceleration by methods of non-classical errors theory. *Geodynamics* 1(26): 5–16.
7. Dvulit P, Savchuk S, Sosonka I (2020) The processing of GNSS observation by non-classical Error theory of measurements. *Geodynamics* 1(28): 19–28.
8. Dvulit P, Savchuk S, Sosonka I (2021) Accuracy estimation of site coordinates d from GNSS-observations by non-classical error theory of measurements. *Geodesy and Geodynamics* 12 (5): 347 – 355.
9. Dzhun I. V. (2015) *The Non-classical Errors Theory of Measurements*. Rivne Estero Publ., 168.
10. Chimitova E, Lemeshko B, Lemeshko S, Postovalov S, Rogozhnikov A. (2014) Software System for Simulation and Research of Probabilistic Regularities and Statistical Data Analysis in Reliability and Quality Control. In: *Topics in statistical simulation—Research papers from the 7th International Workshop on Statistical Simulation*. vol. 114. Springer Proceedings in Mathematics and Statistics. p. 417–432.
11. Time series in CDDIS archive: https://cddis.nasa.gov/archive/GPS_Explorer/archive/time_series/ (Access date: September 29, 2023).
12. Time series in SOPAC archive: http://garner.ucsd.edu/pub/measuresESESES_products/Timeseries/ (Access date: September 29, 2023).

S. Savchuk, V. Kerker

DEVELOPMENT AND TESTING OF A NEW SOFTWARE PACKAGE FOR ANALYZING TIME SERIES OF GNSS-STATION COORDINATES

In this paper, we propose a new software package for analyzing the presence of residual unaccounted systematic errors at a particular GNSS station called PS-NETM. It was written in Python and designed to analyze the residual errors of processed GNSS coordinate time series of a year and a half or more. This software can confirm or reject the hypothesis that the residual errors follow a normal Gaussian distribution law, i.e., it can detect the effect of weak, unaccounted for sources of systematic errors.

Keywords: *GNSS Time series analysis, Pearson-Jeffreys distribution, Non-classical error theory, Python.*

УДК 528.3: 528.48

А.П. Бальян, С.С. Перій, В.Л. Тарнавський, М. М. Свідрак

Кафедра геодезії, НУ «Львівська політехніка»

Andrii.P.Balian@lpnu.ua, Serhii.S.Perii@lpnu.ua, volodymyr.l.tarnavskyi@lpnu.ua,

mariana.svidrak.hd.2021@lpnu.ua

АПРОБАЦІЯ МЕТОДУ ГЕОМЕТРИЧНОГО НІВЕЛЮВАННЯ СПОСОБОМ ВПЕРЕД-НАЗАД

Для геодезичного моніторингу деформацій інженерних споруд, зокрема і їх осідань – що є одним із важливих завдань інженерної геодезії пропонується метод геометричного нівелювання способом вперед-назад.

Ключові слова: осідання; деформація; моніторинг; геометричне нівелювання.

Постановка проблеми

Систематичні спостереження за осіданнями і деформаціями фундаментів інженерних споруд та оцінка стійкості опорних реперів висотної мережі є важливим процесом, тому від цього залежить безпека будівництва, експлуатації будівель та споруд. Високоточне визначення перевищень застосовується в багатьох галузях народного господарства, особливо для високотехнологічного будівництва, монтажу та експлуатації споруд і обладнання, та для фундаментальних наукових досліджень з визначення рухів земної кори, дрейфу материків, прогнозу землетрусів та інших не менш важливих завдань сьогодення. Одним із найточніших методів визначення перевищень на даний час залишається геометричне нівелювання горизонтальним променем візування.

В інструкції [1] для способу геометричного нівелювання з “середини” встановлені певні обмеження на виконання високоточного нівелювання для досягнення високої точності визначення перевищень. Це передусім граничні довжини та нерівність плеч нівелювання, висота візирного променя над землею поверхнею, а також період часу, у який виконують нівелювання. Сучасний розвиток науки і техніки, геодезичного приладобудування розглядає не вирішені проблеми геометричного нівелювання на вищому рівні. Так, з появою цифрових нівелірів похибки відлічування, інструментальні й особисті похибки спостерігачів зводяться до дуже малих величин або повністю виключаються. Найбільший вплив на точність високоточного геометричного нівелювання впливає вертикальна рефракція та

нестабільність горизонтальності променя нівелювання [2-7]. Як відомо, під час нівелювання “із середини”, між точками місцевості A і B посередині встановлюють нівелір (Рис. 1). У точках A і B – встановлюють нівелірні рейки, промінь візування нівеліра приводять в горизонтальне положення. Відлічують відліки a і b по рейках, які установлені прямовисно в точках A і B . Шукане перевищення h_{AB} обчислюють за формулою: $h_{AB} = a - b$. Якщо відома висота H_A точки A , то висота точки B відповідно дорівнюватиме: $H_B = H_A + h_{AB}$.

Спосіб геометричного нівелювання “вперед” використовують для визначення негоризонтальності візирного променя нівеліра під час виконання основної перевірки, а також цей метод знаходить широке застосування лише в інженерно-будівельній справі для визначення висот декількох точок з одного встановлення нівеліра і не рекомендується інструкцією [1] для виконання високоточного нівелювання.

Запропонований спосіб двостороннього геометричного нівелювання “вперед-назад” [8] передбачає установа нівеліра на двох станціях, які розташовують за гарної видимості рейок у безпосередній близькості до кінцевих точок лінії нівелювання.

Нами запропоновані формули обчислень перевищень h_{AB} , інтегрального коефіцієнта вертикальної рефракції \bar{k} кута $\sum(\bar{i}'' - \bar{r}'')$ негоризонтальності променя візування під час виконання двостороннього геометричного нівелювання способом “вперед назад” із урахуванням усіх довжин пліч нівелювання:

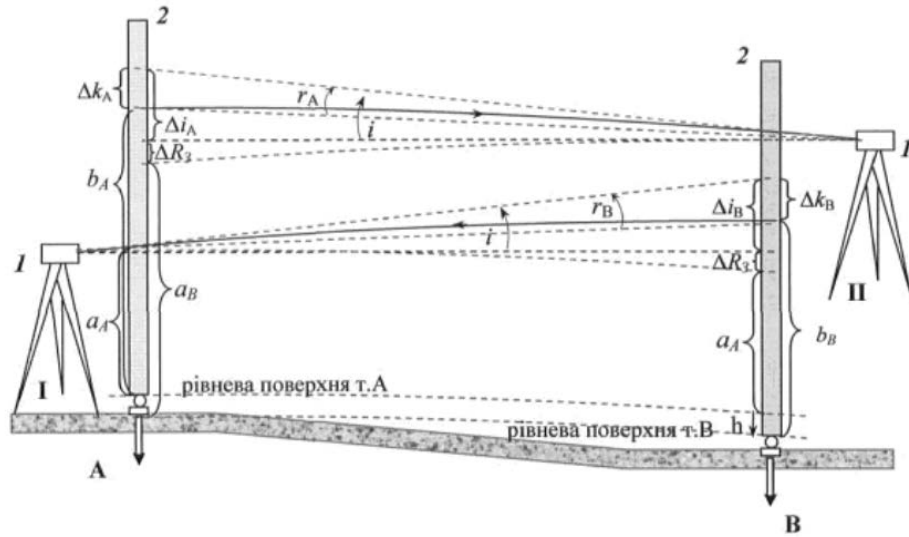


Рис. 1. Спосіб нівелювання “вперед-назад”

$$h_{AB} = \frac{(a_{1A} - b_{1B}) - (a_{2B} - b_{2A})}{2} - \frac{(d_{1A}^2 - d_{1B}^2) - (d_{2B}^2 - d_{2A}^2)}{4R} + \frac{(d_{1A}^2 - d_{1B}^2)k_1 - (d_{2B}^2 - d_{2A}^2)k_2}{4R} - \frac{i''}{2\rho''}((d_{1A} - d_{1B}) - (d_{2B} - d_{2A})) \quad (1)$$

$$\bar{k} = 1 - \frac{2R((a_{1A} - b_{1B}) + (a_{2B} - b_{2A})) \cdot \rho'' - ((d_{1A} - d_{1B}) + (d_{2B} - d_{2A})) \cdot i''}{(d_{1A}^2 - d_{1B}^2) + (d_{2B}^2 - d_{2A}^2)} \quad (2)$$

$$\sum(\bar{i}'' - \bar{r}'') = \frac{\rho''((a_{1A} - b_{1B}) + (a_{2B} - b_{2A})) \cdot 2R - ((d_{1A}^2 - d_{1B}^2) + (d_{2B}^2 - d_{2A}^2))}{2R(d_{1A} - d_{1B}) + (d_{2B} - d_{2A})} \quad (3)$$

де a_{1A} та b_{1B} - відліки на задню та передні рейки з першої станції нівелювання, a_{2A} та b_{2B} , a_{1A} та b_{1B} - відліки на задню та передні рейки з другої станції нівелювання, d_{1A} та d_{1B} - віддалі до задньої та передньої рейки з першої станції нівелювання, d_{1A} та d_{1B} - віддалі до задньої та передньої рейки з другої станції нівелювання, R - радіус кривини Землі, ρ'' - кількість секунд в радіані, k_1 та k_2 - коефіцієнти вертикальної рефракції на першій і відповідно на другій станціях нівелювання, i'' - кут негоризонтальності осі візування нівеліра, \bar{r}'' - інтегральний кут вертикальної рефракції.

Формули (1–3) дають можливість автоматизації способу нівелювання “вперед-назад” шляхом програмування їх у пам'яті цифрового нівеліра для обчислення перевищення та контролю спостережень за сумарним кутом $\sum(\bar{i}'' - \bar{r}'')$, а також визначення інтегрального коефіцієнта вертикальної рефракції \bar{k} за умови

визначеного у лабораторних умовах кута i'' та введеного у пам'ять нівеліра. Це стало можливим за появи цифрових нівелірів, які крім автоматизованого відлічування положення горизонтального променя візування на шкалі рейки, визначають і віддаль до неї та ще обладнані достатньо потужними портативними комп'ютерами.

Виклад основного матеріалу

З появою нових цифрових нівелірів, автоматично вилучають грубі помилки та зменшуються особові похибки під час нівелювання в результатах вимірювань, проте процес виконання вимірювань під час високоточного нівелювання залишається трудомістким та вимагає високоточного обладнання, відповідної методики вимірювань, метрологічного забезпечення та кваліфікованих виконавців для досягнення необхідних результатів.

Розглядаємо основні вимоги для нівелювання I класу [1]:

- Нівелювання I класу виконують в прямому та зворотньому напрямках по двох парах геодезичних костилів, які утворюють дві окремі лінії: праву, відповідно ходу по правим костиліям, і ліву – по лівим костиліям;
- Зчитування з рейок проводять по

двом шкалам (основна та допоміжна);

- Дотримуються рівності плеч (допуск не більше 0,5 м. на станцію), а також накопичення нерівності плеч (допуск не більше 1 м. на секцію).

- Дотримуються обмеження висоти променя над землею поверхнею (0,8 м).

- Максимальна довжина лінії візування – до 50 м.

Для дотримання вище наведених вимог витрачається багато часу на виконання польової роботи, а дотримання рівності плеч досить часто приводить до збільшення кількості станцій в ході, що в свою чергу впливає на кінцевий результат спостережень, та час виконання роботи.

Враховуючи те, що в цифрових нівелірах є можливість досить точно вимірювати віддалі до рейок, враховувати негоризонтальність променя під час вимірювань, а також можливість врахування впливу рефракції в результаті вимірів нами апробований спосіб двостороннього геометричного нівелювання способом “вперед-назад”. Для апробації методу була вибрана ділянка ходу з затяжним підйомом довжиною біля 1 км, яка складалася з 5-ти секцій. Нівелювання виконано по двох парах геодезичних костилів, які утворювали дві лінії нівелювання з одночасним вимірюванням “вперед та назад” за годинниковою стрілкою, а саме:

Вперед:

- Вимірювання виконувалися на 2 ближні костилі (правий і лівий).

- Вимірювання виконувалися на 2 дальні костилі (лівий, правий).

Перехід з приладом по напрямку ходу на другу станцію нівелювання.

Назад:

- Вимірювання виконувалися на 2 дальні костилі (лівий, правий).

- Вимірювання виконувалися на 2 ближні костилі (правий і лівий).

Отримані результати порівняно з результатами геометричного нівелювання способом “із середини” в таблиці 1, виконаним по програмі нівелювання I класу згідно інструкції [1]. Для забезпечення цього, в той самий період часу на вибраній ділянці ходу, виконано нівелювання I класу.

В таблиці 1 наведено результати польових вимірів, розходження між лініями нівелювання (права, ліва), розходження між прямим та зворотнім ходами, допуски розходжень згідно вимог інструкції [1], середні значення перевищень в секції та різниця отриманих результатів між двома способами, причому в результати способу вперед ще не введені поправки за нестабільність горизонтальності променя та впливу рефракції.

В таблиці 2 наведено середні значення результатів нівелювання по секціях ходу з врахуванням нестабільності горизонтальності променя і впливу рефракції (для способу вперед, назад) та розходження між величинами отриманих перевищень способом “із середини” та способом “вперед-назад”.

Аналізуючи результати останніх стовпчиків таблиць 1-6 можна зробити висновок, що розбіжності між визначеними перевищеннями отриманими по секціях нівелірного ходу (по способу “із середини” та способу “вперед-назад”) є малими і по точності відповідають вимогам для нівелювання I класу інструкції [1].

Висновки

Метод двостороннього геометричного нівелювання способом “вперед-назад” можна використовувати для заміни нівелювання I класу на затяжних схилах і цей метод має ряд переваг над методом геометричного нівелювання способом “із середини”, а саме:

1. Зручність вибору і розбивки траси нівелювання та вибору плечей (недотримання рівності плечей що регламентується інструкції [1]);

2. Контроль нівелювання по лінії спостереження за кутом горизонтальності променя;

3. Практичне визначення головної умови нівеліра на кожній лінії;

4. Підвищення точності нівелювання за рахунок подвійних вимірів перевищень;

5. Можливість введення поправки за вертикальну рефракцію на затяжних схилах;

Можливість заміни подвійних ходів нівелювання, що зменшує час розбивки траси для зворотнього нівелювання.

Результати польових вимірювань

Назва секції	Спосіб нівелювання	Напрямок лінії нівелювання	Назва лінії нівелювання	Довжина ходу в м.	Величина перевищення лівої та правої лінії в ходах в мм.	Розходження лівої та правої лінії в ходах, в мм.	Допустиме розходження лівої та правої лінії в ходах в мм.	Середнє значення перевищення ходів (прямо – зворотньо) в м.	Розходження ходів (прямо – зворотньо) в мм.	Допустиме розходження ходів (прямо – зворотньо) в мм.	Середнє значення перевищення в м.	Розбіжність між методами в мм.			
Лінія Rp1F - Rp272	“із середини”	Прямий хід	ліва	295	13,57524	0,28	1,08	13,57510	0,31	1,58	13,57495	-0,29			
			права		13,57496										
		Зворотній хід	ліва		-13,57480										
			права		-13,57478										
	“вперед-назад”	Прямий хід	ліва		13,57410	0,43	1,05	13,57389							
			права		13,57367	-2,21	1,58	13,57524							
		Зворотній хід	ліва		13,57590										
			права		13,57630										
Лінія Rp272 – FRp4	“із середини”	Прямий хід	ліва	217	6,72652				0,38	0,93	6,72671	-0,09	1,39	6,72667	-0,17
			права		6,72691										
		Зворотній хід	ліва		-6,72634										
			права		-6,72690										
	“вперед-назад”	Прямий хід	ліва		6,72707	-0,63	0,93	6,72675							
			права		6,72644										
		Зворотній хід	ліва		6,72677				-0,35	1,39	6,72684				
			права		6,72744										
Лінія FRp4-Rp 0445	“із середини”	Прямий хід	ліва	180	5,69041	0,52	0,82	5,69067				0,77	1,24	5,69028	0,65
			права		5,69093										
		Зворотній хід	ліва		-5,68969										
			права		-5,69010										
	“вперед-назад”	Прямий хід	ліва		5,68930	0,68	0,85	5,68964							
			права		5,68998										
		Зворотній хід	ліва		5,68979				0,01	1,27	5,68963				
			права		5,68946										

Результати польових вимірювань

Назва секції	Спосіб нівелювання	Напрямок лінії нівелювання	Назва лінії нівелювання	Довжина ходу в м.	Величина перевищення лівої та правої лінії в ходах в м.	Розходження лівої та правої лінії в ходах, в мм.	Допустиме розходження лівої та правої лінії в ходах в мм.	Середнє значення перевищення ходів (прямо – зворотньо) в м.	Розходження ходів (прямо – зворотньо) в мм.	Допустиме розходження ходів (прямо – зворотньо) в мм.	Середнє значення перевищення в м.	Розбіжність між методами в мм.	
Лінія Rp0445-Rp5737	“із середини”	Прямий хід	ліва	120	7,77690	0,19	0,69	7,77681	0,01	0,69	7,77680	0,21	
			права		7,77671								
		Зворотній хід	ліва		-7,77680								
			права		-7,77680								
	“вперед-назад”	Прямий хід	ліва		7,77744	0,43	0,74	7,77722	1,27	1,11			7,77659
			права		7,77701								
		Зворотній хід	ліва		7,77611								
			права		7,77579								
Лінія Rp5737-Rp4536	“із середини”	Прямий хід	ліва	330	16,08222	0,59	1,15	16,08193	-0,10	1,72	16,08198	-0,02	
			права		16,08163								
		Зворотній хід	ліва		-16,08214								
			права		-16,08192								
	“вперед-назад”	Прямий хід	ліва		16,08243	0,36	1,22	16,08225	0,49	1,83			16,08200
			права		16,08207								
		Зворотній хід	ліва		16,08221								
			права		16,08130								

Середні значення результатів нівелювання по секціях ходу

Назва секції	Довжина ходу, м	Кількість штативів в секції	Середнє значення перевищення способом із середини, м	Кількість штативів в секції	Середнє значення перевищення способом вперед, назад, м	Розбіжність між методами, мм
Rp1F - Rp272	295	10	13,57495	12	13,57499	0,20
Rp272 – FRp4	217	6	6,72667	8	6,72677	0,10
FRp4 - Rp 0445	180	4	5,69028	6	5,68948	0,80
Rp 0445-Rp 5737	120	4	7,77680	6	7,77663	0,17
Rp 5737 -Rp 4536	330	10	16,08198	16	16,08193	0,05
Сумарно	1142	34	49,85068	48	49,84980	0,88

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Инструкция по нивелированию I, II, III, IV классов. – М.: Недра, 1990. – 175 с.
2. С.С. Перій, І.Ф. Рій, О.І. Мороз, В.Л. Тарнавський. До питання геометричного нівелювання способом "вперед-назад" з використанням високоточного цифрового нівеліра Leica DNA03 // Вісник геодезії та картографії. - 2012. - № 4. - С. 5-8.
3. В. Ващенко, С. Перій, В. Літинський. Спосіб геометричного нівелювання з врахуванням вертикальної рефракції та негоризонтальності візирного променя//Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва, випуск I (17), 2009. – С. 116-121.
4. Павлів П. Проблеми високоточного нівелювання. Львів: Вища школа, 1980. 124с.
5. С.М. Урдзік. Вплив рефракції на точність геометричного нівелювання. //Комунальне господарство міст, 2019, том 1, випуск 147 ISSN 2522-1817 (Online) - С.194
6. Перій С.С. До визначення вертикальної рефракції при геометричному нівелюванні // Зб. наук. пр. ЗГТ УТГК. Вид-во. Нац. ун-ту "Львівська політехніка". – Львів, 2006, Вип. I(11). – С.146–150.
7. Терещук О.І., Перій С.С. До питання впливу вертикальної рефракції в геометричному нівелюванні // Зб. наук. пр. міжнар. наук.-практ. конф. "Геодезичний моніторинг, геодинаміка і рефрактометрія на межі ХХІ століття". – Вид. Львівськ. астрономо-геодезичн. тов. "Львівська політехніка". – Львів, 1998. – С.99–101.
8. Пат. 41429. – Україна, UA, МПК (2009). – G01C 5/00. Спосіб геометричного нівелювання "Вперед, назад" / Перій С. С.; заявник і патентоутримувач Львів. нац. аграр. унів.– Бюл. № 24. – 25.05.2009. – С.6

A. Balyan, S. Periy, V. Tarnavskii, M. Svidrak

ANALYSIS OF THE HEIGHT OF THE GEODESIC NETWORK OF THE RAES INDUSTRIAL SITE

*For geodetic monitoring of deformations of engineering structures, in particular their subsidence, which is one of the important tasks of engineering geodesy, the method of geometric leveling by the forward-backward method is proposed. **Keywords:** subsidence; deformation; monitoring; leveling*

UDC 528.4

J. Zaczek-Peplinska^{1*}, L. Saloni², K. Tretyak³, S. Jastrzebski⁴

¹Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii, pl. Politechniki, 00-661 Warszawa, Polska, ORCID 0000-0003-4875-4250

²GEOalpin sp. z o.o., ul. Kolektorska 12, 01-692 Warszawa, Polska

³Lviv Polytechnic National University Bandera str, 12 Lviv Ukraine, ORCID 0000-0001-5231-3517

⁴Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii, pl. Politechniki, 00-661 Warszawa, Polska, ORCID 0000-0002-0652-0539

*janina.peplinska@pw.edu.pl, kornylii.r.tretiak@lpnu.ua

ADAPTATION OF THE CONTROL NETWORK FOR DETERMINING THE DISPLACEMENTS OF HYDROTECHNICAL OBJECTS USING AUTOMATIC GEODETIC OBSERVATION SYSTEMS

Over the last two decades, geodetic surveying has seen significant advancements, with terrestrial and unmanned aerial vehicle (UAV) laser scanning, alongside automatic observations, being increasingly utilized throughout the construction process. These methods are used from the inception of construction work, through implementation status monitoring, to operational risk assessment. In the context of dam structures, periodic geodetic displacement measurements are a compulsory component of control measurements and safety assessments. In Poland and Ukraine, however, control measurements have largely remained rooted in traditional techniques such as classic linear and angular measurements and precise leveling. These methods are typically carried out within distinct control networks, i.e. without dual-function observation points and targets. Furthermore, network points (pillars, targets) have often not been renewed since their installation several decades ago, and glass discs, used for crown measurements in the baseline method, frequently face damage. Compounding these issues are changes in property ownership and modifications in environmental regulations, which often impede the proper upkeep of the sight line. Consequently, complete and accurate measurements are often unattainable due to obstructed sight lines and inaccessible points. To address these challenges, the article proposes the adaptation and reconstruction of control networks to incorporate automatic observation techniques, including linear and angular and LiDAR measurements. This approach includes activities aimed at:

- reconstructing and supplementing damaged network structures;
- modernizing the geodetic process of determining structure displacements;
- enhancing the accuracy, credibility, and reliability of geodetic displacement measurement results.

The article provides an overview of the fundamental requirements and principles for adapting a network to enable automatic monitoring. It presents the findings of an inventory assessment conducted on the existing control network infrastructure, focusing on the analysis of displacements for structures with diverse constructions and functions – a concrete dam (class I) and a water damming weir with a water intake. Furthermore, it presents practical conclusions regarding the efficient organization of geodetic control measurements.

Keywords: engineering geodesy, geodetic displacement measurements, control network, automatic measurements, dams, LiDAR.

INTRODUCTION

According to (Kledyński, 2011a, 2011b), "monitoring and diagnosing hydraulic structures provides knowledge about the technical condition of the structure, i.e., its load-bearing capacity and usability. Therefore, these processes [*which include various control measurements (authors' note)*] form the basis for formulating appropriate assessments." A specific type of assessment – especially in the case of damming hydraulic structures – is the safety assessment.

The concept of monitoring engineering structures is very broad and, with the development of measurement and diagnostic capabilities, it covers multiple aspects engaging an increasing number of specialists from various fields. The beginnings of interest in ensuring the safety of dams date back to ancient times when the first structures of this type were created. The oldest known water dam is located in Jawa in Jordan, 100 km northeast of Amman. This gravity-type structure was a stone wall 9 m high and 1 m wide, dating back to around 3000 BC (Garbrecht, 1986). The tragic consequences of dam disasters in modern times (ICOLD

Bulletin, 1995), technical progress, and the development of scientific research have led to the rapid development of dam control techniques.

Monitoring damming structures is an interdisciplinary task, and in the assessment of the safety of hydraulic structures, it is necessary to combine various measurement techniques, computational techniques, and the experience of specialists from various fields of engineering. Control measurements, collection and processing of data about the structure, and preparation of the technical condition assessment of the dam are performed by hydrotechnicians, geotechnicians, surveyors, hydrologists, geologists, structural mechanics, concrete and building material specialists, and many others.

In Poland, geodetic control measurements and inventory measurements to determine the technical condition and safety of hydraulic structures are required by the law (Construction Law, 2020; Water Law, 2017) and related regulations, in particular the Regulation of the Minister of the Environment on the technical conditions required from hydraulic structures and their location (Regulation, 2007). It is worth emphasizing that the Construction Law classifies hydraulic structures as buildings. According to the provisions of the law, a hydraulic structure must be used and maintained in accordance with the national regulations, including technical provisions, applicable standards, and the principles of technical knowledge, in a way that ensures the safety of the structure and the safety of use. Structures should be subjected to at least once a year periodic control to check the technical condition and at least once every 5 years to check the technical efficiency and utility value of the entire building. In addition, it is necessary to carry out control of the safety of the structure in case of:

- detection of unusual phenomena during the current operation of the structure,
- passage of a flood wave,
- unusual, intense ice phenomena.

Owners or managers of these structures are obliged to ensure their proper technical condition, safety, and proper functioning, as well as to carry out research and measurements enabling the assessment of the condition and

safety of the structure, especially in terms of seepage, the state of discharge devices, and changes in the upper and lower positions of the structure. Depending on the class of the structure, various parameters may be subject to control, including vertical displacements (settlements and uplifts), horizontal displacements and inclinations, deviations from the vertical, deflections, vibrations, and linear, angular, and shape deformations, as well as the condition of concrete – its properties and cracking of its mass and surface.

Modern measurement technologies provided ever greater possibilities for more accurate monitoring of changes occurring in engineering structures, as well as speeding up measurement work, minimizing the number of gross errors, and reducing the costs and time of measurements. As a result, they ensure a more reliable assessment of the technical condition and safety of hydraulic structures. The integration of measurements, including the numerical modeling of the structure's behavior and various types of data, allows a more comprehensive, understandable, and transparent assessment (Zaczek-Peplinska J, 2018), (Zaczek-Peplinska, 2022).

Research work and control measurements using terrestrial laser scanners (TLS), low-altitude photogrammetric measurements (UAV), and airborne laser scanning (ALS) are already being conducted in various hydraulic structures. However, these technologies are still only used as supplements to traditional measurement methods: precise leveling for determining horizontal displacements and measurements in the angular and linear network for determining horizontal displacements of targets on the structure.

Unfortunately, the geodetic networks currently used to study the displacements of structures are not adequately protected, and their condition often does not allow for the simple installation of an automatic measurement system. The further part of the article presents two examples of hydraulic structures: a concrete dam (class I) and water damming weir with a water intake, problems with maintaining their control network, and proposals for adapting the network for (i) precision trigonometric leveling and (ii) automatic angular and linear measurements to

determine horizontal displacements. The basic principles of automation and modernization of control measurements of structures have been described many times in various publications (Zaczek-Peplinska, 2007), however, the issue of maintaining the measurement network and its adaptation is not so often addressed. The field cases described in this article and proposals for adapting the network for introducing automatic measurements were drawn from the experience of the GEOalpin company.

STUDY MATERIALS AND METHODS

Automatic geodetic monitoring systems

Examples of the first implementations of automatic geomonitoring systems in Poland are those at the KGHM Polska Miedź SA mining company (Świdziński, 2016), the Lignite Mine in Bełchatów (Karsznia, 2010), or during the construction (and still ongoing expansion) of the second line of the Warsaw Metro. In highly industrialized countries of the world, the development of automatic geodetic monitoring systems has been observed for several decades. There are many examples of their implementation on hydraulic structures (Gokalp, 2009, Henriques, 2003). There are also numerous textbooks presenting the assumptions and basic conditions of such systems, published in many languages – mainly in English and German (Moser, 2013), (Sanso, 2006). One can also find many similar studies in Polish, for example (Wolski, 2008).

Despite the undeniable advantages of automatic displacement monitoring systems, in Poland, apart from the previously mentioned KGHM Polska Miedź SA at the "Żelazny Most" reservoir, such types of systems have not been integrated into the automatic technical dam control systems (structural health monitoring systems – SHM). Geoalpin Sp. z o.o. – a Polish engineering surveying company prepared the first proposals for the implementation of automatic solutions on dams. Such systems require the following basic conditions for control networks:

- vertical and horizontal displacements should be determined in one integrated linear and angular network, supplemented by a network of precise leveling benchmarks only inside galleries and on the crowns of structures – something that is not included in the current

"Guidelines for conducting research, measurements, assessment of the technical condition and assessment of the safety status of water damming structures" developed by the Technical Dam Control Center – OTKZ IMGW (Sieiński, Śliwiński, 2020);

- positions of motorized total stations playing the role of linking points between groups of control and reference points should be located in line in front of the structure (on the downstream side, on islands, or on both sides of watercourses)) and their position should be controlled by integrated GNSS antennas (Global Navigation Satellite System – former GPS);

- control points (targets) should be stabilized in the form of precise wall prisms that can be automatically detected by ATR (Automatic Target Recognition) by total stations at observation points;

- sight lines from observation points should be maintained and protected from development by the provisions of the Water Law (or executive acts);

- the reference point network should meet the following technical conditions: (i) their location should be outside the range of influence of the monitored structure, (ii) points observed from total station positions should be equipped with precise prisms and GNSS antennas to control the stability of the system, (iii) other reference points should be observed using only GNSS; (iv) necessary control of system stability using linear and angular measurement techniques and precise leveling every 3-5 years (necessary maintenance of benchmarks and positions with forced centering on poles);

- power supply and teletransmission protection for instruments;

- the system should be integrated with the automatic system for technical control of the dam (structural health monitoring) on a single web-based platform, which would allow the introduction of a single alert system and automatic preparation of reports for technical condition assessments and risk assessments.

Thus prepared control network does not have to be permanently equipped with measuring equipment. There are monitoring solutions that require the deployment of instruments and GNSS antennas at linking

points (observation points) and reference points, and the performance of a control measurement 2-6 times a year, with the deployment of the system with secured lines of sight taking about 2-3 hours and the measurement itself not taking more than 2 hours (including control and calibration measurements after deploying the system). It should be noted that systems allowing for constant monitoring have the highest reliability indicators.

The current state of maintenance of geodetic control networks on hydraulic structures leaves much to be desired. In numerous instances, a comprehensive overhaul of the existing infrastructure would be necessary to accommodate the installation of an automatic geodetic monitoring system. This infrastructure renovation would entail modifying the distribution of points across all groups – benchmarks, control points on the structure, and linking and reference points.

In 2005, the need for modernizing control networks in Poland was underscored in a paper presented at the Technical Control of Water Dams conference in Zakopane (Prószyński, 2005). Regrettably, close to two decades have passed since then, yet the progress remains insignificant. Numerous structures still demand significant reconstruction and adaptation to current measurement technologies.

Ideally, these renovations should already incorporate the requirements of automatic monitoring. This proactive approach would make the potential installation of the system feasible without incurring additional costs associated with adapting the measurement network.

RESULTS AND DISCUSSION

The strategy for modernizing control networks

Through our inventory and design work, we have developed primary proposals for revamping the control network for various structures. This is based on the premise of maintaining the positions of control points on the structures to ensure continuity of interpretation and ongoing monitoring.

In the case of a concrete dam, the fundamental requirements include:

- enhancing or altering the form of target stabilization towards precision prisms, and

increasing the number of targets. This change, despite using automatic measurement, does not significantly impact the time and costs related to periodic measurement. Furthermore, it ensures the completeness of the measurement data, even when observing all targets becomes unfeasible due to circumstances such as repair works or the lack of an unobstructed line of sight.

- modifying the method of measuring the baseline on the dam's crown and vector measurements in the reference point group (outside the structure) to periodic control measurement utilizing GNSS satellite techniques. These adjustments eliminate the need for the line of sight, particularly from points situated on sites no longer owned by the power company.

- densifying the network of observation positions for angular and linear measurements using points with lightweight construction. These points' displacement would be monitored within the automatic system.

- partially transitioning the precision leveling benchmark network to points that enable automatic measurement using the trigonometric leveling technique.

These fundamental modifications are graphically represented in Figure 1.

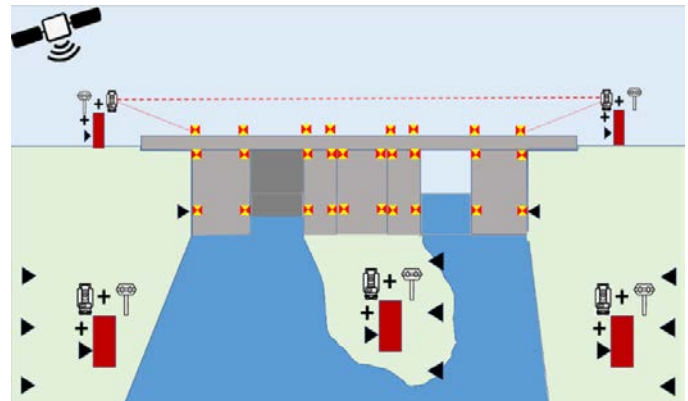


Fig. 1. Suggested approach for the concrete dam-draft of the fundamental alterations in the geometry and infrastructure of the control network.

Preliminary accuracy analyses (a priori) of the displacement determination in the hybrid networks were performed for both proposed solutions, utilizing angular-linear measurements, trigonometric leveling, and GNSS measurements. These analyses demonstrated adequate precision for the

evaluation of the structures' condition and associated risk. The illustration represents a draft of the fundamental modifications in the geometry and control network setup for a high concrete dam.

Key insights from the recent inventory of control networks

The inventory and design work has yielded several practical insights concerning the current state of the networks, offering guidance for those responsible for network condition and organizing control measurements.

On the majority of the structures, the introduction of modern measurement techniques and network modernization is lacking. This is primarily due to the absence of requisite staff competencies and stringent financial constraints resulting from the transformation of the supervisory system over hydraulic facilities and the facilities' acquisition by energy companies. There is a continued reliance on network construction techniques from the 1960s-1980s.

The maintenance of structures and targets is neglected despite the evident wear and tear over time. In addition, individuals responsible for geodetic measurements struggle with performing measurements correctly because methods such as baseline measurements on structure crowns have become uncommon.

Motorized instruments for quick and reliable measurements are standard in contemporary engineering geodesy practice and geodetic investment services (in Poland, as defined by professional rights no. 4). Unfortunately, due to the lack of prisms on hydraulic structures, surveyors are compelled to resort to manual measurement techniques. This approach increases both the time and costs of work and necessitates larger measurement teams.

Furthermore, the potential of control measurement techniques using GNSS satellite measurements, which are commonly used elsewhere, is undervalued in hydrotechnics in Poland. These could prove extremely beneficial in managing often extensive reference networks.

A primary challenge in maintaining a control network, given the annual shifts in measurement contractors due to tender procedures, is the absence of control and

measurement device catalogs. Unlike the standard practice for detailed geodetic control points or implementation control points established for the construction and operation of engineering structures, a clear record is not maintained for hydraulic structures. Each network point should be cataloged and possess a specific card/metric describing the location, device type with parameters (for instance, forced centering parameters), methods used to secure the instruments, and changes introduced during operation.

A pervasive issue in this field is the inadequate safeguarding of reference networks. Ideally, these networks should be positioned outside the influence zone, i.e. beyond the structure in question. However, in many instances, both formal and actual control over these networks have been lost. Points are often situated on private properties where access is inconvenient or sometimes even impossible due to new residential and commercial developments, fences, or alterations to previously unpaved roads. This predicament arises from changes in property ownership around hydraulic structures and the indifference of new private owners towards public utility assets, a stark contrast from the communist era (1945-1989) when the lands around the structures were state-owned and thus network maintenance was much less problematic.

A significant challenge to the credibility and reliability of control measurement results in Poland results from the current practice of commissioning measurement work. An annual competition where the lowest price is the sole determining factor encourages measurements to be performed carelessly by those who may lack the necessary theoretical knowledge and practical experience in geodetic displacement monitoring. Regular and periodic control of a hydraulic structure can be likened to routine medical check-ups where it is advisable to continue care with a single specialist. Just as frequently changing the physician may adversely affect the patient's situation, likewise, a similar practice may be problematic for the safety of engineering structures. Hence, periods covering individual control measurement contracts should span at least 3-5 years, enabling the introduction of innovative techniques and high-quality work. The goal

should be more than merely applying superficial changes to fit the lowest price bracket, at the expense of quality. Such practices do not foster the safe use of these structures.

Moreover, the overly brief descriptions in tender documents, specifying significant conditions of the order, fail to define the standards for executing measurements or for delivering data and results. Documentation and reports are often truncated, with critical data omitted due to substandard work and non-adherence to fundamental principles of measurement data processing. Failure to supply or incorrect supply of initial data can disrupt the continuity of periodic observations and impede the accurate interpretation of established displacement trends.

CONCLUSIONS

The implementation of automated geodetic displacement monitoring systems has proven instrumental in elevating the safety of hydraulic structures and providing more accurate evaluations of structural conditions and associated risk factors. Systematic geodetic measurements, executed within a control network conceived by a diverse team of experts, serve as a critical component in the safeguarding of engineering structures. It is essential to remember that these are the only measurements that show the actual extent of

geometric changes in the structure, enabling the verification of predicted structural behaviors based on models using data from sensors capturing changes in physical parameters such as pressure, groundwater levels, or temperature fluctuations.

Hydraulic structures in Poland are not receiving adequate surveying network maintenance. Adapting and modernizing the networks, coupled with the deployment of automated measurements, will significantly contribute to the elevation of standards in structure maintenance. It is recommended to introduce cataloging systems for control points. Contemporary technologies facilitate the creation of simple internal GIS-type databases for structures – such functionalities often comprise an integral part of automatic monitoring systems, where all changes and alerts are systematically archived.

The automation of measurements and adherence to a singular standard for surveying work at hydraulic structures should solve the problems delineated in this article. In this case, even a yearly change in the contractor responsible for network control maintenance would not compromise the quality of control measurement results.

REFERENCES

- GARBRECHT, G. (1986). Wasserspeicher (Talsperren) in der Antike, *Antike Welt*, 2nd special edition: *Antiker Wasserbau*, s. 51–64 (52).
- HENRIQUES M. J., CASACA J. (2003). Monitoring Displacements at Large Dams by Means of Precision Traverses, *FIG Working Week 2003*, Paris, France, April 13-17, 2003.
- CONSTRUCTION LAW (2016). Prawo Budowlane. Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 9 lutego 2016 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy – Prawo budowlane, *Dz.U.* 2016 poz. 290 z późniejszymi zmianami.
- GÖKALP E., TAŞÇI L. (2009). Deformation monitoring by GPS at embankment Dams and deformation analysis, *Survey Review*, 41, 311 pp.86-102
- ICOLD Biuletyn (1995). Dam failures. Statistical analysis. *International Commission on Large Dam Bulletin*, No. 99.
- KARSZNIA K., SKALSKI Z., CZARNECKI L. (2010). System ciągłego monitoringu deformacji odkrywkowych wyrobisk górniczych a bezpieczeństwo prowadzenia robót górniczych, *Przegląd Górniczy* 10/2010, Nr 10 (1055), Tom 66(CVI), str. 167-171
- KLEDYŃSKI, Z. (2011a). Monitoring i diagnostyka budowli hydrotechnicznych. cz. 1. *Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne*, (2(35)), 54–61.
- KLEDYŃSKI, Z. (2011b). Monitoring i diagnostyka budowli hydrotechnicznych. cz. 2.

- Nowoczesne Budownictwo Inżynieryjne, (3(36)), 36–38.
- LI, Y., LIU, P., LI, H., HUANG, F. (2021) A Comparison Method for 3D Laser Point Clouds in Displacement Change Detection for Arch Dams. ISPRS International Journal of Geo-Information, 10(3), 184, <https://doi.org/10.3390/ijgi10030184>.
- MÖSER M., MÜLLER G., SCHLEMMER H., HEUNECKE O., KUHLMANN H., WELSCH W., EICHHORN A., NEUNER H. (2013). Auswertung geodätischer Überwachungsmessungen, Wichmann-Verlag, ISBN 978-3-87907-467-9, 2013
- PRÓSZYŃSKI W., ZACZEK-PEPLINSKA J. (2005). Kompleksowa modernizacja geodezyjnej sieci kontrolnej środkiem do podniesienia wiarygodności wyników pomiarów przemieszczeń (Comprehensive modernization of the geodetic control network as a means to increase the reliability of displacement measurement results). XI Międzynarodowa Konferencja Technicznej Kontroli Zapór, Zakopane-Polana Zgorzelisko, 8-11maj 2005.
- REGULATION (2007). Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie, Dz.U. 2007 nr 86 poz. 579.
- SANSO F., GIL A.J. (2006). Geodetic Deformation Monitoring, Springer-Verlag GmbH, ISBN: 3540385959, 2006
- SIEIŃSKI E., ŚLIWIŃSKI P. (2020), Wytyczne wykonywania badań, pomiarów, ocen stanu technicznego oraz ocen stanu bezpieczeństwa budowli piętrzących wodę, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, PIB, 2020
- WATER LAW (2017). Prawo Wodne. Ustawa z dnia 20 lipca 2017 r. - Prawo wodne, Dz.U. 2017 poz. 1566 z późniejszymi zmianami.
- WOLSKI B. (2008). Monitoring metrologiczny obiektów geotechnicznych, Wydaw. Politechniki Krakowskiej im. Tadeusza Kościuszki, Kraków, 2008, ISBN, 8372424047
- ZACZEK-PEPLINSKA J. (2018). Metodyka oceny stanu powierzchni betonowej budowli piętrzącej na podstawie analizy spektralnej wyników naziemnego skanowania laserowego. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Geodezja. Warszawa.
- ZACZEK-PEPLINSKA J. (2007). Koncepcja modernizacji klasycznych sieci poziomych do wyznaczania przemieszczeń obiektów hydrotechnicznych. (The concept of modernization of classic horizontal networks for determining displacements of hydrotechnical objects). Rozprawa doktorska (PhD), Warsaw University of Technology.

Я. Зачек-Пеплінська, Л. Салоні, К. Третьак, С. Ястшебський

АДАПТАЦІЯ МЕРЕЖІ КЕРУВАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЗМІЩЕНЬ ГІДРОТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО ГЕОДЕЗИЧНОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ

За останні два десятиліття геодезичне знімання досягло значного прогресу, оскільки наземне лазерне сканування та лазерне сканування безпілотними літальними апаратами (БПЛА) разом із автоматичними спостереженнями частіше використовуються в процесі будівництва. Ці методи використовуються від початку будівельних робіт, через моніторинг стану впровадження, до оцінки операційного ризику. У Польщі та Україні, однак, контрольні вимірювання здебільшого ґрунтуються на традиційних методах, таких як класичні лінійні та кутові вимірювання та точне нівелювання. Ці методи, як правило, виконуються в межах окремих контрольних мереж, тобто без подвійних функцій спостережних точок і цілей. Крім того, точки мережі часто не оновлювалися з моменту їх встановлення кілька десятиліть тому. Отже, повні та точні вимірювання часто недоступні через закриті лінії огляду та недоступні точки. Щоб вирішити ці проблеми, у статті пропонується адаптація та реконструкція мереж керування для включення автоматичних методів спостереження, включаючи лінійні та кутові вимірювання та вимірювання LiDAR. Цей підхід включає заходи, спрямовані на:

- *реконструкція та добудова пошкоджених структур мережі;*
- *модернізація геодезичного процесу визначення переміщень споруд;*
- *підвищення точності, достовірності та достовірності результатів геодезичних вимірювань переміщень.*

У статті представлено огляд основних вимог і принципів адаптації мережі для забезпечення автоматичного моніторингу. Він представляє результати інвентаризаційної оцінки, проведеної на існуючій інфраструктурі контрольної мережі, зосереджуючись на аналізі переміщень для конструкцій з різноманітними конструкціями та функціями – бетонної греблі (клас I) та водозабірної греблі з водозабором. Крім того, подано практичні висновки щодо ефективної організації контрольних геодезичних вимірювань.

Ключові слова: *інженерна геодезія, геодезичні вимірювання переміщень, контрольна мережа, автоматичні вимірювання, дамби, ЛіДАР.*

УДК 528.4

А. Віват¹, О. Горб², О. Бочко³, Л. Поляковська¹

¹НУ «Львівська політехніка», anatoliyvivat@gmail.com.

²Харківського НУ Міського господарства.

³Львівський національний університет природокористування.

АПРОБАЦІЯ МОБІЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ STONEX X120^{GO}

Мета цієї роботи – дослідити точність лазерного сканера Stonex X120^{GO} та можливість використання його для топографічного знімання, вирішення інженерних задач та створення 3D-моделей. Досліджено точність вимірювання сканером Stonex X120^{GO} на різних віддалях від 10 до 50 м. За результатами встановлено СКП виміру віддалі 10 мм, яка практично не залежить від віддалі. Від віддалі залежить тільки щільність точок на досліджуваній марці. Стосовно визначення похибки положення інерційною системою (IMU), то проклавши трек довжиною 15 хв, замаркувавши 6 точок по 3 рази кожна, ми отримали такі максимальне відхилення: в напрямі X – 3,3 см, в напрямі Y – 2,8 см, в напрямі Z – 0,9 см. Перевірка точності 3D-хмари на 7 поверховій будівлі НУ ЛП, при прив'язці по 4 точках, встановлено, що абсолютне відхилення від еталонних координат не перевищило 2 см, а локальні перевищення між першим та другим поверхом, при порівнянні з геометричним нівелювання не перевищили 1 см. Такі результати дослідження дали змогу провести сканування різних об'єктів природного та штучного походження. Запропоновано, методику перевірки точності лазерних сканерів вимірюванням еталонних довжин та порівняння координат визначених системою IMU. Досліджено вплив довжини треку на точність 3D-хмари точок. За результатами дослідження сканери Stonex X120^{GO} мають великі перспективи використання в багатьох галузях народного господарства.

Ключові слова: Лазерне сканування, сканер SLAM, ручний лазерний сканер, апробація лазерний сканерів.

Постановка проблеми

Мобільне картографування є ефективною технологією для отримання просторових даних. Зазвичай, інтегрована навігаційна система GNSS/IMU забезпечує надійну інформацію про положення. Однак, в умовах відсутності сигналу GNSS немає ефективного методу довготривалого позиціонування. З розвитком алгоритмів одночасної локалізації та картографування (SLAM) з'явилася можливість їх використання для підвищення точності визначення положення лазерних сканерів. Математичні алгоритми SLAM дають можливість підвищити точність визначення положення без використання систем GNSS [1]. У цій статті досліджена система мобільного лазерного сканування (СМЛС) з багатьма давачами, як LiDAR, IMU та панорамна камера.

Постановка завдання

Дослідити точність лазерного сканера Stonex X120^{GO}, а також дослідити можливість використання його для топографічного знімання, вирішення інженерних задач та створення 3D-хмар.

Методика

Для дослідження точності ми використали метрологічний метод порівняння з еталоном. Еталоном були координати, віддалі та перевищення, визначені іншою перевіреною технологією, що є на порядок точнішою від досліджуваної. Для визначення точності 3D-хмари точок досліджуваного сканера також використано наземний лазерний сканер Leica C-10 [2, 3].

Виклад основного матеріалу

1. Сканер Stonex X120^{GO}

Сканер обладнано одним лідар-давачем (3) (рис.1), що обертається, системою IMU (4), панорамною камерою (5) що забезпечує забарвлення хмари точок, літій-іонною батареєю (6), підставкою (7). Мобільний телефон (8) з прикладною системою Android та програмою GOapp використовується для запуску сканера, встановлення контрольних точок та моніторингу наповнення хмари точок. (рис.1). Також на рис. 1 подано головні точки сканера: 1 – центр обертання лазера LiDAR та 2 – умовний початок системи координат сканера, напрямки

просторових трьох осей координат та доміри між двома головними точками. До системи також включено програма GOpst для постопрацювання зібраних даних, генерацію кольорової хмари точок, створення часткових панорамних зображень, прив'язку до системи координат та оптимізацію хмари точок. У таблиця 1 подано основні характеристики СМЛС Stonex X120^{GO}. На світовому ринку такого типу СМЛС випускає декілька фірм, серед них: Leica-Geosystems, Trimble, Geo-Slam.



Рис. 1. СМЛС Stonex X120^{GO}

Таблиця 1

Основні характеристики СМЛС Stonex X120^{GO}

Параметр	Значення
Діапазон вимірювання віддалі	0,5 м – 120 м
Точність вимірювання	6 мм
Точність визначення положення системою IMU	5 см
Кількість каналів	16
Роздільна здатність:	
вертикальна	1°
горизонтальна	0,1°
Швидкість сканування	320000 т/с

2. Теорія SLAM Simultaneous Localization And Mapping (Одночасна локалізації та картографування)

Вимірювальним засобом у СМЛС типу SLAM є лазерних сканер, що працює за

технологією LiDAR. LiDAR-давач одночасно випромінює розгортку з 16 лазерних променів, та вимірює для кожного променя два кути та віддаль. Обертання розгортки лазера у давачі забезпечує високу роздільну здатність у горизонтальній площині до 0,1° – 0,4°. Обертання самого давача забезпечує необхідну роздільна здатність у вертикальній площині. Для визначення положення СМЛС у просторі використовують інерційну система (IMU) до складу якої входять 3 високоточні гіроскопи, 3 високостабільні акселерометри та 3 інклінометри. IMU відкалібрована та компенсована у всьому діапазоні робочих температур. Три камери виконують фотофіксацію під час знімання. СМЛС кожну секунду виконує визначення положення за допомогою IMU, фотографування за допомогою камер та записує дані на карту пам'яті. СМЛС може бути доукомплектована GNSS-приймачем для підвищення точності визначення положення. У системі використано математичні алгоритми SLAM, які попередньо синхронізують дані вимірювань в часі та просторі. Алгоритми SLAM виявляють точки та оптимізують положення для виправлення дрейфу IMU, спричиненого накопиченням помилок у довгих треках з метою отримання 3D-хмари зі стійкою узгодженістю. Також за допомогою цих алгоритмів здійснюється поєднання даних з давачів для отримання однорідної 3D-хмари точок.

3. Дослідження точності вимірювання віддалі та визначення положення СМЛС Stonex X120^{GO}

Вивчивши інструкція користувача СМЛС Stonex X120^{GO}, ми сформувавши основні питання дослідження:

1. Дослідження точності вимірювання LiDAR-давач на різних віддаль.
2. Дослідження точності визначення положення системою IMU.
3. Дослідження точності СМЛС Stonex X120^{GO} на різних об'єктах для вирішення інженерних задач.

Перший та другий етап реалізовано на НПП кафедри ІГД. Полігон складається з 14

наземних пунктів, координати яких визначені трьома технологіями GNSS, TPS, та нівелювання, які підвищують точність кожної стадії згущення мережі. Глобальну прив'язку до геоцентра виконано за визначеними координатами пункту 17 та 12 з СКП 5 мм. Планове положення пунктів визначено TPS з СКП 2 мм, а висотне визначено методом геометричного нівелювання з СКП 1 мм. Також до НГП включено 19 пунктів примусового центрування на даху другого корпусу НУ «Львівська політехніка».

На пункті 23 нерухомо для всіх прийомів було встановлено СМЛС Stonex X120^{GO}, а марку встановлювали по черзі на пункти 24 – 29 (рис.2). Кожен прийом вмикали СМЛС та записували трек довжиною в одну хвилину. На рис. 3 подано отриманий скан та вертикальний перерізи марки на віддалі 10 м.



Рис.2. СМЛС Stonex X120^{GO} на пункті 23 НГП ІГД

Для дослідження точності визначення положення системою ІМУ нами виконано запис вимірювань СМЛС Stonex X120^{GO} тривалістю 15 хвилин. Під час запису треку оператор встановлював прилад на одні і ті ж самі пункти три рази. Результати подано у таблиці 2.

Таблиця 2

Координати пунктів НГП, визначені системою ІМУ

Пункт	X, м	Y, м	Z, м
23	0,079	-0,014	-0,205
26	30,077	1,271	-0,204

Пункт	X, м	Y, м	Z, м
29	60,062	2,577	-0,308
18	60,474	-7,408	-0,219
15	30,493	-8,698	-0,129
12	0,524	-9,998	-0,111
23	0,085	-0,022	-0,206
26	30,044	1,272	-0,198
29	60,052	2,578	-0,307
18	60,488	-7,394	-0,214
15	30,506	-8,680	-0,132
12	0,541	-9,982	-0,119
23	0,090	-0,028	-0,208
26	30,069	1,273	-0,198
29	60,066	2,601	-0,300
18	60,489	-7,380	-0,210
15	30,506	-8,686	-0,129
12	0,542	-9,981	-0,119

За даними табл. 1 використанням формули 1 визначимо похибку M – просторового положення системи ІМУ в горизонтальній площині, яка дорівнює 4,4 см.

$$M_{\text{прст.}} = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2 + \delta_z^2}, \quad (1)$$

де δ_x , δ_y , δ_z – максимальні різниці координат одних і тих же пунктів з трьох прийомів.

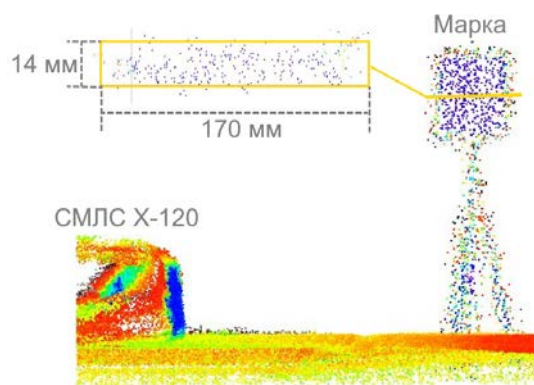


Рис.3. Скан марки СМЛС Stonex X120^{GO} на віддалі 10 м на пунктах НГП ІГД

Дослідження точності створення 3D-хмари точок виконано на пунктах НГП. Ми замаркували три наземні пункти на початку треку, виконали прохід другим корпусом Львівської політехніки, піднялись на відкриту лабораторію Геотераса, виконали маркування трьох пунктів з примусовим центруванням. Перепад висот становим 24 м, а довжина треку була 15 хв. При створенні 3D-хмари точок у програмі GoPost

фіксували три наземні пункти та один на даху. У таблиці 3 подано звіт оцінки точності отриманої 3D-хмари точок.

Таблиця 3

Звіт оцінки точності отриманої 3D-хмари точок з програми GoPost

Відносна точність за віддаллю

No	Віддаль з GNSS, м	Віддаль з IMU, м	δ
1	1->2: 29.639	1->2: 29.668	-0.029
2	1->3: 43.570	1->3: 43.609	-0.039
3	1->4: 34.484	1->4: 34.537	-0.053
4	2->3: 26.886	2->3: 26.846	0.040
5	2->4: 34.128	2->4: 34.121	0.007
6	3->4: 19.944	3->4: 19.965	-0.021
СКП, м		0.031	

Абсолютна точність за координатами

GCPName	East X	North Y	Up Z	DX	DY	DX/Y	DZ
1	8301062.179	5522941.828	314.198	0.036	0.009	0.037	0.005
2	8301079.049	5522915.281	313.054	0.026	0.007	0.027	0.003
3	8301053.151	5522922.462	313.818	0.008	0.021	0.023	0.001
4	8301057.695	5522941.878	314.201	0.017	0.006	0.018	0.007
СКП, м				0.022	0.011	0.026	0.004

Також порівнянням координат двох точок на даху абсолютне відхилення від еталонних координат не перевищило 2 см, а локальні перевищення між першим та другим поверхом, при порівнянні з геометричним нівелюванням не перевищили 1 см. Така висока точність спонукала до подальших досліджень на різних об'єктах інфраструктури.

4. Проведення картографування СМЛС Stonex X120^{GO} на різних об'єктах

Ми виконали сканування різних об'єктів у м. Львові та околицях, а саме: багатопверховий будинок з прибудинковою територією, підвальним приміщенням та добудовами (рис.4), зовнішні контури приміщень храму священомученика К. Шептицького (рис.5), пам'ятник митрополиту Андрею Шептицькому та територію довкола (рис.6) (також раніше таку роботу описано в за допомогою іншої технології), Медова печера (рис. 7), геологічні відслонення на вул. Пасічна (рис. 8), частину парку Горіховий гай (рис.9), залізничний вокзал у смт. Брюховичі (рис.10), частину території та підземні переходи Львівської політехніки (рис.11) .

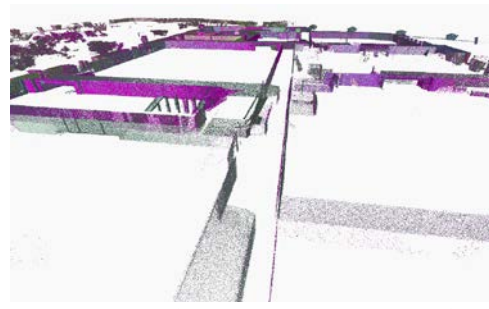
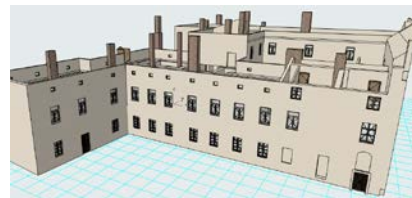


Рис.4. Переріз багатопверхового будинку

На рис.4 показано переріз хмари точок багатоквартирного будинку з прибудинковою територією, підвальним приміщенням та добудовами. Фіолетовим кольором наведена хмара точок отримана з використанням ручного лазерного сканера Stonex X120^{GO}, а чорна з використанням Leica C10. Оператор виконав обхід фасаду та заходив у кожен кімнату. Довжина треку була 20 хв. Максимальні відхилення не перевищили 5 см. На рис.5 зображена опрацьована хмара точок та модель отримана проєктантами з хмари точок.



а



б

Рис.5. Зовнішні контури приміщень храму священомученика К. Шептицького з а – хмари точок, б – модель з хмари точок

На рис. 6 подано 3D-хмару площі Шептицького. Трек тривав 10 хв. Повільного ходу з чотирма контрольними точками. Зі звіту отримали точність у межах 2 см. Порівнянням віддалей чітких контурів отримали різниці, що не перевищили 1 см.



Рис.6. Пам'ятник митрополиту Андрею Шептицькому



Рис.9. Парк Горіховий гай

На рис. 7 та 8 подано 3D-хмари природніх об'єктів: Медової печери та геологічного відслонення.

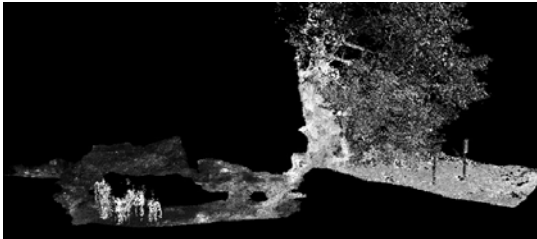
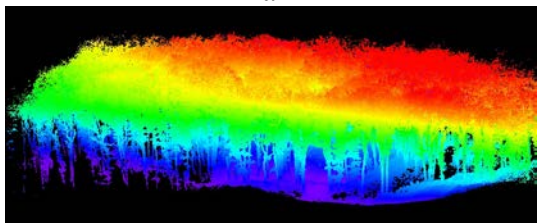


Рис.7. Профіль хмари точок об'єкту Медова печера



а



б

Рис.8. Хмара точок геологічного відслонення у лісовому масиві а - текстурі, б – за висотою

На рис.9 подано 3D-хмара точок з об'єкту Горіховий гай. Тут трек тривав 15 хв швидкого ходу 5 км/год і був довжиною 1 км та містив шість контрольних точок. З опрацювання при фіксуванні координат шести точок, СКП не перевищила 10 см.

На рис. 10 подана 3D-хмара залізничної інфраструктури. Тут трек був тривалістю 35 хв, повільного ходу та містив чотири контрольні точки з опрацювання при фіксуванні координат шести точок, СКП не перевищила 10 см.

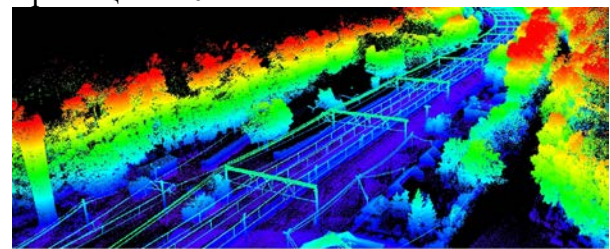
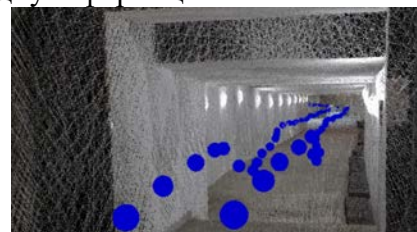


Рис.10. Залізничний вокзал смт. Брюховичі

На рис. 11а подана 3D-хмара підземного переходу НУЛП, також синіми точками показано положення сканера. На рис. 13б подано панорамну фотографію, що формує програма GoPost. Оператор може навести курсор на точку і побачити на фото необхідну інформацію.



а



б

Рис.11. Підземні переходи Львівської політехніки а-загальний вид зверху, б-профіль фасаду з підземних переходом

Наукова новизна та практична значущість

Запропоновано, методику перевірки СМЛС, а саме точності вимірювання віддалі та визначення положення системою ІМУ. Досліджено вплив довжини треку на точність 3D-хмари. Результати дослідження дають змогу використовувати цей сканер в багатьох галузях.

Висновки

Досліджено точність вимірювання СМЛС на різних віддальх від 10 до 50 м. За результатами встановлено СКП виміру віддалі 10 мм, яка практично не залежить від віддалі. Від віддалі залежить тільки щільність точок на досліджуваній марці. На 50 м було всього 20 точок. Це є причиною того, що сканер був нерухомий під час

вимірювання. Стосовно визначення точності системою ІМУ на полігоні ІПП, проклавши трек довжиною 15 хв, замаркувавши 6 точок по 3 рази, ми отримали максимальне відхилення: в напрямі X – 3,3 см, в напрямі Y – 2,8 см, в напрямі Z – 0,9 см. Перевірка точності 3D-хмари на 7 поверховій будівлі НУ ЛП, при прив'язці по 4 точках, встановлено, що абсолютне відхилення від еталонної точки становить не більше 2 см, локально перевищення між 1 і 2 поверхом, при порівнянні з геометричним нівелювання становить 1 см. Такі результати дослідження дали змогу провести сканування різних об'єктів природного та штучного походження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Wu, X. Yang, H. Chen, J. Li, X. Hou. Method research of vehicle-borne mobile surveying technology in large-scale topographic mapping. *Bulletin of Surveying and Mapping*, 3, 80-82 (2017)
2. Романишин, І., Маліцький, А., & Лозинський, В. (2012). Класифікація та основні характеристики наземних 3D-сканерів.
3. Тревого, І., Баландюк, А., & Григораш, А. (2010). Аналіз технологічних можливостей сучасних наземних лазерних сканерів.

A. Vivat, O. Horb, O. Vochko, L. Polyakovska

VALIDATION OF THE STONEX X120GO MOBILE LASER SCANNING SYSTEM

The aim of this study is to investigate the accuracy of the Stonex X120GO laser scanner and its potential for topographic mapping, solving engineering tasks, and creating 3D models. The accuracy of measurements by the Stonex X120^{GO} scanner was examined at various distances ranging from 10 to 50 meters. The results indicate a measurement accuracy of 10 mm, which is practically independent of the distance. Distance only affects the point density on the surveyed surface.

Regarding the determination of position error using the inertial system (IMU), after laying a 15-minute track and marking 6 points three times each, the following maximum deviations were obtained: in the X direction – 3.3 cm, in the Y direction – 2.8 cm, and in the Z direction – 0.9 cm. When checking the accuracy of the 3D point cloud on a 7-story building at NU LP, with four reference points, it was found that the absolute deviation from the reference coordinates did not exceed 2 cm, and local deviations between the first and second floors, when compared to geometric leveling, did not exceed 1 cm.

These research results have enabled the scanning of various objects of natural and artificial origin. A methodology for verifying the accuracy of laser scanners by measuring reference lengths and comparing coordinates determined by the IMU system is proposed. The influence of track length on the accuracy of the 3D point cloud was also investigated. Based on the research results, the Stonex X120^{GO} scanners have great potential for use in various sectors of the economy.

Keywords: *Laser scanning, SLAM scanner, handheld laser scanner, laser scanner validation*

УДК 528

Я.І.Ваш¹, Н.І.Каблак², Р.В.Труш²

¹Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів, Україна

²Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, Україна

nataliya.kablak@uzhnu.edu, yaroslav.i.vash@lpnu.ua, trush.roman@student.uzhnu.edu.ua

ВИКОРИСТАННЯ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ ДЛЯ ТЕХНІЧНОГО НАГЛЯДУ ОБ'ЄКТУ КАПІТАЛЬНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ

Робота присвячена аналізу проведеного дослідження використання наземного лазерного сканування (НЛС) при проведенні технічного нагляду капітальної реконструкції об'єкту за адресою вул. Університетська, 14. Визначено, що більшість геометричних показників, що визначаються при проведенні технічного нагляду можливо визначити за матеріалами НЛС. Наземне лазерне сканування надасть змогу отримати детальні характеристики складових об'єкта нерухомості на різних етапах його реконструкції та практично виключити в майбутньому необхідність проведення повторних інженерно-геодезичних досліджень при виникненні спорів щодо об'єму виконаних робіт.

Ключові слова: НЛС, технічний нагляд; будівництво.

Постановка проблеми

Технічний нагляд капітального будівництва здійснюється згідно «Порядку здійснення технічного нагляду» забезпечує замовник (забудовник) з метою здійснення контролю за дотриманням проектних рішень та вимог державних стандартів, будівельних норм і правил, а також контролю за якістю та обсягами робіт, виконаних під час будівництва [3].

Технічний нагляд згідно порядку [3] здійснюють особи, що мають виданий відповідно до законодавства архітектурно-будівельною атестаційною комісією кваліфікаційний сертифікат. Ці особи проводять перевірку відповідності обсягів та якості виконаних будівельно-монтажних робіт проектно-кошторисній документації, ведуть облік обсягів прийнятих і оплачених будівельно-монтажних робіт, а також будівельно-монтажних робіт, виконаних з недоліками та проводять разом з підрядником огляд та оцінку результатів виконаних робіт, у тому числі прихованих, і конструктивних елементів та інше.

Вимоги до методів та засобів проведення вищенаведених робіт не обмежені нормативними актами, крім вимог до спеціалізованих геодезичних робіт. У великій кількості випадків, сьогодні роботи при проведенні технічного нагляду визначаються візуальним обстеженням з

використанням найпростіших приладів (висок, рівень, лінійка, вимірювальна стрічка тощо).

В сучасних умовах розвитку методів та засобів геодезичних вимірювань, їх широкого впровадження в будівельній галузі, виникає потреба у інформативному, точному та зручному геодезичному забезпеченні технічного нагляду проведеного будівництва. Більшість сучасних електронних геодезичних приладів дозволяють вирішити окремі завдання. Їх часто використовують в будівельній галузі, особливо при інвентаризації нерухомого майна.

Наземні лазерні сканери, як одні з найточніших та найінформативніших геодезичних засобів, вже часто використовують при моделюванні архітектурних пам'яток, визначенні деформацій будівель та інженерних споруд, проведенні спеціалізованих експертиз, визначення фізичного зношу конструктивних елементів будівель та споруд як всередині, так і зовні об'єктів нерухомості тощо.

Тому дослідження можливості використання наземного лазерного сканування при проведенні технічного нагляду капітальної реконструкції є важливим та необхідним з погляду оцінки обсягів майбутніх робіт за даним типом обладнання, оцінки його точності та інформативності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

За останні кілька років лазерне сканування стало одним з найважливіших методів отримання інформації про структури, які використовуються в будівництві. Основна його перевага перед іншими методами полягає в можливості отримання повної моделі конструкції, а не тільки її обраних геометричних параметри. Результатом сканування є хмара точок, що є основою для отримання 3D-моделі з наступними її характерними елементами, такими як осі, ребра, поперечних перерізів, площ поверхонь і т. д. Іноді процес моделювання можна скоротити до лише наближення бажаних елементів структури або читання вибраної інформації безпосередньо з хмари. Незалежно від кінцевого використання та типу, а безперервна модель структури, що замінює дискретну щільну хмару точок, дозволяє значно зменшити обсяг даних, які потрібно зберігати, і полегшує порівняння періодичних вимірювань [5].

Лазерне сканування — метод створення цифрової моделі об'єкта за допомогою лазера (сканування) у вигляді щільної мережі точок, заданих просторовими координатами. Лазерний сканер місцевості (TLS) - це пристрій, який вимірює відстань до точки об'єкта і два кути: горизонтальний і вертикальний. Три отримані таким чином результуючі значення дають можливість розрахувати просторові координати точки, відбитої лазерним променем. Лазерний сканер суттєво впливає на будь-яку геодезичну зйомку, адже вручну за кілька хвилин можна отримати стільки координат точки, що неможливо отримати іншим способом. [4].

В роботі [3] визначено нормативні вимоги до точності вимірів під час проведення геодезичних робіт та виконано порівняльний аналіз застосування геодезичних методів, моделей, способів і засобів (на прикладі різних цивільних об'єктів).

У [1] проведені дослідження щодо оцінки точності отриманих моделей з даних наземного лазерного сканування, а в [3]

наведено оцінку лінійних вимірювань для різних типів сканерів, що разом з вартістю приладу є одними з найважливіших критеріїв при виборі приладу для виконання обраних робіт.

Постановка завдання

Необхідно дослідити можливість використання наземного лазерного сканування при проведенні технічного нагляду капітальної реконструкції, оцінити точність отриманих даних та інформативність візуалізації результату.

Виклад основного матеріалу

Сканування проводилось з використанням НЛС FARO Focus S150 (рис 1) в застосунку Scene2020.



Рис. 1 Зовнішній вигляд FARO Focus S150

На всіх етапах проведення робіт використовувались контрольні марки (рис 2).

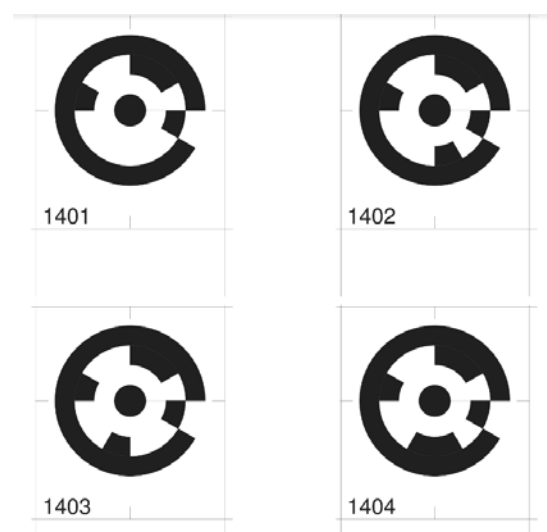


Рис. 2 Вигляд контрольних марок

Проведено 4 етапи наземного лазерного сканування згідно даних табл. 1.

Основні показники проведених сканувань НЛС

№ етапу	Дата сканування	Кількість станцій	Кількість кластерів	Об'єм хмари точок (млн.)	Maximum Point Error, mm	Mean Point Error, mm	Minimum Overlap, %
Етап 1	4/27/2022, 2:44:25 PM - 4:05:02 PM	17	3	110,8	4.3	1.5	24.9
Етап 2	4/26/2023, 10:46:59 AM - 11:44:15 AM	8	1	192,9	1.0	0.8	11.1
Етап 3	6/14/2023, 1:47:05 PM - 2:50:18 PM	12	2	356,5	2.4	1.3	51.1
Етап 4	4/27/2022, 2:44:25 PM - 4:05:02 PM	10	1	348,8	4.3	1.5	24.9

Вигляд досліджуваного об'єкту до реконструкцію наведено на рис.3.



Рис. 3 Вигляд об'єкту реконструкції на етапі 1

На рис.4 зображено вигляд об'єкту реконструкції на другому етапі проведення робіт з відображенням збудованих перестінок та частини комунікацій, зокрема водопровідних та електричних мереж.



Рис. 4 Вигляд об'єкту реконструкції на етапі 2

На рис.5 зображено вигляд об'єкту реконструкції на завершальному етапі проведення робіт.



Рис. 5 Вигляд об'єкту реконструкції на завершальному етапі

На кожному етапі проведення моніторингу виконаних робіт проводилось сканування території різною кількістю станцій сканування у зв'язку з різними можливостями огляду, що видно з рис.6 та рис. 7..



Рис. 6 Переріз створеної моделі на першому етапі

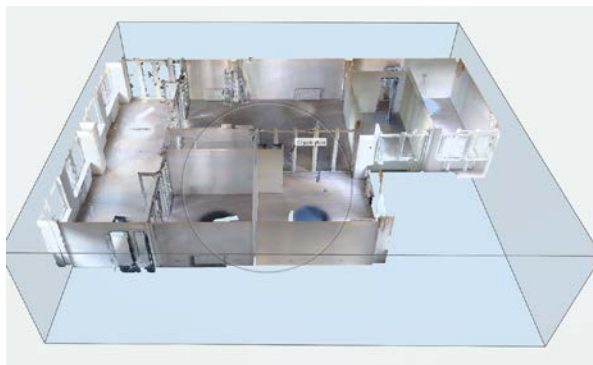


Рис. 7 Переріз створеної моделі на завершальному етапі

Схему побудови хмари точок сканування території на завершальному етапі наведено на рис.8. На відміну від попередніх етапів, де зшивка більшості кластерів проводилась з використанням контрольних марок, на завершальному етапі модель створювалась без їх використання на основі співпадіння хмар точок, що утворюють ідентичні лінії та поверхні. Використання останнього способу побудови моделей практично не вплинуло на якість робіт, що відображено в табл. 1.

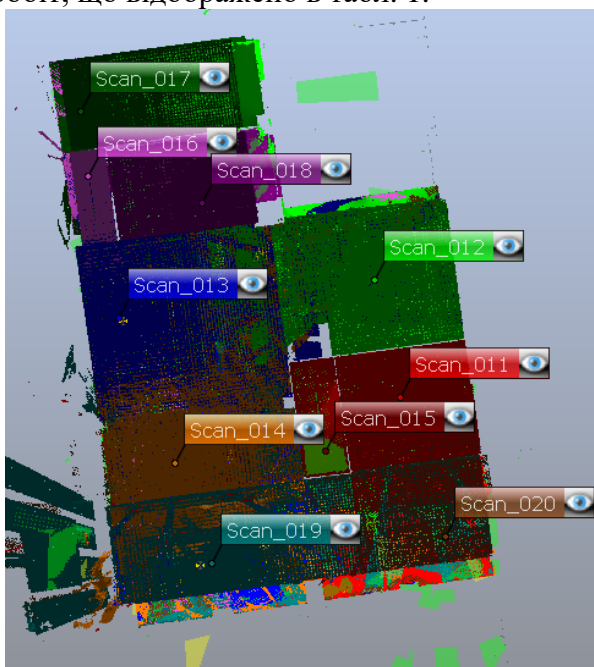


Рис.8 Схеми побудови моделі перед задачею об'єкта в експлуатацію

Передові сучасні розробники програмного забезпечення, що використовуються при проектуванні будівель та споруд, підтримують роботу як з хмарами точок так і з побудованими на їх основі моделями поверхні. За даними сканування сформовано хмари точок в форматі E57 та побудовано stl моделі з

вибраними параметрами (рис.9).

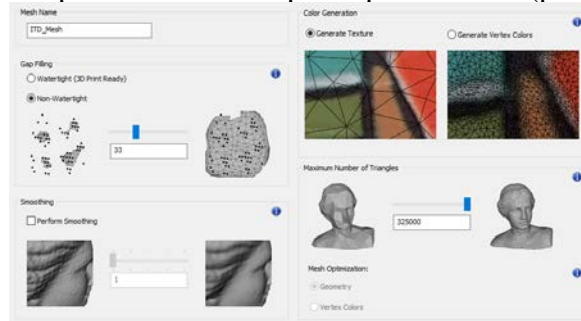


Рис. 7 Налаштування формування моделей в ПЗ Scene2020

Моделі, при належній побудові, дуже зручно використовувати для контролю з проектними векторними моделями як при проведенні технічного нагляду, так і при вирішенні інших прикладних задач. Зокрема, згідно роботи [7], від хмари точок в повністю автоматизованому процесі можна перейти до структурованих та класифікованих даних ВІМ технологій. Характерні формати використовуваних даних наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Основні можливості експорту даних в ПЗ Scene

Хмари точок	E57, XYZ text, POD, PTX and PTS
Файли	VRML, DXF, and IGES.
Моделі	.stl, .ply, .obj, .wrl

Висновки

В роботі проведено аналіз використання наземного лазерного сканування при технічному нагляді на прикладі капітальної реконструкції приміщень по вул.Університетська 14 в м.Ужгороді.

В роботі оцінено можливість застосування НЛС при проведенні нагляду будівництва. Проведено сканування частини будівлі, яка підлягає реконструкції на різних стадіях її проведення.

Визначено, що більшість геометричних показників, що визначаються при проведенні технічного нагляду можливо визначити за матеріалами НЛС, що може практично виключити необхідність проведення в майбутньому повторних інженерно-геодезичних досліджень.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ваш Я., Губар Ю., Четверіков Б., Калинич І. Порівняння 3D-моделей об'єктів, побудованих за матеріалами наземного лазерного сканування // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва : збірник наукових праць Західного геодезичного товариства УТГК. – 2023. – Вип. 1 (45). – С. 112–118
2. Керечан Д. М. Корупційні ризики при здійсненні авторського і технічного нагляду у будівництві та шляхи їх мінімізації / Д. М. Керечан // Актуальні проблеми протидії корупції в Україні : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. (26–27 трав. 2022 р., м. Рівне) / Міжнар. економ.-гуманіт. ун-т ім. акад. Степана Дем'янчука. – Рівне : Видавн. дім «Гельветика», 2022. - С. 98-101.
3. Порядок здійснення технічного нагляду під час будівництва об'єкта архітектури. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 11 липня 2007 р. № 903. URL: <https://www.kmu.gov.ua/npas/85861240> (дата звернення: 10.10.2023).
4. Hubar, Y. (2017). Using terrain laser scanning for determining real estate physical deterioration. *Geodesy, cartography and aerial photography*, (85), 104-117.
5. Lenda G., Uznanski A., Strach M. and Lewińska P. “Laser scanning in engineering surveying: methods of measurement and modeling of structures” *Reports on Geodesy and Geoinformatics* vol. 100/2016; pp. 109-130, 2016, DOI:10.1515/rgg-2016-0010
6. Wang, B., Yin, C., Luo, H., Cheng, J. C., & Wang, Q. (2021). Fully automated generation of parametric BIM for MEP scenes based on terrestrial laser scanning data. *Automation in Construction*, 125, 103615 DOI:10.1016/j.autcon.2021.103615, DOI:10.1016/j.autcon.2021.103615

N. Kablak, Y. Vash, R. Trush

USE OF GROUND LASER SCANNING FOR TECHNICAL SUPERVISION OF THE OBJECT OF CAPITAL RECONSTRUCTION

The paper is devoted to the analysis of the conducted research on the use of ground laser scanning during the technical supervision of capital reconstruction. The purpose of the study is to assess the possibilities of using TLS in construction supervision. Scanning of the part of the building, which is subject to reconstruction at various stages of its implementation, was carried out. It was determined that most of the geometric indicators determined during technical supervision can be determined from the materials of the TLS. Terrestrial laser scanning will make it possible to obtain detailed characteristics of the components of the real estate object at various stages of its reconstruction and practically eliminate the need for repeated engineering and geodetic studies in the future.

Keywords: *TLS, technical supervision; construction.*

УДК 528.063.9 + 528.01/.06

В.М. Ковтун

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Vitalii.kovtun@nung.edu.ua

ВДОСКОНАЛЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНОГО КОНТРОЛЮ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РЕЗЕРВУАРІВ ВЕРТИКАЛЬНИХ СТАЛЕВИХ

Відтворено поверхню вертикального сталевих резервуара за допомогою бікубічної сплайн-інтерполяції і побудовано аналітичну модель деформованої поверхні резервуара вертикального сталевих. Вдосконалено метод геодезичних спостережень для визначення геометричних параметрів резервуарів вертикальних сталевих шляхом оптимізації об'єму безпосередніх інструментальних вимірювань.

Ключові слова: ЦМР, бікубічна сплайн інтерполяція, геодезичний контроль геометричних параметрів, деформована поверхня.

Постановка проблеми

Металеві резервуари належать до відповідальних зварних конструкцій, що працюють у важких експлуатаційних умовах. Наявність у резервуарах жорстких зварних з'єднань і зниження пластичних властивостей металу за від'ємних температур спричиняє значні внутрішні напруження і створює умови, що унеможливають їхній перерозподіл [6]. Ці та ряд інших причин, таких як нерівномірні опади, корозія знижують експлуатаційну надійність резервуара, іноді призводять до його руйнування. Періодичне обстеження і комплексна дефектоскопія дозволяють своєчасно виявляти дефекти, допущені під час виготовлення резервуарів, а також які з'явилися в процесі експлуатації [7–11]. Для підвищення надійності резервуарів і продовження терміну їх працездатності зі збереженням існуючого рівня наливки нафти необхідно своєчасно згідно з нормативними документами виконувати технічний огляд (експертне обстеження) технічного стану всіх конструктивних елементів резервуарів і усувати виявлені дефекти [12–16].

Проблема надійності і працездатності обладнання та споруд об'єктів магістральних нафто- і нафтопродуктопроводів дуже важлива в галузі транспортування і зберігання нафти і нафтопродуктів. Чим більше надійного обладнання і менше його відмов, тим менше простоїв у роботі транспортної мережі нафти і нафтопродуктів, аварій з його розливом та інших шкідливих для підприємства і довкілля наслідків [17].

Основними геодезичними приладами, які можна використовувати для розв'язання поставленої проблеми, є електронні тахеометри [22, 23], наземні лазерні сканери та трикоординатні вимірювальні системи, трекери і мультистанції [18]. В окремих випадках застосовують теодоліти, наприклад, автоколімаційні (автоколімаційні тахеометри не випускаються) [19, 22, 25].

Кожен із перелічених вище приладів має ряд переваг та недоліків у разі їхнього застосування для інструментальних спостережень РВС.

Експериментальні дослідження були проведені на лінійній виробничо-диспетчерській станції «Броди» (ЛВДС «Броди»), що є структурним підрозділом філії «Магістральні нафтопроводи «Дружба»» відкритого акціонерного товариства «Укртранснафта».



Рис. 1 Наземний вертикальний циліндричний сталевий зварний резервуар номінальною місткістю 75 000 м³ з плаваючим дахом та подвійною стінкою підприємства ЛВДС «Броди»

Відповідно до нормативних вимог резервуари мають проходити повне обстеження не рідше ніж через 10 років, якщо термін експлуатування резервуара до - 20 років, і через кожні 8 років, якщо термін

експлуатування понад 20 років. Резервуари, що перебувають в експлуатації, підлягають технічному діагностуванню (експертному обстеженню) як об'єкти підвищеної небезпеки [8]. Згідно з [7] експертне обстеження (технічне діагностування) включає в себе, окрім дефектоскопії, також інструментальні геодезичні обміри, такі як нівелювання днища та кришки даху резервуара, визначення відхилення від вертикалі стінок резервуара.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Професор Самойленко О. М. в своїх роботах [21, 28] дослідив сучасні методики геодезичних спостережень за геометричними параметрами РВС, що базуються на використанні TPS та 3D лазерному скануванні. Ці методи дозволяють одержати більш об'єктивну і точну інформацію про геометрію споруди. Для максимального використання цієї інформації, автоматизації процесів її опрацювання, ми виконали дослідження з використанням БСІ для створення 3D-поверхні РВС.

Використання електронних приладів, таких як електронні тахеометри чи нівеліри, наземні лазерні сканери [25, 27], суттєво зменшує затрати часу та підвищує на порядок точність вимірювань. Одним з недоліків, на нашу думку, є не повне використання наявної інформації, а саме вибіркового контролю, значення діаметральних відхилень від вертикальності стінки резервуара визначають лише в точках спостереження, а також висоти днища резервуара визначають лише на чотирьох діагоналях, відповідно до чинної інструкції [8], не може дати повну картину технічного стану.

Виклад основного матеріалу

Для визначення геометричних параметрів РВС у будь-якій точці поверхні резервуара ми пропонуємо створити 3D-модель, що базується на використанні бікубічної сплайн-інтерполяції, як такої, що задовольняє вимоги точності [1].

Була використана методика визначення відхилень стінок резервуара від вертикалі, що базувалася на проведенні координатних вимірювань кожного шва. Залежно від ситуації навколо резервуара, вибирали схему геодезичної мережі у вигляді замкнутого три-, чотири-, шести або навіть восьмикутника (рис. 3.3а). Найкоротша віддаль від точок геодезичної мережі до твірної резервуара була в межах від однієї до чотирьох висот резервуара. Рекомендовано, щоб сторони геодезичної мережі були приблизно однакової довжини, а віддалі від точок геодезичної мережі до стінки резервуара були приблизно рівні. Беручи до уваги [22][23] з однієї станції проводили вимірювання лише чотирьох швів електронним тахеометром безвідбитковим способом (рис. 3.3б), для того щоб уникнути ймовірності ковзання променю чи втрати точності через його розсіювання. Отже було отримано координати стінки резервуара вздовж вертикалі, проведеної з нижньої точки першого поясу [7] на рівні кожного поясу резервуара.

З огляду на відсутність планових координат реперів поблизу резервуара виміри проводилися в одній умовній системі координат шляхом прокладання замкнутого тахеометричного ходу. За допомогою визначених координат станцій цього ходу були розраховані лінійно-кутові значення ходу, що дало змогу нам зрівняти його. За результатами зрівнювання, прокладений нами хід було виміряно з відносною точністю 1/78288.

Нами використовувалася методика визначення відхилень стінок резервуару від вертикалі, яка базувалася на проведенні координатних вимірів кожного шва. З однієї станції проводилися виміри лише 4-ох швів електронним тахеометром безвідбитковим способом для того щоб уникнути ймовірності ковзання променю чи втрати точності через його розсіювання. Таким чином було отримано координати стінки резервуару вздовж вертикалі проведеної з нижньої точки першого поясу на рівні кожного поясу резервуару. Виміри проводилися в умовній системі координат в силу відсутності планових координат реперів поблизу резервуару. За допомогою

визначених координат станцій було розраховані лінійно-кутові значення ходу, що дало змогу нам урівняти його. За результатами зрівнювання прокладений нами хід було виміряно з відносною точністю 1/78 288

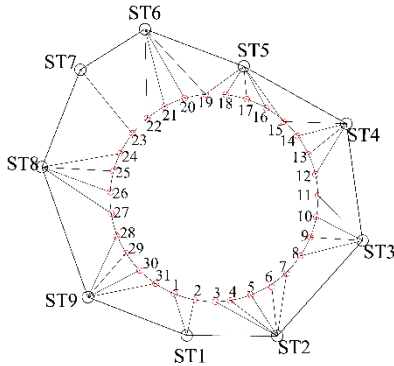


Рис. 2 Тахеометричний хід прокладений навколо резервуару

Після інструментальних спостережень було отримано координати X, Y, H 278 точок в умовній системі координат. Для побудови 3D поверхні резервуару було розроблено спосіб побудови інтерполяційної бікубічної поверхні Ерміта.

Для побудови інтерполяційної сплайн-поверхні за даними точками, кожен із $n \times m$ елементів, утворений 4-ма сусідніми вузлами $M_{i,j}, M_{i+1,j}, M_{i,j+1}, M_{i+1,j+1}$ шуканої поверхні будемо визначати параметричними виразами:

$$\begin{aligned} x &= r_x^{(i,j)}(s,t) \equiv S^T(s) B M_X^{(i,j)} B^T T(t), \\ y &= r_y^{(i,j)}(s,t) \equiv S^T(s) B M_Y^{(i,j)} B^T T(t), s \in [0,1] \\ z &= r_z^{(i,j)}(s,t) \equiv S^T(s) B M_Z^{(i,j)} B^T T(t), \end{aligned} \quad (1)$$

де $M_X^{(i,j)}, M_Y^{(i,j)}, M_Z^{(i,j)}$ та $M^{(i,j)}$ – матриці розміру 4×4 , що містять інформацію про координати чотирьох кутових точок елемента поверхні та частинні похідні в цих точках.

$$r^{(3,5)}(s,t) = \begin{bmatrix} 4,825177s^3t^3 - 7,303916s^3t^2 + 2,446339s^3t^1 + 0,529764s^3t^0 + \dots + 81,027 \\ 3,551345s^3t^3 - 5,303258s^3t^2 + 1,741183s^3t^1 + 0,007636s^3t^0 + \dots + 131,069 \\ 0,001256s^3t^3 + 0,011826s^3t^2 - 0,011934s^3t^1 + 0,029455s^3t^0 + \dots + 110,045 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Тут $T(t), S(s)$ – вектори, елементи яких, утворені степенями параметрів $S^T(s) = [1 \ s \ s^2 \ s^3]$,

$$T(t) = \begin{bmatrix} 1 \\ t \\ t^2 \\ t^3 \end{bmatrix}; \quad (2)$$

B – базова матриця сплайн-поверхні Ерміта

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ -3 & 3 & -2 & -1 \\ 2 & -2 & 1 & 1 \end{bmatrix}; \quad (3)$$

Зокрема для елемента утвореного точками $M_{i,j}, M_{i+1,j}, M_{i,j+1}, M_{i+1,j+1}$ матриця $M_X^{(i,j)}$ матиме вигляд:

$$M_X^{(i,j)} = \begin{bmatrix} x_{i,j} & x_{i,j+1} & \partial_t^1 x_{i,j} & \partial_t^1 x_{i,j+1} \\ x_{i+1,j} & x_{i+1,j+1} & \partial_t^1 x_{i+1,j} & \partial_t^1 x_{i+1,j+1} \\ \partial_s^1 x_{i,j} & \partial_s^1 x_{i,j+1} & \partial_{ts}^2 x_{i,j} & \partial_{ts}^2 x_{i,j+1} \\ \partial_s^1 x_{i+1,j} & \partial_s^1 x_{i+1,j+1} & \partial_{ts}^2 x_{i+1,j} & \partial_{ts}^2 x_{i+1,j+1} \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$M^{(i,j)} = \begin{bmatrix} r_{i,j} & r_{i,j+1} & \partial_t^1 r_{i,j} & \partial_t^1 r_{i,j+1} \\ r_{i+1,j} & r_{i+1,j+1} & \partial_t^1 r_{i+1,j} & \partial_t^1 r_{i+1,j+1} \\ \partial_s^1 r_{i,j} & \partial_s^1 r_{i,j+1} & \partial_{ts}^2 r_{i,j} & \partial_{ts}^2 r_{i,j+1} \\ \partial_s^1 r_{i+1,j} & \partial_s^1 r_{i+1,j+1} & \partial_{ts}^2 r_{i+1,j} & \partial_{ts}^2 r_{i+1,j+1} \end{bmatrix} \quad (5)$$

Тут під символами $\partial_t^1 r_{i,j}, \partial_s^1 r_{i,j}, \partial_{ts}^2 r_{i,j}$ маються на увазі значення відповідних похідних вектор-функції $r^{(i,j)}(s,t)$ при $s=0, t=0$ тобто у точках $M_{i,j} \equiv r_{i,j}$, а $\partial_t^1 x_{i,j}, \partial_s^1 x_{i,j}, \partial_{ts}^2 x_{i,j}$ – компоненти по осі абсцис відповідно.

Розрахувавши значення часткових похідних за даними, одержаних нами результатів геодезичного контролю сталевого вертикального резервуара РВДС “Броди” з використанням наведеного вище алгоритму було отримано матриці, що містять інформацію про координати чотирьох кутових точок елемента поверхні та частинні похідні в цих точках.

Отримавши значення функції побудували фрагмент поверхні.

Поверхня РВС підприємства ЛДВС «Броди» (рис. 3а) була отримана шляхом зшивання 240 поверхонь (рис. 3б),

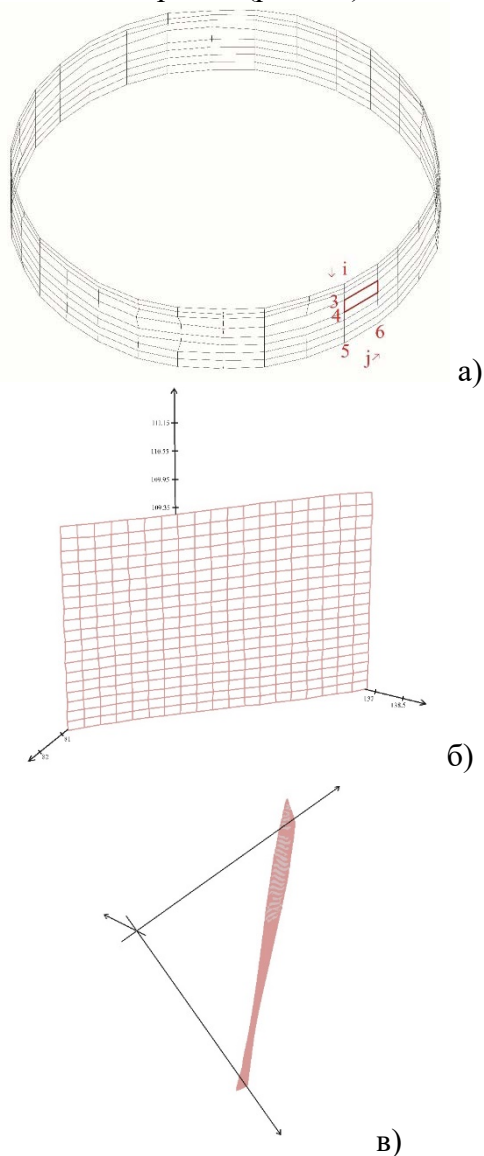


Рис. 3 а) 3D візуалізація поверхні РВС 75 000 м³ ЛВДС «Броди»; б) фрагмент

інтерполяційної бікубічної поверхні Ерміта для ділянки $i=3 j=5$; в) вид зверху побудованих за допомогою запропонованого алгоритму, що ґрунтується на бікубічній сплайн інтерполяції. На рис. 3в чітко видно наявність кручення та згину ділянки. Саме використання повного бікубічного сплайну для побудови поверхонь забезпечує присутність цих характеристик. Інформативність отриманих результатів у вигляді зображень дозволяє використовувати їх для детального аналізу технічного стану резервуару.

Одним із завдань геодезичного контролю за геометричними параметрами резервуарів вертикальних сталевих є встановлення відхилень від вертикальності стінок резервуару. Самі відхилення являють собою радіальні зміщення точок на кожному поясі резервуару відносно нульового(початкового поясу). Тому постає проблема визначення спочатку центру кола, що формує поверхню резервуару і розрахунок радіусів кожної точки для якої й знаходяться відхилення.

Пропонується для знаходження координат центру кола, що формують точки нульового поясу використовувати метод найменших. Для розв'язку нашої задачі будемо використовувати саме параметричний спосіб оскільки функція кола нам є відомою. Перш за все необхідно розрахувати початкові значення координат центру (X_0, Y_0) та радіусу кола (R_0) , для цього пропонується взяти середньоарифметичне значення.

З означення параметричного методу наступним кроком є встановлення абсолютного екстремуму функції:

$$\Delta = \sum_{j=0}^m (R_{Pezj} - R_0)^2 \rightarrow \min; \Delta = \sum_{j=0}^m \left[\sqrt{(X_{Pezj} - X_0)^2 + (Y_{Pezj} - Y_0)^2} - R_0 \right]^2 \rightarrow \min \quad (7)$$

$$\frac{\partial \Delta}{\partial X_0} = 2 \times \sum_{j=0}^m \left[\frac{\left[\sqrt{(X_{Pezj} - X_0)^2 + (Y_{Pezj} - Y_0)^2} - R_0 \right]}{\sqrt{(X_{Pezj} - X_0)^2 + (Y_{Pezj} - Y_0)^2}} \times (X_{Pezj} - X_0) \right] = 0 \quad (8)$$

$$= 2 \times \sum_{j=0}^m \left[(X_{Pezj} - X_0) - \frac{R_0 (X_{Pezj} - X_0)}{\sqrt{(X_{Pezj} - X_0)^2 + (Y_{Pezj} - Y_0)^2}} \right] = 0$$

$$\frac{\partial \Delta}{\partial Y_0} = 2 \times \sum_{j=0}^m \left[(Y_{Резj} - Y_0) - \frac{R_0(Y_{Резj} - Y_0)}{\sqrt{(X_{Резj} - X_0)^2 + (Y_{Резj} - Y_0)^2}} \right] = 0 \quad (9)$$

$$\frac{\partial \Delta}{\partial R_0} = -2 \times \sum_{j=0}^m \left[\sqrt{(X_{Резj} - X_0)^2 + (Y_{Резj} - Y_0)^2} - R_0 \right] = 0 \quad (10)$$

де $X_{Резj}, Y_{Резj}$ – значення координат точок, розташованих на першому поясі резервуару j -ого шва;

R_0 – середній радіус першого поясу резервуару.

Після лінеаризації та розв’язування системи лінійних рівнянь було отримані значення центру кола. Зрозуміло, що точки, які знімалися на поверхні резервуару не знаходяться на одному колі, а описують фігуру, що до неї наближається тому й встановлення центру чи радіусу такої фігури однозначно неможливе, але використовуючи метод найменших квадратів можливо розрахувати такий центр який буде якомога краще задовольняти умові збереження однакового радіусу для кожної точки. Використовуючи дані отримані з інструментальних спостережень та використовуючи метод найменших квадратів для розрахунку були встановлені координати центру кола першого поясу - $X_{0урівняне} = 48.2715$ м; $Y_{0урівняне} = 109.9799$ м; $R_{0урівняне} = 38.9929$ м (8)-(10).

Розроблений метод контролю дозволяє отримати координати, а отже і значення відхилень від вертикальності не лише у точках в яких безпосередньо отримані дані за допомогою інструментальних спостережень але й в будь якій точці поверхні резервуару створеної з допомогою БСІ.

Для встановлення відхилення від вертикальності стінок резервуару (рис. 4) буде використовуватися радіальні зміщення, тобто різниці радіус-векторів проєкцій точок в одному вертикальному січенні на рівні

кожного поясу з точками нульового поясу, тобто поясу з найменшою висотою.

Для визначення радіальних зміщень використаєм наступні формули:

$$\Delta = R_i^j - R_0^j \quad (11)$$

$$R_i^j = \sqrt{(X_i^j - X_{0урівняне})^2 + (Y_i^j - Y_{0урівняне})^2}$$

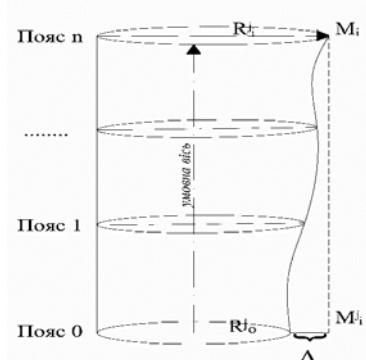


Рис. 4 Визначення радіальних зміщень

$$R_0^j = \sqrt{(X_0^j - X_{0урівняне})^2 + (Y_0^j - Y_{0урівняне})^2},$$

де i – номер порядку $i \in [0;n]$,

n – кількість поясів;

j – номер порядку $j \in [0;m]$,

m – кількість точок в одному поясі.

Використовуючи вище створений алгоритм побудови поверхні за допомогою бікубічної сплайн інтерполяції було створено поверхню вертикального сталевго резервуару, що дало змогу визначити відхилення від вертикальності стінки резервуару в будь-якій його точці, використовуючи бікубічні поліноми. Для наглядності та інформативності було створено карту деформацій поверхні резервуару, з колірним кодуванням характеристики ΔR (рис. 5).

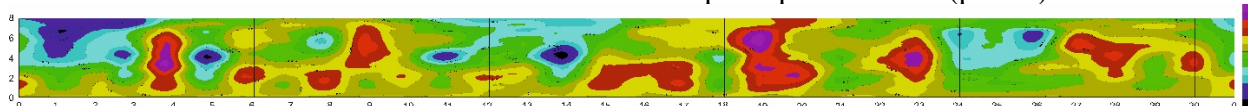


Рис. 5 Карта деформацій поверхні резервуару

Висновки

У результаті проведених теоретичних та експериментальних досліджень вирішено важливе науково-практичне

завдання, що полягає у вдосконаленні геодезичного контролю геометричних параметрів резервуарів вертикальних сталевих, а саме:

1. Створений алгоритм розрахунку інтерполяційної поверхні Ерміта за даними інструментальних геодезичних вимірів, що дозволяє отримати повний бікубічний поліном, що задає цю поверхню в будь-якій його точці.

2. Запропонована методика геодезичних спостережень для визначення геометричних параметрів РВС, яка зменшує кількість безпосередніх вимірів.

3. Розроблений алгоритм опрацювання результатів геодезичного обстеження резервуарів вертикальних сталевих, що ґрунтується на використанні БСІ для побудови його 3D поверхні

4. Розроблений алгоритм опрацювання даних інструментальних геодезичних спостережень для розрахунку центру та радіусу будь-якої споруди округлої форми просторові координати якої відомі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Эхигиатор И. Р. Разработка методики и анализ деформаций результатов геодезического мониторинга резервуаров для хранения сырой нефти на примере терминала Форкадос-Нигерия: дис. кан. техн. наук: 25.00.32 / ФГБОУ ВПО "СГГА". Новосибирск, 2012. 135 с.
2. СОУ 60.3-31570412-027:2007. Магістральні нафтопроводи. Нафтоперекачувальні станції, морські термінали. Технічний огляд, експертне обстеження технологічного обладнання і трубопроводів. Методи і методики. Вид. офіц. Київ: ВАТ «Укртранснафта», 2007.
3. ДСТУ–Н Б А.3.1–10:2008. Настанова з проведення технічного діагностування вертикальних сталевих резервуарів. Вид. офіц. Київ:Мінрегіонбуд України,2009. 63с
4. «Про затвердження Порядку проведення огляду, випробування та експертного обстеження (технічного діагностування) машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки»: затв. постановою Кабінету Міністрів України від 26 травня 2004 р. № 687.
5. РД 39-0147103-385-87. Вимоги до робіт з проведення технічного огляду (обстеження) резервуарів типу РВС для зберігання нафти: затв. наказом Міністерства Палива та Енергетики України від 12.12.2007 №588. 2007. 46 с.
6. Gikas V., Sakellariou M. Settlement analysis of the Mornos earth dam (Greece): Evidence from numerical modeling and geodetic monitoring. *Engineering Structures*. 2008. Vol. 30, No. 11. С. 3074–3081.
7. Aguib A., Bahr M. Precise Surveying Control System for Monitoring Settlement Based on Soil-Site Analysis. *The Scientific Bulletin of the Faculty of Engineering*. 2000.
8. Ehiorobo O. J., Ehigiator-Irughe R. Application of Multiparameter transformation in deformation of Dam. *Advanced Material Research*. 2012. Vol. 367. С. 484–493.
9. Ehigiator-Irughe R., Ehigiator M. O., Ehiorobo O. J. Methods of Verticality Measurement of Crude Oil Storage Tanks. *International Journal of pure and Applied sciences*. 2010. Vol. 3, No. 4. С. 92–96.
10. Ehigiator-Irughe R., Ehigiator M. O., Ehiorobo O. J. Geospatial Settlement Monitoring of above Oil Storage Tank. *Journal of Emerging Trends in Engineering and Applied Sciences*. 2010. Vol. 1, No. 1.
11. Determining the Subsidence of Oil Storage Tank Walls from Geodetic Leveling / R. I. Ehigiator et al. *Advanced Materials Research*. 2011. Vol. 367. С. 467–474.
12. Badejo Badejo, O. T., Nwilo, P. C. Management of Oil Spill Dispersal Along the Nigerian Coastal Areas. *ISPRS Congress*.
13. Говдяк Р. М., Коснирев Ю. М. Кількісний аналіз аварійного ризику газотранспортних об'єктів підвищеної небезпеки.: Львів: 2007. 159 с.
14. Енергоекологічна безпека нафтогазових об'єктів: монографія / Р. М. Говдяк та ін. Івано-Франківськ: Лілея-НВ, 2007. 554 с.
15. Свиридов В. А. Деякі шляхи удосконалення протипожежного захисту нафтопереробних підприємств. *Науковий вісник УкрНДІПБ*. 2012. № 2. С 57 – 64.
16. Правила технической эксплуатации резервуаров и инструкции по их ремонту / Г. К. Лебедев и пр. Москва: Недра, 1988.

17. Дегтярев А. М., Корюхин Н. Н., Петрушко В. В. Методика определения геометрических параметров резервуаров и подлежащих к монтажу плавающих крыш. *Прикладная геодезия*. 1998. № 1737.
18. Аппроксимация деформированных сечений сооружений цилиндрической и конической формы эллипсом / А. Н. Переварюха и пр. *Инженерная геодезия*. 2007. № 53. С. 177–184.
19. Ашраф Бешр А. А., Иванов А. В. Методика определения деформации цилиндрических резервуаров при помощи проектирования на касательную плоскость. *Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка*. 2009. № 5. С. 37–44.
20. Нерсесян С. П. Расчет деформационных характеристик оснований объектов эллиптической формы. Совершенствование геодезических и фотограмметрических работ. Москва: ВАГО, 1990. 23 с.
21. Самойленко О. М. Геодезичні методи визначення геометричних параметрів динамічних об'єктів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук: 05.24.01. Київ, 2011. 32 с.
22. Тарасенко М. І., Тіщенко А. Г. Методика визначення технічних параметрів електронних тахеометрів при роботі у безвідбивачевому режимі. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. № 72. С. 54–61.
23. Тревого І. С., Ільків Є. Ю., Кухтар Д. В. Оптимізація використання плівкових відбивачів для спостереження за деформаціями інженерних споруд. *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. 2013. № 78. С. 146–148.
24. Тревого І. С., Горб А., Мелешко О. Застосування мультистанції Leica MS60 з метою проведення високоточного геопросторового моніторингу. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2016. № 1 (31). С. 28–32.
25. Комиссаров Д. В., Середович А. В., Иванов А. В. Методика определения геометрических характеристик стальных цилиндрических резервуаров с использованием лазерного сканирования. *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2006. № 1(1).
26. Дослідження особливостей та точності побудови цмр за допомогою бікубічної сплайн-інтерполяції / В. М. Ковтун та ін. *Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва*. 2014. № 28. С. 32–36.
27. Середович А. В., Иванов А. В. Разработка методики определения геометрических параметров РВС по данным лазерного сканирования. *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2006. № 1(2).
28. Самойленко А. Н., Заец В. В. Повышение точности определения геометрических параметров и градуировки вертикальных цилиндрических резервуаров при их поверке. *Измерительная техника*. 2007. № 3

V. Kovtun

IMPROVING GEODETIC CONTROL OF GEOMETRIC PARAMETERS OF VERTICAL STEEL RESERVOIRS

The surface of a vertical steel reservoir has been reconstructed using bicubic spline interpolation, and an analytical model of the deformed surface of the vertical steel reservoir has been constructed. The method of geodetic observations for determining the geometric parameters of vertical steel reservoirs has been improved through the optimization of the volume of direct instrumental measurements.

Keywords: DEM, bicubic spline interpolation, geodetic control of geometric parameters, deformed surface.

UDC 528.4

D.M. Pop, C.M. Rădulescu, A.T. Rădulescu, G.M.T. Rădulescu

Technical University of Cluj-Napoca, Romania

diana.pop@econ.utcluj.ro , corina.radulescu@econ.utcluj.ro, Adrian.Radulescu@mtc.utcluj.ro, Gheorghe.Radulescu@mtc.utcluj.ro

MATHEMATICAL MODELING OF STRUCTURAL HEALTH MONITORING CASE STUDY, THE BEHAVIOR OF BRIDGES IN NON-UNIFORM SUNLIGHT

Structural Health Monitoring(SHM) is a non-destructive in-situ structural sensing and evaluation activity, extremely complex and relatively expensive and the current offer of tools, methods, and technologies is extremely varied, which can lead to a virtually infinite number of structural monitoring systems that can be customized for each case. The mathematical modeling of the structural behavior is done using SHM data that are processed through different statistical software. Starting from monitoring a certain bridge, in non-uniform sunlight, the authors present synthetically in the paper, a possible model to follow for other structures.

Keywords: Structural Health Monitoring(SHM), Mathematical Modeling, Big Data, Monitoring Structure, non-uniform sunlight, statistical software

Introduction. Formulation of the problem

Tracking the behavior over time of land and constructions has always been a distinct branch of engineering surveying and although work in this field, finding movements of resistance elements tracked in a regime close to the static, a few millimeters per year, has been integrated into Structural Health Monitoring, it is clear that any construction in the category of bridges (with exceptional design parameters) or very tall buildings should be monitored both in static regime, as a result of subsidence, landslides and the rheology of construction materials, and in dynamic regime, the effect of wind, sunshine plus bridge traffic.

To have a unified monitoring concept "tracking the behavior of land and buildings" had to be included in "Structural Health Monitoring", the surveying activity specific to the field, gaining the attribute "Surveying Structural Dynamic Monitoring" [6, 7]. Structural Health Monitoring, however, is a much more comprehensive field because it includes the health of a building considered as a whole, not only in terms of geometry and motion parameters produced by exciting forces. Thus, by analyzing companies dealing with manufacturing monitoring techniques and SHM activity itself, it can be seen that around 10% deal with corrosion analysis, a similar percentage with the analysis of the rheology of component materials in a resistance structure.

There are three concepts concerning structural monitoring[8]:

1. Tracking the behavior over time of buildings in a static regime - TBTSR
2. Tracking the behavior over time of buildings in a dynamic regime - TBTDR
3. Structural Health Monitoring – SHM

A strict organization of the structural monitoring activity is imperative to best adapt the SHM solution to the monitored case.

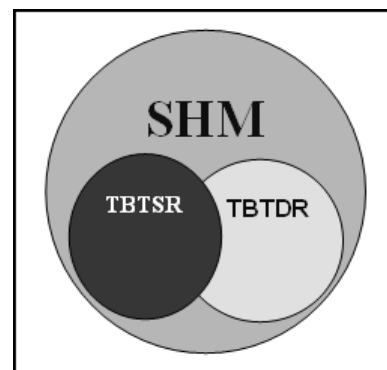
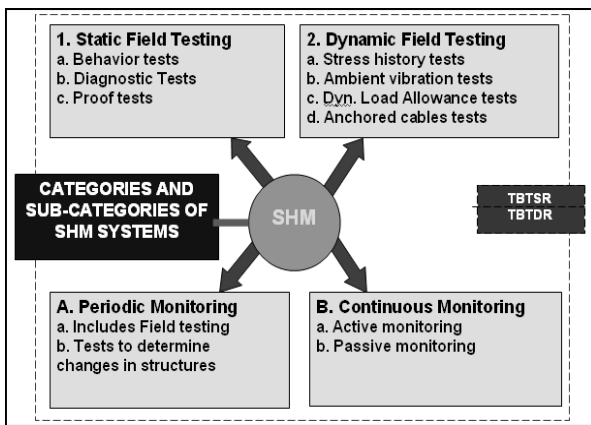


Figure 1. Is tracking the behavior over time of buildings in static and dynamic regimes an activity that solves some Structural Health Monitoring problems?



used adapted to the objectives in view, but also depending on the nature and level of information provided [1, 2, 4, 5, 10, 11, 12]. Bisby classified SHM into four classes [1]: static field testing, dynamic field testing, periodic monitoring, and continuous monitoring (Figure 3.).

Figure 3. Structural Health Monitoring categories and sub-categories (Source: 1)

Analysis of recent research and publications

The analysis of SHM components has been done over time under different approaches:

A. Determining the level of activity. The SHM classification can be done on four levels [1, 2, 6, 7, 8, 9, 10, 11]:

- Level I:** Detect the presence of damage
- Level II:** Detect the presence and location of damage
- Level III:** Detect the presence, location, and severity of damage
- Level IV:** Detect the presence, location, severity, and consequences of damage

B. Considering the seven axioms launched in by Keith in 2007 [3, 8, 10, 11] on SHM, the author develops the topic (Figure 2.), adapting it to the need to identify the degree of involvement of terrestrial measurements sciences methodology in this respect.

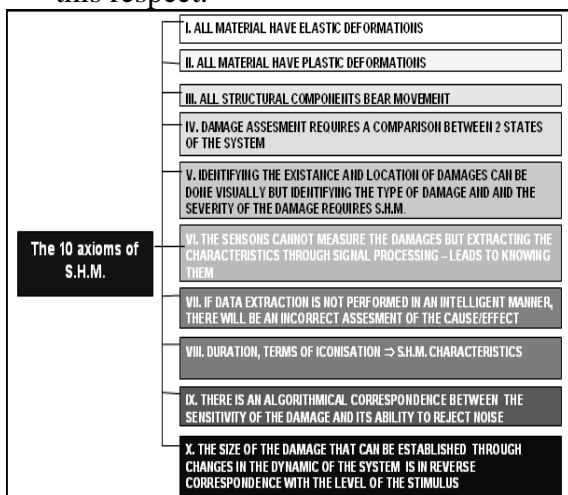


Figure 2. Structural Health Monitoring Axioms(Source: Authors, adaptation after 3)

C. The classification of SHM methods can be made from the point of view of nature and the complexity of the instruments

The advantages of SHM can be summarized as follows:

1. Observing the law, as all states require this activity through mandatory laws and regulations;
2. A better understanding of structural behavior in situ;
3. Early detection of degradation of the monitored building;
4. Ensuring that the structure can withstand loads, even in the most unfavorable combination thereof;
5. Reducing the so-called "down time", i.e. the time in which the functionality of the structure is disturbed by remedial or modernization activities;
6. Adopting the strategies of maintenance and general SHM management.

Some of the benefits/advantages of a properly designed SHM are [4, 8]:

- Real-time monitoring with alarms increases the safety of the end users,
- Downtime reduction,
- To verify, control, assess, and understand the actual behavior of the structure,
- Decreased maintenance costs.
- In general, the activity of SHM during execution differs from its period of service.

Some disadvantages of the monitoring are mentioned as follows:

- Costly,
- Might disturb and delay the construction work,

Construction of SHM geometric structural monitoring management model

As can be seen in Figure 4, the authors propose to follow 18 steps in structural monitoring and defining the behavioral mathematical model of

the monitored element. The first 15 stages refer strictly to specific SHM activities and the

following to the construction of the behavioral mathematical model.

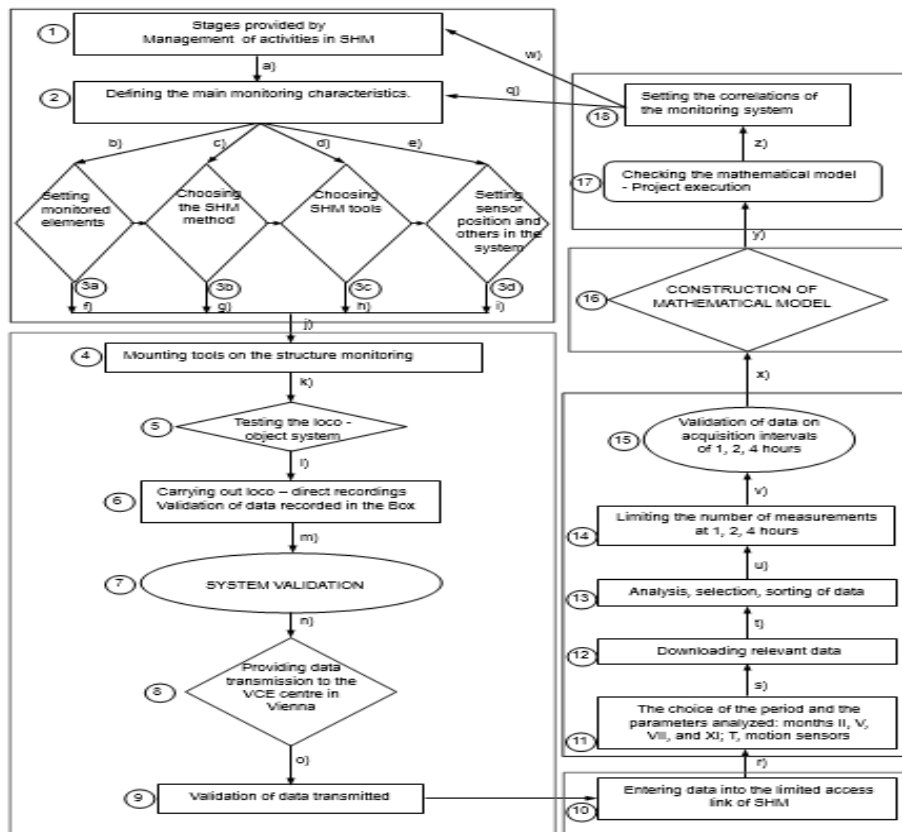


Figure 4. Construction of SHM geometric structural monitoring management model (Source: Authors)

Making a description of the structural monitoring system used for a certain situation, in the present case, the behavior of the structural elements of a bridge under the effect of uneven sunlight involves the choice of method/methods and tools. In this case, it will be about sensory structural monitoring, whose architecture is presented in Figure 5. The components of the system are as follows: 1 - The monitored structure, 2 - Sensors, 3 - IOT Temperature Sensors mounted on structure, 4 - IOT Temperature Sensors mounted outside structure, 5 - Gateway, 6 - Wifi Repeater, 7 - Wifi Access Point, 8 - Computer.

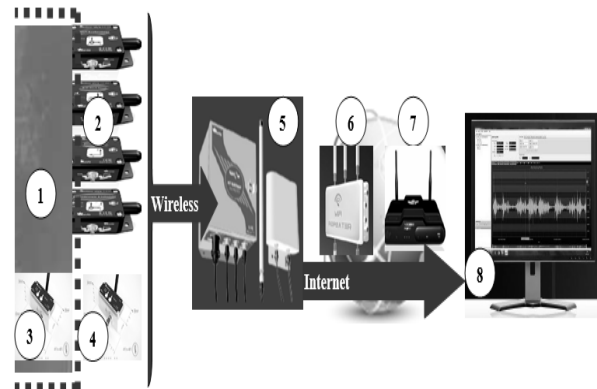


Figure 5. The architecture of the Sensory Structural Monitoring System (Source authors)

Stages and results of building a mathematical model of the correlation between two cause-effect factors in the structural monitoring of bridges

Figure 6. shows the description of the steps used in this paper to define the most appropriate mathematical model, based on the case under consideration, the monitoring period and frequency of data collecting, and the number of analyzed pairs of linked data. The figure shows

the processing products for each software and the intercorrelation of steps taken. We used the following processing model:

1. If the number of data pairs is less than 2,500 we can use Curve Table, if the correlation coefficient is greater than 0.9 the mathematical model is accepted and can be validated by solving the model equation for several temperature-defining values;
2. If the correlation coefficient is smaller than 0.9 data are entered into the IBM SPSS software and refined, i.e. through several 7-10 iterations the data that does not represent the phenomenon is deleted

from the Excel table, and their presence is then explained by the thermal inertia of the material analyzed, for example, lower for steel (blades), higher for concrete (Bridge Gap). After reaching a maximum of iterations (which the software indicates through the absence of elements that should be deleted) the final Excel version of the data pairs is reintroduced in Table Curve.

3. For large data volumes, but smaller than 65,000, we can use a similar soft named DataFit 9.1. we proceed similarly to the example above.

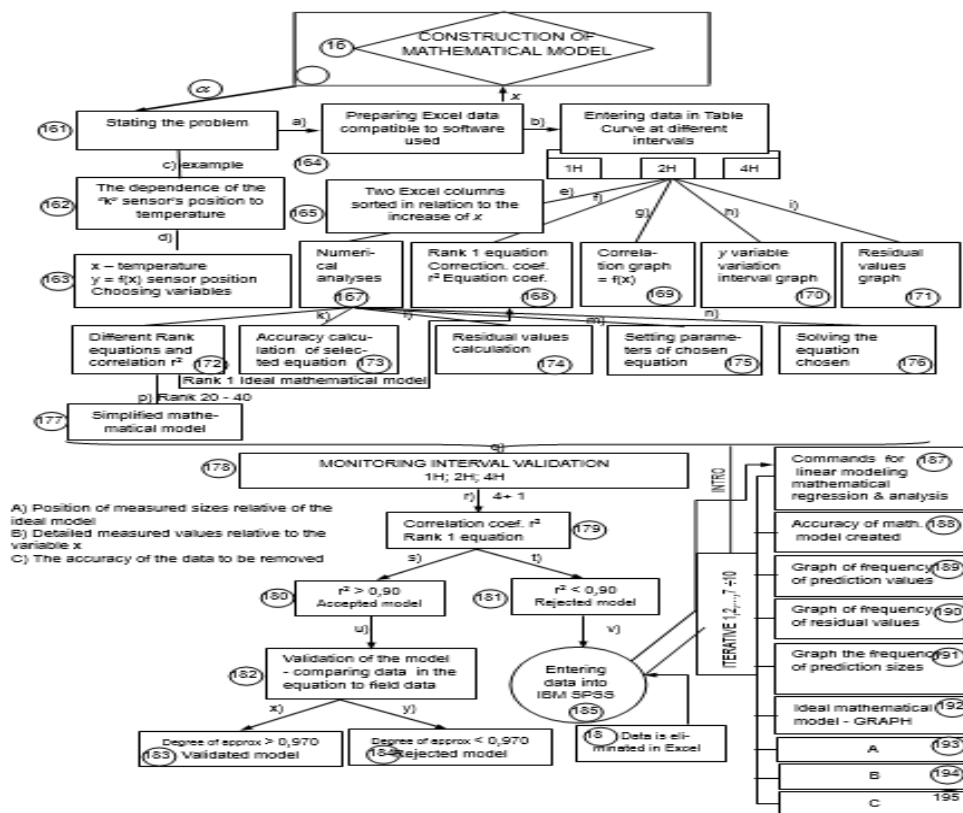


Figure 6. Stages and results of building a mathematical model of the correlation between two cause-effect factors in the structural monitoring of bridges, the case of the behavior of bridges in non-uniform sunlight (Source Authors)

Entering the data in the program we obtain the equations that define the relationship between the two sets of data, x, representing the temperature of the structural monitored element, and $y = f(x)$ the position of the sensor, relative to a predetermined fixed origin. In general, as a mathematical model, we chose the first equation, Rank 1, or the closest one to an operable model. In this case, the first equation is:

$$\ln y = a + bx + c \cdot x^{20} + d \cdot x^3 + e \cdot x^4 \quad (1)$$

for the correlation coefficient $r^2 = 0.9046985517$, the following equations do

not change, but have a slight decrease in the correlation coefficient:

$$y^{0,5} = a + bx + cx^{20} + dx^3 + ex^4 \quad (2)$$

Correlation coefficient $r^2 = 0.9046910656$

$$y = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4 \quad (3)$$

Correlation coefficient $r^2 = 0.9046597445$

For the first equation, coefficients are shown below, for the rest they have similar values:

$a = -1.40691138$; $b = -0.00242608$; $c = -7.2963e-0,6$; $d = -3.6588e-0,6$; $e = 7.50831e-0,8$

The following stages provide for the validation of the model (Table 1) and the graphical presentation of the results (Fig. 7).

Table 1

Validation of the mathematical model created, The calculation of the approximation accuracy of the mathematical model created on the correlation between monitored element temperature and sensor position for significant temperatures (Source: Authors)

Temperature °C	Rank 1 equation data $\ln y = a + bx + cx^2 + dx^3 + ex^4$	Position from terrain measurements			Approx.
		Maximum	Minimum	Average	
1	0.244175229789	0,247	0,239	0,2430	0,995188
5	0.241499250088	0,248	0,237	0,2425	0,995877
10	0.237916058458	0,244	0,235	0,2395	0,993319
15	0.237916058458	0,239	0,224	0,2315	0,973098
20	0.227984657915	0,226	0,222	0,2400	0,988125
25	0.222636251984	0,226	0,216	0,2210	0,992810
30	0.216886456242	0,220	0,211	0,2155	0,994004

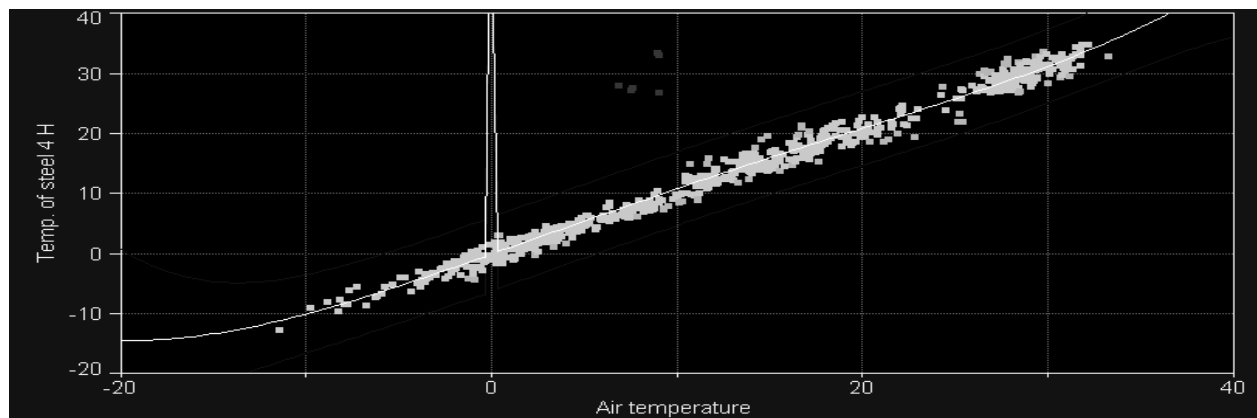


Figure 7. The variation range of structural element temperature variation graph relative to changes in atmospheric temperature (Source Authors)

Conclusions

The emergence of new methods and technologies for structural monitoring occurred slowly, until two decades ago, while developing new methods, tools, and also conventional techniques, the information exploded, appearing practically endless combinations in shaping the time behavior monitoring of an objective. The Initial Structure Evaluation process is the first level of risk assessment for the established inventory of structures. The major aspects of the instrumentation planning process are data management, engineering analysis, and formal reporting. The selection of a measurement technique to be developed in the framework of a research project like Structural Monitoring must pursue two main objectives: a new system has to respond to a real need of the end-users, and it should constitute an innovative approach in the domain of metrology and present some originality compared to the work of other

research laboratories active in the same field. This paper presents the general aspects of Structural Monitoring, which is extremely useful in terms of achieving increasingly challenging constructive performance, both for designers and for operators, builders, or geodesists as the basis for future papers: "Structural Monitoring Handbook (SMH)" covering all details of the behavior in time of construction. A good monitoring strategy can provide excellent results with a relatively limited budget. The systems for monitoring structural health allow the fast evaluation of a building's state and such a deviation must be made known as an adequate means of increasing safety and of optimizing operational and maintenance activities for complex buildings. The knowledge provided by structural monitoring helped in understanding the real behavior of the structures.

REFERENCES

1. Bisby, L.A., (2006), ISIS Canada Educational Module No. 5: An Introduction to Structural Health Monitoring, ISIS Canada, www.isiscanada.com
2. Dong Y. (2010), Bridges Structural Health Monitoring and Deterioration Detection, Synthesis of Knowledge and Technology, Alaska University Transportation Center, AK 99775-5900, Final Report
3. Keith, W., et all (2007), The Fundamental Axioms of Structural Health Monitoring Philosophical Transactions of the Royal Society A 463 (2082): 1639–1664, doi:10.1098/rspa.2007. 1834
4. Merit E., (2011), Lessons Learned in Structural Health Monitoring of Bridges Using Advanced Sensor Technology, December 2011, TRITA-BKN. Bulletin 108, 2011, KTH/BKN/B—108-SE, <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2: 456855/.pdf>
5. Ni, Y., K.Y. Wong (2006), Integrating Bridge Structural Health Monitoring and Condition-Based Maintenance Management, www.ndt.net/article/cshm2012/papers/v06.pdf
6. Rădulescu A.T.G., Rădulescu Gheorghe M.T. (2010), Geometric Structural Monitoring in Cinematic Regime - dynamic Surveying as Means to Assure a Structure Safety, PAPER (3945), FIG Congress 2010 - Facing the Challenges – Building the Capacity, Sydney, Australia, 11-16
7. Rădulescu Gheorghe M.T., Rădulescu A.T.G., (2011), Kinematic surveying a new concept for monitoring the stability of mining construction, International Multidisciplinary Scientific GeoConference&expo SGEM, 17 - 23 June 2011, paper 93, Section 7.
8. http://www.sgem.org/sche_pub_schedule.ph pscientific data-based indexing ISI Web of Science, Rădulescu Gheorghe M.T., Rădulescu Adrian T.G.,(2012), Considerations regarding structural monitoring, from static to dynamic methods, REVCAD 2012, RevCAD, Journal of Geodesy and Cadastre, Redaction Department of Topography, 1 Decembrie 1918, University of Alba Iulia, Romania, Indexed by Index Copernicus International and Scirus
9. Roberts G.W., col, (2000) Structural dynamic and deflection monitoring using integrated GPS and triaxial accelerometers, 13th int. Meeting of the Satellite Division of the U.S. Inst. of Navigation GPS ION 2000, UTAH
10. Sikorsky C., (1999), Identification of gaps in structural health monitoring technologies for

bridges, <https://www.pwri.go.jp/eng/ujnr/tc/g/pdf/22/22-11-3sikorsky.pdf>
11. Sohn H, et al, (2002), A Review of SHM: 1996–2001, http://institute.lanl.gov/ei/shm/pubs/LA_13976_MSa.pdf

12. Zulkarnain M.A. (2003).The Time Series Analysis in GPS Structural Monitoring Schemes, Universiti Teknologi Malaysia

Д.М. Поп, С.М. Радулеску, А.Т. Радулеску, Г.М.Т. Радулеску

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ МОНІТОРИНГУ СТРУКТУРНОГО ЗДОРОВ'Я НА ПРИКЛАДІ, ПОВЕДІНКИ МОСТІВ ПРИ НЕРІВНОМІРНОМУ СОНЯЧНОМУ СВІТЛІ

Моніторинг здоров'я конструкцій (SHM) — це неруйнівний процес структурного зондування та оцінки на місці, надзвичайно складний і відносно дорогий, а пропозиція інструментів, методів і технологій надзвичайно різноманітна, що може призвести до практично нескінченної кількості систем моніторингу, які можна налаштувати під кожен випадок. Математичне моделювання структурної поведінки виконується з використанням даних SHM, які обробляються за допомогою різного статистичного програмного забезпечення. Починаючи з моніторингу певного мосту в неоднорідному сонячному світлі, автори синтетично представляють у статті можливу модель для інших конструкцій.

Ключові слова: *структурний моніторинг здоров'я (SHM), математичне моделювання, моніторингова структура, нерівномірне сонячне світло, статистичне програмне забезпечення.*

УДК 528.92

Б.Четверіков^{1,2}, І.Тревого¹, А.Маліцький¹

¹Національний університет «Львівська політехніка», chetverikov@email.ua

²Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, кафедра геоecології і землеустрою

**ЗАСТОСУВАННЯ ОРТОФОТОПЛАНІВ, СТВОРЕНИХ ЗА АЕРОЗНІМКАМИ З БПЛА
ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ ІСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ**

У роботі розглянуто методику створення ортофотопланів на різні території нерухомих об'єктів історико-культурної спадщини, від виконання аерознімальних робіт з різних БПЛА до векторизації об'єктів і створення планів. На створені плани нанесено існуючі межі земель історико-культурного призначення, а також визначені за архівними картографічними і аероматеріалами. Побудовано буферні зони навколо меж земель історико-культурного призначення, а також навколо центрів полігональних об'єктів.

Ключові слова: землі історико-культурного призначення, аерознімання з БПЛА, архівні аерознімки, охоронна зона земель історико-культурного призначення, моніторинг земель та об'єктів історико-культурного призначення.

Постановка проблеми

Історичні та культурні процеси, що відбувалися на будь-якій конкретній географічній території, багато в чому визначаються фізико-географічними та кліматичними особливостями регіону, і відображаються в його ландшафтах. Інформація про ці процеси зберігається в нерухомих історико-культурних пам'ятках і в неповторному вигляді антропогенних ландшафтів. Внаслідок цього саме особливості історико-культурних об'єктів надають досліднику важливі типологічні ознаки для класифікації земель історико-культурного призначення.

Першою групою спостережень, що здійснюються в ході моніторингу земель та об'єктів історико-культурного призначення, мають бути дослідження динаміки кордонів земельних ділянок (моніторинг кордонів земель історико-культурного призначення). У чинному законодавстві для виділення ділянки території, пов'язаної з пам'яткою історії та культури, використовується термін «зона охорони пам'ятки», яким позначаються власне: охоронна зона, зона регулювання забудови та зона природного ландшафту, що охороняється. У кожній зоні законом обумовлено різні обмеження для землекористувачів, при цьому межі цих зон можуть і не співпадати. Власне, територією пам'ятки є лише одна з перелічених вище зон – охоронна зона

пам'ятки. Доцільно узагальнювати інформацію про геометричні характеристики земельної ділянки у вигляді її плану масштабу 1:500 для об'єктів, розташованих у межах поселень, і масштабу 1:2000 для об'єктів, розташованих на не заселених територіях. Крім створення опорного плану має бути розрахована площа земельної ділянки, проведено опис її кордонів, визначено координати поворотних точок кордонів. Ця інформація спочатку отримується під час проведення базового моніторингу.

Моніторинг кордонів ділянок земель та об'єктів історико-культурного призначення здійснюють з використанням аерозйомки та наземної геодезичної зйомки.

Друга група спостережень, яка має здійснюватися в ході моніторингу земель та об'єктів історико-культурного призначення, пов'язана з оцінкою якісного стану цих земель та розташованих на них об'єктів.

Для моніторингу земель та об'єктів історико-культурного призначення найбільш доцільно застосовувати такі практичні методи: 1) дистанційне зондування, у тому числі аерознімання з БПЛА; 2) підповерхневе дистанційне зондування (георадарне знімання тощо).

У нашій країні використання земель історико-культурного призначення на законодавчому рівні регламентовано Статтею 54 Земельного кодексу України.

Серед українських вчених визначенням площ земель історико-культурного призначення і їхніх захисних зон займалася велика кількість людей, серед яких слід відмітити наступну працю [1].

Дослідження об'єктів історико-культурної спадщини за матеріалами як архівного аерознімання так і сучасного знімання з безпілотних літальних апаратів, а також супутникового космічного знімання з подальшим визначенням меж і площ цих об'єктів подано в наукових працях [2,3].

Серед закордонних вчених хто займався інвентаризацією земель історико-культурного призначення та побудовою буферів охоронних зон слід відмітити наступні праці [4-8].

Постановка завдання

Метою наших досліджень є визначення охоронних зон земельних ділянок історико-культурного призначення різної геометричної форми та історичних меж за допомогою аерознімання з безпілотних літальних апаратів. В якості полігонів досліджень було обрано дві пам'ятки історико-культурної спадщини: Костел Святої Трійці 1412 року в Любомилі (включно з прилягаючою територією) і Новий юдейський цвинтар (Янівський цвинтар) у м.Львові.

Виклад основного матеріалу

В якості вхідних даних для визначення охоронних зон земель історико-культурного призначення обрано результати аерознімання даних територій з різних БПЛА з подальшою побудовою ортофотопланів та векторизацією об'єктів для створення планів масштабу 1:500. Також, для визначення історичних меж об'єктів історико-культурної спадщини застосовувались додаткові матеріали у вигляді архівних аерознімків з пілотованих суден та архівні картографічні матеріали.

Отже, першим дослідним об'єктом є костел Святої Трійці у Любомилі з прилягаючою територією. На рис.3 окреслено межі виконання аерознімальних

робіт на застарілому вкопійованні з топографічного плану масштабу 1:2000.

Враховуючи, що межі земельної ділянки костелу з кадастровим номером 0723310100:01:000:1959 внесені у системі координат СК 63, топографо-геодезичні роботи виконувалися у цій же системі координат, система висот - балтійська.

Для забезпечення робіт виконувалося аерознімання території з використанням БПЛА DJI Mavic 2Pro з використанням Android додатку Pix4d Capture. Аерознімання виконувалося 2 листопада 2022р. Висота знімання 70м. Площа території 190*187м. Перекриття знімків поперечне 85%, поздовжнє 77% (рис.4). Час польоту 8 хв 31с. В результаті отримано 163 геопривязані цифрові знімки.

В якості координатної основи, при виконанні робіт, було використано пункти ДГМ, координати яких отримано в системі координат СК63 та УСК2000.

На цих пунктах проведено контрольні виміри за допомогою GNSS приймача South S82 у режимі RTK. В якості мережі перманентних GNSS станцій використано сервіс Інституту геодезії Національного університету «Львівська політехніка» GeoTerrace. За допомогою GNSS-приймача у режимі RTK отримано планово-висотні координати опорних та контрольних точок в кількості 15шт.

Опрацювання цифрових знімків виконано за допомогою ПЗ Pix4d Mapper. На рис.1 подано сгенерований ортофотоплан та карту висот території костелу Святої Трійці у Любомилі.

Аерознімання другої дослідної ділянки, а саме території Нового юдейського кладовища у м.Львові виконувалось з безпілотного літального апарату коптерного типу DJI Phantom 3 PRO. Загальна площа ерознімання - 31,4 Га. Аерознімальні роботи виконувались на протязі декількох днів, оскільки територія кладовища досить велика для аерознімання з БПЛА коптерного типу. Висота знімання 120 м. Перекриття знімків поперечне 80%, поздовжнє 50%. В результаті отримано 196 цифрових знімків. Аерознімання виконувалось по 11 маршрутах. Для

геоприв'язки знімків використовувалось 54 контурні точки розподілені по всій території аерознімальних робіт. Координати точок отримано за допомогою ГНСС-знімання приймачем South S82 у режимі RTK.

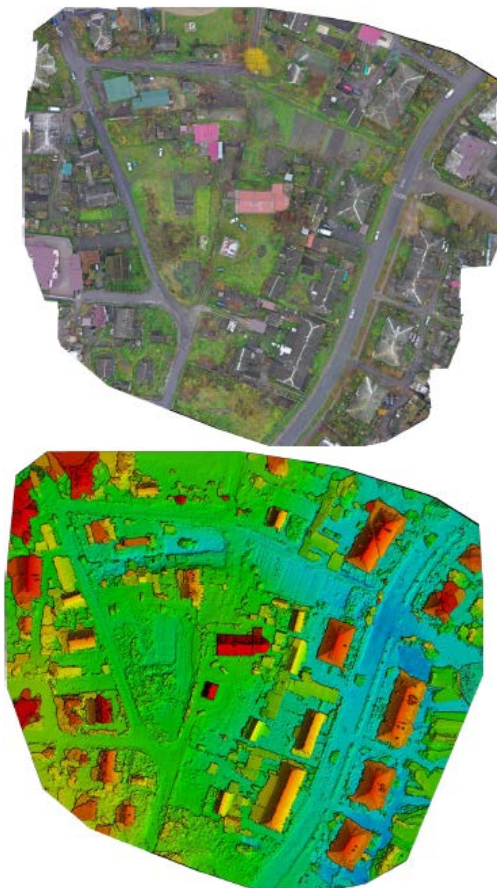


Рис.1. Сгенерований ортофотоплан та карта висот на територію костелу Святої Трійці у Любомилі

Опрацювання цифрових знімків виконано за допомогою ПЗ Pix4d Mapper. В результаті побудовано ортофотоплан території Нового юдейського кладовища у м.Львові, під масштаб 1:500 (рис.2).



Рис.2. Сгенерований ортофотоплан на територію костелу Нового юдейського кладовища у м.Львові

Оскільки, із документальних матеріалів відомо, що в другій половині ХХ сторіччя частина східної межі кладовища зазнала перебудови за сприяння радянської влади, виникла необхідність уточнення території історико-культурного призначення. Саме в нових межах даний об'єкт був зареєстрований як пам'ятка історико-культурної спадщини. Для уточнення історичних меж об'єкта, було додатково використано фрагмент архівного аерознімка 1944 року, отриманий із національного архіву США (NARA).

Опрацювання матеріалів аерознімання, оцифрування ортофотопланів, виконано у ПЗ Delta Digitalis.

Висотні відмітки отримано шляхом безпосереднього відбору точок ЦМР, що отримані за результатами опрацювання цифрових знімків, у ПЗ Autodesk Resur.

Інтерполяція горизонталей виконана у ПЗ Delta Digitalis на основі відібраних точок через 50см. За матеріалами знімання складено топографічні плани місцевості у масштабі 1:500.

В першому прикладі із костелом Святої Трійці у Любомилі, територія об'єкта історико-культурної спадщини містить сам костел і прибудинкову територію, що віддавна відносилась до певної парафії.

У випадку ж із Новим юдейським кладовищем у м.Львові, все є набагато складніше, оскільки територія, що занесена в реєстр об'єктів історико-культурної спадщини на сьогоднішній день, не в повній мірі відповідає історичним межам кладовища. В часи Другої світової війни на території кладовища, як вже зазначалося вище, існувала відома синагога, що була зруйнована нацистами. Окрім цього частину території кладовища зруйновано радянською владою, а оскільки за єврейською релігією перепоховання є неможливим, частина останків (які не пролягали під будівництвом інженерних споруд) залишилися під сучасними об'єктами інфраструктури. За допомогою інтерпретації архівного німецького аерознімка 1944 року та архівних карт вдалось визначити та відобразити на створеному за результатами аерознімання з БПЛА топографічному плані. Бачимо, що частина зруйнованої синагоги і кладовища знаходиться під теперішньою проїзною частиною вул.Єрошенка. (рис.3).

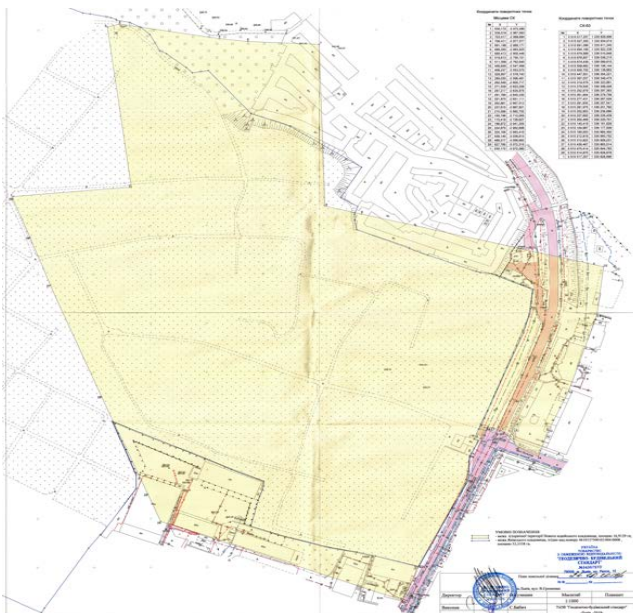


Рис.3. Топографічний план території Нового юдейського кладовища у Львові в масштабі 1500 з нанесеними межами об'єкта історико-культурної спадщини занесеною в перелік об'єктів і історичною

Визначення історичних меж об'єктів історико-культурної спадщини відіграє важливу роль у встановленні їх охоронних

зон та меж земель історико-культурного призначення. На рис.4, 5 подані побудовані буферні зони охорони об'єктів історико-культурної спадщини в різних варіаціях.

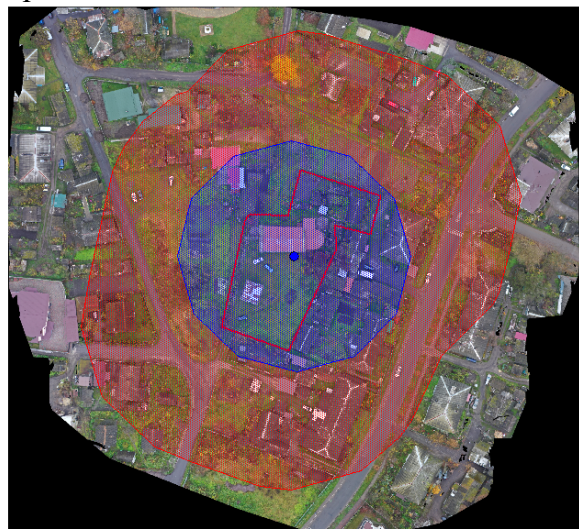


Рис.4. Нанесена межа території об'єкта історико-культурної спадщини костела Святої Трійці у Любомилі з побудованими буферними зонами охорони: червоним кольором – від межі об'єкта; синім кольором – від центроїда полігону

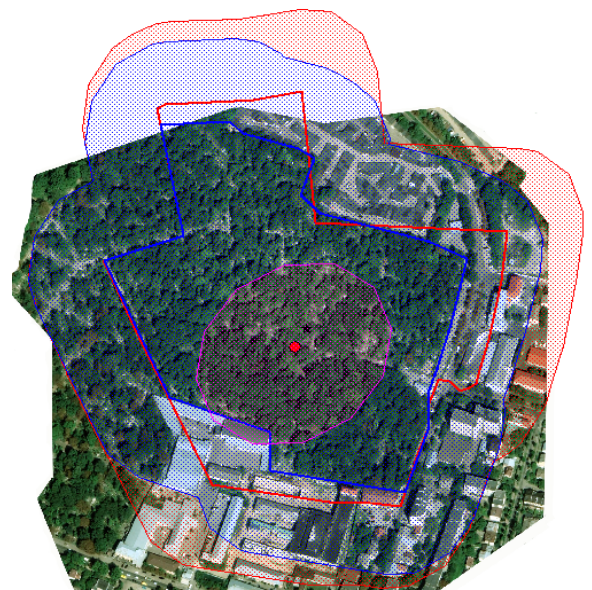


Рис.5. Нанесена межа території об'єкта історико-культурної спадщини Нового юдейського цвинтаря у м.Львові з побудованими буферними зонами охорони: червоним кольором – від історичної межі об'єкта; синім кольором – від фактичної межі об'єкта зафіксованої в Міністерстві культури; фіолетовим кольором - від центроїда полігону

Висновки

В результаті виконання поставленого завдання, реалізовано аерознімання з безпілотних літальних апаратів коптерного типу DJI Mavic 2Pro та DJI Phantom 3 PRO та побудовано ортофотоплани з подальшою їх векторизацією в масштабі 1:500 для двох дослідних ділянок нерухомих об'єктів історико-культурної спадщини різної форми і плащі: костел Святої Трійці у Любомилі і Нове юдейське кладовище у Львові.

На створені картографічні матеріали, а також ортофотоплани були нанесені межі

об'єкта історико-культурної спадщини зареєстровані в Міністерстві культури України при внесенні даних об'єктів до відповідного переліку. У випадку Нового юдейського кладовища у Львові також, за допомогою архівних аерознімків часів Другої світової війни і карт визначена історична межа об'єкта, частина якого була зруйнована під час нацистської та радянської окупації. Історична межа нанесена також, щоб визначити як ця територія узгоджується з охоронною зоною об'єкта встановленою на сьогоднішній день.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Bevz O. Aspects of the Executive Bodies System Formation in the Area of the Use and Protection of Historical and Cultural Lands in Ukraine. *Przegląd Prawa Administracyjne*. Vol 3 (2020). 31-41
2. Chetverikov B., Babiy L. Determination of boundaries of ancient burial places using the archived aerial and cartographic materials // *Modern achievements of geodesic science and industry*. – Issue I (31). – 2016. – P.111-114
3. Hlotov V., Hunina A., Kniaziev S., Kolesnichenko V., Prokhorchuk O. Analysis of application of the UAVs for military tasks. *Modern achievements of geodesic science and industry*. №1 (37) / 2019. 69-77
4. Knippschild, R.; Zöllter, C. Urban Regeneration between Cultural Heritage Preservation and Revitalization: Experiences with a Decision Support Tool in Eastern Germany. *Land* 2021, 10, 547.
5. Lopes, A.S.; Macedo, D.V.; Brito, A.Y.S.; Furtado, V. Assessment of urban cultural-heritage protection zones using a co-visibility analysis tool. *Comput. Environ. Urban Syst.* 2019, 76, 139–149.
6. Martin, O.; Piatti, G. (Eds.) World Heritage and Buffer zone. In *Proceedings of the International Expert Meeting on World Heritage and Buffer Zones*, Davos, Switzerland, 11–14 March 2008.
7. Roders, A.P.; Van Oers, R. Wedding cultural heritage and sustainable development: Three years after. *J. Cult. Herit. Manag. Sustain. Dev.* 2014, 4, 2–15.
8. Schlee, M.B. The role of buffer zones in Rio de Janeiro urban landscape protection. *J. Cult. Herit. Manag. Sustain. Dev.* 2017, 7, 381–40.

B.Chetverikov, I.Trevoho, A.Malitskyy

APPLICATION OF ORTHOPHOTOPLANS CREATED FROM UAV AERIAL IMAGERY FOR MONITORING HISTORICAL AND CULTURAL LANDS"

*The paper discusses the methodology of creating orthophotoplans for various territories of immovable objects of historical and cultural heritage, from conducting aerial surveys using various UAVs to object vectorization and plan creation. The created plans depict existing boundaries of historical and cultural lands, as well as determined based on archival cartographic and aerial materials. Buffer zones have been constructed around the boundaries of historical and cultural lands and around the centroids of polygonal objects. **Keywords:** lands of historical and cultural purpose, aerial photography from a UAV, archival aerial photographs, protection zone of lands of historical and cultural purpose, monitoring of lands and objects of historical and cultural purpose*

УДК 528.71

О.Терещук¹, С. Крячок¹, В.Беленок², О. Бойко²

Національний університет «Чернігівська політехніка», Чернігів, Україна

²Національний авіаційний університет, Київ, Україна

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРИСТРОЮ ВІДТВОРЕННЯ ВЕРТИКАЛІ ДЛЯ БПЛА

В статті запропоновано нове технічне рішення пристрою для визначення положення вертикалі на БПЛА.

Ключові слова: пристрій, безпілотних літальний апарат (БПЛА), оптико-електронний блок, рідинний горизонт

Поставка проблеми

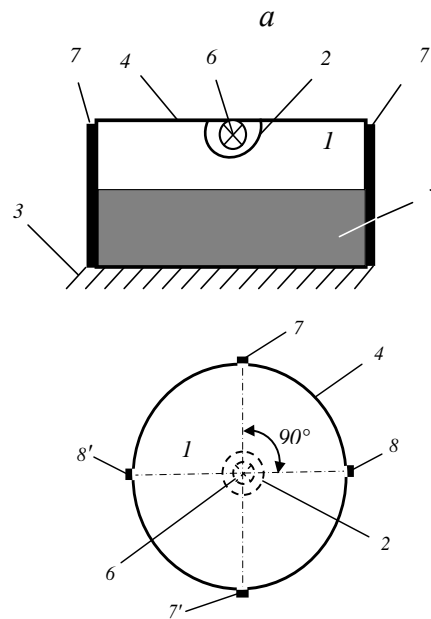
Розвиток інженерної думки та елементної бази дозволяють створювати повітряні роботи у вигляді безпілотних літальних апаратів (БПЛА). Вони знайшли застосування у лісовому господарстві - для визначення характеристик деревостою, пошуку місць займання; у сільському господарстві - для моніторингу стану сільськогосподарських угідь, а також для аерознімання в масштабах 1:2000, 1:1000, 1:500. На сьогодні також розробляються можливості використання БПЛА до пошуку та картографування мінних полів та враження живої сили і техніки супротивника.

Донедавна основним давачем вертикалі, просторове положення якої використовувалось для визначення величин тангажу та крену БПЛА, слугувала гіровертикаль, що відтворювалась за допомогою механічних гіроскопів. Наразі, перспективними пристроями для відтворення вертикалі стають волоконно-оптичні гіроскопи. До недоліків як механічних так і волоконно-оптичних гіроскопів слід віднести дрейф вертикалі. Наприклад, дрейф серійних механічних гіроскопів може складати 2°- 3° за годину, а волоконно-оптичних гіроскопів - 0,1° за годину [1], що веде у підсумку до значних відхилень маршруту БПЛА від запланованого та до необхідності проведення періодичного визначення його місцеположення за допомогою GPS-технологій. Для верифікації дрейфу гіровертикалі механічного гіроскопу використовують оптико-електронний блок вимірювання положення рідинного горизонту у вигляді круглого рівня, який відтворює істинну вертикаль за горизонтального положення поверхні рідини

відносно дна ампули рівня, використаного в якості аналогу [2]. Однак точність відтворення істинної вертикалі аналогу складає 1' – 2', що недостатньо для виконання аерознімання великих масштабів та верифікації дрейфу гіровертикалі волоконно-оптичних гіроскопів.

Виклад основного матеріалу

Авторами на рівні винаходу запропоновано нове технічне рішення пристрою для визначення положення вертикалі на БПЛА [2]. Оптико-електронний блок цього пристрою наведено на рис. 1. Ампула 4 має форму циліндра. На зовнішній поверхні циліндра в діаметрально-протилежних напрямках попарно розташовані багатоелементні оптико-електронні давачі лінійного типу 7 і 7' та 8 і 8'.



б
Рис. 1. Оптико-електронний блок вимірювання положення рідинного горизонту, а) –поздовжній розріз,

б) – вигляд зверху:

1 – корпус оптико-електронного блоку вимірювання положення рідинного горизонту; 2 – прозорий герметичний ковпак; 3 – єдина платформа; 4 – герметична ампула; 5 – непрозора рідина; 6 – підсвітка; 7, 7' – перша пара багатоелементних оптико-електронних давачів лінійного типу; 8, 8' – друга пара таких же давачів.

Стінки циліндра в місцях розташування вказаних давачів повинні бути прозорими – для потрапляння на них світла від підсвітки 6. Вона освітлює частини першої пари

багатоелементних оптико-електронних давачів 7 та 7', які знаходяться над непрозорою рідиною 5. Аналогові сигнали від цих давачів надходять до двоканального аналогово-цифрового перетворювача 11 та інвертора фази сигналу 9 (рис. 2).

9, 10 – інвертори фази сигналів першої та другої пари оптико-електронних давачів; 11,12 – двоканальні аналогово-цифрові перетворювачі першої пари та другої пари оптико-електронних давачів; 13 – електронний блок керування; 14 – блок обробки інформації.

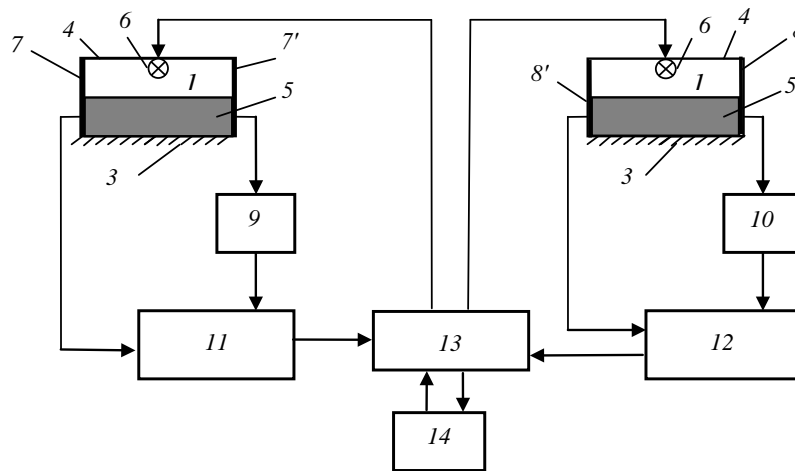


Рис. 2. Функціональна схема оптико-електронного блоку вимірювання положення рідинного горизонту

Інвертор 9 змінює фазу сигналу від давача 7' на 180° , сигнал надходить до двоканального аналогово-цифрового перетворювача 11. Цифрові сигнали через окремі канали надходять до блоку керування 13, а звідти – до блоку обробки інформації 14. Тут виконується опрацювання цифрових значень сигналів окремо від кожної пари багатоелементних оптико-електронних давачів лінійного типу. Визначаються положення поверхні непрозорої рідини 5 відносно дна ампули у двох взаємно перпендикулярних напрямках 7' - 7 та 8' - 8 у вигляді, відповідно, сигналу X та Y. В лабораторних умовах виконують тарування - визначають значення місць нулів багатоелементних оптико-електронних давачів 7, 7' та 8, 8' : $MO_7, MO_{7'}, -MO_8, MO_{8'}$ за горизонтального положення дна ампули. Далі, пристрій встановлюють на єдину з гіроскопом платформу 3 та

орієнтують оптико-електронні давачі 7' - 7 та 8' - 8 вздовж поздовжньої та поперечної осей БПЛА. За нахилу дна ампули на кут α в напрямку оптико-електронних давачів 7' - 7 у підсумку у блоці обробки інформації отримують сигнал [2]

$$X = n_r + (-n_r) - MO_7 + MO_{7'} = 2n_\alpha + MO_7 - MO_{7'} - MO_7 + MO_{7'} = 2n_\alpha \quad (1)$$

Аналогічне значення має сигнал Y за нахилу на кут α у напрямку оптико-електронних давачів 8' - 8. Для розміру фотоприймального елемента k оптико-електронних давачів та числа засвічених комірок n_α за нахилу ампули на кут α сигнал (1) прийме вигляд $X' = 2kn_\alpha$, що для внутрішнього діаметра ампули D дозволяє визначити нахил [2]

$$\text{tg } \alpha = \frac{2kn_\alpha}{D} \quad (2)$$

Якщо на вході оптико-електронного блоку вимірювання положення рідинного горизонту 1 засвітити лише половину комірки ($n_\alpha = 0,5$), то на виході блоку обробки інформації 14 сигнал дорівнюватиме $X' = 2kn_\alpha = 2 \cdot k \cdot 0,5 = k$, що з урахуванням (2) дозволяє визначити кутову роздільну здатність блоку вимірювання положення рідинного горизонту [2]

$$\beta'' = \frac{k}{D} \rho'' \quad (3)$$

Для розміру фотоприймального елемента $k = 6,5$ мкм, $\rho'' = 206265''$ $\beta'' = 10''$, з урахуванням (3) отримаємо $D = 134$ мм. Підбором розміру герметичної ампули 4 та за відомого розміру фотоприймального елемента згідно з (3) можна регулювати роздільну здатність оптико-електронного блоку положення рідинного горизонту.

В дискретних часових зонах переміщення носія знімальної апаратури, коли він буде рухатись рівномірно за прямолінійною траєкторією, поверхня непрозорої рідини 5 буде виконувати затухаючі коливання відносно горизонтального положення – положення динамічної рівноваги поверхні рідини. Для пришвидшення визначення положення динамічної рівноваги реалізується програма спостережень, як мінімум, за трьома точками реверсії – трьома послідовними крайніми положеннями поверхні непрозорої рідини. Точки реверсії реєструються у кожній парі оптико-електронних давачів 7, 7' та 8, 8. Положення динамічної рівноваги поверхні рідини за трьома послідовними зареєстрованими точками реверсії X_i (за умови $|X_3| < X_1$), відповідає результуючому сигналу X_0 , обчисленому у блоці обробки інформації 14 у вигляді [2]

$$X_0 = \frac{1}{2} \left(\frac{X_1 + X_2}{2} + \frac{X_2 + X_3}{2} \right) = \frac{X_1 + 2X_2 + X_3}{4} \quad (4)$$

Тоді, відхилення єдиної основи 3 від горизонту в напрямку 7' - 7 (значення тангажу θ) та в напрямку 8' - 8 (значення крену γ) згідно з (4) дорівнюють [2]

$$\theta = \arctg \left(\frac{X_0'}{D} \right), \quad \gamma = \arctg \left(\frac{Y_0'}{D} \right) \quad (5)$$

Під час польоту БПЛА мають місце дискретні часові зони, в яких виконується визначення положення істинної вертикалі. Вони відповідають рівномірним та прямолінійним ділянкам руху БПЛА, наприклад, від точки старту до точки початку аерознімання. У блоці обробки інформації 14 за відповідними числовими даними сигналів А та В обчислюються наступні результати [2]:

1. Середнє положення поверхні непрозорої рідини 5, відносно дна ампули в двох взаємно перпендикулярних напрямках 7 - 7' та 8 - 8' в межах дискретних часових зон, щонайменше за трьома послідовними крайніми положеннями поверхні рідини, коливання якої затухають. Створюється графік сигналу А.

2. Створюється графік сигналу В положення гіровертикалі.

3. З дискретних часових зон вибирається та, для якої на момент часу t_1 сигнал А відповідає паралельному положенню дна герметичної ампули 4 відносно рідинного горизонту в двох взаємно перпендикулярних напрямках 7 - 7' та 8 - 8', а точніше – не перевищує по цих напрямках значення

$$|X_0| \leq \Delta, \quad |Y_0| \leq \Delta \quad (6)$$

де Δ - допуск на фіксацію істинної вертикалі, наприклад, $\Delta = 2k$ чи $\Delta = 3k$.

4) На момент часу t_1 за графіком сигналу В визначають положення гіровертикалі $B_1 = f(x_1, y_1)$.

Під час аерознімання на маршрутах знову виконуються дії за пунктами 1 - 3 для моменту часу t_2 та за п.4 визначають положення гіровертикалі $B_2 = f(x_2, y_2)$

У блоці обробки інформації 14 обчислюють поправку за дрейф гіровертикалі в напрямках тангажу та крену БПЛА за формулами

$$v_x = x_1 - x_2, \quad v_y = y_1 - y_2, \quad (7)$$

які використовуються для покращання навігації БПЛА та коригування елементів

зовнішнього орієнтування результатів аерознімання.

Згідно з формулою (3) для діаметра ампули $D = 134$ мм, розміру пікселя $k = 6,5$ мкм та допуску $\Delta = 3k$. положення істинної вертикалі фіксується з точністю $30''$.

Висновки

Нове технічне рішення на основі оптико-електронного рідинного горизонту дозволяє приблизно вдвічі підвищити точність відтворення істинної вертикалі в порівнянні з аналогом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бурачек В. Г., Крельштейн П. Д., Надточій О. В., Шульц Р. В., Якунін О. В. Пристрій для визначення вертикалі на рухливому об'єкті: пат. 10397 Україна: МПК G02B13/10. № u 2005 03805; заявл. 21.04.2005; опубл. 15.11.2005, Бюл. № 11.

2. Беленок В.Ю., Бойко О.Л., Крячок С,Д., Мамонтова Л.С., Терещук О.І. Пристрій для

визначення вертикалі на рухомому об'єкті: патент №125553, України, G01D 1/00, G01C 9/18, G01C 9/20, G01C 99/44. Заявл. 17.05.2021; Опубл. 13.04.2022; Бюл. №15. – 14с.

O. Tereshchuk, S. Kryachok, V. Belenok, O. Boyko

IMPROVEMENT OF THE VERTICAL REPRODUCTION DEVICE FOR UAVS

The article proposes a new technical solution for a device for determining the vertical position on a UAV.

Keywords: *device, unmanned aerial vehicle (UAV), optical-electronic unit, liquid horizon*

УДК 332.2:711.3/4

В.І.Русин, М.В. Москаль

Національний університет «Львівська політехніка»

vasyarusynn@gmail.com

ПРЕДСТАВЛЕННЯ КОНЦЕПТУ ПОСТІЙНОДІЮЧОЇ СИСТЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ЗОН ЗАТОПЛЕННЯ В м.УЖГОРОД

Стаття розглядає розробку та представлення серверної частини постійнодіючої системи моделювання зон затоплення в м. Ужгород. З урахуванням специфіки географічного розташування та історичних факторів зміни клімату в регіоні, існує необхідність в реальному часі моделювати потенційні зони затоплення для оптимального реагування служб надзвичайних ситуацій та громадськості. Стаття акцентує увагу на технічних аспектах реалізації серверної частини, використанні технологій та архітектурні рішення. Крім того, розглядаються методи інтеграції системи з існуючими міськими інформаційними ресурсами, що дозволяють оперативного отримувати дані про погодні умови, гідрологічну ситуацію та інші фактори, що впливають на ризик затоплення. Результати дослідження можуть бути корисними для місцевої влади, служб безпеки та розробників аналогічних систем в інших регіонах.

Ключові слова: зони затоплення, АІВС Tusa, валідація даних, асинхронні функції.

Постановка проблеми

Місто Ужгород, розташоване на заході України, історично було піддане різним гідрологічним викликам через своє географічне положення та особливості клімату. В останні десятиліття, внаслідок зміни клімату та інтенсифікації забудови, ризик затоплень у регіоні значно зріс. Ці затоплення можуть призводити до значних матеріальних збитків, порушень в інфраструктурі міста та небезпеки для життя громадян. Постійнодіюча система моделювання зон затоплення може слугувати ключовим інструментом для прогнозування та реагування на потенційні гідрологічні загрози. Однак її ефективність в значній мірі залежить від того, наскільки надійно та оперативно функціонує серверна частина такої системи.

На даний момент, не існує оптимального рішення, яке б було адаптовано під специфіку м. Ужгород, з його унікальними гідрологічними, топографічними та інфраструктурними особливостями. Таким чином, існує актуальна потреба у розробці спеціалізованої серверної частини системи моделювання зон затоплення, яка б враховувала всі ці фактори та забезпечувала б оперативність, надійність та точність прогнозування.

Опис використаних технологій

HEC-RAS, традиційно, було написано на мові програмування Fortran. Яка є однією з найстаріших мов програмування і відома своєю ефективністю для наукових та інженерних розрахунків.

Python - це високорівнева, інтерпретована мова програмування, що характеризується читабельністю, гнучкістю та легкістю вивчення. Він підтримує різні парадигми програмування, включаючи процедурне, об'єктно-орієнтоване та функціональне програмування. Python широко використовується у веб-розробці, наукових дослідженнях, розробці програмного забезпечення, автоматизації та багатьох інших областях. В контексті Python, асинхронне програмування - це парадигма, яка дозволяє виконувати код без блокування, тобто дозволяє програмі продовжувати роботу, незважаючи на відсутність відповіді від деякої операції, наприклад, запиту до бази даних або веб-запиту.

Виклад основного матеріалу

Моделювання зон затоплення є актуальною та невід'ємною частиною сучасних географічних та прикладних гідрологічних досліджень. У зв'язку зі зміною клімату та нераціональним використанням природних ресурсів зростає ризик виникнення небезпечних природних явищ, серед яких затоплення земель

займають особливе місце. Даний процес може мати різноманітні причини: від інтенсивних дощів до порушення стійкості гідротехнічних споруд, і може призвести до серйозних наслідків для природного середовища, інфраструктури, життя та здоров'я людей [1-3].

Детальне моделювання та прогнозування потенційних зон затоплення дозволяє нам краще розуміти та контролювати ризики, пов'язані з цим процесом. Такий підхід може служити основою для розробки стратегій адаптації до зміни клімату, планування розміщення нових об'єктів інфраструктури, а також для розробки систем раннього попередження населення щодо ризиків затоплення територій.

Однією з ключових регуляторних робіт у сфері управління ризиком затоплень в Україні є "Процедура розробки плану управління ризиком затоплень", затверджена Рішенням Кабінету Міністрів України від 4 квітня 2018 року № 247 (Рішення № 247, 2018). Цей документ визначає основні принципи та етапи розробки комплексних планів управління, спрямованих на зниження ризику та наслідків затоплень. Ці роботи разом формують комплексний погляд на виклики та можливості моделювання затоплень, наголошуючи на важливості комбінації міжнародного досвіду, локальної експертизи та сучасних технологічних рішень.

Метою проекту, в рамках якого здійснено дане дослідження, є розробка системи передбачення та моделювання паводків, яка здатна прогнозувати можливі ризики паводкових ситуацій на основі даних про кліматичні зміни, гідрологічні умови, топографію території та інші фактори. Система повинна допомагати управлінцям, дослідникам та громадам реалізувати ефективні заходи запобігання та захисту від паводків.

Основна ціль АІВС-“Тиса” – оперативне прогнозування гідрографів паводків на ріках басейну за допомогою спеціальних математичного, інформаційного і програмного забезпечень; підготовка достовірної прогнозної інформації про параметри паводку і передача її в

автоматичному режимі відповідним службам оповіщення і протипаводковим підрозділам; видача рекомендацій для прийняття управлінських рішень по безаварійному пропуску паводків [3].

Представимо середньомісячні показники річного стоку для р.Уж представлені в табл 1 [4].

Таблиця 1

Гідрологічні показники р.Уж

Назва Станції	Середньомісячні витрати води (м ³ /с)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Уж-Жорнава	7	9	8	10	11	6	6	3	2	7	7	5
Уж-Зарічово	27	32	24	24	34	15	23	7	6	16	21	22
Уж-Ужгород	32	72	60	60	23	14	4	4	7	21	18	27
Тур'я-Сімер	2	9	23	17	12	7	5	7	1	4	6	14

Взявши дані з таблиці 1 можна отримати показники норми стоку, середньорічних витрат а також навести приклад водозбірних площ і розрахункових витрат паводку 1% забезпеченості, ці дані представимо в табл. 2 [8].

Таблиця 2

Дані розрахунків статистичних рядів

Назва станції	Q _{ср.} (м ³)	Водозбірна площа	Норма стоку	1%
Уж-Жорнава	79,3	286	0,2772	372
Уж-Зарічово	247,9	1280	0,1936	1390
Тур'я-Сімер	102,1	474	0,1890	490
Уж-Ужгород	341	1970	0,1731	1930

Беручи за головну станцію Уж-Ужгород (адже саме тут ділянка моделювання) будемо рахувати наступні показники. Покажемо залежність між середньорічними витратами на станціях, а також водозбірними площами шляхом створення графіку розсіювання (Рис.1). На осі Х буде водозбірна площа, а на осі Y - середньорічна витрата. Крім того, коефіцієнт кореляції буде відображений у верхньому правому куті графіку [8].

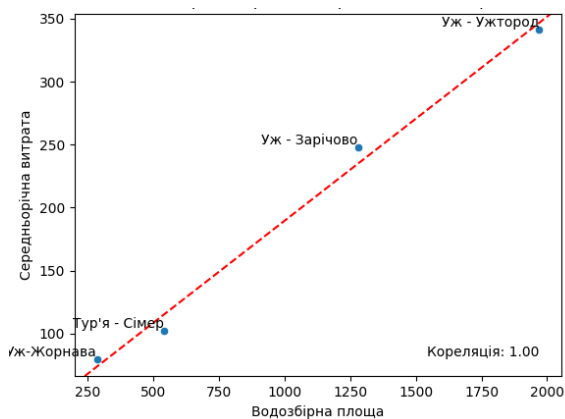


Рис.1. Залежність витрат води від водозбірної площі

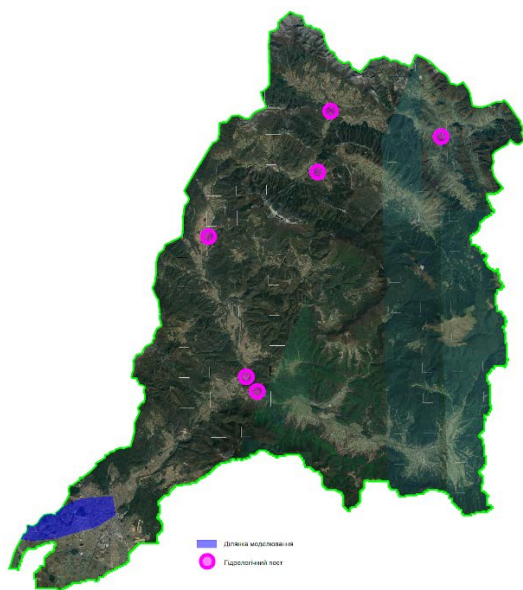


Рис.2. Схема зображення станцій спостережень та ділянки моделювання. (Синім кольором показана ділянка на яку моделюється зона затоплення, рожевим кольором зображено станції системи АІВС-Тиса)

При дослідженні показників витрат води а також водозбірних площ із таблиць 1-2 можна знайти відношення між ними та дослідити наявність прямої залежності яку представимо у (1).

$$(V_{\text{Зарічово}} + V_{\text{Сімер}} + -0,05(V_{\text{Зарічово}} + V_{\text{Сімер}}))dt = V_{\text{Ужгород}} \quad (1),$$

де V – витрати води на станції, dt – зміна витрат у часі (при проходженні від Сімер/Зарічово до м.Ужгород)

Система передбачення і моделювання паводків розроблена з використанням сучасних технологій програмування та

аналізу даних. Для розробки використовуються мови програмування, такі як Python, а також бібліотеки для машинного навчання та геопросторового аналізу. Для забезпечення зручного інтерфейсу взаємодії з користувачами можуть бути використані різні веб-додатки. Розроблена система представляє собою інтегроване рішення для моніторингу та прогнозування зон затоплення на основі даних з гідрологічних постів. Кожні дві години система автоматично отримує дані про рівень води з гідрологічних постів, розташованих у різних частинах басейну річки. Ці дані обробляються, аналізуються та використовуються для моделювання потенційних зон затоплення. Система використовує передові алгоритми та математичні моделі, щоб з урахуванням актуальних даних та топографії території визначити області, які можуть бути затоплені. Такий підхід дозволяє оперативно реагувати на зміни гідрологічної ситуації та своєчасно інформувати відповідні служби про потенційні ризики. Зокрема наведемо реалізацію даної моделі: станом на 04 – 06.08.2023 р., дані вхідних гідрологічних показників представлено в табл. 3.

Таблиця 3

Дані гідрологічних спостережень

Дата/час	Рівень води	Витрати води
04.08.2023 18:00	-183	7
04.08.2023 20:00	-181	9
04.08.2023 22:00	-181	9
05.08.2023 00:00	-174	22
05.08.2023 02:00	-143	77
05.08.2023 16:00	-133	97
05.08.2023 18:00	-113	131
05.08.2023 20:00	-84	185
05.08.2023 22:00	-77	199
06.08.2023 12:00	-140	83

Для візуалізації також наведемо приклад гідрографу для даного локального паводку (Рис.3).

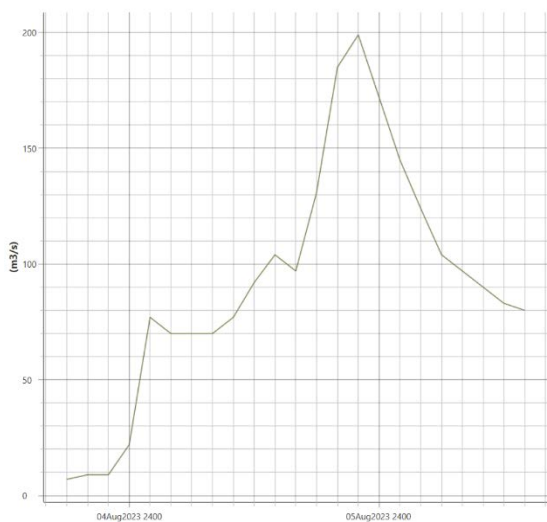


Рис.3 Гідрограф р.Уж (04-06.08.2023р.)

Представлення даного аналіз у невизначеності для компоненту несталого потоку (UNET) одновимірної моделі HEC-RAS в рамках загальної оцінки невизначеності відбувається за допомогою методу GLUE. Для цього продуктивність моделі, отримана за допомогою різних наборів коефіцієнтів шорсткості Меннінга, обраних з діапазону від 0,001 до 0,9, порівнюється з даними про затоплення та гідрографом відтоку. Також досліджується вплив варіації вагового коефіцієнта числової схеми. Зокрема, емпіричні результати не демонструють переваг використання значень нижче 1 і пропонують використання повністю неявної схеми (ваговий параметр дорівнює 1). Результати зміни шорсткості на рівні ділянки показують, що багато наборів параметрів можуть працювати однаково добре (проблема еквіфінальності), навіть при екстремальних значеннях. Однак це залежить від модельного регіону та краєвих умов. Підкреслюється необхідність розрізнення між ефективними параметрами та реальними фізичними параметрами. Дослідження демонструє, що цей аналіз може використовуватися для створення динамічних ймовірнісних карт затоплення під час події та може бути пов'язаний з критерієм зупинки для GLUE.[6-7]

Використання асинхронності в системах моделювання може значно збільшити їх продуктивність, особливо при великих об'ємах даних або високій конкуренції за ресурси, адже можуть виникнути операції з великою затримкою, такі як запити до баз

даних, зовнішні API-запити, або деякі обчислювально-інтенсивні операції. Якщо потрібно моделювати затоплення для декількох локацій одночасно, асинхронні функції також можуть оптимізувати цей процес.

Можливості системи постійнодіючого моделювання зон затоплення м.Ужгород

До даної програми були додані можливості для транспортування осадів. HEC-RAS може виконувати розрахунки маршрутизації осадів з рухомим руслом з квазі-сталими (гістограмними) рядами даних про потік. Для кожного потоку в часовому ряду розраховується профіль водної поверхні. Також розраховуються гідравлічні параметри, необхідні для процесів осаду. Модель розраховує потужність транспортування осадів за допомогою ряду доступних методологій. Після цього рівняння неперервності осаду вирішується разом з алгоритмами сортування та армування для визначення фактичного об'єму осадження або ерозії. Крім того, нами були адаптовані тимчасові функції захоплення та осадження, подібні до тих, що використовуються в HEC-6.[5]

Моделювання якості води довело свою корисність як інструмент стратегічного управління якістю води. У даному продукті промонеться методика що комбінується з моделлю HEC-RAS для оцінки якості води припливної річки. Для симуляції в моделі використовуються значення вмісту забруднюючих речовин: біохімічний кисень (BOD), амонійний азот (NH₃-N), загальний фосфор (TP) та забруднення кисню в осадах (SOD). Модель HEC-RAS використовується для:

- оцінки гідравлічних констант для розрахунку константи атмосферної реаерації;
- розрахунку варіацій профілю рівня води для врахування змін концентрації внаслідок припливного ефекту.

Крім того, дана система моделює зони затоплення в м.Ужгород кожних 2 години. Дані моделювання станом на 04-08.08.2023 представлені на рис. 4-5.



Рис. 4 Модель затоплення станом на 06.08.2023 р. 07:00



Рис. 5 Модель затоплення станом на 06.08.2023 р. 11:30

Створення моделей щодо визначення нормальних гідрологічних умов для життєдіяльності та поширення іхтіофауни є актуальною частиною гідрологічних та галузевих досліджень. Зміна клімату, нераціональне використання природних ресурсів провокують зменшення або, навіть, зникнення популяцій риб, тим самим зменшення генофонду іхтіофауни річок. Моделювання та передбачення зон не комфортних умов для життя цих організмів дозволяє нам краще усвідомити ризики та запобігти негативним процесам. Завдяки цьому можна розробити стратегію покращення середовища життя іхтіофауни, яка буде мати як економічний, так і екологічний ефект. У цій системі ми наводимо приклад прогнозування зон з нормальними умовами для життя та поширення риб, використовуючи дані гідрологічних постів р.Уж в межах

м.Ужгород, а також методологію представлення такої системи як веб ресурсу для визначення сприятливих умов для існування, відтворення, міграції Червонокнижних представників іхтіофауни.

Висновки

Швидкий доступ до актуальних даних дозволяє оперативно реагувати на гідрологічні зміни, забезпечуючи ефективний моніторинг ризиків затоплення. Інтеграція даних з різних гідропостів уздовж річки Уж підвищує точність та надійність моделювання потенційних зон затоплення. Система мінімізує потребу в ручному введенні або обробці даних, оптимізуючи ресурси та час. Отримана інформація може бути використана для стратегічного планування робіт з попередження та ліквідації наслідків затоплень рівнинних територій. Система потребує регулярного та

систематичного оновлення даних для забезпечення актуальності інформації та оперативності моделювання. У підсумку, дана система є сучасним і ефективним інструментом для моніторингу та реагування на потенційні ризики затоплень, що може значно підвищити рівень безпеки населених пунктів і інфраструктури, розташованих вздовж річок.

Дана система наводить приклад використання гідрологічної моделі створеної в програмному пакеті HEC-RAS для дослідження нормальних гідрологічних умов для іхтіофауни річок. Слід відмітити, що у

зв'язку із прискоренням стоку води в р. Уж, на її рівнинній території створюються нові ареали з сприятливими умовами для життєдіяльності окремих видів риби. Але при дослідженні усієї річки Уж в межах України можна сказати, що внаслідок прискорення стоку води зменшуються ареали видів риби, сприятливих для розмноження. В основному це гірські ділянки річки Уж. У зв'язку з чим в найближчому майбутньому існує загроза зменшення чисельності особин популяцій видів риби занесених в Червону книгу України та представлених на території Закарпатської області.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Костріков, С.В. (2012). Розподілене гідрологічне моделювання водозбірних басейнів через ГІС-засоби. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Серія "Екологія"*, (1004).
 2. Козицький, О. М., Шевчук, С. А., & Шевченко, І. А. (2019). Моніторинг і управління гідрологічними ризиками в басейнах річок України. *Зб. матер. Міжнар. наук.-практ. конф. «Природа для води», присвяченої Всесвітньому дню води (22 березня 2018 р.)* (pp. 87-88).
 3. Ромащенко, М. І., Матяш, Т. В., Богаєнко, В. О., Ковальчук, В. П., Войтович, О. П., Крученко, А. В., & Гнелиця, О. В. *ВОДНІ РЕСУРСИ*.
 4. Яцюк, М.В., Шевчук, С.А., Козицький, О.М., Шевченко, І.А. (2019). *ОЦІНЮВАННЯ ПАВОДКОВОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТА РИЗИКУ В БАСЕЙНАХ РІЧОК УКРАЇНИ. Сучасні технології та досягнення інженерних наук в галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії*
 5. БУРШТИНСЬКА, Х., БАБУШКА, А., & ГАЛОЧКІН, М. Моделювання гідрологічних процесів з використанням ГІС ARCGIS та модуля HEC-RAS.
 6. Rangari, Vinay Ashok, Umamahesh, N. V., and Bhatt, C. M. (2019). "Assessment of inundation risk in urban floods using HEC RAS 2D." *Modeling Earth Systems and Environment* 5: 1839-1851 (In English).
 7. Shrestha, Alen, et al. (2020) "Understanding suitability of MIKE 21 and HEC-RAS for 2D floodplain modeling." *World Environmental and Water Resources Congress 2020*. Reston, VA: American Society of Civil Engineers (In English).
 8. Rusyn, V., M. Yurkiv, and Yu Andreichuk. (2021) "Method for creating a basic model of the flooded zones of the Uzh river." *International Conference of Young Professionals «GeoTerrace-2021»*. Vol. 2021. No. 1. European Association of Geoscientists & Engineers (In English).
- V. Rusyn, M. Moskal

PRESENTATION OF THE CONCEPT FOR A CONTINUOUS FLOOD ZONE MODELING SYSTEM IN UZHGOROD

*The article discusses the development and presentation of the server-side of a continuous flood zone modeling system in Uzhgorod. Given the specifics of the geographical location and historical factors of climate change in the region, there is a need to model potential flood zones in real-time for optimal response by emergency services and the public. The article focuses on the technical aspects of server-side implementation, technologies used, and architectural decisions. Additionally, methods of system integration with existing city information resources are considered, allowing for timely access to weather conditions, hydrological situations, and other factors affecting the risk of flooding. The research results can be beneficial for local authorities, security services, and developers of similar systems in other regions. **Keywords:** flood zones, AIBC Tysa, data validation, asynchronous functions.*

УДК 680.3+556.5

А.В.Шлінські, І.П.Радиш

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

shlinsky77@ukr.net, ihor.radysh@uzhnu.edu.ua

СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ ЗОН ЗАТОПЛЕННЯ ДІЛЯНКИ СІЛ БЕНЕ, БОРЖАВА, ВАРИ ЯК БАЗОВА СКЛАДОВА ПРИ ПЛАНУВАННІ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ

Метою дослідження є розробка ефективної моделі зон затоплення для сіл Бене, Боржава та Вари, яка допоможе в майбутньому плануванні населених пунктів та їх розвитку. Проект поєднує в собі геологічні, геоморфологічні та історичні дані для створення моделі зон затоплення. Застосування цих даних дозволяє розробити більш точну модель, яка враховує різноманітні фактори, включаючи зміни клімату.

Ключові слова: зони затоплення, річка Боржава, зміни клімату, гідрологічні показники, протипаводковий захист, паводковий моніторинг.

Постановка проблеми

Правильне планування населених пунктів, яке враховує дані моделювання зон затоплення, допомагає уникнути ситуацій, коли житлові зони потрапляють під загрозу, що може мати ризик для життя і здоров'я людей. Врахування можливих зон затоплення при плануванні дозволяє також уникнути великих витрат на відновлення після негоди, заощаджує кошти при плануванні гідротехнічних споруд, адже одразу можна визначити рівень достатнього забезпечення безпеки населення запроєктованими інженерними рішеннями. Як результат, попередження затоплень допомагає уникнути забруднення водою і нанесення шкоди екосистемі, дозволяє зберегти природні ресурси, побудувати інфраструктуру, яка буде стійкою до паводків і захищена від пошкоджень і руйнувань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Один з прикладів сучасної системи прогнозування та попередження паводків у світі - це система "European Flood Awareness System" (EFAS), що розроблена Європейським центром середньострокових прогнозів погоди (ECMWF) разом з Європейською комісією та іншими партнерами [2].

Система поєднує дані з різних джерел, таких як метеорологічні моделі, дані зі спостережень за річками та озерами, телеметричні дані, інформацію про стан водостоку тощо. Одна з головних

особливостей EFAS - це здатність виявляти паводкові загрози на певній території та вчасно випускати попередження [3].

У статті [2] описується проста растрова модель для симуляції затоплення водою певних територій. В ній розглядається один із методів моделювання повеней та зон затоплення, який використовує растровий підхід. Результати цієї роботи можуть бути корисними для тих, хто працює з гідрологічним моделюванням і потребує простих і ефективних методів симуляції затоплень.

Постановка завдання

Ця стаття стосується об'єкту дослідження а саме річки Боржава та її гідрологічних показників на постійно діючому посту системи протипаводкового захисту АІВС Тиса, назва посту с.Нижні Ремети Берегівського (минулого) району, дані отримано за період з 01.03.2018 по 31.08.2018 з періодичністю 15 хв, в сумі отримано більше 15 000 показників рівня води.

Виклад основного матеріалу

В українському земельному праві дослідження з питань планування та охорони земель, які є основою просторових ресурсів, ключовим засобом у сільському та лісовому господарствах, а також елементом ландшафту та екосистем, проводили такі вчені як В.І. Андрейцев, Г.І. Балюк та інші експерти у сферах екологічного, аграрного, адміністративного та конституційного права. Вивчення їх робіт свідчить, що багато з них акцентували на тому, що екстремальна

децентралізація у земельних питаннях не є доречною для державного регулювання в контексті захисту та використання землі, особливо коли земельні відносини мають змішане приватно-державне значення. Проте, довгий час ці дослідження не відображались в державній політиці та законодавстві. Існуючі правові виклики у сфері земельного планування продовжують бути предметом уваги науковців, адже їх аспекти у контексті децентралізації та розвитку місцевого самоврядування залишаються недостатньо вивченими [1].

У вітчизняному контексті децентралізація державних повноважень у сфері земельних відносин стала актуальною після того, як за 15-20 років після прийняття Земельного кодексу України 25 жовтня 2001 року влада сфокусувалась на максимальній централізації своїх функцій. Це стосувалось питань планування територій, землеустрою, реєстрації земельних ділянок, а також контролю над землями державної власності за межами міст і сіл. У результаті такого підходу місцевому самоврядуванню дозволялось діяти лише у межах населених пунктів. Такі зміни в управлінні призвели до проблем корупції, хабарництва та інших неправомірних дій.

Основним виходом з цієї ситуації може бути побудова держави, яка буде відповідати демократичним, правовим та соціальним стандартам. Це можливо, коли держава передасть частину своїх обов'язків на рівень місцевих громад, зокрема у сфері управління землею та іншими природними ресурсами, надаючи гарантії відповідно до Конституції України.

Для аналізу такої гігантської для сприйняття людиною числа даних потрібно використовувати сучасні методи статистики а також трохи програмування для спрощення обчислень. Для отримання статистики ми знайшли моду (115,31 м), середнє арифметичне (116,28 м), медіану (115,95) та стандартне відхилення (0,92502) рівнів води за отриманий період [4]. На рисунку 1 представлено гістограму розподілу рівнів води за частотою а на рисунку 2 представлено гідрограф рівнів води за наявний період.

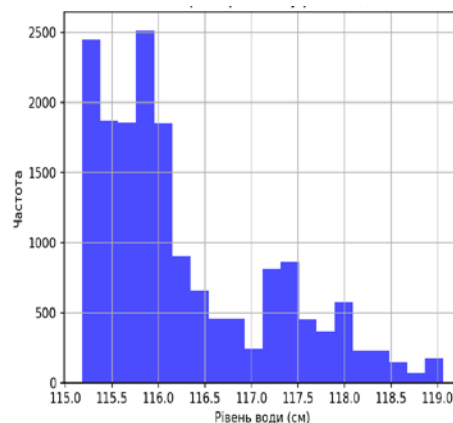


Рис.1. Гістограма частотності рівнів води

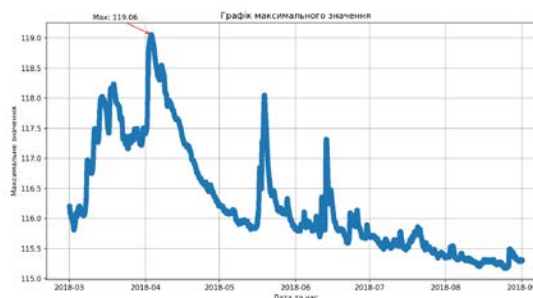


Рис.2. Гідрограф рівнів води (Максимальний рівень 119,06 м)

У реаліях сьогодення, на території Закарпаття є достатня кількість моніторингових служб за станом природних ресурсів, в тому числі, водних, що свідчить про підтримання ідеології раціонального природокористування на регіональному рівні. Проте аналіз інформації зазвичай проводиться лише з використанням декількох чинників без урахування повноти всіх даних. До прикладу, Державна служба надзвичайних ситуацій України збирає дані щодо потерпілих територій від паводків, без зазначення гідрологічних показників.

Проблема несистематичного збору даних різними структурами про якісні-кількісні показники складу поверхневих вод на ряду з тенденціями щодо змін клімату, вирубок лісів, прискоренням стоку річок, змін їх гідрологічних показників, нераціональному водокористуванні через декілька десятиліть може поставити Україну в питанні кількості водних ресурсів на один щабель з країнами, що потерпають від нестачі прісної води.

Дану проблему можна вирішити шляхом впровадження правильної політики у сфері водокористування, раціонального

землекористування аналізуючи дані єдиної геоінформаційної системи Державного водного кадастру.

В цьому контексті, важливо зазначити, що оптимізована система моніторингу та управління водними ресурсами може відігравати ключову роль у забезпеченні стійкості та раціонального використання цих ресурсів в умовах зміни клімату та зростаючого ризику природних катастроф.

Однією з ключових переваг цієї дослідницької роботи є використання передових технологій геоінформаційних систем (ГІС) та моделювання гідрологічних процесів за допомогою Nes Ras. Це дозволяє не лише точно визначити зони ризику, але й забезпечити можливість надійного аналізу та вдосконалення рішень на основі великого обсягу даних.

TIN - це трикутна сітка, побудована на місцях (x,y) набору даних точок. Для створення TIN спочатку встановлюється периметр навколо даних точок, який називається опуклою оболонкою. Щоб з'єднати внутрішні точки, створюються трикутники з усіма внутрішніми кутами, якомога більш рівними. Ця процедура називається триангуляцією Делоне. Включаючи розмір висоти (z) для кожного вершини трикутника, трикутники можна підняти та нахилити, щоб сформувати площину. Збірка всіх таких трикутних площин формує зображення рельєфу місцевості з значною деталізацією (Рисунок 6). Трикутники TIN є маленькими, де поверхня землі є складною та детальною, наприклад, річкові канали, і більшими на рівних або помірно нахилених ділянках [4].

Додаткові дані про висоту, такі як висота в вершинах та западинах та лінії перелому, також можна включити в модель TIN. Лінії перелому представляють значущі рельєфні особливості, такі як потоки або дороги, які є показниками зміни нахилу; трикутники TIN не перетинають лінії перелому. У тривимірному зображенні та моделюванні поверхні TIN зазвичай є бажаною моделлю даних GIS. Деякі причини переваги моделі TIN включають наступне: • потребує набагато меншої кількості точок, ніж сітка, для представлення рельєфу з однаковою точністю • може бути

легко адаптований до змінної складності рельєфу • підтримує точкові, лінійні та полігонні особливості • оригінальні вхідні дані зберігаються в моделі та враховуються при аналізі.

Природоохоронний пріоритет, як ми зазначили, має відображатися в стратегіях і планах, які стосуються землеволодіння та землекористування, зокрема, у сільському господарстві. З одного боку, це означає, що необхідно акцентувати увагу на захисті родючих ґрунтів, відновленні та підвищенні їх якості. З іншого - приймати рішення, які враховують довготривалу перспективу, сприяючи збереженню екосистем і підтримці біорізноманіття [5,6].

Тенденцій сучасного розвитку, взаємодія між різними сферами діяльності, а також підходи, ґрунтовані на ринкових принципах та забезпечення рівноправного доступу до ресурсів, є ключовими елементами в плануванні сталого сільськогосподарського землекористування.

У контексті цієї задачі, важливо підкреслити декілька аспектів:

- 1. Міждисциплінарний підхід:** Планування сільськогосподарського землекористування не може бути ефективним без узгодженої роботи між різними сферами: економікою, екологією, землеустроєм, містобудуванням тощо. Це потребує глибокого інтеграційного підходу.
- 2. Забезпечення права:** Розробка нормативно-правових документів, які гарантують рівноправний доступ до земельних ресурсів, є важливою для формування прозорого та ефективного земельного ринку.
- 3. Урахування локального контексту:** При розробці планових документів необхідно враховувати особливості конкретної території, її історичний, культурний та природний контекст.
- 4. Забезпечення участі громади:** Активна участь громадськості у процесах планування і реалізації проектів є ключовою для забезпечення їх ефективності та соціальної справедливості.

5. Постійний моніторинг та адаптація: В умовах швидкої зміни клімату, економічних умов та інших факторів, планування має бути гнучким, з можливістю швидкої адаптації до змінюваних умов.

У загальному, планування сталого сільськогосподарського землекористування є складною і багатогранною задачею, яка вимагає злагодженого підходу, залучення всіх зацікавлених сторін і постійного моніторингу результатів для забезпечення стійкості та довгострокового успіху.

Згадана нами стратегія комплексного територіального розвитку та система сталого сільськогосподарського землекористування вимагає глибокого та системного підходу, який бере до уваги всі аспекти взаємодії людини та природи. Така стратегія буде ефективною тільки тоді, коли вона базується на сучасних теоретико-методичних засадах, які враховують глобальні тренди, наукові дослідження та міжнародний досвід.

У нашому випадку вихідними матеріалами для створення зон затоплення були дані цифрової моделі рельєфу (далі ЦМР) які представлені на рис. 3.

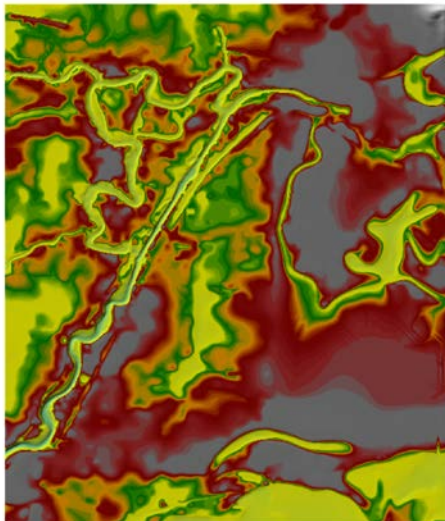


Рис. 3. Цифрова модель рельєфу ділянки вшуккування

Ця робота надає детальний огляд процесу створення та використання моделі у HEC-RAS. Для початку необхідно створити проект зон затоплення, назва набирається латинськими літерами без можливості використання спеціальних символів, а також

без початкових символів у вигляді цифр. Після створення проекту необхідно обрати метричну систему вимірювання а також обрати систему координат, сам модуль оснащений функціями зчитувати систему координат із усіх векторизованих шарів а також з растрових зображень які завантажуються у проект, у нашому випадку визначимо міжнародну систему координат WGS-84, крім того у разі розбіжностей систем координат у файлах програмний продукт сповістить про наявну проблему та допоможе її вирішити шляхом того що у його основі вже зазначені математичні формули для перерахунку між системами координат. Наступним етапом потрібно завантажити геометрію річки а сам завантажити шари фарватеру, а також лінію води річки по лівому та правому берегах.



Рис. 4 Модель зон затоплення без гідротехнічних та інженерних споруд

Після успішного створення геометрії потрібно відзначити поперечні перерізи та перейти до етапу заповнення даних моделювання паводкової ситуації. Шляхом аналізу статистичного ряду гідрологічних показників отримано витрати води при максимальних рівнях води, вони становлять $293 \text{ м}^3/\text{с}$., саме цей показник будемо використовувати для моделювання, вказавши усі вищенаведені дані запускаємо моделювання та отримуємо наступний результат, який зображено на рис. 4.

При детальному аналізі даної моделі слід відмітити що основна частина затопленої території припадає на

сільськогосподарські угіддя а також на територію села Бене, що виділене на рисунку червоним кругом. Із цієї моделі також видно що дані сільськогосподарські угіддя доцільно використовувати для вирощування культур що можуть пережити паводок, адже всі інші постраждають як від водної ерозії так і від заболочення території [5,6]. Отже дана модель чудово підходить для використання її у випадку планування території, як для сільськогосподарських потреб так і для містобудівних потреб, адже знаючи можливість паводкової ситуації можна зробити роботи щодо водовідведення, або ж роботи щодо підняття ґрунтового шару. Ми використовували нашу модель без врахування гідротехнічних споруд таких як дамби, берегоукріплення а також залізничні дороги для того щоб показати їх важливість. Усі вони відіграють роль водовідводів та направляють потік води у потрібному напрямку, таким чином не дозволяють паводку проходити стихійно [6].



Рис.5. Модель зон затоплення з гідротехнічними спорудами

Для того щоб показати дану специфіку гідротехнічних споруд потрібно відредагувати ЦМР додавши до неї відповідні векторизовані шари [1].

Для стійкого, поступово змінюваного потоку основний метод розрахунку профілів водної поверхні між перерізами називається методом прямого кроку (HEC-RAS також підтримує методи імпульсу, мосту WSPRO та метод Yarnell) [2-3]. Основна розрахункова процедура ґрунтується на

ітераційному розв'язанні рівняння енергії. За заданими потоком та рівнем води на одному перерізі метою стандартного методу кроку є розрахунок рівня водної поверхні на сусідньому перерізі. Для субкритичного потоку розрахунки починаються з нижнього кордону і проводяться вгору; для надкритичного потоку розрахунки починаються з верхнього кордону та виконуються вниз. На кордоні потік та рівень води повинні бути відомими.

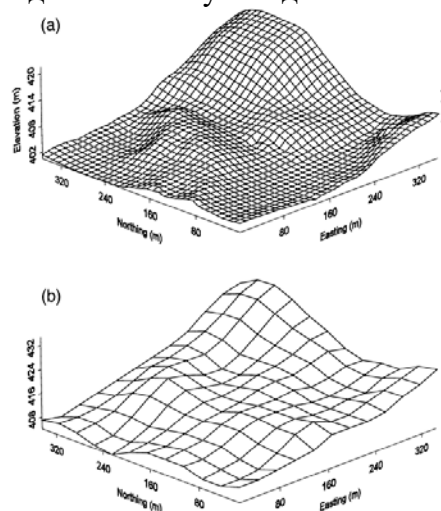


Рис.6. TIN модель представлення висотної основи

У нашому випадку ми запустили моделювання та отримали наступні результати, які представлені на рисунку 5. Як видно з представлених моделей, при плануванні населених пунктів Боржава, Бене враховано можливість підвищення рівнів води в річці Боржава, про це свідчать наявні гідрологічні споруди.

Висновки

Результатом моделювання стали карти потенційних зон затоплення, які демонструють рівні ризику для різних територій. Ці результати є важливим внеском у планування антипаводкових заходів та мінімізацію можливих негативних наслідків для Закарпатської області.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ArcGIS tutorials. (n.d.). [Електронний ресурс] - Режим доступу: <https://desktop.arcgis.com>
2. Bates, P. D., & De Roo, A. P. J. (2000). A simple raster-based model for flood inundation simulation. *Journal of Hydrology*, 236(1-2), 54-77. (In English)
3. Fewtrell, T. J., Duncan, A., Sampson, C. C., Neal, J. C., & Bates, P. D. (2011). Benchmarking urban flood models of varying complexity and scale using high-resolution terrestrial LiDAR data. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 36(7-8), 281-291. (In English)
4. Merwade, V., Olivera, F., Arabi, M., & Edleman, S. (2008). SWAT: Model Use, Calibration, and Validation. *Transactions of the ASABE*, 55(4), 1491-1508. (In English)
5. Пересоляк В.Ю., Радомський С.С.. МОНІТОРИНГ ВОДНИХ РЕСУРСІВ ЗАКАРПАТТЯ В КОНТЕКСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОСУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ. [Електронний ресурс]. Електронний репозитарій УжНУ. Режим доступу: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/31077>
6. Про порядок використання земель у зонах їх можливого затоплення внаслідок повеней і паводків. Україна. Кабінет Міністрів України. (2001). Постанови від 31.01.2001 № 87. Офіційний вісник України, 5, 63, стаття 188, код акта 17715/2001.

A. Shlinkii, I. Radysh

CREATION OF A FLOOD ZONE MODEL FOR THE VILLAGES OF BENE, BORZHAVA, AND VARI AS A FUNDAMENTAL COMPONENT IN URBAN PLANNING

The aim of this project is to develop an effective flood zone model for the villages of Bene, Borzhava, and Vari that will assist in future urban planning and development. The project integrates geological, geomorphological, and historical data to establish a flood zone model. Utilizing this data allows for a more accurate model that considers various factors, including climate change.

Keywords: *flood zones, Borzhava River, climate change, hydrological indicators, flood protection, flood monitoring.*

УДК 528.48

А.О.Анненков, О.В.Адаменко, Р.А.Дем'яненко

Київський національний університет будівництва і архітектури

**СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ В ПРОЦЕСІ МОДЕЛЮВАННЯ
АРХІТЕКТУРНИХ ОБ'ЄКТІВ**

У статті розглянуті питання щодо застосування сучасних методів геодезичного контролю унікальних архітектурних споруд, із застосуванням ВІМ-моделювання. Використання технології 3D лазерного сканування удосконалив вишукувальні роботи під час обстеження пам'яток архітектури. 3D сканування спростило роботу в отриманні обмірювальних креслень фасадів, також підвищило їх детальне опрацювання і завдяки створеній 3D моделі з хмари точок можна отримати креслення у будь-якому вигляді та у будь-який час без додаткових вимірів. За допомогою використання професійного програмного комплексу складається інформаційна модель пам'ятника архітектури ВІМ-модель. Моделювання здійснюється шляхом порівняння цифрової моделі з хмарою точок, що отримується після сканування будівельних конструкцій.

Ключові слова: ВІМ-технологія; архітектурна споруда; геодезичний моніторинг; деформації конструкцій; візуалізація інформації; лазерне сканування

Постановка проблеми

Впровадження технології інформаційного моделювання будівель та споруд потребує значних витрат ресурсів, які надалі окупаються за рахунок скорочення часу роботи на етапах проектування, будівництва та експлуатації. Важливим сучасним способом скорочення тимчасових витрат є автоматизація процесів проектування, що підкріплюється сучасним інформаційним моделюванням на основі якісного геодезичного забезпечення обмірних та будівельних робіт. Найбільш доступним для інженера методом автоматизації своєї роботи є візуальне програмування.

В епоху розвитку інформаційного моделювання зростає актуальність створення моделей унікальних будівель, збудованих у різних архітектурних стилях, а також сучасних будівель складної геометрії. Оскільки унікальні архітектурні об'єкти зазвичай мають нетривіальну форму, це спричиняє значні складнощі при їх моделюванні. Виникає необхідність скорочення термінів та підвищення якості моделювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Ряд вітчизняних та зарубіжних вчених [3,4] провели наукові дослідження щодо вивчення моделювання будівельних об'єктів під впливом дій зовнішніх факторів, які показали функціональні залежності

деформацій будівельних конструкцій від векторних складових зовнішніх навантажень.

У роботах [1,2,5] приділено велику увагу розвитку та впровадженню ВІМ-технології при реалізації геодезичних вимірів в будівельній галузі. Автори розглядають перспективи, що відкриваються під час впровадження ВІМ-технологій у сучасний процес геодезичного забезпечення будівництва. Розкривають актуальні напрямки розвитку ВІМ-технологій у процесі геодезичного моніторингу інженерних споруд.

Автор [6] розглядав питання нової концепції геопросторового моніторингу з урахуванням особливостей і можливостей ВІМ. У статті продемонстровано взаємозв'язок ВІМ, життєвого циклу будівлі та геопросторового моніторингу інженерних споруд. Автор вказав, що критичним елементом геопросторового моніторингу є його робочий процес, який вкрай важливий при будівельних процесах.

Цікавим науковим напрямком деяких зарубіжних вчених є вивчення тривимірного візуального геодезичного моніторингу будівель та споруд [7], в якій реалізовані тривимірні динамічні вимірювання невеликих об'єктів, що підвищує якість та оперативність взаємодії людини з комп'ютером. Однак цей динамічний процес моделювання надто складний і поки що не використовується для великомасштабних об'єктів. Створення 3D-моделі суттєво полегшує роботу з об'єктом, оскільки

дозволяє у віртуальному режимі зстикувати та узгодити всі компоненти та системи будівлі та перевірити їх функціональність [4].

Постановка завдання

Метою даної роботи є пошук оптимальних методів створення моделей унікальних архітектурних об'єктів на основі сучасних геодезичних вимірів.

Завдання роботи:

- 1) розгляд та застосування середовища Autodesk Revit для моделювання унікальних архітектурних об'єктів із застосуванням лазерного сканування;
- 2) моделювання конструктивних елементів різними методами ВІМ технологій.

Виклад основного матеріалу

Можливості сучасних програмних комплексів, таких як Autodesk Revit, дозволяють спростити і систематизувати процес моделювання складних унікальних архітектурних елементів за допомогою створення змінних параметричних сімейств, роботи з 3D геометрією сімейств (поєднання об'ємної та порожнистої геометрії видавлювання, переходу, обертання, зсуву, переходу), а також геометрії формотворчого та візуального програмування. Все це дає можливість створення моделей споруд складних форм у різноманітних архітектурних стилях.

При складанні робочої документації та розробки проекту збереження зовнішнього вигляду будівлі проектувальник та архітектор повинні мати детальні обмірвальні креслення фасадів, які або відсутні або не збігаються з дійсністю. Тому доцільно використовувати в цій галузі інноваційну технологію 3D лазерного сканування, яка дає можливість за мінімальних часових витрат отримати детальні тривимірні дані з високою точністю, на основі яких у сучасному програмному забезпеченні будуються 3D моделі та креслення.

Тривимірне чи 3d-сканування – це процес переведення фізичної форми реального об'єкта в цифрову форму,

тривимірної комп'ютерної моделі об'єкта. Лазерне сканування дозволяє безконтактно отримати точні відомості про конструкції будівель і споруд: перерізи, наявність кренів і прогинів, особливості конструктивних рішень вузлів сполучення елементів.

Особливу цікавість викликає моделювання пам'яток архітектури. На кафедрі Інженерної геодезії Київського національного університету будівництва та архітектури було виконано роботу зі створення моделі частково втраченого комплексу «Дача з мезоніном», що розташований у Києві на проспекті Перемоги 130/1. Одно- та двоповерховий, прямокутний у плані будинок має плоскі дерев'яні перекриття та критий залізом двосхилий вальмовий дах. Перший поверх будинку цегляний, другий дерев'яний, обкладений цеглою.

Особливу складність геодезичних обмірних робіт становили вікна з арочними перемичками, обрамлені архівольтами, замковим каменем та бічними пілястрами та сандріками (Рис. 1).

Дача з мезоніном - колишній дачний будинок. Одна з кількох пам'яток дачної архітектури, що збереглися в Святошино. За визначенням дослідників, будівля - зразок первісної дачної забудови в Києві початку ХХ століття



Рис. 1. Загальний вигляд архітектурної споруди

Кожен із конструктивних елементів комплексу унікальний. Стіни моделювалися як завантажувані сімейства з масиву дошок, з можливістю зміни довжини дошки та кількості дошок у масиві, що дозволяло

змінювати ширину та висоту стіни. Отвори вирізалися за допомогою видалення елементів пустотілої геометрії. Як окремі сімейства створювалися вікна, двері, огорожі, балкони, балясини, а також дрібніші деталі: дощечки лемешу, різьблені фрагменти обрамлення та інші.

Для опрацювання та зшивки лазерного сканування застосовувався програмний комплекс SCENE LT 2019 (рис. 2)

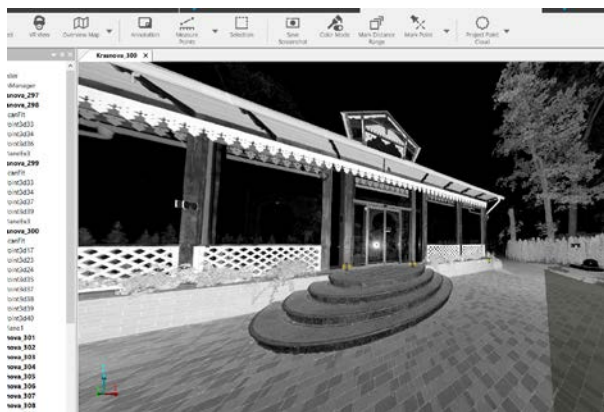


Рис. 2. Загальний вигляд архітектурної споруди

Після первинного опрацювання та відфільтрування точок сканування ми отримали хмару точок, яку надалі завантажили в програмний комплекс REVIT. Наступні кроки BIM моделювання були виконані саме у цьому програмному продукті. (Рис.3). Застосування подібних методів є особливо важливим для пристосування пам'яток архітектури до сучасних умов експлуатації, оскільки дослідницька модель дозволяє віртуально перевірити функціонування сучасних інженерних систем, яких раніше у будівлі не було.

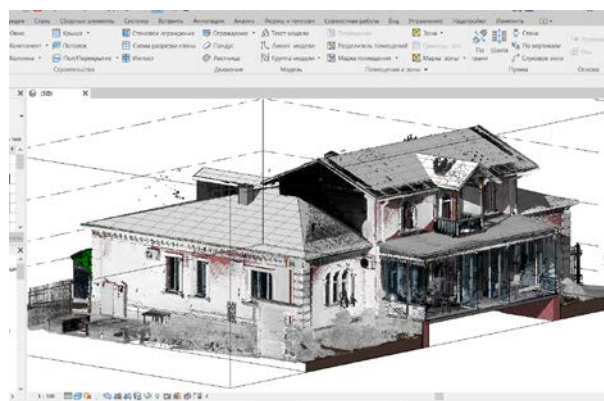


Рис. 3. Хмара точок в REVIT

Створення моделі на основі хмари точок виконувалось поступово та поелементно із заморожуванням та відключенням зайвих об'єктів. Будівля оздоблена пропильним дерев'яним декором. Декоративні елементи створювалися як одиночні сімейства, або як сімейства, що складаються з масиву різьблених деталей, що повторюються (рис. 4).

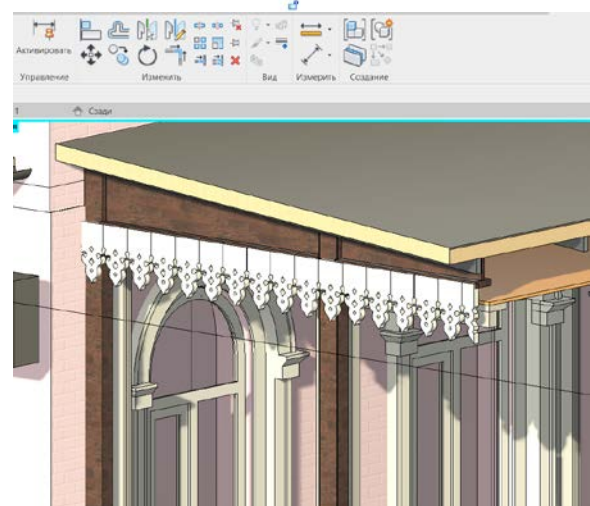
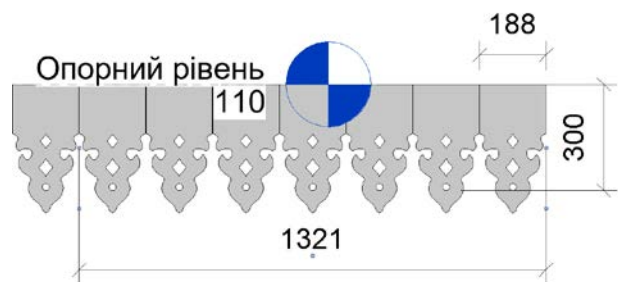


Рис. 4. Декоративний елемент масиву

Унікальність архітектурному стилю надають такі елементи, як фантазійні деталі оформлення фасаду та даху, балкони, еркери, фронтони, вікна та їх обрамлення, форма отворів та багато іншого. Отвори декоративної форми створюються за категорією сімейства «Метрична система, вікно». Геометрія отвору доводиться до бажаної форми, при необхідності додається обрамлення як елемент вичавлювання, а також додається скління. Додавши до сімейства параметри, що змінюються, і залежності, можна при вставці в проєкт змінювати його розміри.

Для створення вікна додається скло як елемент вичавлювання, а потім – декоративні накладні елементи. Свою нішу займає моделювання різьбленого декору вікон у архітектурних стилях, який має суттєві складнощі при опрацюванні знімків (рис. 5).



Рис. 5. Моделювання вікон та декору

Моделі дверей (а також порожні декоративні отвори, балкони) створюються на основі категорії сімейства «Метрична система, двері». Процес моделювання аналогічний до створення вікон.

В архітектурному дизайні широко застосовуються малі архітектурні форми – наприклад павільйони, альтанки, балкони, багато з яких без перебільшення можна назвати архітектурними шедеврами. Для Української культури характерні красиво прикрашені балкони, що мають не лише декоративне призначення як прикрасу будівлі, а й функціональне. Моделі цих об'єктів – більш складніші сімейства, ніж раніше розглянуті, і тому їх зручно створювати з урахуванням категорії «Метрична система, антураж» (рис. 6).

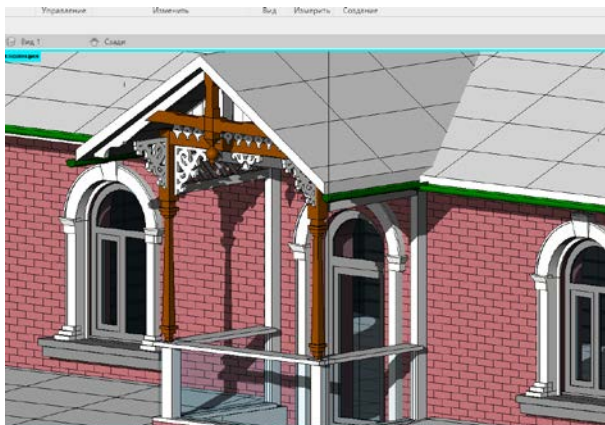


Рис. 6. Моделювання різьбового балкону

Для будівель, що належать до категорії цегляних котеджів, характерною рисою є об'ємний декор фасадів. Це карнизи, міжповерхові пояси, лиштви, півколонки та багато іншого. Такі елементи зручно моделювати як сімейства категорії «Типова модель на основі грані» з наступним накладенням на плоскі грані стіни (рис. 7).

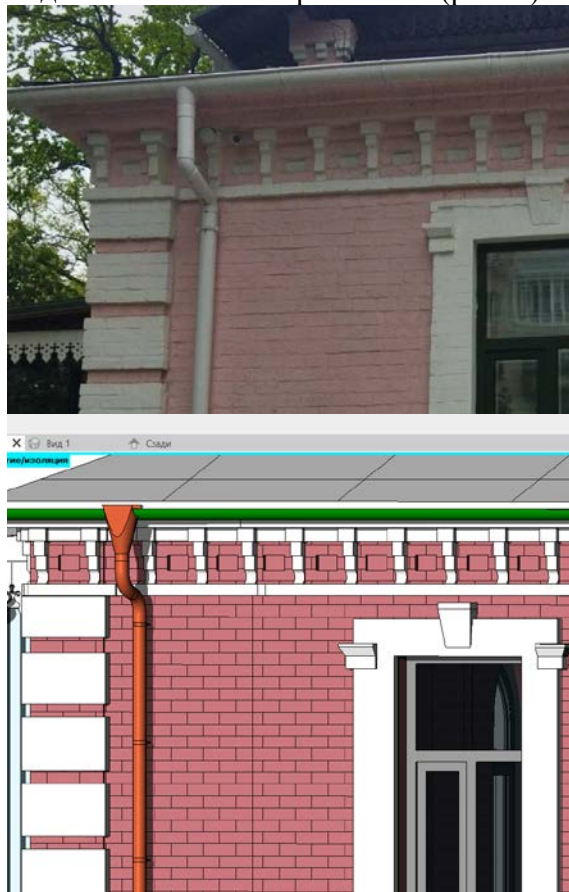


Рис. 7. Моделювання на основі грані

Висновок

Сучасні технології параметричного моделювання мають усі можливості для проектування споруд будь-якої складності, а також для відтворення пам'яток архітектури. Можливості 3D-сканування та подальшого BIM-моделювання колосальні і вони динамічно розвиваються, що дозволяє реалізувати проекти будь-якої складності.

У висновку необхідно відзначити, що технологія BIM та 3D лазерне сканування в нашій країні інтенсивно розвивається, але ж впроваджено ще не настільки широко і масово, як у зарубіжних країнах.

Впровадження BIM на Українському ринку геодезичного забезпечення можливе за вплив багатьох факторів, таких як:

державна законодавча підтримка; готовність професійних спільнот підтримувати стандарти BIM на всіх етапи життєвого циклу об'єкта; навіть бажання замовника. При цьому рішення про використання технології BIM, поки що, є добровільним.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Annenkov. A. Monitoring the deformation process of engineering structures using BIM technologies. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLVI-5/W1-2022 Measurement, Visualisation and Processing in BIM for Design and Construction Management II, 7–8 Feb. 2022, Prague, Czech Republic.
2. Анненков А.О. Перспективи застосування BIM-технології при геодезичному забезпеченні будівництва. Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Геофорум-2022», 6–8 квітня 2022 року. 2022. С. 23-26.
3. Dinga L. Y., Zhonga B. T., Wub S., Luo H. B. (2016) Construction risk knowledge management in BIM using ontology and semantic web technology. Safety Science V. 87, 2016, pp. 202-213.
4. Isaev O., Annenkov A., Demianenko R., Chulanov P. Monitoring of the elements stability of building constructions by means of example of vertical elastic rod of high flexibility. Strength of Materials and Theory of Structures. No. 109 (2022). 416-425
5. Shults, R.; Ormambekova, A.; Medvedskij, Y.; Annenkov, A. GNSS-Assisted Low-Cost Vision-Based Observation System for Deformation Monitoring. Appl. Sci. 2023, 13, 2813.
6. Shults, R.: Geospatial monitoring of engineering structures as a part of bim, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLVI-5/W1-2022, 225–230
7. Zhao Na. Research on the Management Mode of EPC Project of Prefabricated Building Based on BIM Technology [J]. Open Access Library Journal, 2021, 08(07): 85-98

A.O.Annenkov; O.V.Adamenko; R.A. Demyanenko

MODERN TECHNOLOGIES OF GEODESIC WORKS IN THE PROCESS OF MODELING ARCHITECTURAL OBJECTS

The article deals with the application of modern methods of geodetic control of unique architectural structures, with the use of BIM modeling. The use of 3D laser scanning technology will improve investigative work during the inspection of architectural monuments. 3D scanning will simplify the work of obtaining measurement drawings of facades, will also increase their detailed processing, and thanks to the created 3D model from the cloud of points, you can obtain drawings in any form and at any time without additional measurements. By using a professional software complex, an information model of the architectural monument BIM-model is created. Modeling is carried out by comparing a digital model with a cloud of points obtained after scanning building structures.

Keywords: *BIM technology; architectural building; geodetic monitoring; structural deformations; visualization of information; laser scanning*

УДК 528.4

С.А. Чіркін

ТзОВ «ГТЗ-Сервіс»

chirkin.copy@gmail.com

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ НА ПРИКЛАДІ СИСТЕМИ ВПРОВАДЖЕНОЇ НА ТЕРЕБЛЯ-РІЦЬКОЇ ГЕС ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ З ЛІДЕРАМИ КОМЕРЦІЙНИХ РІШЕНЬ

Дана наукова стаття проводить комплексний аналіз технологічних аспектів автоматизованої системи геодезичного моніторингу на прикладі Тересля-Ріцької ГЕС. Головною метою є порівняльний аналіз цієї системи з лідерами комерційних рішень у даній галузі та визначення переваг та обмежень її застосування в гідроенергетиці та інших галузях геодезичного моніторингу. У дослідженні надається перевага опису сучасних автоматизованих систем геодезичного моніторингу та їхнього потенціалу для подальшого впровадження та популяризації.

Ключові слова: автоматизована система геодезичного моніторингу, АСГМ, моніторинг деформацій, ГЕС, напірний трубопровід, дериваційний тип

Постановка проблеми

Тересля-Ріцька гідроелектростанція (ГЕС) являє собою унікальний об'єкт гідроенергетики, який базується на використанні природного перепаду висот між річками Тересля та Ріка. Цей об'єкт розташований в Закарпатській області України і відомий своєю високоефективною генерацією електроенергії завдяки використанню гідродинамічного тиску. Води річки Тересля переносяться через дериваційний тунель до річки Ріка, яка розташована на нижчому рівні висоти, що створює потужний потік води, який використовується для виробництва електроенергії. Ця система гідроенергетики є ключовим джерелом електроенергії для регіону та сприяє зменшенню викидів вуглецю, що відповідає сучасним екологічним вимогам. Проте, така унікальна система також несе певні ризики, зокрема ризик аварій та потенційно небезпечних ситуацій на напірних трубопроводах [1].

Ризики та необхідність моніторингу на гідроенергетичних об'єктах, зокрема на напірних трубопроводах, надзвичайно важливі через можливі наслідки аварій:

Затоплення та руйнування: Аварія може призвести до затоплення населених районів та інфраструктури, загрожуючи життю та завдаючи матеріальних збитків.

Пошкодження гідроенергетичних споруд: Аварія може пошкодити гідроелектростанцію, що вплине на її

функціональність та виробництво електроенергії.

Екологічні проблеми: Великий вилів води може спричинити екологічну катастрофу та загрозу водному середовищу.

Економічні втрати: Ремонт та відновлення споруд потребує значних фінансових зусиль, а зупинка виробництва електроенергії може призвести до економічних втрат.

Геодезичний моніторинг грає ключову роль у вчасному виявленні та реагуванні на зміни стану об'єктів, зменшуючи ризики та мінімізуючи можливі наслідки аварій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідженням моніторингу деформацій, особливо автоматизованими системами геодезичного моніторингу, активно займаються науковці двох визнаних українських закладів: Київського національного університету будівництва і архітектури та Національного університету «Львівська політехніка» [2,3,5,6,7,8]. Ці наукові установи відзначаються розробленням та описом цієї системи. У цьому дослідженні надано перевагу опису переваг сучасних автоматизованих систем геодезичного моніторингу та важливості їх популяризації..

Постановка завдання

Дана стаття має на меті провести комплексний аналіз технологічних аспектів автоматизованої системи геодезичного

моніторингу, взявши за основу систему, впроваджену на Тересля-Ріцькій ГЕС. Основною метою є проведення порівняльного аналізу цієї системи з лідерами комерційних рішень в цій галузі. Стаття спрямована на визначення переваг та обмежень використання автоматизованих геодезичних систем в гідроенергетиці, а також на визначення потенційних шляхів їх подальшого вдосконалення та впровадження в інші сфери геодезичного моніторингу.

Виклад основного матеріалу

Автоматизована система геодезичного моніторингу (АСГМ) виявляється надзвичайно важливою на гідроенергетичних об'єктах, таких як напірні трубопроводи ГЕС [4]. Вона забезпечує постійний моніторинг геодезичних параметрів та геологічних факторів, що впливають на споруди.

Постійний моніторинг і реагування: АСГМ оперативно виявляє відхилення та ризики, що є важливим для забезпечення безпеки та надійності гідроенергетичних споруд. Вона виявляє аномалії та може запобігати аварійним ситуаціям.

Систематичний збір даних: АСГМ автоматично та систематично збирає геодезичні дані з датчиків і приладів, розташованих на гідроенергетичних об'єктах. Важливість частоти збору даних: Частота збору даних має велике значення для точності та надійності моніторингу. АСГМ може збирати дані щоденно або в реальному часі.

Архівування та збереження даних: Зібрані дані автоматично архівуються на серверах для їхнього збереження та доступності в тривалому періоді.

Аналіз та візуалізація даних: Збережені дані можуть бути використані для аналізу деформаційних процесів та їхнього динамічного розвитку на об'єкті.

Використання даних для наукових досліджень: Зібрані дані стають важливим ресурсом для наукових досліджень та вивчення геодезичних змін на об'єкті.

Збір та архівування даних АСГМ забезпечують надійну моніторингову інформацію та базу для досліджень, аналізу

та прийняття рішень з питань безпеки та стабільності гідроенергетичних споруд.

Для досягнення найвищої точності вимірів в системі потрібно враховувати декілька важливих аспектів:

Оптимальний вибір часу вимірювань: Налаштування системи повинно передбачати проведення вимірів у сприятливі часи доби. Такий підхід дозволяє уникнути атмосферних перешкод і забезпечити найточніші результати.

Визначення кількості вимірів: Важливо визначити оптимальну кількість вимірів для отримання середнього значення. Це допомагає уникнути випадкових відхилень і збільшити точність та надійність отриманих даних. Використання різних приладів: Комбінація різних приладів може використовуватися для отримання поправок і підвищення точності вимірювань. Використання додаткових приладів та датчиків дозволяє компенсувати систематичні помилки і враховувати різні фактори, що впливають на точність вимірювань.

Узагальнюючи, проектування системи для досягнення найвищої точності вимагає уважного розгляду всіх цих аспектів і впровадження відповідних стратегій, щоб забезпечити надійні та точні виміри.

Адаптований підхід до розробки системи автоматизованого геодезичного моніторингу (АГСМ) дозволяє на кожному етапі враховувати унікальні характеристики кожного гідроенергетичного об'єкта. Це сприяє досягненню максимальної точності та надійності вимірювань і відіграє вирішальну роль у забезпеченні безпеки та довгострокової ефективності гідроенергетичних споруд.

Автоматизована геодезична система моніторингу (АГСМ) застосовується на різних об'єктах у різних галузях, включаючи:

Гірська справа: Моніторинг гірських об'єктів для контролю деформацій і безпеки.

Будівництво та інфраструктура: Виявлення деформацій та забезпечення довговічності будівель.

Моніторинг інженерних споруд: Виявлення деформацій на греблях та трубопроводах.

Транспорт: Моніторинг насипів доріг і залізниць.

Комунальні господарства: Моніторинг очисних споруд та споруд водопостачання.

Промисловість: Моніторинг важливих споруд.

Енергетика: Моніторинг об'єктів енергетики.

Звалища відходів: Моніторинг стану звалищ.

Тунелі та земляні маси над тунелями: Моніторинг деформацій в тунелях.

Карстові провали та зсуви: Попередження ризиків.

Об'єкти підвищеної небезпеки: Моніторинг атомних і гідроелектростанцій та інше.

АГСМ важлива для забезпечення безпеки і надійності різних об'єктів у різних галузях.

У 2018 році розпочалися роботи з автоматизації процесів моніторингу на Теребля-Ріцької ГЕС. Автоматизована система моніторингу, розроблена науковцями Львівської політехніки [3,7,8], охоплює в себе інструментальну складову, що на сьогодні включає три основні модулі:

1. Вимірювання куткових та лінійних параметрів, а також метеорологічних характеристик.

- Лінійно-кутові вимірювання, проведені для системи геодезичного моніторингу, базуються на використанні роботизованого тахеометра від компанії Leica, конкретно моделі TSA2003. Цей тахеометр виділяється своєю унікальною конструкцією та високим рівнем стійкості до пилу, вологості та вібрацій, що робить його ідеальним інструментом для постійного геодезичного моніторингу.

2. Глобальна навігаційна супутникова система (ГНСС) для точних геопозиційних вимірювань.

- Для підвищення точності та надійності збираних геодезичних даних, система була розширена за допомогою постійно діючої ГНСС-станції TERE, інтегрованої у комплекс системи Geoterrace. Ця станція розташована на відстані приблизно 20 метрів від тахеометра і стала важливою складовою системи для

підвищення точності та надійності збираних геодезичних даних.

3. П'єзометричні вимірювання для оцінки змін рівня поверхневих вод.

- Для точного визначення рівня води були впроваджені п'єзометричні датчики HDL300, розміщені в спеціально обладнаних свердловинах. Ці датчики здійснюють неперервне вимірювання та передають дані у режимі реального часу на сервери, забезпечуючи оперативне інформування щодо рівня води в реальному часі.

Система збирає, аналізує та візуалізує інформацію зібрану з різних приладів. Серцем цієї системи є мінікомп'ютер, який разом із модулями зв'язку був зібраний з компонентів, що є вільно доступними на ринку. Цей мінікомп'ютер відповідає за координацію роботи всіх приладів та передачу зібраної інформації на сервери Львівської політехніки.

У такий спосіб, система стає центральним мозком, який сприймає, обробляє та передає дані з приладів на сервери для подальшого аналізу та візуалізації. Цей підхід забезпечує високу координацію та ефективність всієї системи моніторингу на Теребля-Ріцької ГЕС, та сприяє точному збору та аналізу даних для виявлення деформацій і структурних змін на об'єктах, забезпечуючи надійність та ефективність системи моніторингу.

Комерційні автоматизовані рішення для геодезичного моніторингу:

Leica GeoMoS: інноваційне рішення для моніторингу деформацій

Leica GeoMoS - інтегрований пакет програмного забезпечення і обладнання від Leica Geosystems для моніторингу деформацій та структурних змін на інфраструктурних об'єктах. Ця функціональна система використовується для моніторингу мостів, гребель, будівель та інших об'єктів, підтримуючи різні типи сенсорів, включаючи GPS, для збору даних в реальному часі. GeoMoS дозволяє аналізувати дані і генерувати звіти для прийняття рішень, а також має гнучкість у налаштуванні та ліцензуванні. Використання різноманітних датчиків та системи GNSS робить її надійним інструментом для моніторингу структур та інфраструктури.

Trimble 4D Control: повний контроль за моніторингом деформацій

Trimble 4D Control - інтегрований продукт від компанії Trimble для надійного моніторингу деформацій та змін на об'єктах, включаючи геодезичні мережі, споруди та природні об'єкти. Ця система працює в реальному часі, надаючи миттєвий доступ до даних і сповіщень про зміни. Також дозволяє проводити аналіз та генерувати звіти про стан структур, автоматизуючи процеси моніторингу та підвищуючи ефективність та безпеку.

Sisgeo: інновації у моніторингу інфраструктури та геотехніці

Sisgeo - високопрофесійна італійська компанія, що спеціалізується на системах моніторингу деформацій та структурних змін, яка впроваджує інновації у галузі геотехніки та інженерії. Їх продукти знаходять застосування в будівництві, гірництві, геології та інших сферах, де необхідний точний моніторинг та збір даних. Компанія Sisgeo пропонує широкий спектр продуктів, включаючи сенсори, програмне забезпечення та системи збору даних, призначених для моніторингу різних параметрів і об'єктів. Серед їх інноваційних рішень варто виділити автоматичну систему рівня рідини N-Level, багатоточкові розрахункові системи, датчики тиску та навантаження, тріщиноміри та фугоміри, тензодатчики та термометри, а також різноманітні пристрої для зчитування та зберігання даних. Ці інноваційні рішення роблять Sisgeo надійним інструментом для моніторингу інфраструктури та геотехнічних об'єктів, забезпечуючи точність і надійність збору даних в різних галузях.

Torsop: продукти для моніторингу структур

- Автоматизовані геодезичні системи для постійного моніторингу деформацій.
- Інтеграція тахеометрів, GNSS та геотехнічних датчиків сторонніх виробників.
- Системи командування та управління для ефективного моніторингу.
- Візуалізація, звітність та сповіщення для аналізу змін.
- Використання тахеометрів та оптичних призм для вимірювання та визначення руху конструкцій.

- Програмне забезпечення для обробки та аналізу даних моніторингу.
- Автоматизована система моніторингу деформацій (ADMS) Delta-Solution з контролером Delta-Link.
- Можливість додати сонячні батареї для автономності системи.
- Використання програмного забезпечення Delta-Watch для обробки та аналізу даних.
- Надійна техніка та інтегровані рішення для точного моніторингу структур Riegl Monitoring Systems - професійний моніторинг від Riegl.
- Riegl Monitoring Systems - це важлива гілка компанії Riegl, що спеціалізується на системах моніторингу.
- Функціональність: Вони надають інструменти для точного моніторингу структур, включаючи високоточні лазерні сканери та спеціалізоване програмне забезпечення.
- Сенсори: Їх вирішення базуються на використанні лазерних сканерів, які забезпечують високу точність та надійність збору даних.
 - Застосування: Системи Riegl Monitoring використовуються для моніторингу гірничих робіт, гідротехнічних споруд, будівель та інших об'єктів, де точність та надійність є вирішальними факторами

Висновки

Україна спостерігає тенденцію переходу від традиційних методів моніторингу до АСГМ, і цей крок є доцільним, особливо враховуючи переваги, які були виявлені в результаті впровадження АСГМ на Теребля-Ріцькій ГЕС для моніторингу деформацій напірного трубопроводу у 2018 році.

Інженери, які працювали над цією системою, виконали велику роботу, починаючи з проектування системи та вибору необхідного обладнання, і закінчуючи збіркою органів управління, програмуванням, та інтеграцією всього комплексу. Важливо відзначити, що ця система має потенціал для подальшого розширення, включаючи додаткові датчики та приладдя. Наприклад, система розрахована на використання двох

роботизованих тахеометрів, хоча наразі працює лише один, і вона використовує відбивачі з малими кутами огляду, що дозволяє працювати з одним тахеометром. Ця система також має потенціал для інтеграції з датчиками відомих фірм.

Наше дослідження показало, що ця система виявилася конкурентоспроможною порівняно з готовими комерційними рішеннями. Важливою перевагою комерційних рішень є швидкість встановлення і наявність професійного програмного забезпечення, яке постійно оновлюється. Однак, слід відзначити, що

комерційні системи можуть бути вищою за ціною. На сьогодні на ринку АСГМ спостерігається підвищений попит, і фірми, що представляють продукти для АСГМ, активно розвиваються. Цей ринок також відзначається великим розмаїттям технологій та рішень, як за ціною, так і за якістю. В цілому, результати нашого дослідження свідчать про актуальність та перспективи використання автоматизованих систем геодезичного моніторингу в Україні та в інших сферах геодезичного моніторингу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бурачек С. Крячок, Т. Малік, Л. Мамонтова, В. Немих/Автоматизована система геодезичного моніторингу злітно-посадкової смуги/Технічні науки та технології/2018-№4(14). С.248-257.
2. Исаев О.П., Адаменко О.В., Шульц Р.В. Білоус М.В, Кривий О.П./Геодезичний моніторинг - з досвіду виконання геодезичних робіт кафедри інженерної геодезії КНУБА/Містобудування та територіальне планування. С.265-277.
3. К.Р. Третьак, С.Л. Петров, Ю.І. Голубінка, Ф.К.Ф Аль-Алусі/Аналіз стійкості пунктів системи автоматизованого геодезичного моніторингу інженерних споруд Канівської ГЕС Геодезія/ 2014 С.5-19.
4. Исаев А.П. Гуляев Ю.Ф., Чуланов П.А. Комплексный мониторинг инженерных сооружений/Містобудування та територіальне планування С.162-171.
5. Старовсров В.С. Гайкін Д.В./ Геодезичний моніторинг гідротехнічних споруд за допомогою автоматизованої системи спостереження/Містобудування та територіальне/2020 С.298-307.
6. В.Д. Сидоренко, А.О Анненков Застосування цифрової інклінометрії в системах геодезичного моніторингу інженерних споруд/ Розвиток промисловості та суспільства/ С.28
7. Нестеренко С.В. Третьак К.Р./ Спостереження за вертикальними рухами греблі Канівської ГЕС різними геодезичними методами/Виробництво, технології, інженерія/2022. С.137-138.
8. Третьак К., Заяць О., Глотов В., Наводич М./Створення автоматизованої системи моніторингу споруд Теребля-Ріцької ГЕС Геодезія, картографія, і аерофотознімання/2022-№95.С.13-21

S. Chirkin

TECHNOLOGICAL ASPECTS OF AUTOMATED GEODETIC MONITORING SYSTEM BASED ON THE CASE OF THE TEREBIYA-RITSKA HYDROELECTRIC POWER PLANT AND A COMPARATIVE ANALYSIS WITH INDUSTRY LEADERS

This scientific article conducts a comprehensive analysis of the technological aspects of an automated geodetic monitoring system using the Tereblya-Ritska Hydroelectric Power Plant as a case study. The primary objective is to provide a comparative analysis of this system with industry leaders in commercial solutions within the field, and to identify the advantages and limitations of its application in hydroenergy and other sectors of geodetic monitoring. The research emphasizes the description of contemporary automated geodetic monitoring systems and their potential for further implementation and promotion, comparing them with market leaders in commercial solutions.

Keywords: Automated Geodetic Monitoring System, AGMS, deformation monitoring, Hydroelectric Power Plant, penstock, differential type.

УДК 504:910:332.143

В.І. Мокрий¹, О.І. Мороз¹, І.М. Петрушка¹, Е.М. Арустамян²

¹Національний університет «Львівська політехніка»

istr.dept@lpnu.ua

²Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України

info@mepr.gov.ua

ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ РОЗТОЧЧЯ

Розглянуто геоінформаційну систему, побудовану за результатами моніторингових досліджень об'єктів природно-заповідного фонду Розточчя. Дослідження виконані з метою – створення тематичної цифрової карти БР «Розточчя» на основі комплексного підходу до сучасних інформаційно-аналітичних технологій та інструментальних засобів. Результати виконаних досліджень полягають у відпрацьовані алгоритмів, методів і технологій екологічного моніторингу, які представлені у вигляді тематичної ГІС-моделі природно-заповідних об'єктів української частини БР «Розточчя». Розроблено інформаційно-аналітичні технології моніторингу лісових екосистем, природно-техногенних ландшафтів, поверхневих вод, антропогенізації ґрунтів. Наукова новизна полягає в підвищенні інформативності даних екологічного моніторингу для інформаційної підтримки управління екологічною безпекою природних і урбанізованих екосистем Розточчя.

Ключові слова: геоінформаційна система, природно-заповідний фонд, біосферний резерват «Розточчя», екологічна безпека, моніторинг.

Постановка проблеми

Збереження і відновлення екологічного потенціалу України, значимість її еколого-економічної ролі в Європейському союзі визначають напрямки реалізації геоінформаційних технологій моніторингу екосистем транскордонних територій Розточчя. Ця височинна територія простягається з північного заходу на південний схід, від Красника Люблінського воєводства Польщі до Львова в Україні. Довжина порівняно вузького горбистого пасма Розточчя становить 180 км, з яких 110 км знаходяться на польській території. Розточчя – один з найцікавіших фізико-географічних регіонів Центрально-Східної Європи. Для забезпечення екологічної безпеки, оцінки стану, прогнозу наслідків природного та антропогенного впливу на ландшафти, біорізноманіття і стабільність мікроклімату прикордонних українсько-польських територій доцільне застосування геоінформаційних систем (ГІС) моніторингу екосистем Розточчя [15].

Розточчя, як транскордонна природна фізико-географічна формація, є визначальним об'єктом в інтеграції національної екологічної мережі до Всеєвропейської, через створення міждержавних природоохоронних територій. На природоохоронних територіях Польщі та України створено Біосферний резерват (БР)

«Розточчя», площею понад 74 тис.га, як українську складову транскордонного українсько-польського біосферного резервату в регіоні Розточчя [1].

Отже, науково-прикладна проблема моніторингу екологічної безпеки з використанням ГІС-технологій територій БР «Розточчя», який включено у світову мережу біосферних резерватів, що вимагає виконання міжнародних стандартів його функціонування та управління, є актуальною і має важливе наукове й прикладне значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

За останні п'ять десятиліть спостерігається помітне зацікавлення широкого кола фахівців Українським Розточчям – своєрідною, порівняно мало зміненою людьми територією. Хронологічні рамки першопочатків краєзнавчого та археологічного вивчення Розточчя українськими і польськими науковцями досліджено в роботі [5]. Авторами [14] наведено історичні аспекти природоохоронних досліджень Розточчя, проаналізовано наукові доробки різних наукових шкіл. Відомості про природничі дослідження на Розточчі наведено у дисертаційних роботах М. Сороки, В. Брусака, Р. Гнатюка, О. Підкови та ін. Вивченню біорізноманіття присвячені праці

авторів: ботаніки – С. Стойко, П. Ященко, О. Кагало, Л. Тасенкевич, В. Ткачик, М. Жижин, М. Загульський, А. Зеленчук; зоологи – І. Горбань, Ю. Чорнобай, В. Різун, І. Капрусь та ін. Моніторингові природоохоронні дослідження відображено у працях авторів: Я. Дубина, О. Луговой, Г. Стрянець, А. Гузій, Н. Ференц, та ін.

Ландшафтно-геофізичні дослідження територій Розточчя, створення ландшафтних і палеоландшафтних карт, з використанням крупномасштабних цифрових моделей рельєфу і ГІС-технологій представлені у публікаціях авторів: ландшафтознавці – Б. Муха, В. Брусак, О. Федірко, Є. Іванов; геоморфологи – Я. Кравчук, Р. Гнатюк, І. Ковальчук, Ю. Зінько, В. Шушняк, І. Круглова, О. Яворський, ґрунтознавці – З. Яцюк, Б. Свидницький та ін. Ландшафтознавчі дослідження сприяли організації природоохоронних територій на Розточчі, що втілено завдяки кропіткій праці багатьох поколінь природодослідників. Однак цілісний моніторинг природних ресурсів Розточчя відсутній.

Розв'язання проблеми екологічного моніторингу екологічної безпеки територій БР «Розточчя» з використанням ГІС-технологій започатковано авторами [11], запропоновано технологію створення геопорталу «Екологічна безпека транскордонних територій». Геопортал є ефективним засобом оперативного аналізу і прогнозу динаміки антропогенних, природних і соціальних факторів, що потребує бази даних моніторингу біологічного і ландшафтного різноманіття БР «Розточчя». Авторами [4] застосовано ГІС-технології для моніторингу, моделювання та прогнозування факторів екологічної безпеки – інтенсивності площинного змиву на Розточчі., науково обґрунтовано заходи запобігання прояву несприятливих ерозійно-аккумулятивних процесів і стабілізації системи «рельєф – господарська діяльність – екзогенні процеси», але залишені поза увагою інші фактори екологічної безпеки.

Сучасні підходи до інтеграції просторово-часових георозподілених даних геоінформаційними технологіями розглянуті в праці [9], висвітлено принципи та підходи до розробки web-сайту БР «Розточчя»,

однак, зазначається відсутність зворотнього зв'язку, який передбачено при створенні та функціонуванні таких інформаційно-аналітичних систем. На основі матеріалів лісовпорядкування розпочато формування ГІС-лісових екосистем ПЗ «Розточчя» [2], внесено квартално видільну сітку, породний склад насаджень, постійні пробні площі з таксаційними характеристиками, моніторингові маршрути і пункти. В роботі [8] започатковано створення ГІС РЛП «Равське Розточчя», але створено лише один тематичний шар – ГІС «Гідрологічна мережа Равське Розточчя». Авторами інформаційного ресурсу [13] представлено створені засобами ГІС-технологій інноваційні тематичні карти БР «Розточчя». Вони допомагають у пріоритизації території з точки зору їхнього природоохоронного значення і локалізації заходів з екосистемної адаптації до зміни клімату.

Поглиблені і детальні, але фрагментарні та розрізнені ландшафтознавчі дослідження Розточчя не інтегровані в систему просторово-часових георозподілених баз даних результатів екологічного моніторингу. Відсутній мережевий доступ до розподілених відомчих та інтегрованих баз даних, комплексної обробки й використання інформації.

Тривалі лісівничі, ботанічні та зоологічні дослідження Розточчя свідчать про інтенсифікацію антропогенних загроз, а також про недостатність суворої пасивної охорони, яка не забезпечує збереження всіх видів і біотопів. У зв'язку з деградацією лучно-болотних комплексів Розточчя та їх сільватизацією значно зменшилася чисельність ценопопуляцій рідкісних видів флори і фауни [3, 12]. Тому, сталий розвиток Розточчя, невиснажливе, максимально наближене до природи ресурсокористування потребує застосування сучасних інформаційно-аналітичних технологій моніторингу факторів екологічної безпеки біологічного і ландшафтного різноманіття екосистем Розточчя.

Постановка завдання

Дослідження виконані з метою – створення тематичної цифрової карти БР «Розточчя» на основі комплексного підходу

до сучасних інформаційно-аналітичних технологій та інструментальних засобів.

Мету досягнуто шляхом вирішення наступних завдань: підвищення інформативності даних екологічного моніторингу для управління екологічною безпекою природних і антропогенізованих екосистем Розточчя; ідентифікація оптимізованими методиками космоснімків об'єктів природо-заповідного фонду та девастрованих ландшафтів, необхідних при створенні комп'ютеризованої системи моніторингу екосистем як моделюючого інформаційно-програмного комплексу; створення тематичних інформаційно-аналітичних еколого-картографічних моделей екосистем.

Об'єкт досліджень – техногенні, постмеліоративні, дигресійні, резерватогенні, ренатуралізаційні процеси і явища динаміки екосистем Розточчя.

Предмет дослідження – моніторинг екологічної безпеки локальних гідрологічних, лісових, лучно-болотних і урбанізованих комплексів природоохоронних об'єктів Розточчя і прилеглих територій.

Методи дослідження ґрунтуються на системному науково-обґрунтованому аналізі теоретичних досліджень, геоінформаційних технологіях, програмних комплексах та інструментарію аналізу близькості геопросторових об'єктів. Синтез еколого-картографічних моделей екосистем реалізовано ГІС-технологіями MapInfo Professional.

Виклад основного матеріалу

Результати виконаних досліджень полягають у відпрацьовані алгоритмів, методів і технологій екологічного моніторингу, які представлені у вигляді тематичної ГІС-моделі природно-заповідних об'єктів української частини БР «Розточчя» (рис.1). Створено еколого-картографічні моделі антропогенних факторів екологічної безпеки – дорожньої мережі і населених пунктів. Розроблено інформаційно-аналітичні технології моніторингу лісових екосистем, природно-техногенних ландшафтів, поверхневих вод, антропогенізації ґрунтів для інформаційної підтримки управління екологічною безпекою Розточчя.

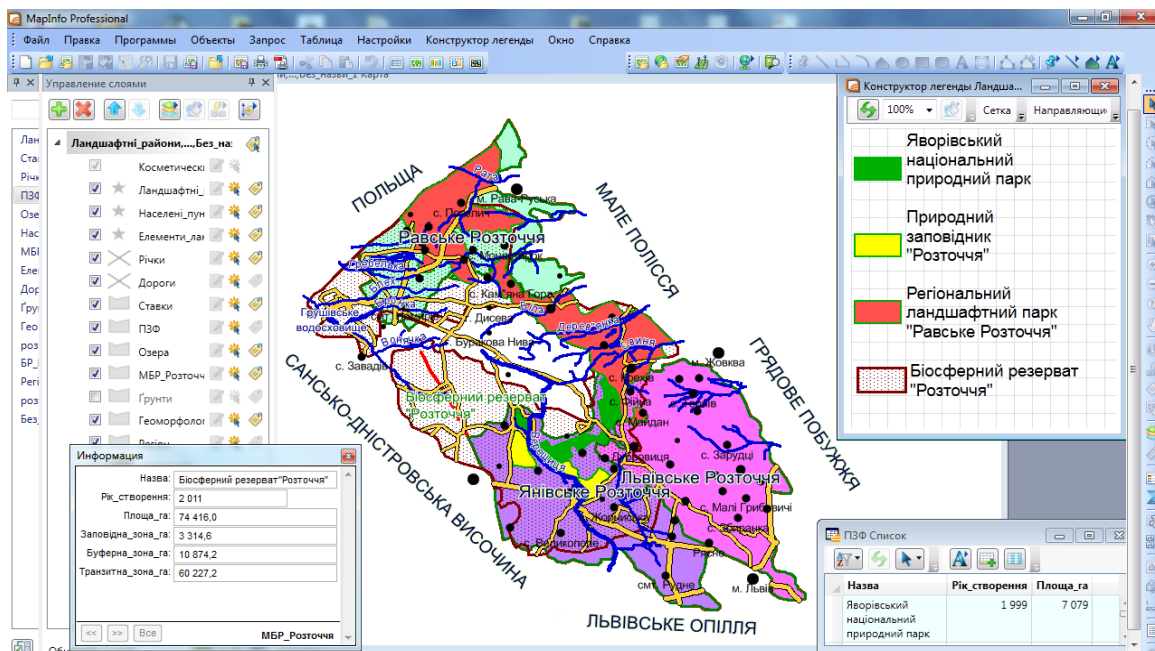


Рис. 1. Робоче вікно ГІС MapInfo Professional з тематичним шаром «Природно-заповідний фонд української частини Біосферного резервату «Розточчя»

Екологічна безпека територій визначається ступенем реалізації реальних і потенційних екологічних загроз. Імовірність нерационального використання природних ресурсів на транскордонних з Євросоюзом територіях підвищує екологічні ризики.

Транскордонне розташування досліджуваних територій, специфіка територіального міждержавного поділу гідрологічних та геоморфологічних елементів ландшафту, особливості господарських зв'язків з Євросоюзом обумовлюють необхідність розвитку методології моніторингу екологічної безпеки транскордонних територій для запобігання екологічних загроз всіх рівнів.

Інтеграція міждисциплінарних методів аналізу даних забезпечує принципово нові вимоги до розв'язку проблеми оперативного, вірогідного і повного інформаційного забезпечення збалансованого та екологічно безпечного управління екосистемами Розточчя. Для тематичної систематизації результатів інвентаризації та моніторингових досліджень, організованого збереження, пошуку потрібної інформації, її оброблення та аналізу використовуються ГІС [13].

Для створення цифрової карти БР «Розточчя» застосовано програму ГІС MapInfo Professional – яка дає змогу вирішувати складні завдання географічного аналізу на основі реалізації запитів і створення різних тематичних карт, здійснювати зв'язок з віддаленими базами даних, експортувати географічні об'єкти та інші програмні продукти. MapInfo є настільною системою картографування, завдяки її розвиненим можливостям тематичного картографування. Поєднанням тематичних шарів і методів буферизації, районування, злиття і розбивки об'єктів, просторової й атрибутивної класифікацій створено синтетичну багатокомпонентну карту з ієрархічною структурою легенди (див.рис.1). В якості вихідні даних для оцифрування карти досліджуваних територій використано топографічну карту Львівської області, карту функціонального зонування БР «Розточчя», карти Google Earth і Bing Maps Яворівського та Жовківського районів. Картографічний

матеріал, який використовується для побудови інформаційних картографічних моделей є важливим елементом вхідної інформації. Цифрова карта є основою для виготовлення звичайних паперових, комп'ютерних, електронних карт, вона входить до складу картографічних баз даних, є одним із найважливіших елементів інформаційного забезпечення моніторингу екологічної безпеки БР «Розточчя».

ГІС природно-заповідного фонду (ПЗФ) БР «Розточчя» зберігає інформацію (цифрові карти) про навколишнє середовище у відповідності до набору тематичних шарів, об'єднаних на основі географічного положення. Цифрові карти в ній організовані у вигляді шарів. При побудові цифрової карти Розточчя створено шари «Геоморфологічні райони», «Населені пункти», «Дороги». Кожен шар містить різні об'єкти карти. Користувач ГІС має можливість працювати з окремим шаром, або, накладаючи шари один на одного, створити комплексну карту і працювати з нею. Структурною складовою ГІС «ПЗФ БР «Розточчя»» є тематичний шар ГІС «Населені пункти і дорожня мережа Розточчя», який частково забезпечує розв'язок задач еколого-економічного моніторингу екологічної безпеки, інвентаризації природоохоронних та природно-техногенних комплексів Розточчя.

Екологічна безпека Розточчя визначається функціями збереження біологічного різноманіття і ландшафтів, проведенням наукових досліджень, а також вирішенням проблем сталого соціально-економічного розвитку природних і адміністративних регіонів, підтримки традиційного невиснажливого природокористування, максимально наближеного до природи лісокористування та еколого-освітньої роботи з місцевими громадами. Це потребує координації дій країн-партнерів на етапах функціонального зонування, планування спільних робіт зі створення БР та формування організаційних структур, які забезпечать функціонування БР [7].

Згідно з вимогами МАБ ЮНЕСКО стосовно функціонального зонування БР під час реалізації проекту проведено підготовку

й узгодження з польськими проектантами планів щодо внесення певних територій до заповідної зони (зона А) і забезпечення його охорони, збереженості та відтворюваності біологічного і ландшафтного різноманіття. БР «Розточчя» є природним ядром національної екологічної мережі в межах Галицько-Слобожанського (лісостепового) і Дністровського екологічних коридорів.

Відповідно до Севільської стратегії, завданням БР «Розточчя» є збереження біологічного різноманіття, природних ресурсів і їх стале використання. Збереження видового різноманіття забезпечується дотриманням режиму заповідності на території природного ядра (3314,6 га), яке складається з території ПЗ «Розточчя» (2084 га), заповідних зон Яворівського НПП (661,6 га) та РЛП «Равське Розточчя» (293 га), заповідного урочища «Немирів» (276 га), що разом становить 4,5% від території біосферного резервату і є достатнім для забезпечення вимог МАБ ЮНЕСКО.

Разом з тим, екосистеми Розточчя зазнали суттєвих антропогенних трансформацій – кар'єри і відвали гірничовидобування, гідротехнічні споруди і водойми, розвиток ставкових господарств, скорочення лісопокритих площ, меліорація заболочених угідь, зміни русел річок тощо. Природно-техногенні екосистеми різного рівня трансформації займають близько 60% території біосферного резервату, на орні землі припадає понад 27%, під забудовою майже 4%. На даний час доцільна оптимізація підготовлених принципових схем функціонального зонування резервату у межах польської й української частин

Розточчя, яка повинна бути погоджена із землекористувачами [15].

Висновки

Екологічна безпека природно-заповідного фонду Розточчя забезпечується кластерними територіями заповідного ядра, які займають близько 6%, при цьому площі буферної зони перевищують ядро у 3,5 рази, що відповідає досвіду територіальної організації біосферних резерватів, які представляють зону широколистяних лісів помірного поясу Європи. Проте, планістична модель зонування БР «Розточчя» є кластерною, з хаотичним розташуванням заповідної і буферної зон, тому потребує оптимізації шляхом створення лісоекологічних та гідроекологічних коридорів.

Розроблена ГІС «ПЗФ БР Розточчя» дає можливість оптимізації функціонального зонування української і польської частин БР «Розточчя». Розроблені ГІС-технології моніторингу екологічної безпеки біосферного резервату «Розточчя» дають змогу одержати оперативну, вірогідну і повну інформацію про сучасний стан заповідного, рекреаційно-господарського, урбанізованого комплексів екомережі Розточчя, визначають тематику подальших розробок і створення нових моделей комплексної оцінки екологічних ризиків техногенної та природної небезпек – карст, зсуви, повені, лісові пожежі, підтоплення, інвазія для інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень на локальному, регіональному, глобальному рівнях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Біосферні резервати для кліматичної адаптації в Україні. Інформаційний ресурс <https://www.eba-ukraine.net/%D0%9C%D0%B5%D0%B4%D1%96%D0%B0.html>
2. Бунь А., Сивній С., Савчин О., Стрянець О. Формування геоінформаційної системи природного заповідника «Розточчя» // Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". – 2011. – № 694. – С. 127-131.
3. Горбань І.М. Фауна птахів та ссавців заповідника «Розточчя» // Наук. вісн. нац.

НЛТУ України. Природничі дослідження на Розточчі. – 2010. – Вип. 20.16. – С. 224–230.

4. Косик Л.Б. Результати стаціонарних та напівстаціонарних досліджень сучасних екзогенних геоморфологічних процесів в Українському Розточчі // Вісник Львів. ун-ту. Сер. геогр. – 2007. – Вип. 34. – С. 135–142.

5. Ляска В. Ранньосередньовічні пам'ятки Розточчя в світлі краєзнавчих та археологічних досліджень (XIX – 30-ті роки ХХ ст.) // Матеріали і дослідження з

археології Прикарпаття і Волині. – Вип. 13. – 2009. – С. 336–346.

6. Мокрий В. І., Гончарук В. Є., Петрушка І. М., Бобуш О. А., Гречаник Р. М., Шемелинець І. Л., Урбанек А., Грубіцка Я., Козінські М., Грабовські Т., Мороз О. І. Інформаційні технології проектування геопорталу "Екологічна безпека українсько-польської екологічної мережі" // Природа Західного Полісся та прилеглих територій : збірник наукових праць. – 2017. – Том Т. 1 : Географія № 14. – С. 3–8.

7. Мокрий В., Петрушка І., Гречаник Р., Захарчук Є. Концепція застосування ГІС-технологій проектування геопорталу «Транскордонна екологічна інформація України і Польщі»/Тези міжнар. наук.-практ. конф. «Актуальні питання використання та збереження природних ресурсів прикордонних територій України і Польщі». – Львів. – СПОЛОМ. –2021. – С. 25-26.

8. Мокрий В.І., Трофимчук О.М., Гречаник Р.М., Гасько Р.Т., М'якуш І.І., Радчук В.В., Радчук І.В., Загородня С.А., Курляк І.М. Інформаційні технології роботизованого моніторингу гідрологічної мережі РЛП «Равське Розточчя» // Проблеми та перспективи розвитку економіки і підприємництва та комп'ютерних технологій в Україні: збірник тез доповідей XII наук.-практ. конфер. – Львів. ННІПТ НУ «Львівська політехніка». –2016. – С.25-27.

9. Стрямець С.П., Кустра Н.О., Стрямець Г.В. Розробка Web-сайту біосферного резервату «Розточчя»//Вісник Хмельницького національного університету. – Технічні науки. – №6. – 2013. С.245–249.

10. Транскордонний українсько-польський біосферний резерват «Розточчя» :

V. Mokryy, O. Moroz, I. Petrushka, E. Arustamian

GEO-INFORMATION TECHNOLOGIES OF ENVIRONMENTAL SAFETY MONITORING OF THE NATURE AND PRESERVATION FUND OF ROZTOCHYA

*The geo-information system built based on the results of monitoring studies of the objects of the Roztochchi nature reserve fund was considered. The research was carried out with the aim of creating a thematic digital map of the BR "Roztochya" based on a comprehensive approach to modern information and analytical technologies and tools. The results of the conducted research consist of developed algorithms, methods and technologies of ecological monitoring, which are presented in the form of a thematic GIS model of nature-reserved objects of the Ukrainian part of the BR "Roztochya.. The scientific novelty consists in increasing the informativeness of ecological monitoring data for informational support of ecological safety management of natural and urbanized ecosystems of Roztochya. **Key words:** geoinformation system, nature reserve fund, Roztochya biosphere reserve, environmental safety, monitoring.*

[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://wownature.in.ua/oberihaymo/biosferni-rezervaty-v-ukraini/transkordonnyy-ukrainsko-polskyy-biosfernyy-rezervat-roztochchia/> .

11. Трофимчук О.М., Мокрий В.І., Радчук В.В., Радчук І.В., Загородня С.А., Бутенко О.С., Красовський Г.Я., Триснюк В.М., Гасько Р.Т., Курляк І.М. Концепція формування геопорталу «Екологічна безпека транскордонних територій»//Матеріали II міжн.наук.-практ. конф. «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи». – Львів: – ЛДУ БЖД. – 2015. –С.240–243.

12. Ференц Н.М., Хомин І.Г., Горбань І.М., Горбань Л.І. Рідкісні види флори і фауни природного заповідника «Розточчя» та сучасні загрози щодо їх збереження // Наук. вісн. нац. ун-ту біоресурсів і природокористування України. – Вип. 171. – Ч. І. – Сер. Лісівництво та декоративне садівництво. – 2012. – С. 229–235.

13. Шипулін В. Д. Основні принципи геоінформаційних систем. – Харків : ХНАМГ, 2012. – 312 с.

14. Шушняк В., Савка Г. Історія природоохоронних досліджень території Яворівського національного природного парку // Вісник Львів. Ун-ту. – Сер. геогр. – 2009. – Вип. 37. – С. 285–291.

15. Mokryy V., Petrushka I., Tomin V., Niska M., Moroz O., Bobush O., Tsyhaniuk A., Shemelynets I., Grechanyk R. Informational support on creation of the geoportal "Environmental safety of Ukrainian-Polish transboundary territories" by technologies of robotized monitoring // Studia Quaternaria. – 2020. – Vol. 37, iss. 1. – P. 15–16

УДК 528.3

Р.І. Беспалько, Т.В. Гуцул, І.І. Казімір

Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича

r.bespalko@chnu.edu.ua; t.gutsul@chnu.edu.ua; i.kazimir@chnu.edu.ua

ОПТИМАЛЬНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ КАРТОГРАФІЇ, КАРТОГРАФІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА ТА ЦИФРОВОЇ ФОТОГРАММЕТРІЇ У ПІСЛЯВОЄННИЙ ЧАС

Забезпечення території України актуальними планово-картографічними матеріалами – передумова її розвитку та відбудови. Використання карт під час війни, створених військовими картографами за принципом «достовірність, точність, оперативність» – запорука успіху її результатів. Наведено пріоритетні напрями післявоєнного картографування території України. Реалізацію пропонуваного виду робіт, частина даних в яких неминуче буде дублюватися доцільно здійснювати комплексно з урахуванням концепції Національної інфраструктури геопросторових даних.

Ключові слова: демаркація, топографічне картографування, спеціальне картографування, тематичне картографування, просторове планування.

Постановка проблеми

Проголошення незалежності України сформувало одну із першочергових задач – розбудову державного кордону. Закон України «Про державний кордон України» в юридичному контексті вважає ним – «лінію і вертикальну поверхню, що проходить по цій лінії, які визначають межі території України – суші, вод, надр і повітряного простору». Державні кордони «є відображенням територіальної цілісності, політичної та економічної незалежності, суверенітету та єдності України».

2 лютого 2021 р. парламент ухвалив закон «Про внесення змін до деяких законів України щодо внесення до Державного земельного кадастру відомостей про державний кордон України» № 1175-ІХ. Відповідний шар було опубліковано на Публічній кадастровій карті України. На ньому відобразили інформацію про державний кордон України з Словачкою Республікою (98 км), Угорською Республікою (137 км), Румунією (по суходолу – 614 км), Україною та Республікою Польща (по суходолу – 355 км).

Виклад основного матеріалу

Демаркаційні роботи, які полягають у проведенні кордону на місцевості включають: підготовчі картографо-геодезичні та землевпорядні роботи; розробку техніко-економічного обґрунтування; винесення проекту лінії державного кордону на місцевість

відповідно до матеріалів делімітації (результатів переговорів); закріплення лінії кордону; встановлення прикордонних знаків та визначення їх планових координат і висот; оновлення топографічних карт масштабу 1:10 000 державного кордону та прикордонної території, які є основою для проведення топографо-геодезичного та картографічного моніторингу прикордонних територій; складання проекту протоколу про демаркацію кордону, протоколу опису проходження лінії кордону, альбому топографічних карт, протоколів прикордонних знаків, каталогу координат прикордонних знаків та інших демаркаційних документів; підготовка договору про режим державного кордону.

Таким чином, Україну очікують масштабні демаркаційні роботи, серед яких найпріоритетнішими є роботи на ділянці з росією. Українсько-російський кордон є найдовшим у Європі, довжиною 1 974 км сушею та 321 км морем.

Такі відомості мають стратегічно важливе значення для забезпечення національної безпеки, економічного розвитку держави, охорони навколишнього природного середовища, міжнародного співробітництва. Це значно заощадить державним органам час і полегшить прийняття управлінських рішень економії часу, а також оптимізує витрати державних коштів при надзвичайних ситуаціях.

Внаслідок бойових дій в Україні постраждали природні та с/г ландшафти, перестали існувати цілі населені пункти. Зміни місцевості за даними ДЗЗ на

територіях ведення бойових дій настільки суттєві, що доцільніше буде наново **створювати топографічні карти**, а не оновлювати існуючі. З іншого боку, нормативно передбачений «Основними положеннями...» та «Порядком загальнодержавного топографічного і тематичного картографування» термін періодичності оновлення в п'ять років сплине для більшості номенклатурних аркушів створених у довоєнний період часу.

Україна потерпає від забруднення мінами та вибухонебезпечними об'єктами, що залишилися з часів Першої, Другої світових воєн, а також у результаті продовження конфлікту на Сході країни з 2014 р., який переріс у повно-масштабну війну. На початок 2023 р. прес-служба ДСНС проінформувала про замінування $\approx 40\%$ території (понад 250 000 км²). За площею замінованих земель ООН відносить Україну до найзамінованіших. Масштаби мінування перевершують країни, де військові конфлікти тривали десятиліттями. До повномасштабного вторгнення, за 2021 р. було гуманітарно розміновано ≈ 46 км² території. Оптимістичні прогнози аналітиків оцінюють тривалість післявоєнного гуманітарного розмінування уражених територій у 5-10 років, песимістичні – у понад 70 років [1]. За будь-яких сценаріїв розвитку подій, один із етапів гуманітарного розмінування включає обов'язкове маркування і **складання спеціальних карт обстеженої та очищеної території**.

Очевидно, за таких випадків просторова точність таких планових матеріалів критично важлива. БПЛА, як платформа збору геопросторових даних дозволяє інженерам-геодезістам не перебувати в загрозованих життєвих умовах, провадити діяльність за межами фізичних та психофізіологічних здібностей особи, а також відкриває широкий перелік функцій, які раніше могли здаватися нереальними [2]. Зокрема, застосування в процесі технічних обстежень територій різноманітних датчиків дозволить одночасно збирати просторову інформацію, спрямовану на **доповнення/ уточнення базових та тематичних наборів Національної інфраструктури геопросторових даних**.

Усвідомлення масштабів та тривалості робіт з гуманітарного розмінування територій потребує обґрунтування підходів до першочергового повернення до господарського використання найперспективніших земельних ділянок. Результати оптимального використання таких територій сформують економічні засоби для розмінування та швидшого очищення решти територій [3].

Ідеї залучення для оброблення та аналізу просторової інформації ГІС-засобів і ГНСС-обладнання почали звучати ще на початку 2000-х рр. Методи ГІС можуть бути використані для інтеграції даних з історії бойових дій (зміни оборонних ліній поля бою в роки конфлікту) для їх синтезу та інтерпретації. Зростає кількість випробувань методів ГІС у поєднанні з геостатистичними методами для моделювання мінних ризиків задля доповнення даних про діяльність з розмінування. ГІС інтегруються в гуманітарне розмінування з різними цілями.

Одна з них – моделювання здатності громади, що постраждала від мін, адаптуватися до забруднення наземними мінами, створення карт ризиків, які окреслюють зони підвищеної небезпеки, що потребують пріоритетного розмінування. Починають з'являтися системи підтримки прийняття рішень, які ґрунтуються на багатокритеріальному аналізі території та формують задовільні результати за мінімальної кількості вхідних даних у вигляді результатів **тематичного картографування**.

Повномасштабне відновлення громад, особливо у населених пунктах зі значними руйнуваннями, потребує більш ґрунтового аналізу та **просторового планування території**.

24 липня 2021 р. набрав чинності Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо планування використання земель» який вносить зміни до Земельного кодексу України й інших законодавчих актів стосовно планування використання земель. Комплексні плани просторового розвитку – одночасно містобудівна документація на місцевому рівні та документація із землеустрою, що визначає планувальну

організацію, функціональне призначення території, основні принципи і напрями формування єдиної системи громадського обслуговування населення, дорожньої мережі, інженерно-транспортної інфраструктури, інженерної підготовки і благоустрою, цивільного захисту, охорони земель та інших компонентів навколишнього природного середовища, формування екомережі, охорони і збереження культурної спадщини та традиційного характеру середовища населених пунктів, а також послідовність реалізації рішень, у тому числі етапність освоєння території.

В контексті військових загроз та викликів загострилася роль продовольчої безпеки України. Значні частини її земель тимчасово стали недоступними або непридатними для вирощування товарної сільськогосподарської продукції.

Деградація в результаті бойових дій обумовила руйнування ґрунтового покриву, порушення єдності морфологічної будови профілю, відбулося перемішування генетичних горизонтів, змінився склад і властивості ґрунтів, з'явилися невластиві для ґрунтів включення – пережитки війни (залишки боєприпасів, снарядів, мін, ракет, набоїв та ін.), ґрунти інтенсивно ущільнювалися важкою військовою технікою.

Рекультивація порушених військовими діями земель потребує проведення масштабних ґрунтових обстежень, **картографування ґрунтового покриву території, проведення агроекологічної оцінки, розробки карт та схем раціонального використання порушених земель.**

План заходів щодо впровадження в Україні системи рухомого (мобільного) зв'язку п'ятого покоління (5G) на жовтень 2021 р. розпочався, проте не встиг повною мірою реалізуватися з об'єктивних причин. Окрім забезпечення якісним зв'язком, доступом до числа сервісів ця інфраструктура доповнить мобільні пристрої пересічних користувачів підвищенням рівня точності (режим А-GPS [4]) та швидкості визначення координат у просторі, що особливо важливо під час навігації на

територіях, що зазнали наслідків бойових дій у післявоєнний час.

Картографування радіочастотного планування місцевості потребує детальних комплексних вишукувань, результатами яких зокрема є: цифрова модель рельєфу, цифрова модель місцевості, растрова модель даних, покриття, клатер та висотний клатер [5].

Державна стратегія регіонального розвитку на період 2021-2027 рр. передбачала створення частки земель природозаповідного фонду на 1 січня 2025 р. на рівні 12,5%, а на 1 січня 2030 р. на рівні 15% від площі держави. Реальна частка природно-заповідного фонду України станом на 1 січня 2023 р. становить 4,167 млн. га (6.9%).

Багато областей не створювали нові природоохоронні території в умовах війни росії проти України в тимчасово окупованих областях: Херсонській, Запорізькій, Луганській, Харківській та Миколаївській областях. В умовах анексії не створювали природоохоронних територій в Автономній Республіці Крим та м. Севастополі. Також не створювали об'єктів природо-заповідного фонду Вінницька, Сумська, Івано-Франківська, Дніпропетровська та Хмельницька області.

Держава конституційно гарантує право громадянам на безпечне для життя і здоров'я довкілля, і докладає заходів щодо його збереження, а отже неминуче з'явиться потреба **картографувати біорізноманіття** в цих регіонах України.

Європейський Союз (ЄС) та Програма розвитку ООН в Україні спільно розробили інтерактивну онлайн-платформу для **картографування збитків від війни**, яка класифікує зруйновані об'єкти за типом і ступенем. Поточно цей проект пілотується у 20 громадах Дніпропетровської, Донецької, Харківської, Херсонської, Миколаївської та Сумської областей. Нововведена платформа – зручний геопортал, який містить каталог об'єктів, систему класифікації для оцінки збитків, детальні адресні плани. Ця інформація має вирішальне значення для точного розрахунку збитків і залучення істотних інвестицій для відновлення.

Висновок

Оптимальність напрямів розвитку картографії в післявоєнний час в Україні буде визначатися передусім цілями безпеки (демаркація та спеціальні карти очищеної території), у тому числі і продовольчої (карти ґрунтових та геоботанічних обстежень для рекультивациі порушених земель), швидкого відновлення населених пунктів (просторове планування), відбудови промислового сектору (тематичне картографування пріоритетності та

черговості розмінування) та сфери послуг, зокрема телекомунікації (карти радіочастотного планування).

Реалізація усіх без винятку напрямів потребуватиме детальних топографічних матеріалів, створенню яких сприятимуть дистанційні фотограмметричні методи. Такі методи будуть гарантувати безпеку інженерам-геодезистам, точність та якість виконаних робіт. Ефект масштабного за обсягами картографування може суттєво знизити вартість проведення таких заходів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сучасні підходи до оцінювання черговості гуманітарного розмінування територій / Р. Беспалько та ін. *Технічні науки та технології*. 2023. № 1(31). С. 146-157. URL: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-1\(31\)-146-157](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2023-1(31)-146-157).

2. Гуцул Т., Жежера І., Ткач В. Особливості класифікації та методів вибору БПЛА. *Технічні науки та технології*. 2022. № 4(30). С. 201–212. URL: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2022-4\(30\)-201-212](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2022-4(30)-201-212).

3. Економічна ефективність та пріоритетність розмінування територій: світовий досвід / Т. Гуцул та ін. *Український*

журнал прикладної економіки та техніки. 2023. № 3. С. 308–313. URL: <https://doi.org/10.36887/2415-8453-2023-2-44>

4. Гуцул Т., Проданюк Д. Визначення точності мобільної навігації відносно даних наземних геодезичних спостережень. *Вісник КНУ імені Шевченка. Серія: географія*. 2021. № 3/4(80/81). С. 72–76. URL: <https://doi.org/10.17721/1728-2721.2021.80-81.11>.

5. Примак Л. Основні вимоги до складу топографічного забезпечення для радіочастотного планування телекомунікаційних систем. *Інженерна геодезія*. 2018. Вип. 65. С. 158–169.

R. Bespalko, T. Hutsul, I. Kazimir

OPTIMAL DIRECTIONS OF THE DEVELOPMENT OF CARTOGRAPHY, CARTOGRAPHIC PRODUCTION AND DIGITAL PHOTOGRAMMETRY IN THE POST-WAR PERIOD

Providing the territory of Ukraine with up-to-date planning and cartographic materials is a prerequisite for its development and reconstruction. The use of maps during the war, created by military cartographers according to the principle of "reliability, accuracy, efficiency" is the key to the success of its results. The priority directions of the post-war mapping of the territory of Ukraine are given. Implementation of the proposed types of works, some of the data in which will inevitably be duplicated, should be carried out comprehensively, taking into account the concept of the National Infrastructure of Geospatial Data.

Key words: demarcation, topographic mapping, special mapping, thematic mapping, spatial planning.

УДК 332.2

Г.І. Прохорова

Закарпатський НДЕКЦ МВС

anna.didovskaya@gmail.com

ВРАХУВАННЯ ФАКТОРНИХ ОЗНАК ПРИ ОЦІНЦІ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК

Оцінка вартості земельної ділянки за її змістом не є інтуїтивним методом, її основною складовою є аналітичне дослідження, засноване на традиційних наукових підходах. Загалом варто виділити складові суб'єктивного характеру, щоб отримана оцінка мала виключно об'єктивний характер. Розглянута в статті методика дозволяє усунути суб'єктивну складову оцінки. Враховуючи специфіку заявки, по суті, це комбіноване поєднання кількох підходів до оцінки вартості земельної ділянки.

Ключові слова: оцінка землі, адаптивні очікування, регресійний аналіз, аналітичне дослідження, прогнозування ціни.

Постановка проблеми

Оцінка вартості земельної ділянки за своїм змістом не є інтуїтивним методом, головна його складова – аналітичне дослідження, що спирається на традиційні для науки підходи. В цілому варто виокремити складові, що є суб'єктивними за своєю суттю, щоб отримана оцінка носила виключно об'єктивний характер.

Метод, що розглядається у статті може усунути суб'єктивну складову оцінки. Враховуючи специфіку застосування, по суті, - це комбінативне поєднання кількох об'єктивних підходів щодо оцінки ціни земельної ділянки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідженням оцінки майна займалися як вітчизняні, так і закордонні науковці. Особливо варто відмітити Тарасевича Є. І., Грібовського С. Є., Грязнову А. Г., Краснікову Л. І., Лісняка В. Г., Ястремського О. І., Гриценко О. Г., Драпіковський О. І., Іванова І. Б., Крумеліс Ю. В.

Серед закордонних економістів важливий вклад у побудову основ математико-статистичного механізму оцінки ринку землі зробили Дж. Фрідман, Н. Ордуей, В. Рутгайтер, Ю. Губер, І. Геллер, Дж. К. Еккерт, Р. Дж. Глаудеманс, Р. Р. Олмі.

Постановка завдання

Головною метою даного дослідження є створення математичного алгоритму для оцінки адекватної ціни земельної ділянки.

Запропонований метод включає в себе такі головні складові як порівняльний аналіз та статичну оціночну модель ціни земельної ділянки.

Це дозволяє забезпечити достовірність, надійність та економічну ефективність розрахунків ринкової вартості на певний момент часу, також визначити ціну землі у майбутньому. В основі алгоритму лежить визначення ступеня подібності земельних ділянок та оцінка найбільш споріднених об'єктів з досліджуванним.

Порівняння є одним з головних методів емпіричного аналізу, комбінований варіант якого дозволить більш точно оцінити вартість земельної ділянки не тільки на сьогодні, але також у минулому та майбутньому.

Виклад основного матеріалу

Залежно від цілей (призначення) оцінка вартості землі може розглядатися, з одного боку, як основа вирішення законодавчо обумовлених задач (сплата земельного податку) або виступати економічним регулятором земельних відносин (спадщина, дарування), що потребує встановлення нормативної вартості (ціни) землі з урахуванням типової, офіційно встановленої вартості права оренди земельної ділянки [4].

Оцінка вартості земельної ділянки передбачає визначення певного виду вартості відповідно до бази оцінки із застосуванням різноманітних методологічних підходів реалізації робіт з оцінки на підставі дотримання основних

принципів, об'єднаних у наступні групи [3; 78]:

- принципи, пов'язані з уявленнями користувача;
- принципи, пов'язані безпосередньо із оцінюваною земельною ділянкою;
- принципи, пов'язані з ринковим середовищем;
- принципи найбільш ефективного використання.

Кожна з груп даних принципів дозволяє здійснити приблизну оцінку поточної ціни досліджуваної земельної ділянки, проте з використанням підходу *ceteris paribus* (за інших рівних умов), тобто при застосуванні однієї з перерахованих груп, інші за умовою залишаються в статичному положенні, на відміну від динамічних змін.

Наприклад, в теорії політекономії розглядається варіант виключно раціональної поведінки споживача, принципи найбільш ефективного використання базуються на гіпотезі про те, що споживач буде поводити себе з найбільшою ймовірністю таким чином, як передбачено в економетричній моделі, ринковий підхід дозволяє оцінити приблизні криві попиту та пропозиції на землю, базуючись на статистичних даних минулих періодів дослідження [6; 47].

Для того, щоб оцінити ціну досліджуваної земельної ділянки чи об'єкта нерухомості застосовують метод нормування для визначення подібності із об'єктами, інформація про які є загальнодоступною.

В залежності від ступеня подібності можливо або одразу визначити кінцеву ціну, або знайти той діапазон, що буде найбільш прийнятним.

В якості основних елементів порівняння були обрані:

- площа ділянки;
- основні характеристики (наявність дороги, рельєф);
- інфляційні очікування потенційних покупців, показники яких були отримані на основі середнього рівня інфляції в регіоні;
- період швидкості зміни інфляційних очікувань.

Зіставлення цін продажу подібних земельних ділянок відноситься до методів оцінювання порівняльного підходу, використання якого можливе лише за наявності інформації достатньої кількості щодо продажів аналогічних ділянок. Якщо база для аналізу достатня, об'єкт оцінки – типовий (наприклад оцінка вартості ділянки під автостоянку), застосування даного методу виявиться найпростішим і при тому достатньо обґрунтованим. У загальному випадку оцінка виконується у наступному порядку [4]:

1. на відповідному ринку нерухомості виявляється та аналізується масив даних щодо фактичного продажу земельних ділянок, аналогічних оцінюваному по сукупності важливих показників, у першу чергу, це вид діяльності та рівень цільового використання.

2. інформація формується та обробляється у напрямку виявлення найбільш повного аналогу, відносно якого упорядковують необхідну порівняльну ринкову інформацію (ціна продажу, величина орендної плати й ін.). Потім ця інформація про фактичні угоди перевіряється про наявність прихованих мотивів та умов продажу, оцінюється можливість її використання в процесі оцінки [2].

3. елементи порівняння відображують сукупність властивостей ділянки та її поліпшень, її зовнішнього оточення, кон'юнктури ринку та конкретних умов продажу, які справляють істотний вплив на вартість об'єкта. Звісно, що не всі елементи порівняння однаково впливають на вартість конкретної ділянки, але це потребує перевірки за кожним пунктом.

Найчастіше до елементів, що впливають на вартість земельної ділянки за наведеним методом та потребують розрахунку коригуючих поправок при відхиленні, відносять [1]:

- правовий режим земель (права володіння, користування, розпорядження, наявність правових обмежень та сервітутів) та форма власності;
- офіційне цільове призначення та фактичне використання попереднім власником;

- місцезнаходження (відмінності у розташуванні земельних ділянок за кадастровою оцінкою);

- експлуатаційні характеристики (розмір і конфігурація ділянки, рельєф, ухил поверхні, категорія ґрунтів, режим фунтових вод та паводків, прояви небезпечних геологічних процесів, рівень інженерної підготовки площі);

- наявність та стан поліпшень для об'єкта оцінки та подібних земельних ділянок;

- функціональне використання прилеглої території та рівень інженерно-транспортної інфраструктури, стан довкілля;

- умови продажу за конкретною угодою (вільний продаж, наявність прихованих умов та неявних мотивів, продаж за фактором обмеженості у часі, продаж задіяної ділянки, ліквідаційний продаж; продаж за конфіскацією, продаж ділянки, зупинка діяльності на якій приносить збитки та інше);

- рівень інфляції за час, що минув з моменту продажу ділянки-аналога;

- кон'юнктура ринку на момент продажу аналога та об'єкта оцінки.

Поправки до цін продажу подібних земельних ділянок, що враховують їх відмінності в умовах угод та характеристиках, визначаються на основі попарного порівняння або статистичного аналізу ринкових даних. Відмінності, які визначають вартість ділянки у порівнянні з аналогом, враховуються через надбавку чи знижку до ціни або внесенням додаткових умов до угоди.

Для цілей оцінки застосовуються таблиці коригувань, що повинні враховувати відхилення в ціні за елементами порівнянь, але на жаль вони не мають належного обґрунтування кількісних значень коригувальних коефіцієнтів, тим більш, що деякі елементи порівняння з точки зору конкретного покупця можуть не мати жодного значення, а інші навпаки [5].

На рисунку 1 відображена динамічна зміна інфляції з врахуванням коефіцієнта коригування, що розраховується як відношення річного показника до

середнього геометричного зваженого інфляції за 2001 – 2022 роки.

$$\text{infl}_i = \text{infl}_i / \text{infl}_m, \text{ де:}$$

infl_i - відносне значення зміни інфляції, %;

infl_i - показник інфляції поточного року;

infl_m - значення середнього геометричного рівня інфляції за досліджуваний період.

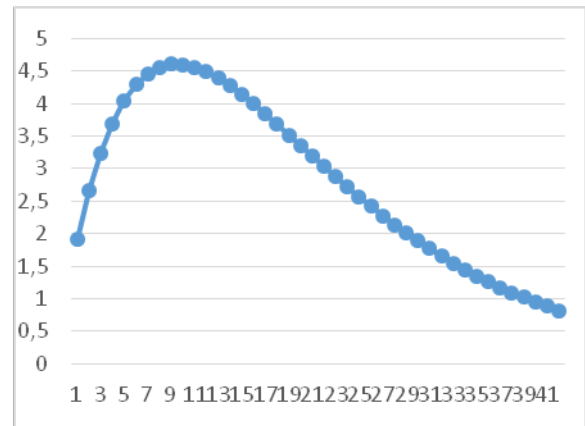


Рис. 1. Динамічна зміна рівня інфляції в Україні за 2001 – 2022 роки

Джерело: офіційний сайт Міністерства фінансів України (<https://index.minfin.com.ua>)

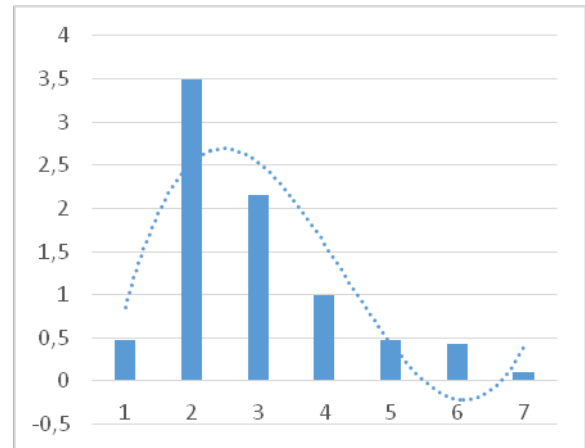


Рис.2. Відносна зміна середнього групового рівня цін земельних ділянок по Україні за 2001 – 2022 роки

Джерело: Державна служба статистики України (<https://www.ukrstat.gov.ua>)

Відносна зміна середнього групового рівня цін земельних ділянок за ціною за один гектар (якщо побудувати відповідну гістограму) відповідатиме за контурами відкоректованої інфляційної лінії. Це можна пояснити з точки зору теорії адаптивних

сподівань (очікувань) – динаміка зміни цін прогнозується на майбутнє, що змінює поведінку покупця.

Для зручності було застосоване групування – розподіл статистичних даних на сім груп.

Адаптивні очікування [7] – це припущення, включене в економічні моделі для спрощення аналізу. Його основний постулат полягає в тому, що агенти базують свої прогнози на історичних даних.

Цей підхід протиставляється підходу раціональних очікувань, коли передбачається, що люди користуються усією доступною інформацією при формулюванні своїх оцінок.

Іншими словами, виходячи з адаптивних очікувань, агенти враховують лише минуле. Однак, якби люди були раціональними, вони також включали б у свій аналіз події, анонсовані на майбутнє, наприклад, якби уряд розпорядився про введення заходів у дію з наступного року.

Загалом методи оцінки можна умовно класифікувати так:

- порівняння цін подібних ділянок;
- ретроспективний аналіз;
- витратний підхід;
- комбінативний підхід;
- доходний підхід.

Комбінативний аналіз дозволяє врахувати як динамічну, так і статичну складові цін. В першу чергу це стосується поєднання компаративного (порівняного) підходу та ретроспективного аналізу, для використання якого використовується метод динамічних рядів.

Оскільки величини, що використовуються у кожному із методів, мають різну розмірність та одиниці виміру, необхідно застосувати нормування, що дозволить звести їх до безрозмірних величин. В результаті утвориться агрегований показник.

Для того, щоб визначити суттєвість впливу одного фактору на кінцеву ціну, важливо оцінити ступінь взаємозв'язку між певним фактором та кінцевим результуючим показником. За умови, якщо факторів декілька, приймається умова незмінності значення усіх інших показників, окрім того, вплив якого досліджується.

Прикладом того, щоб оцінити ступінь подібності земельних ділянок є комбінація двох підходів – порівняння подібних об'єктів та оцінка кореляції між певними факторами, що характеризують ділянку та її кінцевою ціною.

За умови, якщо існує у відкритому доступі інформація про певну вибірку, а також фактори, що є основними чинниками впливу на ціну, алгоритм оцінки зведеться до наступного:

- визначення вагомості кожного показника у випадку кожної конкретної ділянки;
- співставлення вагомості чинників з аналогічними показниками для досліджуваної ділянки землі.

Цей тип комбінаційного аналізу є виключно статичним. За умови загальної схожості показників кореляції ціну ділянки, що найближча за показниками, можна приймати в якості потенційної ціни досліджуваної ділянки.

У випадку застосування багатофакторної лінійної регресії буде застосований метод співставлення коефіцієнтів, що дозволить оцінити ступінь впливу кожного фактору на кінцеву ціну.

Можливо також застосувати вибіркового підхід – обирати подібні земельні ділянки за принципом окремого фактору. З найбільш підходящих і формується кінцева ціна. Такий принцип можливий, якщо застосовувати вагові коефіцієнти для кожного з окремо взятих факторів.

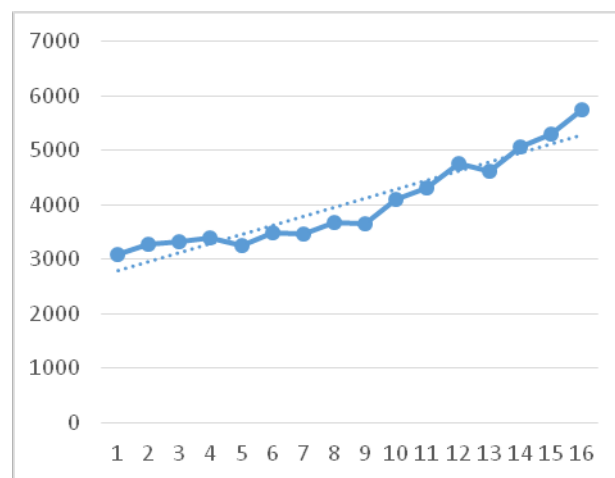


Рис. 3. Поквартальна зміна рівня середньої зарплатної плати в Україні (2013 – 2016 рр.)

Джерело: Державна служба статистики України (<http://www.ukrstat.gov.ua>)

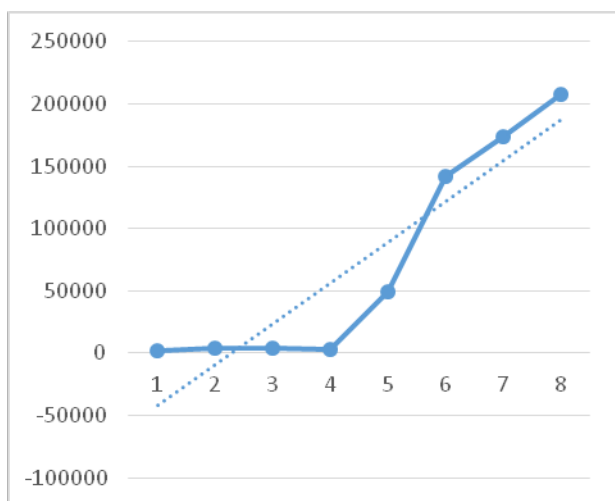


Рис. 4. Поквартальна зміна загальної кількості трансакцій на ринку земельних ділянок сільськогосподарського призначення в Україні (2013 – 2016 рр)

Джерело: Міністерство юстиції України (<https://minjust.gov.ua>)

Частковим прикладом врахування зміни факторної ознаки на досліджуваній кінцевий показник є аналіз тенденції зміни кількості трансакцій (угод купівлі-продажу) на ринку земельних ділянок сільськогосподарського призначення. Враховуючи, що землі, призначені для забудови або для промислового використання мають набагато вищу ціну, аніж сільськогосподарські, можна оцінити зміни попиту-пропозиції на них із врахуванням зміни рівня середньої заробітної плати по країні.

Звісно, що необхідно враховувати не номінальну зарплату, а саме реальну, що відображає купівельну спроможність грошової одиниці, а тому на пряму пов'язана з рівнем інфляції в країні, а також інфляційними очікуваннями потенційних покупців земельних ділянок.

Інфляційні очікування – це припущення населення і підприємців про те, що інфляція зросте в майбутньому на підставі пролонгації вже існуючої тенденції, що приводить до зростання заробітної плати, зростання витрат, руху кривої сукупної пропозиції вгору за межі природного рівня національного продукту, що говорить про подальше зростання інфляції.

Вся діяльність економічних агентів на ринках товарів і послуг, ринках факторів виробництва, а також фінансовому ринку здійснюється під впливом інфляційних очікувань, коли учасник ринку при здійсненні операцій виходить з припущень про можливий рівень інфляції в майбутньому.

Інфляційні очікування можливо розглядати як частковий випадок з теорії адаптивних очікувань, оскільки враховують виключно економічну основу прогнозування, що базується на теорії раціональної поведінки споживача чи покупця.

За умови високого рівня інфляційних очікувань, економічні агенти будуть вкладати поточні активи в те, що за їх сподіваннями, не буде знецінене у майбутньому, і матиме навіть вищу цінність. Одним із головних “активів-на-майбутнє” є земельні ділянки різноманітного призначення.

На рисунках 3 і 4 показані загальні тенденційні зміни, що вказують на позитивний зворотній зв'язок між рівнем середньої заробітної плати та кількістю укладених угод. Незважаючи на те, що рівень номінальної заробітної плати на пряму залежить від середнього рівня інфляції в країні, купівельна спроможність грошової одиниці збільшується, і темпи збільшення купівельної спроможності в цілому відповідають темпам зростання загальної кількості трансакцій на ринку.

Щоправда, при аналізі тенденцій взаємної залежності між кінцевим показником варто враховувати також фактор “статистичного шуму”, що може призвести до спотворення кінцевого результату дослідження.

При дослідженні статистичних величин спостерігаються відхилення, що можуть впливати на кінцевий результат дослідження. Фактично, це так званий ефект “статистичного шуму”. У цьому випадку величини, що не були враховані заздалегідь, змінюють значення кінцевого показника.

Даний метод може бути застосований для оцінки динамічних рядів зміни показників величини, а також для статичних.

Статистичний шум (fraction of variance unexplained) – це різновид перешкод, що можна описати за допомогою випадкових, довільно взятих величин. При цьому визначається верхня та нижня межі цього показника. За умови, якщо досліджувана величина перевищує, або, навпаки, знаходиться нижче за встановлений рівень, необхідно ввести коригувальний коефіцієнт.

Складовими статистичного шуму є врахування похибок та залишків.

У статистиці та оптимізації **похибки** (errors) та **залишки** (англ. residuals) є тісно пов'язаними мірами відхилення спостережуваного значення елементу вибірки від його «теоретичного значення», що легко сплутати.

Похибка (або збурення) спостережуваного значення є відхиленням цього спостережуваного значення від (не спостережуваного) *істинного* значення досліджуваної величини (наприклад, середнього значення генеральної сукупності), а залишком

спостережуваної змінної є різниця між цим спостережуваним значенням та *оцінкою* значення досліджуваної величини (наприклад, середнім значенням вибірки).

У випадку визначення залежності показника ціни від певного фактору (критерію), важливо виявити щільність зв'язку між ними, також врахувати випадкові відхилення, що можуть призвести до спотворення значення кінцевого результату.

Висновки

Як і будь-який вид дослідження, оцінювання земельних ділянок дозволяє визначити найбільш коректне значення вартості, що відповідає конкурентним ринковим умовам. При застосуванні методів оцінки окремо один від одного можливим є збільшення рівня похибки кінцевого результату. При застосуванні комбінативного методу, до складу якого входять динамічна та статична складові, рівень похибки зменшується.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гавва В.Н. Потенціал підприємства: формування та оцінювання: Навч. посіб./ В.Н. Гавва, Е.А. Божко. К.: ЦНЛ, 2004. 249 с.

2. Краснокутська Н.С. Потенціал підприємства: формування та оцінка: Навч. посіб. / Н.С. Краснокутська. К.: ЦНЛ, 2005. 352 с.

3. Лісняк В. Г. Оцінка майна в Україні. Нерухоме майно: Практичний посібник з оцінки нерухомого майна. К., 2008. 410 с.

4. Потенціал підприємства: формування та оцінка: Навч. посіб. / О.С. Федонін, І.М. Репіна. К.: КНЕУ, 2003. 384 с.

5. Потенціал регіону: вектори формування та використання. Монографія / О.О. Шубін, М.В. Азарян, Д.В. Солоха, О.В. Белякова. Донецьк: СПД Купріянов В.С., 2011. 658 с.

6. Самуельсон П. Економіка: Підручник. Львів. Світ. 1993. 496 с.

7. Evans, G.W.; Honkapohja, S. (2001). "Expectations, Economics of". International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences. pp. 5060–5067

H.Prohorova

TAKING FACTOR CHARACTERISTICS INTO ACCOUNT WHEN EVALUATING THE PRICE OF LAND PLOTS

Estimating the value of a land plot by its content is not an intuitive method, its main component is an analytical study based on traditional scientific approaches. In general, it is worth highlighting the components that are subjective in nature, so that the obtained assessment is exclusively objective in nature. The method considered in the article can eliminate the subjective component of the assessment. Taking into account the specifics of the application, in fact, it is a combinatory combination of several approaches to estimating the price of a land plot.

Keywords: land valuation, adaptive expectations, regression analysis, analytical research, price forecasting

UDC 528.4:332.3

S. Nesterenko, Y. Radzinska

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

radzinskayayb@gmail.com

STUDY OF PLANNING RESTRICTIONS OF URBAN AREAS

The general goal of land resource management in urban planning is to ensure balanced, sustainable and functional development of the city that meets the needs of modern society. The use of land resources in urban planning has a decisive influence on the development of the city and the quality of life of its inhabitants.

Given the limited land resources, planners must balance needs for housing, commerce, infrastructure, transportation, green spaces, and other uses. Consideration of various factors, such as social, environmental, economic, cultural, technological and demographic aspects, plays an important role in the planning of urban areas.

Keywords: of land resource management; urban planning; development of the city; land resources; planning restrictions; city zoning.

Formulation of the problem

Planning restrictions are an important tool for managing urban development and ensuring sustainable urban growth. The purpose of planning restrictions is to ensure a balanced arrangement of city functions, preserve natural resources and ensure the quality of life of residents. Planning restrictions may include city zoning, restrictions on the height of buildings, restrictions on the use of land plots for specific types of activities. An important element of planning restrictions is zoning, which allows you to allocate separate areas of the city for residential, commercial, industrial and other types of construction.

Planning restrictions contribute to the creation of a harmonious environment where the economy develops, but at the same time natural and cultural values are preserved. An important aspect of managing planning restrictions is the participation of residents and stakeholders in the decision-making process related to the development of the city. At the same time, the requirements for safety, ecology and ensuring access to infrastructure should also be taken into account. Effective implementation of planning restrictions requires cooperation between authorities, development professionals and the public. Planning restrictions may change over time in response to changes in city and community needs [1].

Ensuring the effective implementation of planning restrictions contributes to the improvement of the quality of life of residents and creates prerequisites for the sustainable development of the city. The introduction of

planning restrictions helps to avoid chaos and disorder in the urban planning process, ensuring a systematic organization of the city's development.

Analysis of recent research and publications

Planning restrictions can take into account the needs of green areas, parks and recreational facilities to improve the quality of life of residents. With their help, you can adjust the density of buildings, which contributes to the creation of a comfortable living environment. Planning restrictions should also take into account the urban infrastructure, in particular, the transport network, water supply, sewerage and other important aspects. Their successful implementation can reduce the negative impact of the anthropogenic factor on natural resources, helping to preserve biodiversity and ecological balance.

Planning features can contribute to the development of a sustainable transport system, reducing traffic congestion and promoting the use of environmentally friendly modes of transport.

The integration of the principles of "green" urban planning into planning restrictions contributes to the creation of ecologically sustainable urban environments. Planning restrictions can also contribute to the development of innovative solutions in urban planning, such as "intelligent" cities and modern technologies. In this aspect, it should be noted that the application of planning restrictions helps preserve the historical and

cultural heritage of the city, preserving architectural monuments and unique places. Coordinated and careful planning and implementation of planning restrictions is an important prerequisite for sustainable and balanced development of the city, which contributes to ensuring the quality of life of residents and economic prosperity. They can be a tool for managing the risks of natural disasters that can endanger the city's infrastructure and the lives of residents, as well as contribute to the improvement of the quality of architectural design and ensure the compatibility of new buildings with the urban landscape and historical heritage [2].

Thanks to planning restrictions, equal access to resources and infrastructure can be ensured for all sections of the population, social exclusion and ghettos can be avoided. Effective planning restrictions contribute to the creation of a positive business environment, attracting investment and contributing to the development of the urban economy.

An important aspect of planning constraints is the conservation of water resources and the effective management of water supply and wastewater. Taking into account the natural features of urban areas in planning restrictions helps protect against natural disasters. An important task is to constantly update and update the planning restrictions so that they meet the changing needs and challenges of the city. Ensuring a balanced distribution of functional zones in the city, as a result of planning restrictions, contributes to reducing traffic jams and improving the quality of the environment.

Planning restrictions can take into account innovative approaches to urban development, such as "future cities", using modern technologies and data. They can influence the layout of public spaces, such as parks, sports grounds and cultural centers, which increase the quality of life for residents. Optimal use of planning restrictions contributes to the preservation of the natural landscape and biodiversity in urban areas. Planning restrictions can take into account the interests of different social groups and promote social justice in urban planning. They are an important component of the sustainable development of

the city, which contributes to ensuring the long-term viability and endurance of urban areas.

Problem statement

Thus, planning restrictions of urban areas are an indispensable tool for managing urban development and creating a sustainable, functional and naturally balanced environment for residents. They contribute to the preservation of cultural and natural values, regulate construction, the transport network, and the placement of public spaces, ensure social justice and security, and also contribute to sustainable economic development. It is important to update and update the planning restrictions to meet the changing needs and challenges of the city. Properly designed and implemented planning restrictions help to create an urban environment that improves the quality of life of residents, protects the environment and contributes to the sustainable development of the city in the future [1].

Exposition of basic material

It should be noted that planning restrictions of urban areas are determined on the basis of a diverse set of factors, in particular:

- ensuring safety: safety factors, such as risks of natural disasters (floods, earthquakes, hurricanes), fire safety, as well as protection against pollution and other threats to the lives and property of residents;

- protection of nature and the environment: preservation of ecologically important zones, biodiversity, green corridors and water resources;

- urban planning: establishing the optimal placement of residential, commercial, industrial and public infrastructure, including the transport system and recreation areas;

- social justice: ensuring access to housing, education, medical care and other public services for all segments of the population, preventing economic isolation.

- economic development: support for entrepreneurship, job creation and infrastructure development, which contribute to the economic growth of the city.

- historical and cultural context: preservation and restoration of historical and cultural monuments, formation of architectural standards for preservation of cultural heritage.

- public participation of stakeholders: taking into account the opinion and contributions of residents, public organizations and other stakeholders in the decision-making process regarding planning restrictions;

- ecological and energy-efficient standards: use of modern technologies and standards to reduce the negative impact of construction on the environment and to ensure energy efficiency;

- demographic and economic trends: population growth or decline, changes in economic conditions that may affect the needs of urban infrastructure;

- transport and infrastructure: development of transport networks, including roads, mass transport, railways and airports, as well as other types of infrastructure necessary for urban life;

- technological innovations: taking into account the latest technologies and innovations in urban planning, such as "intelligent" city management systems, modern construction technologies, and other technological aspects that can improve the lives of residents;

- needs and demands of the public: the opinion of residents regarding the development of the city, their wishes and expectations regarding infrastructure, security, recreation areas and other aspects of the urban environment;

- financial resources: the availability of financial resources for the implementation of planning restrictions and urban development projects, as well as the effective use of these resources;

- land resources: availability and use of land plots for various purposes, such as housing, commerce, agriculture and other activities;

- political context: political decisions and regulations that may affect planning restrictions and urban development;

- land use and zoning: determination and regulation of the purpose of land plots and regions in the city, which determines their use for various purposes;

- economic activity and infrastructure: the influence of economic activity, such as industry, trade, services, on the planning of urban territories and the necessary infrastructure;

- urban mobility: factors that affect the movement and transport system of the city, including the growth of motor vehicles, the development of mass and public transport;

- geographical and climatic conditions: natural features of urban areas, such as topography, climate and hydrology, which influence planning decisions and infrastructure;

- changes in the social and cultural environment: increased migration, changes in the cultural composition of the population, the development of new technologies and lifestyles that affect the needs and wishes of city residents.

Among the above-mentioned factors, the "land resources" factor should be singled out, which directly affects the planning restrictions of urban areas. Land resources include available plots of land and their uses, and this factor is of great importance in urban planning. The organization of the use of land plots in the city determines how they will be used for various purposes, such as housing, commercial activities, industry, agriculture, green areas, etc [3]. An important role in this process is played by determining which plots of land are intended for housing, which are for commercial development, and which are for industrial use. This is important for ensuring the functional placement of urban infrastructure. At the same time, it is also important to determine the availability and suitability of land for housing, including the placement of residential blocks, buildings and infrastructure for residents. No less important is the development of commerce and business. Land resources affect the location of shopping centers, office buildings and other commercial facilities, which affects the economic development of the city. The preservation of natural resources is of particular importance. This is manifested in the organization of land plots for the preservation of natural resources, green areas and water bodies that have ecological significance.

An important factor is also taking into account the need for building to develop infrastructure such as roads, water supply, sewage and energy supply. Separately, the place of agriculture should be noted. It is determined by the reservation of plots for agriculture and rural areas to ensure food security and a green environment.

Thus, land resources are limited, and their rational use is important to ensure the sustainable development of the city and preserve the quality of the urban environment. They are determined by various factors, including legislation, the influence of landowners, geographic features and demographic trends, which are of great importance for the planning of urban areas [3].

Land resources determine the planning limits of urban areas and influence the form and functionality of the city. This factor is important in developing urban development strategies and creating a sustainable and functional urban environment. Ensuring the rational use of land plots for housing, commerce, industry, green areas and other purposes helps to ensure the efficient use of limited land resources. Planning restrictions determine the zoning of the city and take into account the needs of the public, economic factors, social aspects and conservation of natural resources.

In addition, land resources also affect the placement of infrastructure, the development of housing and commercial facilities, the transportation system, and other aspects of the urban environment. Ensuring a balance between development needs and conservation of land resources is a key task for the sustainable development of the city. Taking into account the role of land resources in the planning of urban territories contributes to the creation of an urban environment that meets the needs of residents, ensures the efficient use of infrastructure and resources, and contributes to the preservation of nature and ecological sustainability of the city. This approach to planning contributes to the sustainable development of the city, the preservation of cultural heritage and the creation of a favorable environment for the life and work of residents.

The general goal of land resource management in urban planning is to ensure balanced, sustainable and functional development of the city that meets the needs of modern society. Thanks to the correct distribution and use of land plots, it is possible to ensure [4]:

- social justice in the form of ensuring access to housing and infrastructure for all segments of the population, prevention of social isolation and ghettos;

- environmental sustainability, which consists in preserving natural resources, biodiversity and ecologically important areas, as well as reducing the environmental impact of the city;

- economic development ensures the creation of a favorable business environment that attracts investments and stimulates the development of the city economy;

- infrastructural development consists in the effective placement of infrastructure, such as roads, schools, medical institutions, which meets the needs of residents;

- cultural heritage, due to preservation and restoration of historical and cultural monuments, ensuring architectural harmony;

- ensuring safety by avoiding construction in areas subject to risks of natural disasters or other hazards;

- innovations and technological development, which ensures the introduction of modern technologies and innovations in urban planning, the creation of "cities of the future";

- demographic development, which includes consideration of changes in the population and adaptation of planning restrictions to demographic trends;

- public participation and public opinion, which aims to involve the public and stakeholders in the planning process to take into account their needs and wishes.

Conclusions

Therefore, ensuring the rational use of land resources requires the cooperation of authorities, the public, business and experts, as well as taking into account many factors that affect urban development. Planning restrictions that are taken into account.

The use of land resources in urban planning has a decisive influence on the development of the city and the quality of life of its inhabitants. Ensuring the rational and efficient use of land plots is a key task for the sustainable development of the city.

Given the limited land resources, planners must balance needs for housing, commerce, infrastructure, transportation, green spaces, and other uses. It is important to take into account social, environmental, economic and cultural aspects when making decisions about the use of land plots. Strategic planning and zoning help

create a functionally balanced urban environment that meets the needs of modern society and ensures the preservation of natural resources and environmental sustainability. Taking public opinion into account and involving the public in planning contribute to the creation of a city that meets the needs and wishes of residents. Maintaining the balance between development and preservation of land resources is an important task for achieving sustainable urban development. The faithful use of these resources contributes to the creation of an urban environment that promotes the quality of life and well-being of residents, preserves nature and cultural heritage, and contributes to the sustainable economic development of the city. Planning restrictions of urban areas are an integral part of the development of modern cities. Ensuring a sustainable and functional urban environment requires a reasonable use of land resources. Consideration of various factors, such as social, environmental, economic, cultural, technological and demographic

aspects, plays an important role in the planning of urban areas. Land resources determine the location of housing, infrastructure, commercial facilities and recreation areas in cities. Strategic planning and zoning help ensure functional harmony between different types of land use. In addition, consideration of ecological aspects helps to preserve natural resources and biodiversity. Public participation and public opinion are of great importance in the process of planning urban areas, as they allow taking into account the needs and wishes of residents. Ensuring security, economic development, preservation of cultural heritage and infrastructural development are also important aspects of land management. Taking into account all these factors and planning constraints, cities can achieve sustainable development, providing living comfort and well-being for their residents, preserving nature and cultural heritage, and promoting economic growth.

REFERENCES

1. Mingming W., Nesterenko S., Shterndok E. (2019). Modelling of the Parcel Pattern Impact. International science and technology conference "Earth science". IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 272. doi:10.1088/1755-1315/272/3/032085
2. Nesterenko, S., Mishchenko, R., Shchepak, V., Shariy, G. (2020). Public Cadastral Maps as a Basis for a Construction of the Building General Layout. Proceedings of the 2nd International Conference on Building Innovations. ICBI 2019. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 73. Springer, Cham, 161-170.
3. Nesterenko, S., Mishchenko, R., Shchepak, V., Shariy, G. (2020). Public Cadastral Maps as a Basis for a Construction of the Building General Layout. Proceedings of the 2nd International Conference on Building Innovations. ICBI 2019. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 73. Springer, Cham, 161-170.
4. Hubar, Y. (2012). Development of approaches and methods of cadastral assessment of real estate in settlements. Modern achievements of geodetic science and production, II (24), 146–150.

С.Нестеренко, Ю. Радзінська

ДОСЛІДЖЕННЯ ПЛАНУВАЛЬНИХ ОБМЕЖЕНЬ МІСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

*Загальною метою управління земельними ресурсами в містобудуванні є забезпечення збалансованого, сталого та функціонального розвитку міста, що відповідає потребам сучасного суспільства. Використання земельних ресурсів у містобудуванні має вирішальний вплив на розвиток міста та якість життя його мешканців. Планувальні обмеження є важливим інструментом управління міським розвитком та забезпечення сталого зростання міст. Враховуючи обмеженість земельних ресурсів, планувальники повинні збалансувати потреби в житлі, комерції, інфраструктурі, транспорті, зелених насадженнях та інших видах діяльності. Врахування ряду факторів, таких як соціальні, екологічні, економічні, культурні, технологічні та демографічні аспекти, відіграє важливу роль у плануванні міських територій. **Ключові слова:** управління земельними ресурсами; містобудування; розвиток міста; земельні ресурси; планувальні обмеження; зонування міста.*

УДК 631.42:332.334

О.М. Дехтяр¹, В.О. Романко¹, А.В.Фандалюк²

¹ Ужгородський національний університет, вул. Університетська, 14, Індекс: 88000, Ужгород, Закарпатська обл., Україна, e-mail: dekhtyar.oleksandr@student.uzhnu.edu.ua, volodymyr.romanko@uzhnu.edu.ua

² Закарпатська філія ДУ «Держґрунтохорона», 90252, вул. Садова, 1, с. В. Бакта, Берегівського р-ну Закарпатської обл., e-mail: roduchistt@ukr.net

БОНІТЕТНА ОЦІНКА ЗЕМЕЛЬ НА ТЕРИТОРІЇ ІРШАВСЬКОЇ ТГ

Досліджено основні аспекти бонітування ґрунтів за законодавством України. Наведено аналіз бонітетного оцінювання ґрунтів колишнього Іршавського району, окремо виділено територію Іршавської територіальної громади. Встановлено, що найбільшу площу займають ґрунти 176,178, 182-их агровиробничої групи, що відносяться до земель низької якості (VII клас) та ґрунти 185-ї та 192-ї агровиробничої групи, що є землями середньої якості (VI клас).

Для ґрунтів Іршавської територіальної громади встановлено бали бонітету у діапазоні від 34 до 46.

Ключові слова: Оцінка земель, бонітування ґрунтів, агрохімічне обстеження ґрунтів.

Постановка проблеми

Наявність актуальної інформації про стан ґрунту є необхідністю для вирішення завдань раціонального використання земельних ресурсів та їх охорони, збереження і підвищення родючості ґрунтів.

Згідно із законодавством України, бонітування ґрунтів здійснюється на землях сільськогосподарського призначення та землях лісового фонду. При цьому на перших з періодичністю не рідше як раз на 7 років [4].

Постановка завдання

Метою здійснення робіт є обстеження земель сільськогосподарського призначення та встановлення бонітетної оцінки земель Іршавської територіальної громади.

Виклад основного матеріалу

Бонітування ґрунтів (від лат. *bonitas* добротність, доброякісність) є порівняльною оцінкою якості ґрунтів вираженою у балах.

Аналогічні визначення поняття бонітування ґрунтів містяться у чинному Земельному кодексі України та у Законі України «Про оцінку земель», а саме, порівняльна оцінка якості ґрунтів за їх основними природними властивостями, що мають сталий характер і суттєво впливають на врожайність сільськогосподарських культур, вирощуваних у конкретних природно-кліматичних умовах [4,5].

Бонітування разом із грошовою оцінкою земельних ділянок, є одним із видів оцінки

земель та є основою для проведення економічної оцінки земельних угідь і враховуються при визначенні екологічної придатності ґрунтів для вирощування сільськогосподарських культур, а також втрат лісгосподарського виробництва [4,5].

Згідно із законодавством України дані, отримані при бонітуванні ґрунтів, вносяться до Державного земельного кадастру, як складові відомостей в межах адміністративно-територіальних одиниць та окремих земельних ділянок [2]. Також вони використовуються при здійсненні землеустрою з метою розробки комплексу заходів щодо використання та охорони земель, збереження і підвищення родючості ґрунтів [3]. У результаті проведених робіт юридичними особами, які є розробниками документації із землеустрою, складається технічна документація, яка затверджується відповідним органом місцевого самоврядування. Іршавська міська територіальна громада знаходиться в центральній частині Закарпатської області в Хустському районі. До складу громади під час реформи децентралізації ввійшли 1 міська рада та 7 сільських рад із 20 населеними пунктами. За ГУ Держгеокадастру у Закарпатській області станом на 01.01.2022 земельний фонд складає 66.18 тис га, з них сільськогосподарських угідь – 10.20 тис га, лісів та лісовкритих площ – 37,07 тис га. [8]. У 2022 році проведено ґрунтові дослідження на території колишнього Іршавського району та встановлено агрохімічну та

еколого-агрохімічну оцінку ґрунтів. Роботи проводилися згідно Методики проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення [6]. Аналогічні дослідження здійснювались також на території Мукачівського та Свалявського районів Закарпатської області та проведено аналітичні роботи по основних еколого-агрохімічних показниках [1,9].

На території Іршавського району, який належить до передгірського, було обстежено 13,43 тис. га. Найбільшу площу серед обстежених ґрунтів займають буроземно-

підзолисті, дерново-буроземно-підзолисті неоглеєні і глеюваті незмиті і слабозмиті ґрунти, які належать до 182-ї агровиробничої групи (28,3% або 3,8 тис. га). Їх родючість оцінюється у 37 балів з ресурсом на урожайність 15,36 ц/га (табл. 1). Найменше в районі бурих гірсько-лісових та дерново-буроземних глибоких і середньо глибоких щебенюватих ґрунтів теплового поясу (до 250 м. над рівнем моря), що належать до 193-ї агрогрупи (0,1% або 0,01 тис. га) з еколого-агрохімічним балом у 43 одиниці і ресурсом врожайності 17,75 ц/га.

Таблиця 1

Агрохімічна та еколого-агрохімічна оцінка обстежених ґрунтів Іршавського району

Код агро-групи	Назва агровиробничої групи	Обсте-жена площа тис. га	Агро-хіміч-ний бал	Еколого-агро-хімічний бал	Ресурс на врожай-ність, ц/га
141	Лучно-болотні, мулуваті-болотні і торфуваті-болотні неосушені ґрунти	0,06	65	52	21,35
176	Дернові глибокі неоглеєні і глеюваті ґрунти та їх опідзолені відміни	0,26	43	34	14,08
178	Дернові глибокі глейові ґрунти та їх опідзолені відміни	0,71	45	36	14,85
182	Буроземно-підзолисті, дерново-буроземно-підзолисті неоглеєні і глеюваті незмиті слабо змиті ґрунти	3,80	46	37	15,36
183	Буроземно-підзолисті, дерново-буроземно-підзолисті, бурі гірсько-лісові опідзолені глейові та поверхнево-оглеєні незмиті і слабо змиті ґрунти	1,29	49	40	16,25
184	Буроземно-підзолисті, дерново-буроземно-підзолисті середньо- та сильно змиті ґрунти	0,97	43	35	14,19
185	Дерново-буроземні та лучно-буроземні ґрунти на алювіальних і делювіальних відкладах	2,20	58	46	19,05
186	Дерново-буроземні та лучно-буроземні глейові ґрунти на алювіальних і делювіальних відкладах	1,93	57	46	18,79
187	Дерново-буроземні та лучно-буроземні неглибокі ґрунти підстелені ріняками	0,52	56	45	18,52
188	Дерново-буроземні і дернові слабозвинені ріняково-щебенюваті ґрунти	0,06	64	52	21,23
191	Бурі гірсько-лісові та дерново-буроземні глибокі і середньо глибокі щебенюваті ґрунти прохолодного поясу (від 500 до 800 м. над рівнем моря)	0,09	45	38	15,58
192	Бурі гірсько-лісові та дерново-буроземні глибокі і середньо глибокі щебенюваті ґрунти помірного поясу (від 250 до 500 м. над рівнем моря)	0,62	56	45	18,61
193	Бурі гірсько-лісові та дерново-буроземні глибокі і середньо глибокі щебенюваті ґрунти теплового поясу (до 250 м. над рівнем моря)	0,01	54	43	17,75
196	Бурі гірсько-лісові та дерново-буроземні глибокі і середньо глибокі щебенюваті слабо змиті ґрунти помірного поясу (від 250 до 500 м. над рівнем моря)	0,01	46	37	15,25
198	Бурі гірсько-лісові та дерново-буроземні неглибокі щебенюваті і кам'яністі ґрунти	0,53	47	38	15,68
199	Бурі гірсько-лісові та дерново-буроземні щебенюваті і кам'яністі середньо- і сильно змиті ґрунти	0,37	44	36	14,56
	Всього по району	13,43	50	41	16,73

Найбільш родючими є ґрунти 141, 185-ї, 186-ї, 187-ї, та 188-ї, 192-ї та 193-ї агровиробничих груп. Їх агрохімічний бал складає 54 – 65 одиниць, а еколого-агрохімічний – 43 – 52. Відповідно ресурс на врожайність становить 17,75 – 21,35 ц/га. Найменш родючими є ґрунти 176-ї, 178-ї, 182-ї, 183-ї, та 184-ї агровиробничих груп. За агрохімічним балом вони оцінені у 43 – 49 бали, еколого-агрохімічним – 34 – 40. Ресурс на врожайність складає 14,08 – 16,25 ц/га.

При встановленні якісної оцінки ґрунтів району враховуються показники їх родючості. Більша частина ґрунтів Іршавського району мають слабокислу реакцію ґрунтового розчину, (рНсол. в межах 5,10 – 5,37 одиниць) та середньокислу (рНсол. 4,64 – 4,94 од.) реакцію ґрунтового розчину.

Ґрунти 141, 185, 186, 188 та 193 агрогруп мають близьку до нейтральної (рНсол. 5,66 – 5,83 од.) та нейтральну (рНсол. 6,22 – 6,34 од.) реакцію ґрунтового розчину і лише ґрунти 191 агрогрупи сильнокислі (рНсол. – 4,41 од.).

Більше половини ґрунтів Іршавського району (9,58 тис. га або 71%) забезпечені органічною речовиною на середньому рівні від 2,21 % до 2,86 %. Ґрунти 187 і 196 агрогруп мають підвищену забезпеченість гумусом від 3,24 % до 3,4 %, а ґрунти, що належать до 191 агрогрупи забезпечені гумусом на високому рівні, з показником – 4,24 %. Лише ґрунти 184, 185 та 188 агрогруп мають низьку забезпеченість органічною речовиною – від 1,88 % до 2,03%. Забезпеченість сполуками легкогідролізованого азоту загалом по району знаходиться на дуже низькому рівні (від 62,89 до 98,10 мг/кг ґрунту). Це 87 % або 11,87 тис. га від обстеженої площі. Решта ґрунтів по визначених агрогрупах – 141, 176, 178, 192 та 196 мають низький вміст сполук легкогідролізованого азоту (від 104,47 до 111,45 мг/кг ґрунту), за винятком 191 агрогрупи де вміст сполук азоту 154,20 мг/кг ґрунту, що відповідає середній забезпеченості.

Забезпеченість рухомим фосфором залежно від агрогрупи ґрунтів досить різниться: 50 % ґрунтів або 6,69 тис. га від обстеженої площі мають середній рівень

забезпечення рухомими фосфатами – 182, 183, 184, 192 та 193 агрогрупи. Показник вмісту коливається у межах 63,82 – 100,69 мг/кг ґрунту. Підвищений вміст фосфору мають ґрунти 141, 185, 186, та 187 агрогруп (110,07 до 141,73 мг/кг ґрунту), за винятком 188 агрогрупи де вміст фосфору високий – 237,43 мг/кг ґрунту. І лише у ґрунтах 191 та 196 агрогрупи вміст фосфору знаходиться на дуже низькому рівні – від 3,49 до 21,22 мг/кг ґрунту.

Ґрунти Іршавського району в цілому мають середній (83,4 – 118,51 мг/кг ґрунту) та підвищений (123,82 – 168,35 мг/кг ґрунту) рівень забезпеченості рухомим калієм. Лише ґрунти 196-ої агровиробничої групи мають низький вміст рухомого калію. Згідно отриманих результатів щодо розподілу обстежених ґрунтів Іршавського району за класами бонітету встановлено, що більша частка земель (60% або 8,03 тис. га) відноситься до VII класу якості, які набирають від 36 до 40 балів і характеризуються як землі низької якості. Загалом по району досліджені ґрунти оцінюються у 50 балів за агрохімічною і у 41 бал за еколого-агрохімічною оцінкою з ресурсом на урожайність – 16,73 ц/га. Розподіл земель за якісною оцінкою представлено на рис. 1.

Територія Іршавської територіальної громади знаходиться у північній частині Іршавського району на підвищеному рельєфі. Тут переважають бурі гірсько-лісові середньоглибокі та глибокі щепенуваті ґрунти (192, 198-их агровиробничих груп ґрунтів) (рис.2). У південь від м. Іршава широко розповсюджені дернові опідзолені ґрунти (176, 178 груп). На південний-захід від смуги населених пунктів від Загаття до Іршави розповсюджені буроземно-підзолисті ґрунти (182, 183-их груп). Також є окремі ареали поширення дерново-буроземних ґрунтів на алювіально-делювіальних відкладах (185 група). На відміну від іншої території Іршавського району, де переважають буроземно-підзолисті та дерново-буроземні ґрунти (182, 185, 186-их груп ґрунтів).

В табл.2 виділено якісну оцінку в межах Іршавської територіальної громади без міста Іршава.

Таблиця 2

Бали бонітету в межах Іршавської територіальної громади в розрізі сільських рад

Сільська рада	Бал бонітету	Клас бонітету
Брідська	34	VII
Дубрівська	41	VI
Загатянська	37	VII
Лозянська	41	VI
Ільницька	39	VII
Осійська	36	VII
Чорнопотіцька	46	VI



Рис.1 Картограма якісної оцінки ґрунтів Іршавського району в розрізі сільських рад

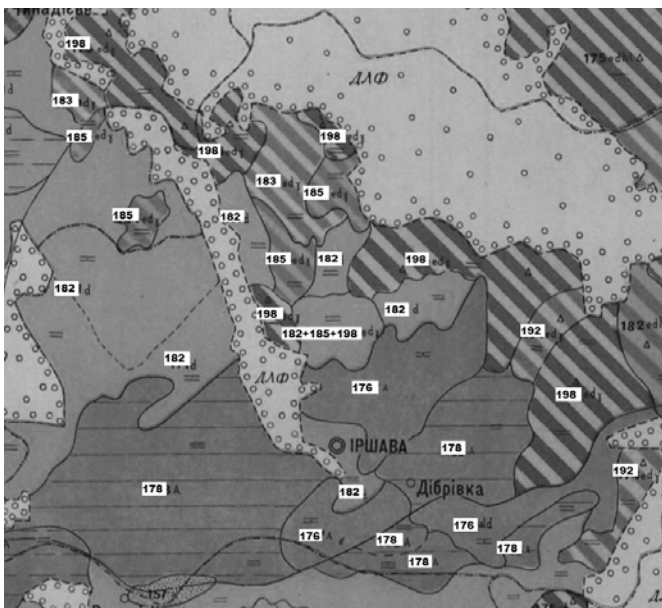


Рис.2 Агровиробничі групи ґрунтів на території Іршавської ТГ

Висновки

За результатами обстеження ґрунтів Іршавської територіальної громади Закарпатської області встановлено:

1. Найбільшу площу займають дернові глибокі неоглеєні, глеюваті ґрунти та глейові ґрунти і їх опідзолені відміни (176,178 групи). За агрохімічною оцінкою вони оцінені в 43 і 45 балів та за еколого-агрохімічною оцінкою в 34 та 36 балів, що відносяться до земель низької якості. Також порівнюючи з іншою частиною Іршавського району тут розповсюджені бурі гірсько-лісові ґрунти (192, 198 та 183 груп), що відносяться до земель вищої якості.

2. Більша частина ґрунтів Іршавського району мають слабокислу реакцію ґрунтового розчину. 71 % ґрунтів Іршавського району забезпечені органічною речовиною на середньому рівні. Забезпеченість сполуками легкогідролізованого азоту загалом по району знаходиться на дуже низькому рівні. Забезпеченість рухомим фосфором залежно від агрогрупи ґрунтів досить різниться від дуже низького до підвищеного

3. За класами бонітету встановлено, що більша частка земель (60%) відноситься до VII класу якості, які набирають від 36 до 40 балів і характеризуються як землі низької якості. Приблизно 40% земель відносяться до VI класу, або землі середньої якості.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бандурович Ю. Ю., Фандалюк А.В., Романко В. О. Еколого-агрохімічна оцінка ґрунтів Мукачівського району Закарпатської області. Проблеми агропромислового комплексу Карпат" Міжвідомчий тем. науковий зб. Вел. Бакта. 2021. Випуск 29. С. 32-37 DOI 10.47279/2709-3727-2021-1-2;

2. ЗУ «Про Державний Земельний кадастр». Режим доступу:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17#Text> ;

3. ЗУ «Про землеустрій». Режим: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15#Text> ;

4. ЗУ «Про оцінку землі». Режим: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1378-15#Text> ;

5. ЗКУ.Режим:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>;

6. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення. [За ред. Яцука І.П., Балюка С.А.]. К.: 2013. 103с.

7. Патика В.П., Тараріко О.Г. Агроекологічний моніторинг та

паспортизація сільськогосподарських земель. К.: Фітосоціоцентр, 2002. – 296 с.;

8. Програма соціального та економічного розвитку Іршавської міської територіальної громади на 2023 р. Режим д.:https://rada.info/upload/users_files/35443553/e3c994b146f56514e1bc96ad33c8f51b.pdf

9. Тисянчин Р., Романко В., Фандалюк А. Аналіз бонітування ґрунтів на території Свлявської, Полянської та Неліпинської отг //Географічні аспекти просторової організації території, суспільства та збалансованого природокористування: матеріали IV науково-практичної. – 2023. с.3

О. Dekhtyar, V. Romanko, A. Fandalyuk

LAND VALUATION ON THE TERRITORY OF IRSHAV TERRITORIAL COMMUNITY

The main aspects of soil grading according to the legislation of Ukraine were studied. An analysis of the creditworthiness assessment of the soils of the Irshava district is presented, the territory of the Irshava territorial community is separately highlighted. It was established that the largest area is occupied by the soils of the 176, 178 and 182 agricultural production group, which refers to low-quality lands (VII class) and the soils of the 185th and 192th agricultural production groups, which are medium-quality lands (VI class).

For the soils of the Irshava Territorial Community, credit scores in the range from 34 to 46 have been established.

Key words: Land evaluation, soil grading, agrochemical soil survey

УДК 631.42 : 332.334

М. М. Кевпанич¹, А. В. Фандалюк²

¹Ужгородський національний університет, kevpanych.mykola@student.uzhnu.edu.ua

²Закарпатська філія державної установи «Інститут охорони ґрунтів України», roduchistt@ukr.net

АГРОХІМІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ҐРУНТІВ ГОРОНДІВСЬКОЇ ОТГ

На основі проведених досліджень в період 2013-го, 2018-го та 2023-го років показана динаміка вмісту основних елементів живлення і стану родючості ґрунтів сільськогосподарського призначення на території Горондівської ОТГ Мукачівського району Закарпатської області.

Ключові слова: моніторинг, родючість, гумус, рН ґрунту, азот, фосфор, калій.

Постановка проблеми

Родючість ґрунтів не є сталою величиною і в умовах сільськогосподарського виробництва завжди перебуває у динамічній залежності від антропогенних та техногенних факторів.

Одним із засобів запобігання погіршення стану земель слід вважати моніторинг земель, що дає змогу визначити та проаналізувати стан та динаміку їх основних показників, вплив їх на продуктивність рослинництва, розробити відповідні управлінські рішення та заходи щодо забезпечення сталого розвитку землеробства.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питанням моніторингу стану ґрунтів на території Закарпатської області та Мукачівського району зокрема займаються фахівці Закарпатської філії державної установи «Інститут охорони ґрунтів України» на базі Закарпатської державної сільськогосподарської дослідної станції. Дана установа випускає періодичне видання – міжвідомчий тематичний науковий збірник – «Проблеми агропромислового комплексу Карпат». В цьому виданні були опубліковані статті наступних авторів: Бандурович Ю. Ю., Комар І. В., Фандалюк А. В., Яночко, Ю. М., Сабелко О. В., Степашук І. С. та Романко В. О.

В їх роботах було висвітлено результати досліджень щодо вмісту основних елементів живлення і їх залежність від кислотності ґрунту та вмісту гумусу в ґрунтах сільськогосподарського призначення

Мукачівського району Закарпатської області за 25-річний період агрохімічної паспортизації земель району та дана еколого-агрохімічна оцінка їх стану [2, 4].

Постановка завдання

Провести аналіз даних по стану родючості ґрунтів сільськогосподарського призначення на території Горондівської ОТГ Мукачівського району. Визначити зміни в основних показниках агрохімічного обстеження за період 2013-го, 2018-го та 2023-го років роки. Запропонувати практичні рекомендації для підвищення родючості ґрунтів.

Методи проведення досліджень

Всі дослідження проводили за методами, визначеними «Методикою проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення»[5].

Виклад основного матеріалу

Горондівська ОТГ була заснована в 2020 році шляхом об'єднання Горондівської, Страбичівської та Жнятинської сільських рад Мукачівського району. Загальна площа ОТГ складає 77,2 км²[6]. Розташована в південно-західній низинній частині Мукачівського району.

Ґрунти на території ОТГ сформувались в умовах помірного клімату з достатнім зволоженням, тому переважають тут різновиди дерново-підзолистих та дернових глибоких глейових ґрунтів.

Кислотність ґрунту – це одна із найважливіших властивостей ґрунту. Вона зумовлена концентрацією в ґрунтового розчині водневих (H⁺) іонів, які в свою чергу

впливають на доступність для кореневої системи рослин основних поживних речовин. Прийнято позначати через рН. Кислі ґрунти мають значення рН менше 7, нейтральні – близькі до 7, а лужні – вище 7. Найкращими для росту та нормального розвитку основної більшості сільськогосподарських культур і ґрунтових організмів є нейтральні ґрунти та ґрунти зі слабокислою реакцією. Ґрунти з дуже кислою реакцією ґрунтового розчину розкисляють – проводять хімічну меліорацію (вапнують). В свою чергу лужні ґрунти навпаки закислюють (гіпсують).

На жаль останні роки спостерігається стабільне зростання кислотності ґрунтового покриву і це є однією з глобальних проблем сучасності. Зокрема відбувається закислення вже хімічно меліорованих площ та поява кислих ґрунтів на все більших ділянках. Всі ці процеси так само притаманні і на території України. За результатами агрохімічного обстеження 2013 року встановлено, що землі Горондівської та Страбичівської сільських рад за реакцією ґрунтового розчину відносяться до середньокислих, а площі Жнятинської сільської ради – до слабокислих (табл. 1).

Згідно даних з обстеження проведеного в 2018 році було виявлено зміни, а саме – землі Горондівської сільської ради вже відносились до групи дуже сильнокислих, в той час як Страбичівської – до слабокислих, а Жнятинської сільської ради – близькі до нейтральних. Дані за 2023 рік не зазнали істотних змін в порівнянні з 2018 роком. По Горондівській сільраді відбулось незначне збільшення показника кислотності ґрунту на 0,2 одиниці і перехід з категорії дуже сильнокислих до сильнокислих. По Страбичівській і Жнятинській сільрадах мінімальні зміни показників, що залишили їх на тому самому рівні.

Наочно зміну рН ґрунтів в розрізі сільрад та по роках вказано на рис. 1. Гумус (лат. *humus* – «земля», «ґрунт») – органічна частина ґрунту, яка утворюється в результаті процесу гуміфікації – розкладу рослинних і тваринних решток та продуктів життєдіяльності ґрунтових організмів.

Кількість гумусу в ґрунті зазвичай позначається у %.

Гумус вважається одним із найважливіших факторів, який визначає родючість ґрунтів та рівень врожайності вирощуваних сільськогосподарських культур. Водночас це резерв для накопичення азоту, фосфору, калію, магнію, кальцію та інших елементів. Із запасами гумусу тісно пов'язані щільність, пористість, структура, водні, повітряні та теплові, тобто фактично всі фізико-хімічні властивості ґрунту [4].



Рис. 1. Динаміка змін показника рН ґрунтів на території Горондівської ОТГ за 2013 - 2023 рр.

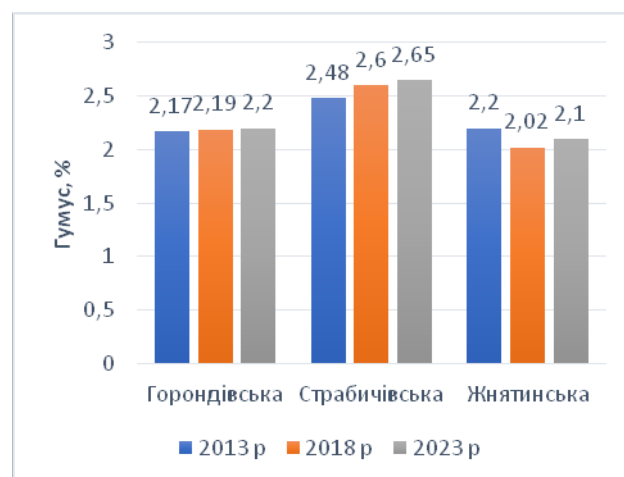


Рис. 2. Запаси гумусу в ґрунтах Горондівської ОТГ за 2013-2023 рр.

Згідно даних за 2013 рік (Таб. 1) вміст гумусу в ґрунтах Горондівської ОТГ знаходився на середньому рівні з показником від 2,17 % до 2,48 %. Для порівняння дані за 2018 рік – гумус на тому самому середньому рівні з невеликим приростом по Горондівській сільській раді – +0,02% і Страбичівській – +0,12%, а по Жнятинській навіть відбулось зменшення

запасів гумусу на 0,18%. Показники за 2023 рік свідчать про відсутність різких змін запасів гумусу як в бік зростання, так і в бік зменшення. Відбулось зростання запасів гумусу на 0,08 % по Жнятинській, на 0,05 % по Страбичівській та 0,01 % по Горондівській сільрадах.

Зміна запасів гумусу в ґрунті по землях сільрад чітко відображена на рис. 2.

Таблиця 1

Показники кислотності та вмісту гумусу в ґрунтах на території Горондівської ОТГ за результатами досліджень по роках

Сільська рада	рН ґрунту			Гумус, %		
	2013 р	2018 р	2023 р	2013 р	2018 р	2023 р
Горондівська	4,8	3,9	4,1	2,17	2,19	2,2
Страбичівська	4,9	5,3	5,4	2,48	2,6	2,65
Жнятинська	5,2	5,7	5,6	2,2	2,02	2,1

Основний вплив на ріст вегетативної маси і урожайність рослин спричиняє азот. Його нестача викликає загальне пригнічення та зниження життєдіяльності сільськогосподарських культур [2]. Легкогідролізований азот – це показник, який показує наявність в ґрунті резерву для поповнення мінеральних сполук азоту. Фактично це запас азоту, який рослини зможуть використовувати у найближчій перспективі. Сюди входять багато різних форм азоту, які легко гідролізуються при обробці ґрунту слабкими розчинами хімічних речовин. Принцип дії таких речовин на ґрунт ідентичний дії виділень корневих систем рослин або інших ґрунтових організмів.

Вміст азоту в ґрунтах ОТГ знаходиться на дуже низькому рівні. Згідно даних за 2013 рік (Таб. 2) цей показник варіює від 69,1 мг/кг ґрунту (Горондівська сільрада) до 81,4 мг/кг (Жнятинська сільрада). Дані за 2018 рік свідчать про підвищення вмісту азоту в ґрунті – Горондівська сільрада – +28,6 мг/кг ґрунту, Страбичівська – +18,9 мг/кг, Жнятинська – +21,5 мг/кг. Показники 2023 р відображають ще незначне підвищення вмісту азоту: Жнятинська сільрада – +8,5 мг/кг ґрунту, Страбичівська сільрада – +6,7 мг/кг, Горондівська сільрада – +5,1 мг/кг. Однак це все одно низький рівень вмісту азоту, а по землях Страбичівської сільради – навіть дуже низький.

Всі зміни вмісту азоту в ґрунті в розрізі по землях сільрад та по роках продемонстровано на рис. 3.



Рис. 3. Вміст легкогідролізованого азоту в ґрунтах Горондівської ОТГ за 2013-2023 рр.

Фосфор бере участь у всіх життєвих функціях рослин і забезпечує ефективне використання інших елементів живлення. Він необхідний рослинам для багатьох життєвих процесів: фотосинтезу, обміну речовин, дихання, тощо [3]. Фосфор має значний вплив на фізіологію рослин, адже відіграє основну роль при розподілі енергії. Найбільша потреба в ньому зазвичай на початку сезону при формуванні кореневої системи, а також в період цвітіння та зав'язування плодів. Згідно результатів досліджень проведених в 2013 році середньозважені показники вмісту фосфору в ґрунтах Горондівської ОТГ знаходились на

середньому рівні (Таб. 2) – від 57,3 мг/кг ґрунту в Страбичівській сільраді до 73,4 мг/кг в Жнятинській. В 2018 році відбулось зростання вмісту фосфору – незначне в

Жнятинській сільраді – + 2,6 мг/кг ґрунту, в Горондівській – збільшення на 8,4 мг/кг і найбільш помітне в Страбичівській – +44,1 мг/кг ґрунту.

Таблиця 2

Показники вмісту основних елементів живлення в ґрунтах на території Горондівської ОТГ за результатами досліджень по роках

Сільська рада	N, мг/кг			P ₂ O ₅ , мг/кг			K ₂ O, мг/кг		
	2013 р	2018 р	2023 р	2013 р	2018 р	2023 р	2013 р	2018 р	2023 р
Горондівська	69,1	97,7	102,6	66,4	74,8	77,6	129,6	134,5	139,8
Страбичівська	73,7	92,6	99,3	57,3	76,0	81,2	138,5	146,6	143,1
Жнятинська	81,4	102,9	111,4	73,4	101,4	104,6	127,1	135,4	142,5

Дані за 2023 рік свідчать про збереження тенденції по збільшенню запасу фосфору, хоч і незначне: Страбичівська сільрада – +5,2 мг/кг ґрунту, Жнятинська – +3,2 мг/кг та Горондівська – +2,8 мг/кг. Проте показник по території ОТГ за всі періоди спостережень залишився на одному й тому самому середньому рівні. Відображення динаміки змін запасів фосфору в ґрунтах по сільрадах та по роках можна побачити на рис. 4.

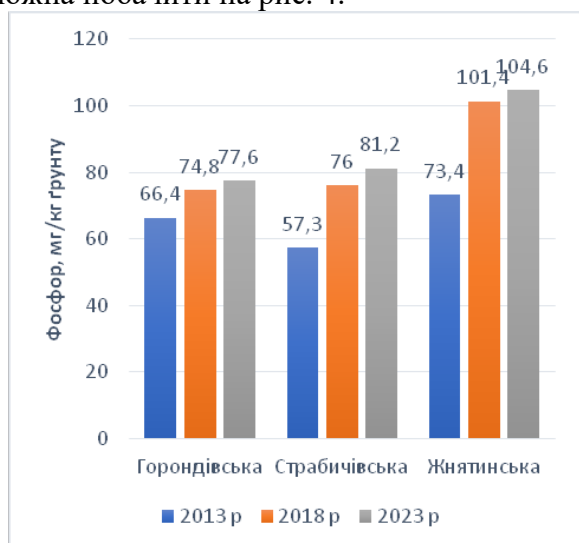


Рис. 4. Вміст фосфору в ґрунтах Горондівської ОТГ за 2013-2023 рр.

Калій – життєво необхідний елемент для росту і живлення рослин. Він посилює ферментативні процеси, утворення хлорофілу, стійкість рослин до посухи або зниження температури, зміцнює стебла злакових культур, сприяє утворенню вітамінів, тощо [1]. Загалом, калійний режим ґрунтів Закарпатської обл. вважається

сприятливим і ґрунти Горондівської ОТГ не є виключенням. Так за 2013 рік (Таб. 2) вміст калію в ґрунтах коливався від 127,1 мг/кг (Жнятинська сільрада) до 138,5 мг/кг (Страбичівська сільрада). В 2018 році відмічено приріст вмісту калію – Горондівська сільрада – +4,9 мг/кг ґрунту, Страбичівська – +8,1 мг/кг та Жнятинська – +8,3 мг/кг. Показники вмісту калію в ґрунті за 2023 рік не виявили різких змін. По Жнятинській сільраді знову збільшення вмісту на 7,1 мг/кг ґрунту, а по Горондівській – на 5,3 мг/кг. Тільки в ґрунтах Страбичівської с/р незначне зменшення вмісту калію на 3,5 мг/кг ґрунту. Загалом, за весь час спостережень рівень вмісту калію в ґрунтах ОТГ вважається підвищеним. Всі зміни вмісту калію в ґрунті за результатами досліджень по роках вказано на рис. 5.

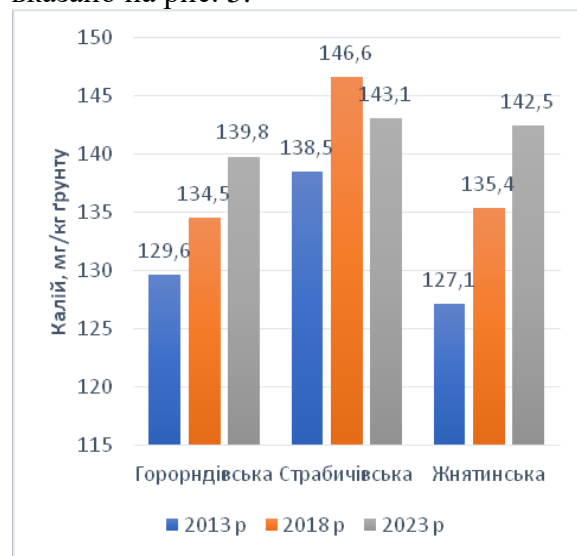


Рис. 5. Вміст калію в ґрунтах Горондівської ОТГ за 2013-2023 рр.

Висновки

Аналізуючи дані отримані в результаті досліджень проведених по роках можна зробити висновок, що в цілому поживний режим сільськогосподарських угідь на території Горондівської ОТГ дещо покращився. Проте, якщо розглядати кожний окремо взятий агрохімічний показник, то тут вже можна відмітити різну амплітуду їх значень. Так зафіксовано значне зниження показника рН ґрунту на землях Горондівської сільради на 0,9 і перехід з категорії середньоокислих до дуже сильнокислих. Саме в таких випадках важливим є вапнування ґрунтів, використання фосфорних на відміну від фізіологічно-кислих добрив. Хоча й вміст гумусу в ґрунтах ОТГ є на середньому рівні слід сприяти його підвищенню, адже із-за низького рН він заблокований і в цих умовах мікробіологічна активність ґрунту також знижена. Збільшення рівня гумусу і рН сприятиме зростанню рівня азоту, що наразі є на низькому рівні.

Використання фосфорних добрив для підвищення рівня рН ґрунту також забезпечуватиме збільшенню запасів фосфору. Фосфор гарно утримується часточками ґрунту і тому є одним із малорухомих елементів. Постійне внесення добрив з фосфором забезпечуватиме стабільну врожайність, адже рослини використовують його зазвичай із запасів попередніх років внесення і тільки невеликий відсоток із внесень того ж року. Важливо також збалансувати співвідношення між культурами суцільного посіву і просапними культурами, зменшити кількість обробок ґрунту щоб забезпечити краще закріплення гумусу на поверхні мінеральної частини ґрунту. Комплексне впровадження всіх цих заходів на землях Горондівської ОТГ сприятиме створенню не тільки бездефіцитного, але й навіть позитивного балансу вмісту гумусу, як основи родючості ґрунтів, збільшенню запасів основних макроелементів живлення, що в кінцевому результаті забезпечить стабільне підвищення врожайності сільськогосподарських культур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бандурович Ю. Ю. Динаміка вмісту калію у ґрунтах гірської зони Закарпаття/ Ю. Ю. Бандурович, А. В. Фандалюк, О. Глипка, І. Комар// Проблеми агропромислового комплексу Карпат/ Міжвідом. тем. наук. зб. – Вип. 25 – 26. – В. Бакта – 2017. – с. 55 – 60.
2. Бандурович Ю. Ю. Динаміка вмісту поживних речовин у ґрунтах Мукачівського р-ну/Бандурович Ю., Комар І. В., Фандалюк А./Проблеми агропромислового комплексу Карпат/ Міжвідом. тем. наук. зб. – Вип. 27. – В. Бакта – 2020. – с. 31 – 37.
3. Бандурович Ю. Ю. Динаміка вмісту фосфору у ґрунтах гірської зони Закарпаття/ Ю.Бандурович, О.Глипка, А.Фандалюк, О.Сабелко// Зб. наук. праць «Охорона ґрунтів». – Вип. 5. – Київ. –2017. – С. 5 – 9.
4. Бандурович Ю, Фандалюк А., Романко В. Еколого-агрохімічна оцінка ґрунтів Мукачівського району Закарпатської обл. Проблеми агропромислового комплексу Карпат//Міжвідом. тем. наук. зб. – Вип. 29. – В. Бакта. 2021. – с. 32-37.
5. 5.Методика проведення агрохімічної паспортизації земель с/г призначення. [За ред. Яцука І.П., Балюка С.А.]. К.: 2013.103с.
6. Список територіальних громад України https://decentralization.gov.ua/newgromada?area_id=4&page=2

М. Keypanych, А. Fandalyuk

AGROCHEMICAL MONITORING SOIL OF GORONDIVSKA UTC

Based on the research carried out in the period of 2013, 2018 and 2023, the dynamics of the content of the main nutrients and the state of fertility of agricultural soils in the territory of the Gorondivska UTC of the Mukachevo district of the Transcarpatian region are shown.

Keywords: monitoring, fertility, humus, pH of the soil, nitrogen, phosphorus, potassium.

УДК 504.062

І.В.Калинич, Б.С.Микула

Ужгородський національний університет

ВПЛИВ ГЕОДЕЗИЧНИХ ДАНИХ НА РИНКОВУ ВАРТІСТЬ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК

Земельні ділянки завжди були однією з найцінніших інвестиційних можливостей для фізичних та юридичних осіб. Придбання, продаж та оцінка земельних ділянок є звичайною практикою, а їх ринкова вартість визначається багатьма факторами. Один із таких факторів, який може вплинути на ринкову вартість земельної ділянки, - це геодезичні дані. У цій статті ми розглянемо, як саме геодезичні дані можуть вплинути на ціну земельних ділянок та чому вони є важливими для ринку нерухомості.

Ключові слова: вартість земельної ділянки, геодезичні дані, топографо-геодезичні вишукування.

Постановка проблеми

Проблема впливу геодезичних даних на ринкову вартість земельних ділянок є актуальною і важливою в сучасних умовах. Поєднання точності, актуальності та доступності геодезичних даних може допомогти покупцям, продавцям та інвесторам приймати обґрунтовані рішення на ринку нерухомості і забезпечувати правову стабільність у власності на земельні ділянки. Тому існує потреба у дослідженні питання впливу геодезичних даних на ринкову вартість земельних ділянок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Питанням точності визначення площ земельних ділянок і координат межових знаків займалися багато вітчизняних вчених, а саме: Аврамчук Б.О., Патюк О.О., Барановський В.Д., Боровий В., Зарицький О., Брынь М., Бугаевский, Л. М., Віват А.Й, Літинський В.О., Граур Г.А., Дутчин М. Задемленюк А.В. Заєць І.М., Карпінський Ю.О. Лященко А.А., Кубах С.М. Кучер О.В. Ланьо О.В., Савчук С.Г., Маркузе М.Ю. Маслов А.В. Охрімчук А.Ю., Петров С.Л., Церклевич А.Л., Смірнов Є. І., Черняга П.Г.

Постановка завдання

Визначити, які геодезичні параметри (наприклад, розмір, розміщення, рельєф) мають найбільший вплив на ринкову вартість земельних ділянок. формулювати висновки щодо виявлених зв'язків між геодезичними даними та ринковою вартістю земельних ділянок. Запропонувати рекомендації для оцінювачів, інвесторів та регулюючих органів.

Виклад основного матеріалу

Україна має значний потенціал у сфері сільськогосподарського виробництва, але ефективність використання цього потенціалу залежить від організації земельних відносин між різними групами суб'єктів економічної системи, такими як бізнес, громадськість і держава. Україна займає високі позиції в експорті сільськогосподарської продукції, і тому важливо, щоб влада створювала сприятливі умови для активізації сільськогосподарських підприємств.

Важливим кроком в цьому напрямку було запровадження ринку землі в Україні з 1 липня 2021 року. Проте важливо враховувати, що до 2024 року сільськогосподарські землі можуть купувати лише громадяни України з обмеженням до 100 гектарів. Іноземцям купувати землю заборонено, і це питання може бути вирішене лише через референдум. Важливо відзначити, що українська земля вважається однією з найдешевших в Європі.[7]

Україна має значний аграрний та ресурсний потенціал, який був визначений як один з найсильніших у світі протягом її незалежності. Цей потенціал включає великі сільськогосподарські площі, що становлять понад 70% від загальної території країни, з великою частиною ріллі. Україна також володіє третиною всього світового запасу чорнозему, дуже родючого ґрунту, який при належному управлінні може забезпечувати високі врожаї. Крім того, Україна знаходиться в стратегічному географічному положенні з доступом до ринків сільськогосподарської продукції в Європі, Близькому Сході, Північній Африці та Азії. Всі ці фактори створюють потенціал для

розвитку сільського господарства та забезпечення продовольчої безпеки.

Україна має вражаючий потенціал у сільському господарстві, включаючи великі площі сільськогосподарських угідь, родючі чорноземи та стратегічне розташування для доступу до різних ринків. Проте, питання виникає: чому не відбувається динамічний розвиток вітчизняного агробізнесу, навіть при наявності такого потенціалу?

Відповідь полягає в тому, що успішний розвиток сільського господарства вимагає гармонійної взаємодії трьох основних чинників: ефективних реформ, доступу до ресурсів і земельних відносин, а також розвинутого ринкового механізму. Важливо, щоб ці аспекти взаємодоповнювали один одного [7].

На сьогодні, Україна ще не досягла максимального ефекту від ринку землі через ряд невирішених проблем. До них входять відсутність національної стратегії для земельної політики, недостатнє фінансування земельного кадастру, відсутність збалансованої інфраструктури ринку сільськогосподарських земель, бюрократизація процесів та корупція у сфері землекористування, а також несамодостатня інформованість громадян про їхні можливості.

Загалом, для досягнення успішного розвитку агропромислового сектору України, потрібна взаємодія всіх зацікавлених сторін, створення ефективних регуляторних умов та інфраструктури, а також вирішення невирішених проблем у сфері земельних відносин і земельної політики.

Інвентаризація земель є важливим першим кроком для створення та запровадження ринку сільськогосподарського призначення. У звіті Державної аудиторської служби України було виявлено, що в Україні відсутня повна та достовірна інформація про межі адміністративно-територіальних одиниць, наявність земель та їх фактичне використання [9].

Це є серйозною проблемою, оскільки відсутність точних та актуальних даних про земельні ресурси може призвести до недооптимізованого використання земель та

може стати перешкодою для розвитку ринку земель. Інформація про кількісний та якісний стан земель, їхнє використання, та інші важливі дані є необхідними для прийняття раціональних рішень щодо відчуження та використання земельних ділянок.

Отже, проведення інвентаризації земель є критично важливою задачею, яка має бути вирішена перед впровадженням реформ на ринку земель сільськогосподарського призначення. Тільки за наявності актуальних та надійних даних можна буде створити ефективну систему управління та використання сільськогосподарських земель в Україні. Але більша частина земельних ділянок уже виміряна та внесена до єдиної бази ДЗК у системі координат СК-63, що спричинить багато помилок при перерахунку їх в загальнодержавну систему координат УСК-2000.

Основним елементом кожної національної кадастрової бази даних є система координат. Україна розпочала створення електронної кадастрової інформаційної бази даних земельних ділянок у 1997 році, використовуючи систему координат СК-63. Проте ця система має значні спотворення. До початку 2018 року всі зареєстровані ділянки, кількістю не менше 25 мільйонів, мали координати в цій застарілій системі координат СК-63. Публічна кадастрова карта України також була розроблена та функціонує в системі СК-63.

Впровадження новітніх технологій в геодезичне виробництво різко змінило підходи, методи, принципи та часові терміни виконання робіт. Наслідком класичних геодезичних технологій були неминучі помилки вихідних даних, зовнішніх умов та спостерігача. Сучасне обладнання і технології покликані забезпечити не тільки отримання більш точних даних при геодезичному зніманні об'єктів, але і спростити, автоматизувати і прискорити процес отримання просторової інформації про них. Тому єдиним правильним і вірним рішенням для отримання однорідного результату з контролем його вірогідності безпосередньо у полі, як для створення єдиної бази даних, так і для систематизації

топографічного знімання, стало впровадження мережі активних референцних станцій та нових вимірювальних технологій.

Завдяки використанню супутникових технологій, таких як GPS та ГЛОНАС для визначення координат, а також роботі Науково-дослідного інституту геодезії та картографії, була створена єдина високоточна геодезична мережа для всієї території України. Ця мережа порівнюється з існуючою системою координат СК-63.

У кінці 2016 року згідно з наказом Міністерства аграрної політики та продовольства України введена у використання загальнодержавна система координат УСК-2000, у результаті чого виникає питання у перерахунку координат земельних ділянок які були внесені у системі СК-63. На рисунках 1-2 наведемо схему розташування зон відповідних систем координат СК-63 та УСК-2000 відповідно.

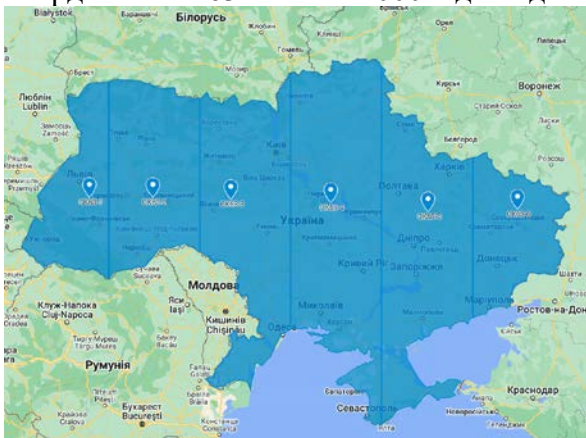


Рис.1 Схема розташування зон СК-63 (зліва на право від 1 до 6 зони)

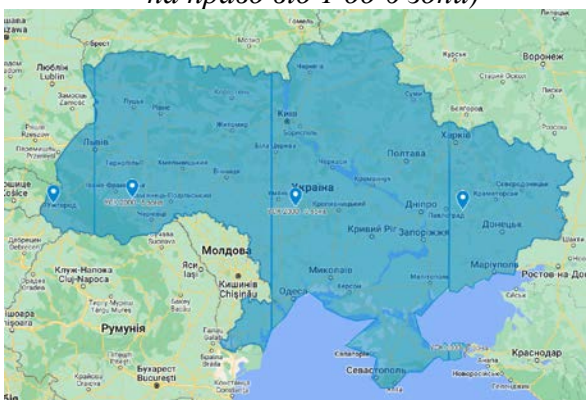


Рис.2 Схема розташування зон УСК-2000 (зліва на право від 4 до 7 зони)

Для дослідження виберемо населений пункт с.Гать Берегівського району а також земельні ділянки з кадастровими номерами

2120485200:04:001:0007 з площею 16.7273 га та 2120483500:02:000:0012 з площею 18.7415 га, обидві земельні ділянки знаходяться у приватній власності а також мають цільове призначення - 01.01 Для ведення товарного сільськогосподарського виробництва, площа ділянок становить більше 15 га кожна, тому саме для таких ділянок доцільно проводити дослідження щодо перерахунку координат між системами СК-63(1) а також УСК-2000(4) [1-3].

Для перерахунку між системами координат використаємо програмне забезпечення Digitals. У результаті площа ділянки у перерахованій систему УСК-2000(4) становить 16.7326, а різниця між площами у різних системах координат становить 37 м² у свою чергу площа другої ділянки становить 18,7476 , з різницею в 61 м² що значно відрізняється від першочергових. Отже, за результатами наших досліджень зміни або спотворення в площах, довжинах ліній чи кутах є очевидним явищем при переході з однієї системи координат до іншої, якщо вони базуються на референц-еліпсоїдах із різними параметрами. Відповідність використання УСК-2000 земельному законодавству, а особливо перевищення площ у сучасних умовах, потребує подальшого розгляду та вирішення, шляхом уточнення законодавства. Основними причинами згідно з якими площа, ділянки в одній системі координат не дорівнює площі тієї ж самої ділянки в іншій: 1. Відмінність між центрами і орієнтуванням осей просторових прямокутних координат, і відмінність між параметрами референцних еліпсоїдів, пов'язаних з цими координатами. 2. Наявність деформацій, викликаних випадковими і систематичними похибками однієї з систем координат. 3. Різниця, пов'язана з властивістю проєкції Гавсса-Крюгера спотворювати площі [4].

Значення середніх квадратичних похибок визначення коефіцієнтів k_1 , k_2 , k_3 апроксимованих функцій для земельних ділянок в інтервалі площ від 0,1 до 1,0 га в залежності від коефіцієнта видовженості знаходиться в межах від 0,4 до 0,7, від 1,7 до 2,9 і від 1,5 до 2,6 відповідно. Значення середніх квадратичних похибок визначення

коефіцієнтів k_1 , k_2 , k_3 апроксимованих функцій для земельних ділянок в інтервалі площ від 1,0 до 10,0 га в залежності від коефіцієнта видовженості знаходиться в межах від 0,6 до 0,8, від 0,27 до 0,38 і від 0,025 до 0,036 відповідно. Значення середніх квадратичних похибок визначення коефіцієнтів k_1 , k_2 , k_3 апроксимованих функцій для земельних ділянок в інтервалі площ від 10,0 до 100,0 га в залежності від коефіцієнта видовженості знаходиться в межах від 0,6 до 0,8, від 0,27 до 0,38 і від 0,0003 до 0,0004 відповідно. При цьому, значення середніх квадратичних похибок визначення коефіцієнтів апроксимованих функцій для земельних ділянок усіх трьох інтервалів площ значно менше самих значень цих коефіцієнтів [4].

Тепер дослідимо вартість земельних ділянок. Щоб визначити реальну ринкову вартість земельної ділянки проводять оцінку землі. Оцінка землі часто стає необхідністю для того, щоб прийняти економічно обгрунтоване рішення в різних життєвих ситуаціях. Ринкова вартість землі залежить від багатьох факторів, зокрема місця розташування та характеристик земельної ділянки [5-6].

Серед найпоширеніших підходів до оцінки земельних ділянок виділяють наступні:

- дохідний (чистий прибуток);
- витратний (земельні поліпшення);
- порівняльний (статистичний аналіз ринку).

Національний стандарт № 2 «Оцінка нерухомого майна» [8] є обов'язковим для застосування під час проведення оцінки нерухомого майна (нерухомості) суб'єктами оціночної діяльності, а також особами, які відповідно до законодавства здійснюють рецензування звітів про оцінку майна та проводять державну експертизу звітів з експертної грошової оцінки земельних ділянок державної та комунальної власності в разі їхнього продажу. Стандартом № 2 передбачено, що об'єкти оцінки поділяються на земельні ділянки (їхні частини), що не містять земельних поліпшень, земельні ділянки (їхні частини), що містять земельні поліпшення, і земельні поліпшення. У певних випадках під час проведення оцінки

земельна ділянка (її частина), що містить земельні поліпшення, може розглядатися як умовно вільна від земельних поліпшень [8]. Перспективи становлення та розвитку ринку землі в Україні визначили норми плати за землю, що справляється у вигляді земельного податку або орендної плати, що визначається в залежності від грошової оцінки земель. Отже, результати грошової оцінки земель законодавчо були визначені базою для їх оподаткування. На сьогоднішній день оподаткування є найбільш широкою сферою застосування результатів грошової оцінки. Норми податку і орендної плати визначаються Податковим кодексом України. Також у стандарті охарактеризовано особливості застосування методичних підходів та оцінки окремих видів нерухомого майна. Залежно від об'єкта оцінки, Методичні підходи дохідний порівняльний витратний його функціонального використання, цільового призначення, мети та виду оцінки, наявності та прозорості ринку схожих об'єктів, інформації про них застосовують певний метод. Наприклад, у рамках методичного підходу капіталізації чистого операційного або рентного доходу від використання земельних ділянок використовують методи прямої і непрямой капіталізації доходу. Слід відзначити, що в класичному розумінні автори-оцінювачі наводять 10 методів експертної грошової оцінки земельних ділянок: метод попарного порівняння, метод статистичного аналізу ринку, метод базової земельної ділянки, метод зисків, метод співвіднесення (перенесення), метод залишку для землі, метод розподілення доходу, метод розвитку (можливого використання), інвестиційний метод, економічний метод [3] (Табл.1).

Таблиця 1

Методи оцінки нерухомого майна

Методи оцінки
Метод попарного зіставлення
Метод статистичного аналізу ринку
Інвестиційний метод
Метод капіталізації земельної ренти (метод зисків)
Метод прямої капіталізації доходу

Метод непрямой капіталізації доходу (дисконтування грошових потоків)
Метод прямого відтворення
Метод заміщення
Економічний метод
Метод співвіднесення (перенесення)
Метод залишку для землі
Метод розподілення доходу
Метод розвитку (можливого використання)

Для наочності середня ціна на ринку для земельної ділянки зі схожими параметрами становить 48 550 грн за один гектар, у нашому випадку різниця становить 0, 0037 для першої ділянки а також 0,0061 для другої у свою чергу різниця між початковою ціною кожного лоту буде становити 180 та 291 грн відповідно. І це лише результати перерахунку координат, при наявній експертній грошовій оцінці даних земельних ділянок була б видна значна різниця у ціні відповідних лотів на земельних торгах.

Висновки

У висновку важливо відзначити, що геодезичні дані мають значущий вплив на ринкову вартість земельних ділянок в Україні. Дослідження показали, що точність та актуальність геодезичних даних є критичними факторами для прийняття

раціональних рішень на ринку нерухомості. Виявлено, що система координат СК-63, яка використовувалася в кадастровій базі даних, має значні спотворення та обмеження, що може вплинути на точність визначення розміщення та параметрів земельних ділянок.

Перехід до нової системи координат, яка базується на сучасних технологіях, таких як GPS та ГЛОНАС, є важливим кроком у поліпшенні кадастрової інформації в Україні. Впровадження нової системи координат сприятиме підвищенню точності та надійності геодезичних даних, що полегшить процес оцінки земельних ділянок та робить його більш об'єктивним.

Важливо відзначити, що перехід до нової системи координат вимагає детальної підготовки, навчання персоналу та впровадження відповідних заходів забезпечення інформаційної безпеки. Однак ці зусилля виправдовуються покращенням якості кадастрових даних та підвищенням довіри до них з боку користувачів.

В цілому, впровадження нової системи координат в кадастрову базу даних України є важливим кроком у модернізації та покращенні ринку нерухомості. Він сприяє більш об'єктивним та точним оцінкам земельних ділянок, що відображається на їхній ринковій вартості і сприяє стабільному розвитку сектора нерухомості в Україні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Савчук С.Г. Деякі питання геодезичного забезпечення кадастрових робіт / С.Г. Савчук, А.В. Задемленюк // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – європейський досвід. – Чернігів, 2008. – Вип. 4. – С.58 – 61.
2. Савчук С.Г. Проблемні питання під час використання сучасних супутникових технологій визначення координат. Геодезія, картографія і аерофотознімання. — Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка». — 2007. — Вип. 69. — С. 20 – 33.
3. Смірнов Є. І. Точність визначення площ земельних ділянок місцевості. / Є. І. Смірнов. // Геодезія, картографія і аерофотознімання. Міжвідомчий науково-технічний збірник. – Львів, 2010. – С.142-143.
4. Угненко Є.Б., Ужвієва О.М., Тимченко О.М., Камчатна С.М. Інженерно-геодезичне забезпечення просторової прив'язки природних об'єктів. Збірник наукових праць УкрДУЗТ. 2019. Вип. 184. С. 61 – 67.
5. Про оцінку майна, майнових прав та професійну оціночну діяльність в Україні: Закон України від 12.07.2001 № 2658-III // Відомості Верховної Ради України. <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/2658-14>
6. Методика нормативної грошової оцінки земель населених пунктів: затв. Постановою Кабінету Міністрів України від 23 березня

- 1995 р. № 213. URL : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213-95-p>
7. Методика нормативної грошової оцінки земель несільськогосподарського призначення (крім земель населених пунктів). URL : <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/1278-2011-p>
8. Методика експертної грошової оцінки земельних ділянок: затв. Постановою Кабінету Міністрів України 11 жовтня 2002
- р. № 1531. URL : <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/1531-2002-p>
9. Порядок нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення: затв. наказом М-ва аграрної політики та продовольства України від 23 травня 2017 р. № 262. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0679-17>

I.Kalynych, B.Mykula

IMPACT OF GEODETIC DATA ON THE MARKET VALUE OF LAND PLOTS

Land plots have always been one of the most valuable investment opportunities for individuals and legal entities. Acquisition, sale, and assessment of land plots are common practices, and their market value is determined by many factors. One such factor that can influence the market value of a land plot is geodetic data. In this article, we will explore how geodetic data can affect the price of land plots and why they are /essential for the real estate market.

Keywords: *land plot value, geodetic data, topographic and geodetic surveys.*

УДК 332.2

В.Ю.Пересоляк,¹ С.С.Радомський²

¹Ужгородський національний університет, vladislav.peresolyak@uzhnu.edu.ua

²Львівський національний університет природокористування, stepan_seva@ukr.net

ДЕЯКІ АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ЗЕМЛЕУСТРОЮ В ПОРЕФОРМЕНИЙ ПЕРІОД ЩОДО ЗЕМЕЛЬ КОЛЕКТИВНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

Дослідження даної проблематики полягає в аналізі та оцінці землеустрою щодо земель колективних сільськогосподарських підприємств в пореформений період. Розроблення рекомендацій з деяких актуальних питань, щодо вдосконалення землеустрою для прийняття управлінських рішень в системі земельних відносин.

Ключові слова: роздержавлення земель, паювання земель, землеустрій, колективне сільськогосподарське підприємство.

Постановка проблеми

На сучасному етапі розвитку земельних відносин — є врегулювання управлінських, юридичних, економічних та соціальних проблеми бувших колективних сільськогосподарських підприємств яким було видано Державні акти на право колективної власності на землю. В 90-х роках минулого століття великий об'єм земель був переданий з державної власності у колективну власність сільськогосподарських підприємств. Відповідно до статистичних даних час немає ні одного колективне сільськогосподарське підприємство яке юридично ліквідовано.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Проблеми реформування та розвитку землеустрою завжди були в полі зору вітчизняних учених. Вагомий внесок щодо їх вирішення, а також дослідження специфіки розвитку на сучасному етапі зробили П.І. Гайдуцький, Л.Я. Новаковський, П.Т. Саблук, В.М., А.М. Третяк, М.Г.Ступень, В.В. Юрчишин, В.Ю.Пересоляк, С.С.Радомський, Й.М.Дорош та інші вчені. Проведені ними наукові дослідження дали підґрунтя для розвитку землеустрою.

Постановка завдання

При виконанні проектів з землеустрою відповідно до рекомендації по складанню проектів роздержавлення і приватизації земель сільськогосподарських підприємств і організацій крім сільськогосподарських угідь передавались в колективну власність –

внутрігосподарські шляхи, полезахисні лісосмуги, ґрунтозахисні насадження, гідротехнічні споруди, землі господарських дворів (де знаходяться об'єкти майнових паїв), водними об'єктам.

Згідно рекомендацій передавались у колективну і приватну власність, відмежовувались вкраплені в сільськогосподарські угіддя ділянки лісових угідь, площа яких становить не більше 5 гектарів, за винятком лісів першої групи та ділянки водойм і боліт, площа яких становить не більше 3 гектарів.

Виклад основного матеріалу

Згідно ст. 23 Земельного кодексу України 1992 р, після розроблення та затвердження проектів з землеустрою роздержавлення і приватизації земель сільськогосподарських підприємств і організацій видавався Державний акт на право колективної власності на землю сільськогосподарському підприємству, сільськогосподарському кооперативу, сільськогосподарському акціонерному товариству із зазначенням розмірів земель, що перебувають у власності підприємства, кооперативу, товариства і в колективній власності громадян. Невід'ємною частиною Державного акту на право колективної власності є карта контурів угідь, які передавались колективному підприємству у власність М 1:10 000, яка була завірена підписами та печатками голови колективного сільськогосподарського підприємства та голови відповідного сільської ради. Також складалась поконтурна відомість де описані номери

контурів та площа угідь, які передавались колективному підприємству у власність.

На основі Державного акту на право колективної власності та карти контурів угідь, які передані в колективну підприємству у власність М 1:10 000 розроблялася схема паювання земель, переданих у колективну власність сільськогосподарським підприємствам власникам сертифікатів на земельну частку (пай). Паюванню підлягали лише сільськогосподарські угіддя рілля, багаторічні насадження, сінокоси, пасовища. З земель колективного сільськогосподарського підприємства формувався резервний фонд сільськогосподарських земель - до 15% та 6% під польові дороги.

Відповідно до Закон України «Про угоди щодо відчуження земельної частки (паю)», який ухвалений 18 січня 2001 року встановив, що власники земельних паїв тимчасово не можуть укладати угоди купівлі-продажу, дарування або іншим способом відчужувати паї, окрім передачі у спадщину та при викупі земель для державних і громадських потреб. Земельний кодекс України 2001 року визначив термін заборони відчуження до 1 січня 2005 року і поширив її й на ділянки для ведення фермерського господарства та іншого товарного с/г виробництва незалежно від форми власності - було запроваджено мораторій на відчуження.

Згідно Закон України № 2178-10 «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо обігу земель сільськогосподарського призначення» від 31 березня 2020 року було знято мораторій на продаж земель сільськогосподарського призначення. Норма закону про запровадження ринку землі вступала в дію лише 1 липня 2021 року.

Відповідно до законодавства землі ліквідованих колективних підприємств передаються до комунальної власності громад, на території яких вони розташовані.

На даний час відповідно до чинного законодавства усі колективні сільськогосподарські підприємства знаходяться на стадії ліквідації, але не ліквідовані.

Що стосується земель колективних сільськогосподарських підприємств, які ліквідовані, то необхідно зазначити з 01.01.2019 членам колективних сільськогосподарських підприємств паювання земель у яких завершилось до 2020 року надано можливість перерозподілити між собою (допаювати) залишок сільськогосподарських угідь та передати землі несільськогосподарського призначення до комунальної власності.

Рішення щодо передачі не розпайованих земель колективних сільськогосподарських підприємств до земель запасу повинно прийматись загальними зборами власників земельних часток (паїв) колективних сільськогосподарських підприємств чи зборами уповноважених або створеного ним органу управління, якому передано функції по господарському управлінню колективним майном.

Якщо до 01 січня 2025 року власник не витребуваної земельної частки (паю) або його спадкоємець не оформив право власності на земельну ділянку, він вважається таким, що відмовився від одержання земельної ділянки. Органи місцевого самоврядування не ліквідованих колективних сільськогосподарських підприємств не можуть розпоряджатись землями колективної власності

За позовом власника не витребуваної земельної частки (паю) або його спадкоємцю у разі пропуску строку для оформлення права власності на земельну ділянку з поважної причини суд може визначити додатковий строк, достатній для такого оформлення. У разі відсутності земель сільськогосподарських угідь колективної власності така земельна частка (пай) може бути виділена в натурі (на місцевості) за рахунок земель запасу комунальної власності відповідної територіальної громади.

Органи місцевого самоврядування протягом 7 років з дня державної реєстрації права комунальної власності на земельну ділянку, сформовану з не витребуваної земельної частки (паю), забороняється передача її у приватну власність (крім передачі її власнику не витребуваної

земельної частки (паю) або його спадкоємцям). Тобто до 2032 року органи місцевого самоврядування можуть лише надавати в оренду на один рік .

Висновок

Проаналізувавши питання даної проблематики можемо констатувати, що на даних час немає ні одного колективного сільськогосподарського підприємства, яке відповідно до чинного законодавства ліквідовано – вони знаходяться на стадії ліквідації

Землі колективної власності не сільськогосподарського призначення –

внутрігосподарські шляхи, полезахисні лісосмуги, ґрунтозахисні насадження, гідротехнічні споруди, землі господарських дворів /де знаходяться об'єкти майнових паїв/, землі під водними об'єктам - площею до 3 га, лісові угіддя - площа яких становить не більше 5 га та частина земель с/г призначення резервного фонду колективної власності з точки зору землеустрою “зависли в повітрі”.

За даними Держгеокадастру площа таких земель по Україні може складати до 1,5 млн га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Земельний Кодекс України 1990 року <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/561-12#Text>
2. Рекомендації по складанню проектів роздержавлення і приватизації земель сільськогосподарських підприємств і організацій. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/n0001450-92#Text>
3. Про порядок паювання земель, переданих у колективну власність сільськогосподарським підприємствам і організаціям <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/720/95#Text>
4. Закон України «Про угоди щодо відчуження земельної частки (паю)» , який ухвалений 18 січня 2001 року <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2242-14#Text>
5. Земельний Кодекс України 2001 року <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>
6. Закон України № 2178-10 «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо обігу земель сільськогосподарського призначення» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/552-20#Text>

V.Peresoliak, S.Radomsky

SOME TOPICAL ISSUES OF LAND MANAGEMENT IN THE POST-REFORM PERIOD REGARDING THE LANDS OF COLLECTIVE AGRICULTURAL ENTERPRISES

The study of this problem fails in the analysis and assessment of land management, in relation to the lands of collective agricultural enterprises in the post-reform period. Development of recommendations on some topical issues regarding improvement of land management for management decisions in the system of land relations.

Key words: *denationalization of land, allotment of land, land management, collective agricultural enterprise.*

УДК 332.2:711.3/4

Р.М.Петій, В.Ю.Пересоляк

Ужгородський національний університет

ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО ПЛАНУ ТЕРИТОРІЇ НА ПРИКЛАДІ ПИЙТЕРФОЛВСЬКОЇ ОТГ

Мета дослідження полягає в аналізі та оцінці методів, використовуваних для розроблення комплексного плану просторового планування, а також в узагальненні здобутого досвіду та наданні рекомендацій для подальшого розвитку та вдосконалення планування території в ОТГ.

Ключові слова: комплексний план території, землевпорядна документація, інвентаризація земель, ОТГ.

Постановка проблеми

Розвиток об'єднаних територіальних громад (ОТГ) в Україні є важливим аспектом реформування місцевого самоврядування та територіальної організації країни. ОТГ спрямовані на забезпечення вищого рівня життя для мешканців, раціональне використання природних ресурсів та створення сприятливих умов для економічного, соціального і культурного розвитку територій.

Проте однією з ключових проблем, які виникають перед ОТГ, є необхідність розроблення комплексного плану просторового планування, який би враховував всі аспекти сталого розвитку і приймав до уваги потреби та інтереси місцевого населення. Планування території в ОТГ є складним завданням, оскільки воно передбачає інтеграцію різноманітних факторів, таких як економіка, екологія, соціокультурні аспекти, і вимагає врахування планів інших рівнів управління.

У цьому контексті, основними питаннями, які потребують вирішення, є:

1. Методологія розроблення: Які методи та підходи можуть бути використані для розроблення комплексного плану просторового планування, які б дозволили врахувати всі аспекти сталого розвитку та потреби ОТГ?

2. Участь громадян: Як забезпечити активну участь мешканців ОТГ у процесі розроблення плану та врахувати їхні думки та інтереси?

3. Інтеграція з іншими рівнями влади: Як планування території в ОТГ пов'язане з планами і стратегіями інших рівнів влади, зокрема, з регіональними та національними стратегіями розвитку?

4. Сталість розвитку: Як забезпечити сталість розвитку території ОТГ, враховуючи екологічні аспекти та потреби майбутніх поколінь?

Ця стаття спрямована на вирішення цих питань та надання практичних рекомендацій для розроблення комплексного плану просторового планування на прикладі Петерфолвської ОТГ. Вона висвітлить важливі аспекти планування та наголосить на важливості цього процесу для сталого розвитку місцевих громад.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дане питання завжди буде актуальним, адже використання земельних ресурсів буде тільки посилюватись, тому питанням просторового планування займались такі діячі як Мосора Л.С. – досліджував питання просторового планування ОТГ в Івано-Франківській області, у своєму дослідженні наводить приклади спроможних ОТГ а також проводить порівняльний аналіз сформованих ОТГ [5]. Л.А. Гунько у співавторстві з І.С. Кулачек у своїх дослідженнях наводять чіткий план дій щодо впровадження системи просторового планування сільських територій а також доводять аксіому організації територій – «жорстке дотримання землевпорядної документації є запорукою гармонійного розвитку сільських територій» [9].

Виклад основного матеріалу

Прийняття Закону України про внесення змін до Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» № 6403 передбачає визначення схеми планування частини території району, що об'єднана в територіальну громаду, та визначення складу, змісту і порядку

розроблення містобудівної документації на всіх рівнях територіальної організації центральним органом виконавчої влади, що формує державну політику у сфері містобудування. Закон України «Про регулювання містобудівної діяльності» визначає планування та забудову територій як діяльність державних органів, органів місцевого самоврядування, юридичних і фізичних осіб, що включає прогнозування розвитку територій, раціональне розселення, розподіл земель, взаємоузгодження інтересів, визначення зон і об'єктів, режим забудови, розроблення документації, реконструкцію, збереження природних об'єктів, інфраструктуру, моніторинг та інші аспекти містобудування. Внесені зміни до Закону України № 3038-VI спрямовані на забезпечення сталого розвитку територій через регулювання процесу розроблення та затвердження документації з просторового планування, посилення ролі об'єднаних територіальних громад у цьому процесі, розширення повноважень місцевого самоврядування щодо регулювання забудови і зв'язку з програмами соціально-економічного розвитку. Ці зміни сприяють удосконаленню документації з просторового планування та переходу до більш сталого розвитку територій. Таким чином, введено новий вид містобудівної документації на місцевому рівні – комплексний план просторового планування територій об'єднаної територіальної громади[6-9].

Перш кроком у розробці комплексного плану просторового планування буде аналіз земельних ресурсів на території Петерфолвської ОТГ. За наявними даними, загальна площа земель становить 19 660.981 гектарів. Ця площа поділена на різні категорії власності, включаючи державну, комунальну, приватну, не визначену та неоформлену власність.

Земельні ресурси Пийтерфолвської ОТГ які внесені до системи Державного земельного кадастру за видами використання землі, поділено на :

- Землі водного фонду (2.5767 га).
- Землі житлової та громадської забудови (505.7326 га).

- Землі промисловості, транспорту, зв'язку, енергетики, оборони та іншого призначення (236.3121 га).

- Землі сільськогосподарського призначення (7861.1307 га).

- Неоформлені землі (11055.2289 га)

Перш за все робота починається з визначення наявних площ земельних ресурсів різних цільових призначень. А вже планування території відбувається лише на земельні ділянки комунальної власності, тому для початку таких розробок землевпорядниками, слід зачекати до етапу повної передачі Держгеокадастром земельних ділянок сільськогосподарського призначення, що перебувають у запасі (резерві) на баланс ОТГ, саме це дозволить раціонально впровадити стратегію громади на всю територію. Ще однією важливою складовою процесу економічного розвитку громад є зацікавленість у даному процесі органів місцевого самоврядування, всі проектні рішення проходять через погодження та реалізацію.

Матеріали проекту землеустрою щодо визначення меж об'єднаної територіальної громади, відповідно до чинного законодавства, включають в себе вкопювання даних з кадастрових карт і планів, експлікацію земель в межах ОТГ за цільовим призначенням, угіддями та формами власності, а також інші необхідні матеріали[5,7]. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо планування використання земель» [4] встановлює новий вид містобудівної документації - комплексний план просторового розвитку території територіальної громади. Цей план визначає організацію планування, функціональне призначення території, основні принципи і напрями формування системи громадського обслуговування, дорожню мережу, інженерно-транспортну інфраструктуру, інженерну підготовку і благоустрій, цивільний захист, охорону навколишнього природного середовища, екомережу, культурну спадщину і традиційний характер середовища населених пунктів, а також послідовність реалізації рішень, включаючи етапну освоєння території відповідно до

загального і детального планів території ОТГ.

Для кращого розуміння поняття Комплексний план використання територій наведемо список задач які він вирішує :

- Створення центрів обслуговування, інженерно-транспортної інфраструктури та дорожньої мережі з метою формування повноцінного життєвого середовища

- Визначення територій, на яких передбачено здійснення заходів перспективного (довгострокового) та першочергового (короткострокового і середньострокового) будівництва та благоустрою

- Встановлення режимів використання територій

- Формування (Згідно ДБН) мережі освітніх, медичних та дошкільних закладів.

- Визначення ділянок які підлягають вилученню для суспільних потреб.

- Ландшафтна організація

- Звіт по СЕО (Стратегічно-екологічна оцінка)

- Організація охорони територій Водних та лісових ресурсів .

- Інженерна підготовка та захист територій

- Заходи щодо збереження пам'яток культури та земель історико-культурного призначення

- Визначення всіх планувальних обмежень (як на наявні об'єкти так і перспективні)

Оптимізація медичних закладів оснований на демографічних та статистичних даних з урахуванням складності розміщення населених пунктів (для гірських та сільських населених пунктів) , з урахуваннями цих особливостей є можливим : - створення нових або перепрофілювання вже наявних медичних закладів в медичні амбулаторії чи пункти тимчасового базування) а також визначення перспективних та наявних ділянок цієї сфери.Також враховується транспортна мережа.

При плануванні освітньої сфери необхідно розрахувати перспективний кількісний склад дітей дошкільного та шкільного віку для кожного населеного

пункту в складі громади , забезпеченість закладів транспортом для перевезень учнів , це реалізовується наступним чином у селах з малою кількістю населення доцільно залишати наявні дошкільні навчальні заклади а також школи 1 ступеню (тобто 1-4 класи) , в селищах відповідно зосереджувати заклади 1-3 ступенів а в містах заклади вищої освіти , за наявності «автобусів» для перевезень .

Мережа закладів соціального захисту , її планування для ветеранів та пенсіонерів , людей з обмеженими можливостями , як і попередні дві базується на даних демографічного складу , а саме вікового в даному випадку , особливостями даного етапу є планування нових або реорганізація наявних закладів соціальної сфери із зосередженнями в зонах рекреаційного призначення.

Заклади Захисту населення від надзвичайних ситуацій : розміщуються з урахуваннями наявного стану водопроводів, транспортної інфраструктури, матеріального забезпечення відповідних підрозділів а також при врахування складності рельєфу та після визначення «Зон ризиків» до прикладу зон затоплення чи територій із «дерев'яною забудовою» .

Оптимізація стану транспортної інфраструктури відбувається у два етапи :

1. Модернізація наявної транспортної мережі , шляхом розроблення карт на яких наявна інформація про стан доріг , необхідність ремонту , аварійні ділянки , території переходу тварин , що дозволить планувати бюджет громади.

2. Рациональне розміщення об'єктів транспорту (пости АЗС та СТО) – з урахуванням перспективної кількості населення розраховується потреба та місцезнаходження відповідних закладів.

Розміщення мереж Інженерних комунікацій :

- **Водопостачання та водовідведення** (визначення наявної кількості та стану водопроводів , освоєння територій для водозаборів , очистки води , розміщення мереж каналізації, очисних споруд , розміщення водонапірних вишок за необхідності , визначення проектних ділянок для районів які підлягають плануванню)

- **Газо та електропостачання** - плануванню підлягають ЛЕП напругою 35 кВт та вище а також розроблення технічних завдань на проектування мереж газопроводів середнього та високого тисків, розміщення газорозподільчих пунктів та станцій.

- **Інженерна підготовка територій** – даним пунктом треба передбачити зменшення негативних наслідків на природні ресурси, провести детальне обстеження стану земель, річок, лісів – для впровадження системи нормування антропогенного навантаження, з розрахунку екологічного та водно-хімічного балансів.

Впровадження таких заходів дозволить прозоро керувати ресурсами громад, також зосередить увагу на перспективному використанні та розвитку локальних територій. Суб'єктам приватної власності на нерухоме майно чітко оцінювати його вартість.[5]

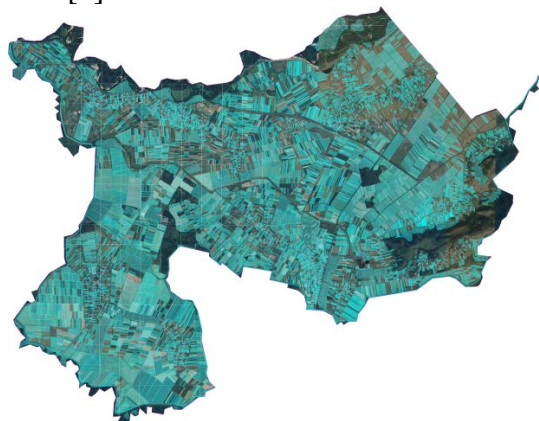


Рис.1 Внесені дані до ДЗК

Розглянемо Пийтерфолвську ОТГ, територія якої має транскордонне значення. Першим етапом після збору інформації про наявні ресурси є процес встановлення меж ОТГ в натурі (на місцевості), це відбувається шляхом розроблення відповідного проекту землеустрою. На рис. 1 представлено дані щодо ділянок інформація про які внесена до бази ДЗК, а на рис. 2 можна побачити дані топографо-геодезичних вишукувань.

Визначені межі дозволяють встановити, хто є власником або користувачем земельної ділянки, та визначити її призначення (сільськогосподарське, промислове, житлове і т. д.). Це допомагає уникнути спорів і конфліктів щодо власності і використання землі [2-4]. Земельна документація дозволяє владі і громадам здійснювати контроль і

регулювання земельних відносин на своїй території. Це може включати в себе встановлення правил використання та будівництва, визначення ставок податків на землю, зонування, а також призначення земельних ділянок для конкретних цілей[8-9]. Коли земельні межі чітко визначені, це створює сприятливі умови для інвестицій та розвитку. Інвестори можуть бути впевнені в щільності земельних відносин та правовій стабільності.

Чіткі земельні межі сприяють збереженню навколишнього середовища, оскільки вони дозволяють уникнути незаконного вирубування лісів, забруднення річок і озер, та незаконної забудови природних зон.

Встановлення земельних меж також може залучати громадську участь, оскільки це важливий аспект розвитку ОТГ. Громадяни можуть брати участь у процесі прийняття рішень щодо використання землі на своїй території.

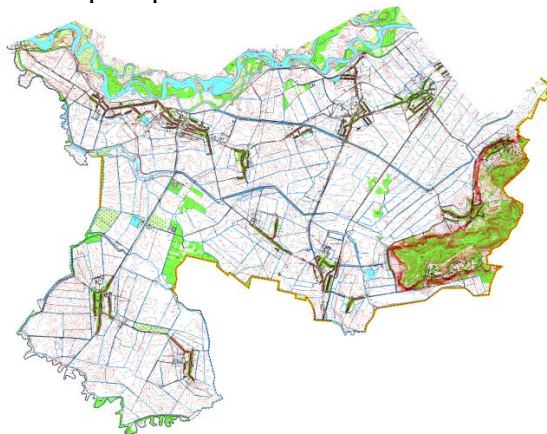


Рис.2. Дані топографо-геодезичних вишукувань

Встановлення меж ОТГ землепорядною документацією є ключовим елементом для забезпечення ефективного управління земельними ресурсами, збереження прав власності, розвитку інфраструктури і бізнесу, а також створення умов для сталого розвитку громад та збереження навколишнього середовища.

Висновки

Створення комплексного плану території передбачає ретельне планування розвитку ОТГ на довгострокову перспективу. Це включає в себе розгляд потреб громади щодо інфраструктури,

освіти, охорони здоров'я, економічного розвитку та інших сфер. Комплексний план території є живим документом, який може підлягати змінам і оновленням з часом. Це дозволяє враховувати зміни в потребах та умовах громади і реагувати на них.

Створення системи комплексного просторового планування в Україні має враховувати сучасні проблеми просторового розвитку України, кращі практики планування, які вже впроваджені та виклики, які пов'язані з військовими діями. При розробці та подальшому якісному використанню комплексного плану 60 – 70 % повинна складати інформація з землевпорядної документації, наразі ж

основу планування складають документи містобудівного та архітектурного напрямку.

Загалом, створення комплексного плану території для ОТГ є складним і багатограним процесом, який вимагає участі громади, експертів та урядових органів. Цей план є важливим інструментом для забезпечення сталого розвитку території та задоволення потреб місцевих жителів. А головною особливістю для початку робіт комплексного планування є необхідність встановлення меж ОТГ а також розробка інвентаризації земель на всю територію ОТГ, слід відмітити і те що доцільним було б встановлення меж територій ОТГ аналітичними методами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Конституція України // Відомості Верховної Ради України. 1996. №30. С. 141.
2. Земельний кодекс України. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>.
3. Закон України. Про землеустрій. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15#Text>.
4. Закон України. Про регулювання містобудівної діяльності. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text>.
5. Мосора Л. С. Просторове планування ОТГ Івано-Франківської області // Управління та раціональне використання земельних ресурсів в новостворених територіальних громадах: проблеми та шляхи їх вирішення. 2020. С. 172.
6. Габрель М. М. Просторова організація містобудівних систем: монографія. ІРД НАНУ. К.: А.С.С., 2004. 400 с.
7. Дорош О. С. Теоретико-методологічні засади територіального планування землекористування: монографія. Х.: Грінь Д. С., 2012. 434 с.
8. Палко В., Пересоляк В. Деякі проблемні питання розроблення комплексного плану просторового розвитку території ОТГ // Географічні аспекти просторової організації території, суспільства та збалансованого природокористування: матеріали III науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Географічні аспекти просторової організації території, суспільства та збалансованого природокористування». 2022. С. 132.
9. Гунько Л. А., Кулачек І. С. Просторове планування, як інструмент сталого розвитку ОТГ // Управління та раціональне використання земельних ресурсів в новостворених територіальних громадах: проблеми та шляхи їх вирішення. 2020. С. 155.

R.Petii, V.Peresoliak

FEATURES OF CREATING A COMPREHENSIVE TERRITORIAL PLAN USING THE EXAMPLE OF PIYTERFOLV OTG

The research aims to analyse and assess the methods employed in the development of a comprehensive spatial planning plan, with a focus on summarizing the acquired experience and providing recommendations for the further advancement and enhancement of territorial planning within the OTG (United Territorial Community).

Keywords: *comprehensive territorial plan, land management documentation, land inventory, OTG (United Territorial Community).*

УДК 332.334

В. Луцьо, О. Феґир, В. Романко

Ужгородський національний університет

vadym.lutso@uzhnu.edu.ua, volodymyr.romanko@uzhnu.edu.ua

СТРУКТУРА ЗЕМЕЛЬ НА ТЕРИТОРІЇ С. ДРАГОВО

Досліджено сучасний стан земельних ресурсів с. Драгово Драгівської ОТГ. Уточнено, що загальна площа земель досліджуваної території становить 461,0117 га. З них сільськогосподарські землі (крім земель, які є присадибними ділянками наданими громадянам для особистого підсобного господарства) займають 150,4524 га.

Встановлено, що на даній території знаходиться значна площа ріллі – 60,2% ,96 або 90,6015 га. Тоді як категорія земель «пасовища» становлять лише – 3,3% або 5,1783 га.

Ґрунтовий покрив населеного пункту Драгово представлений в основному дерново-буроземними та лучно-буроземними ґрунтами.

Ключові слова: категорії земель, агровиробничі групи, структура земель.

Постановка проблеми

Земельні ресурси у всіх сферах життя людини обумовлюють необхідність детального їхнього вивчення та впровадження ефективних заходів щодо охорони земель – як запоруки продовольчої, економічної та екологічної безпеки вцілому [4]. Не виключенням є і вивчення обраної нами території досліджень.

Постановка завдання

Метою проведеної роботи було оновлення даних щодо сучасного стану земельних ресурсів на території с. Драгово.

Виклад основного матеріалу

Територія села с. Драгово Драгівської ОТГ знаходиться в межах Воловецько-Рахівського природно-сільськогосподарського району (ПСГР-04), який загалом знаходиться в північно-східній частині Закарпаття.

Загальна площа природно-сільськогосподарського району становить 818,4 тис. га, з них: рілля – 33,8 тис. га, багаторічні насадження – 2,4 тис. га, сіножаті – 62,4 тис. га, пасовища – 62,0 тис. га [2].

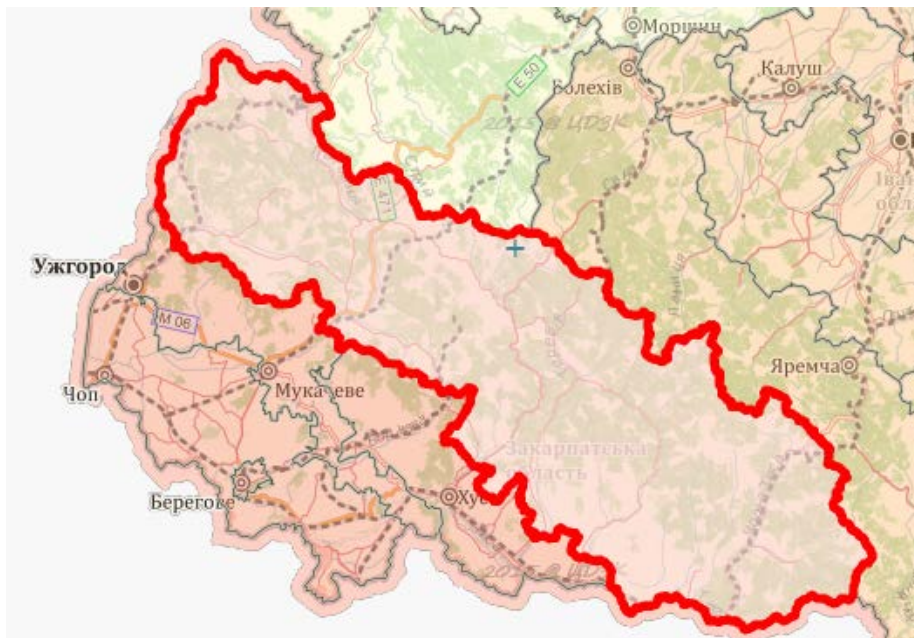


Рис. 1. Воловецько-Рахівський природно-сільськогосподарський район [2]

В геоморфологічному відношенні цей район представлений гірської частиною Карпат, яка характеризується більш різкими формами рельєфу з нахилами та крутими схилами різних експозицій, що обумовлює формування неглибоких, в різній мірі змитих ґрунтів.

Клімат природно-с/г району сприятливий для вирощування кормових та ягідних культур.

Згідно даних таблиці видно, що загальна площа земель с. Драгово Драгівської ОТГ становить 461,0117 га [6].

З них сільськогосподарські землі (крім земель, які є присадибними ділянками наданими громадянам для особистого

підсобного господарства) займають 150,4524 га або 32,64% від загальної площі. А разом з категорією «присадибні ділянки надані громадянам для особистого підсобного господарства, будівництва та обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд» (185,8912 га або 40,32%) становлять 72,96 % від усієї території.

Інші категорії земель займають значно менші площі. Такі як ліси та інші вкриті лісом площі - 7,2095 га або 1,56%. Внутрішні води - 0,5015 га та відкриті землі без рослинного покриву (яри, порушені землі) – 0,3007 га загалом становлять незначну частку (табл. 1).

Таблиця 1

Структура земель на території Драгівської сільської ради

Територіальні елементи	Площа, га	%
Територія населеного пункту у встановлених межах	461,0117	100
Забудованої землі, з них:	116,6564	25,30
під житловою забудовою	53,9853	-
землі громадського призначення	10,6066	-
землі промисловості	9,1000	-
землі комерційного використання	1,7943	-
землі транспорту та зв'язку (крім земель під залізницями та аеропортами)	5,5534	-
землі технічної інфраструктури	0,3800	-
землі, які використовуються для відпочинку та інші відкриті землі	34,7368	-
Присадибні ділянки надані громадянам для особистого підсобного господарства, будівництва та обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд	185,8912	40,32
Сільськогосподарські угіддя (крім земель, які є присадибними ділянками наданими громадянам для особистого підсобного господарства)	150,4524	32,64
Ліси та інші лісовкриті площі (чагарники)	7,2095	1,56
Відкриті землі без рослинного покриву (яри, порушені землі)	0,3007	0,07
Внутрішні води	0,5015	0,11

Для порівняння, на території с. Підполоззя Жденіївської ОТГ частка категорії земель «Присадибні ділянки надані громадянам для особистого підсобного господарства, будівництва та обслуговування житлового будинку, господарських будівель і споруд» - значно менша і становить лише 48,9109 га або 15,84% від загальної площі [3].

Загалом на території села с. Драгово у розрізі сільськогосподарських угідь їх співвідношення характеризується в такому порядку: найбільше представлені рілля-

90,2963 га або 60,2 % від загальної площі даних угідь (рис. 2).

Для порівняння, з іншими регіонами Закарпатської області, зокрема, таких низинних територій як Мукачівська ОТГ, частка ріллі коливається і межах 52-63 % сільськогосподарських угідь [1, 5]. Тоді як на території с. Підполоззя Жденіївської ОТГ рілля було на рівні 32,7%, що обумовлено рядом причин – рельєфом, якісними показниками ґрунтів та напрямку в сільському господарстві [3].

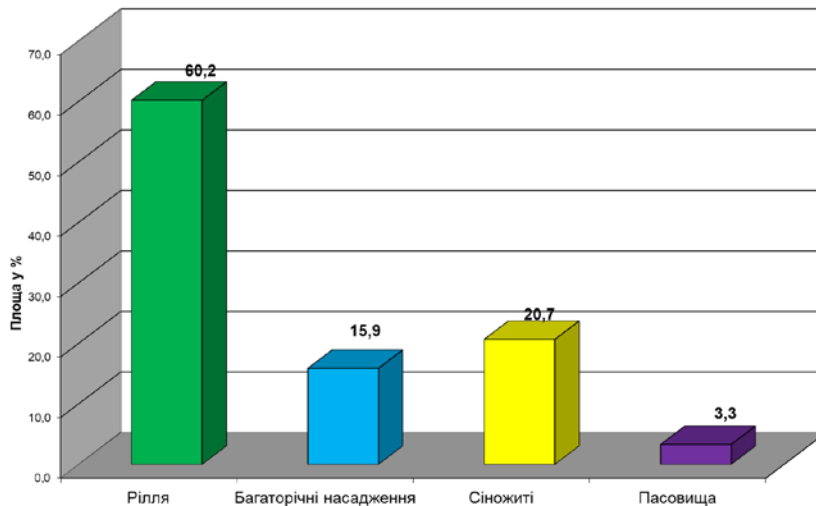


Рис. 2 Розподіл земель сільськогосподарського призначення на території Драгівської сільської ради

Уточнено, що на досліджуваній території є наявність 6 агрогруп. А саме:

185г агрогрупа, яка представлена дерново-буроземними та лучно-буроземними ґрунтами на алювіальних і делювіальних відкладах легкосуглинкові;

186д агрогрупа, яка представлена, дерново-буроземними та лучно-буроземними глейовими ґрунтами на алювіальних і делювіальних відкладах середньосуглинкові;

187г агрогрупа, яка представлена дерново-буроземними та лучно-буроземними легкосуглинковими неглибокими ґрунтами, підстелені рінками;

193е агрогрупа, яка представлена бурими гірсько-лісовими та дерново-буроземними глибокими і середньоглибокими, важкосуглинковими щепенюватими і легкоглинистими ґрунтами теплого поясу до 250 метрів над рівнем моря;

198д агрогрупа, яка представлена бурими гірсько-лісовими та дерново-буроземними середньосуглинковими неглибокими щепенюватими і кам'янистими ґрунтами;

199е - агрогрупа, яка представлена бурими гірсько-лісовими та дерново-буроземними важкосуглинковими і легкоглинистими щепенюватими і кам'янистими середньо- і сильнозмитими ґрунтами;

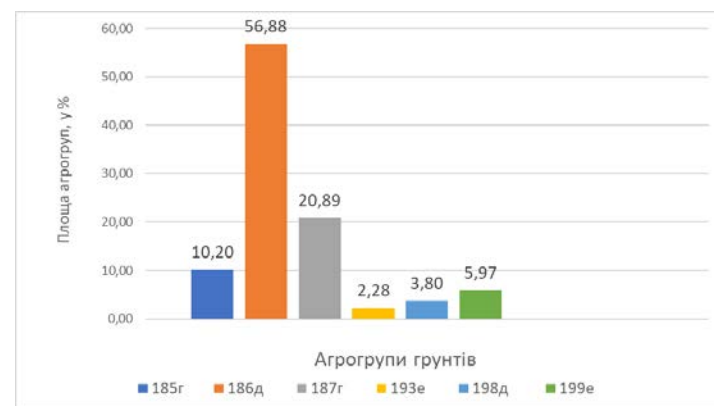


Рис. 3. Різноманітність агровиробничих ґрунтів на території Драгівської сільської ради

З рис. 3. видно, що ґрунтовий покрив представлений в основному дерново-буроземними, лучно-буроземними та бурими гірсько-лісовими ґрунтами. Домінуючою агрогрупою є 186 д, яка займає більше ніж 1/2 частини всієї площі досліджуваної території (56,88%). Загалом частка дерново-буроземних та лучно-буроземних ґрунтів є домінуючою і становить 87,81%.

Таким чином, досліджено сучасний стан земельних ресурсів с. Драгово Драгівської ОТГ. Отримані дані можуть застосовуватись при розробці комплексного плану просторового розвитку території територіальної громади

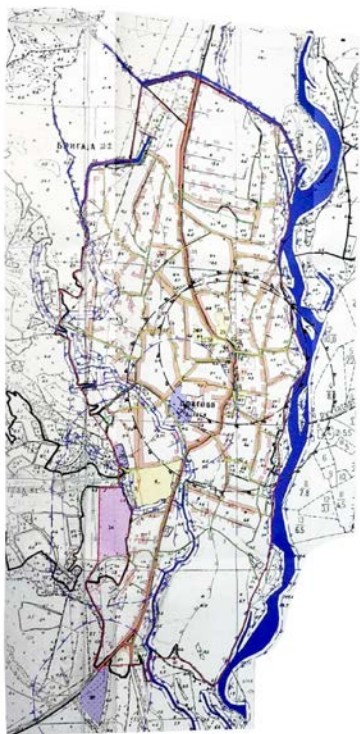


Рис. 4. Випокіювання з генерального плану с. Драгово

Висновки

1. Встановлено, що загальна площа земель на території с Драгівської сільської ради становить 461,0117 га. З них сільськогосподарські землі становлять 336,3436 (крім земель, які є присадибними ділянками наданими громадянам для особистого підсобного господарства) займають 150,4524 га.

2. Загалом територія села Драгово у розрізі сільськогосподарських угідь та їх співвідношення характеризується значною площею ріллі – 90,2963 га або 60,2 %. Тоді як категорія земель «багаторічні насадження» становлять лише – 3,3%.

3. Встановлено, що на території села Драгово наявні 6 агровиробничих груп ґрунтів, серед яких домінує 186 д агрогрупа. Загалом частка дерново-буроземних та лучно-буроземних ґрунтів є домінуючою і становить 87,81% від загальної площі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бандурович Ю. Ю., Фандалюк А.В., Романко В. О. Еколого-агрохімічна оцінка ґрунтів Мукачівського району Закарпатської області. Проблеми агропромислового комплексу Карпат" Міжвідомчий тематичний науковий збірник. Вел. Бакта. 2021. Випуск 29. С. 32-37 ISSN 2709-3727 DOI 10.47279/2709-3727-2021-1-2

2. Загальнонаціональна (Всеукраїнська) нормативна грошова оцінка земель сільськогосподарського призначення Режим доступу: <https://ngo.land.gov.ua/uk/>

3. Демян Н., Романко В. Структура земель населеного пункту с. Підполоззя Жденіївської ОТГ. Географічні аспекти просторової організації території, суспільства та збалансованого

природокористування: матеріали IV науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених (Україна, м. Ужгород, 24- 26 травня 2023 р.). Ужгород: ПП Данило С.І., 2023. С. 130-135.

4. Моніторинг та охорона земель: конспект лекцій / В. Ю. Романко, В.Ю. Пересоляк, І. В. Калинич, Т. Б. Марухнич // Ужгород: Говерла, 2021. 85 с.

5. Романко В.О., Пересоляк В.Ю., Калинич І.В. Ґрунтознавство. Конспект лекцій. – Ужгород: УжНУ «Говерла», 2021.

6. Технічна документація з нормативної грошової оцінки земель населеного пункту с. Драгово Хустського району Закарпатської області. Ужгород, 2016. 104 с

V. Lutso, O. Fegir, V. Romanko

STRUCTURE OF LANDS ON THE TERRITORY OF S. DRAGOVO

*The current state of land resources of the village was studied. Dragovo Dragivska OTG. It was specified that the total land area of the studied territory is 461.0117 hectares. Of them, agricultural lands (except for lands that are homesteads granted to citizens for personal subsistence farming) occupy 150.4524 hectares. The soil cover of Dragovo settlement is represented mainly by turf-brown earth and meadow-brown earth soils. **Keywords:** land categories, agricultural production groups, land structure.*

УДК 504.064.2(477.84)

Т. Хуторська, В. Пересоляк

Ужгородський національний університет, вул. Університетська, 14, 88000, Ужгород, Закарпатська обл., Україна, e-mail: vladislav.peresolyak@uzhnu.edu.ua

ЗЕМЛЕУСТРІЙ ЯК СКЛАДОВА ЧАСТИНА ОВД НА ПРИКЛАДІ КУРОРТА СВИДОВЕЦЬ

У публікації досліджено можливість зведення туристично-рекреаційного комплексу «Свидовець», представлено його планову діяльність та характеристику. Подано обґрунтування землеустрою як складової частини ОВД. Описано доцільність здійснення ОВД як інструменту виявлення всіх вірогідних наслідків запровадження планованої діяльності на високогірній території Закарпатської області.

Ключові слова: оцінка впливу на довкілля, планована діяльність, землеустрій.

Постановка проблеми

Станом на сьогодні можемо виділити такий важливий чинник сталого зростання економіки як розвиток виробничої сфери. Він, у свою чергу, призводить до посилення антропогенного впливу на навколишнє середовище. Ці зміни вимагають еколого-економічної оцінки та прогнозування можливих наслідків. Саме тому, за останній період часу особлива увага приділена екологічному супроводу проектів у виробничій сфері.

Оцінка впливу на довкілля (ОВД) – це інструмент для запобігання негативних впливів зі сторони господарських об'єктів. Впроваджена вона у відповідь на виклик, що виникає у системі «природа-суспільство-господарство». В сучасному світі взаємодія суспільства і природи проявляється через господарство, а саме: будівництво, реконструкція, технічне переоснащення, розширення, перепрофілювання різного роду господарських об'єктів. Це неодмінно тягне за собою зміну параметрів якісних та кількісних характеристик довкілля.

Механізм забезпечення екологічної безпеки, що ставить собі за мету унеможливлення реалізації екологічно небезпечних господарських об'єктів, шляхом проведення аналізу проектної документації планової діяльності, є ОВД.

Постановка завдання

Дослідити можливість зведення туристично-рекреаційного комплексу «Свидовець», надати обґрунтування землеустрою як складової частини ОВД.

Виклад основного матеріалу

Свидовець – це високогірна територія Закарпатської області, частина Свидовецько-Покутсько-Мармароського округу Центральноєвропейської провінції Європейської широколистяної області. Це визначення впливає за геоботанічними характеристиками. Площа Свидовецького масиву в цілому охоплює до 15000 га (150 кв. м). Свидовецький масив – це гірська територія Карпат. Свидовець – це цінний природний об'єкт не лише для України, а й для усїєї Європи. [2]. У північно-центральної частині Свидовця планується створення туристично-рекреаційного комплексу «Свидовець». Втілення даного проекту може призвести до суттєвих змін у природній екосистемі Карпат. Отже, проведення оцінки впливу на довкілля (ОВД) цієї території вважаємо необхідним. З отриманих для об'єкта дослідження результатів по показниках кількісної оцінки об'єктів георізноманіття масиву Свидовець видно значну подібність між собою.

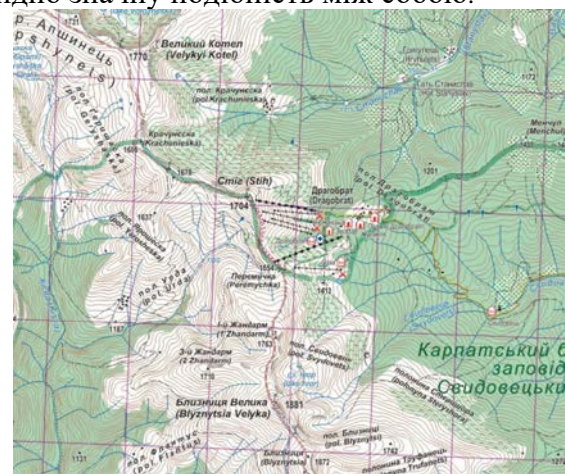


Рис. 1. Свидовецький масив. Індексна карта

Показники кількісної оцінки об'єктів георізоманіття масиву Свидовець (станом на 2022 рік)

Назва об'єкту	Потенційне туристичне використання	Ризик деградації
г. Близниця	270	215
Ворожецький кар	285	215
Апшинецький кар	290	270
трогова долина	295	270
Середнє значення	285	245,5

Подана майбутня діяльність з будівництва курорту «Свидовець» охоплює наступні сфери:

1. Лісове господарство;
2. Сфера енергетики;
3. Сфера транспорту;

4. Поводження з відходами;

5. Водні ресурси;

Також враховано розміщення на цій території Смарагдової мережі, охоронної зони Карпатського біосферного заповідника та екологічної мережі.

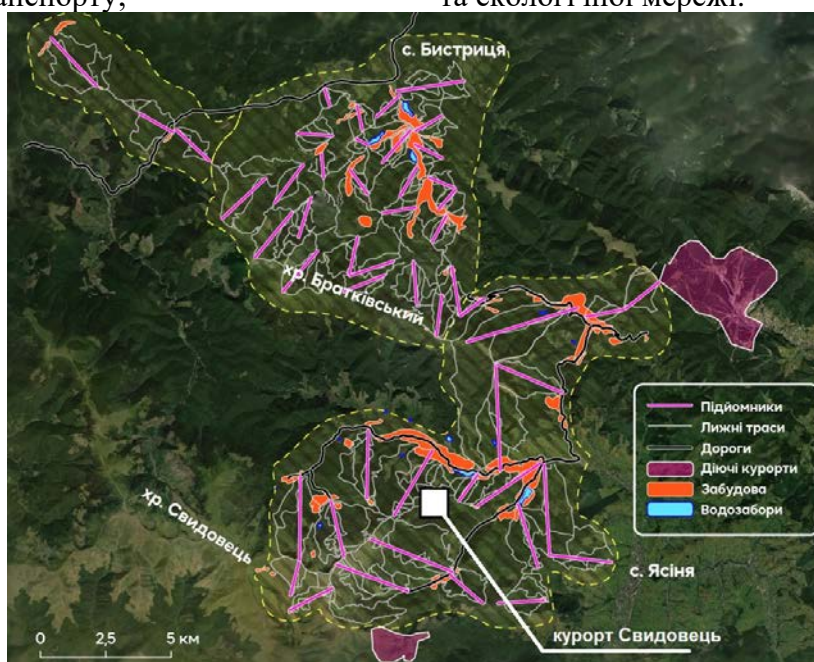


Рис. 2 Ситуаційна схема курорту Свидовець на аерофотозніманні

ОВД здійснюється на етапі, коли екологічної загрози чи ризику з боку виробничого об'єкту ще нема. Це дає змогу звести до мінімуму чи повністю виключити вищезгадані загрози. Ця оцінка являється конструктивним елементом у площині запобігання екологічних збитків під час здійснення планування та отримання дозволу на ведення господарської діяльності [4]. 18 грудня 2017 року набрав чинності Закон України «Про оцінку впливу на довкілля (ОВД)» (від 23.05.17 №2059-VIII) [1]. Цим Законом впроваджено в Україні європейську модель екологічної оцінки на виконання міжнародних зобов'язань України. Закон упроваджує зобов'язання,

передбачені Угодою про асоціацію з ЄС, зокрема Директиву 2011/92 про оцінку впливу окремих державних і приватних проектів на довкілля, а також відповідні дотичні положення Директиви № 2003/4 про доступ до екологічної інформації.

Прийняття ЗУ «Про ОВД» передбачає ведення Єдиного реєстру з оцінки впливу на довкілля, котрий визначається Постановою КМУ від 13 грудня 2017 р. №1026 «Про затвердження Порядку передачі документації для надання висновку з ОВД та фінансування оцінки впливу на довкілля та Порядку ведення Єдиного реєстру з ОВД» [2].

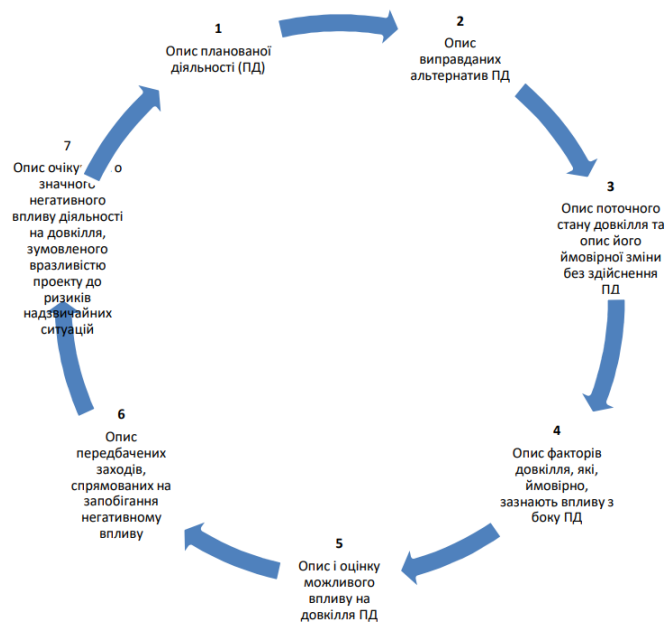


Рис. 3. Структурні елементи матеріалів з ОВД

Згідно ст. 3 ЗУ «Про ОВД» Здійснення оцінки впливу на довкілля є обов'язковим у процесі прийняття рішень про провадження планованої діяльності [1]. Розроблення звіту з оцінки впливу на довкілля передбачає дотримання вимог законодавства України «Про оцінку впливу на довкілля», щодо охорони навколишнього середовища, здоров'я населення, впровадженні планованої діяльності оптимальним економічно-соціальним способом, а також дотримання в рамках національних, громадських та приватних інтересів. Як результат, повинно бути проаналізовано прийняті технологічні рішення та зазначено, що планована діяльність не буде призводити до критичних змін в природі, не представлятиме загрозу здоров'ю людини, не нестиме потенційних загроз виникнення аварійної ситуації, що призводить до деградації природного середовища.

Робочий проект курорту «Свидовець» передбачає зведення туристичного комплексу на 28000 туристів з 60 готелями,

120 ресторанами, 23 підприємствами та 230 км лижних трас. Будівництво комплексу може мати негативний вплив на унікальну природу Карпат. Отже, основним завданням звіту оцінки впливу на довкілля є передбачення всіх можливих ризиків.

Як експлуатація, так і будівництво об'єкту планової діяльності, проводиться згідно чинного законодавства України, з дотриманням вимог нормативно-правових актів. Під розташування туристично-курортного комплексу запроєктовано земельні ділянки загальною площею 1430 га, що розташовані за межами населених пунктів. Передбачено відповідну інженерну інфраструктуру, що забезпечуватиме повноцінне функціонування об'єктів комплексу. З них: землі лісового фонду (лісовкриті та нелісовкриті території), землі державної власності сільськогосподарського призначення та інші (пасовища, сіножаті, ін).

Таблиця 2

Розподіл площ під розташування туристично-курортного комплексу

Лісництво	Площа, га
Свидовецьке лісництво	31,76
Довжанське лісництво	275,91
Станиславське лісництво	669,88
Чорнотисянське лісництво	209,45
землі державної власності сільськогосподарського призначення та інші	243,0

430 га із лісовкритих території підлягають вирубці для розташування об'єктів інфраструктури. Площа запроєктованих рубок менша за площу щорічних суцільних рубок.

Площа під облаштування гірськолижних трас та спорудження канатних доріг при загальній довжині 223 000 м становить 630 га при середній ширині траси від 12 до 45 м та ширині профілю під канатну дорогу 15-18м.

Відповідно до детального плану території, для розташування туристичного комплексу „Свидовець” заплановано спорудження 23 підвісних пасажирських канатних доріг різної конструкції та довжини (від парно-крісельної до фунікулерного типу), облаштування 230 км лижних трас відповідно до встановлених класифікаторів складності, із 100 % осніженням. Це дасть змогу забезпечення інфраструктурою зимових атракцій комплексу на 22 тисячі осіб одночасно.



Рис. 4 Фрагмент детального плану території туристично-рекреаційного комплексу. Проектом передбачено 800 га під житлову, комерційну та рекреаційну інфраструктуру, включно з площами під інженерні комунікації. Заплановане розташування охоплюватиме долини рік Станислав, Довжана та Чорна Тиса.

Щоб забезпечити потреб питної води використовуватиметься водозабір з артезіанських свердловин класу „вода питна”, залишок – за рахунок спорудження руслового водозабору з локальною

фільтраційною насосною станцією на існуючих водотоках.

Очистка стічних вод буде здійснена централізовано через збірний канал від верхньої частини забудови туристичного комплексу вниз по долині за межі населеного пункту. Для цього рекомендовано спорудити біологічну систему комплексної очистки стічних вод від побутових відходів.

Відповідно до чинного законодавства України рішенням про провадження даної планованої діяльності буде затвердження знеособленого проекту землеустрою щодо відведення земельних ділянок, в подальшому – зміна їх цільового призначення та переведенням до земель рекреаційного призначення, земель запасу Закарпатської обласної державної адміністрації.

Будівництво туристичного комплексу дасть змогу покращити соціально-економічні показники місцевого населення шляхом створення нових робочих місць, надходженням податків до місцевого бюджету.

Відходи збиратимуться роздільно та будуть зберігатись тимчасово у спеціально відведених місцях, а після – передаватись спеціалізованим підприємствам. Рівень ризику шкідливого впливу можна оцінити як умовно прийнятний. Вплив на біоту не передбачено. Планована діяльність не нестиме негативного впливу на Смарагдову мережу.

Висновки

Встановлено, що загальна площа запроєктованих під розташування комплексу «Свидовець» земельних ділянок становить – 1430 га, реєстрація яких можлива на підставі проекту землеустрою щодо відведення земельних ділянок, в подальшому – зміни їх цільового призначення та переведення їх до земель рекреаційного призначення.

За результатами звіту оцінки впливу на довкілля, рівень ризиків шкідливого впливу можемо оцінити як умовно прийнятний. Вважаємо можливим спорудження даного комплексу і вбачаємо наступні перспективи такі як нові робочі місця та туристична локація.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» від 23.05.17 №2059-VIII 1.04.2022. Режим доступу: URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text> (дата звернення 21.09.2023)
2. Постанова Кабінету Міністрів України №1026 від 13 грудня 2017 року «Про затвердження Порядку передачі документації для надання висновку з оцінки впливу на довкілля та фінансування оцінки впливу на довкілля та Порядку ведення Єдиного реєстру з оцінки впливу на довкілля» 1.04.2022. Режим доступу: URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1026-2017-%D0%BF#n79> (дата звернення 21.09.2023)
3. Конвенція про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті. Режим доступу: URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_272 (дата звернення 22.09.2023)
4. Шаравара В.В., Бондаренко О.О., Тарасова О.Г., Гаврилюк Р.Б. Впровадження оцінки впливу на довкілля в Україні : аналіз ризиків і перспектив (громадське бачення). Київ : НЕЦУ, 2019.29 с.
5. Антошик О. Збереження озер та приозерних територій високогір'я Свидовецького масиву Українських Карпат // Вісн. Львів. ун-ту. Сер. геогр. 2014. Вип. 45. С. 267–275.
6. Бортник С. Ю., Ковтонюк О. В., Кравчук І. В., Лаврук Т. М., Острікова В. Р., Тимуляк Л.М. Басейн річки Чорна Тиса – перспективна територія для розширення меж Карпатського біосферного заповідника // Фізична географія та геоморфологія. 2018. Вип. 2 (90). С. 97–112. <https://doi.org/10.17721/phgg.2018.2.12>.

T. Khutorska, V. Peresolyak

LAND MANAGEMENT AS AN INTEGRAL PART OF THE OSD ON THE EXAMPLE OF THE SVYDOVETS RESORT

The publication investigates the possibility of building a tourist and recreational complex "Svydovets", presents its planned activities and characteristics. The justification of land management as an integral part of EIA is presented. The expediency of EIA as a tool for identifying all possible consequences of the implementation of planned activities in the highlands of the Transcarpathian region is described.

Keywords: *environmental impact assessment, planned activities, land management.*

ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

УДК 911.3:[332.3:630](477.83)

П.С. Войтків, Є.А. Іванов, І.І. Волошин

Львівський національний університет імені Івана Франка

petro.voytkiv@lnu.edu.ua; yevhen.ivanov@lnu.edu.ua; ivanvolosin1@gmail.com

ЛІСОГОСПОДАРСЬКЕ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ ЗАБОЛОТЦІВСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ ЗОЛОЧІВСЬКОГО РАЙОНУ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Розглянуто сучасний стан лісогосподарського землекористування Заболотцівської територіальної громади. Для землекористування властиве інтенсивне використання земель сільськогосподарського призначення і значно менше лісів та інших лісовкритих земель. В цілому стан лісогосподарського землекористування є добрим. В межах громади наявні локальні ареали із екстенсивним використанням лісів та екологічно деструктивні впливи і зміни у землекористуванні. Головними користувачами цих земель є лісогосподарські підприємства. Важливе місце у лісогосподарському землекористуванні посідає зменшення інтенсивності його використання. Частина лісів громади слід перевести у категорії земель природоохоронного чи рекреаційного призначення. Територія громади, завдяки наявності значних площ лісів, володіє потужним туристично-рекреаційним потенціалом.

Ключові слова: ліс, лісогосподарське землекористування, структура земельного фонду, категорії користувачів, територіальна громада.

Постановка проблеми

Земельні ресурси Заболотцівської територіальної громади Золочівського району Львівської області зазнали суттєвих змін унаслідок дії різних антропогенних впливів, зокрема проведення гідромеліоративних та осушувальних робіт. Ці зміни призвели до втрати первісних ділянок ландшафтів, погіршили літологічний стан і гідрологічний режим земель громади [8]. Зокрема, виснажливе використання земель сільськогосподарського призначення призвело до погіршення їхнього стану, родючості та екологічного стану.

Для громади гострим залишається питання збереження та збільшення площ лісів. Важливою проблемою є використання лісів як за призначенням, так в інших цілях, які могли б стабілізувати природокористування і зробити його збалансованішим. Тому, на нашу думку, актуальним є розгляд сучасного стану лісогосподарського землекористування, а також зміни, що відбулися у використанні цих земель під впливом різних чинників за певний часовий період.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Дослідженню стану земельних ресурсів адміністративних утворень колишнього Бродівського району та громад приділено

недостатньо уваги. Основними працями, які пов'язані із вивченням стану земельних ресурсів району є [4, 5]. Вивчення сучасного стану земель та землекористування в межах Заболотцівської громади приділялася ще менше уваги, зокрема, подано їх аналіз у статті [3, 9]. Вивченню актуальних питань лісогосподарського землекористування у громаді взагалі не приділено уваги.

Постановка завдання

Метою роботи є вивчення особливостей лісогосподарського землекористування у Заболотцівській громаді. Для досягнення цієї мети досліджено та проаналізовано сучасний стан і проблеми лісогосподарського землекористування у громаді, що включало вивчення структури лісів та інших лісовкритих площ та їх розподіл за категоріями користувачів.

Об'єктом дослідження є земельні ресурси громади, а предметом – сучасний стан лісогосподарського землекористування цієї ж громади. Серед методів дослідження виділимо статистичний, розрахунковий, аналітичний, порівняльно-географічний.

Виклад основного матеріалу

Заболотцівську громаду утворено шляхом об'єднання Заболотцівської, Ражнівської, Підгорецької та Ясенівської сільських рад Бродівського району. Громада

межує із іншими громадами області: на півночі і сході з Бродівською, на південному-сході – з Підкамінською, на півдні і південному-сході – із Золочівською та на заході – з Буською громадами. Тобто вона знаходиться у центрі Золочівського району та межує з іншими громадами виключно цього району.

Територія громади розміщена в межах Східноєвропейської рівнини як фізико-географічної країни. За природними зонами північна частина громади відноситься до Поліської провінції зони мішаних лісів, а південна – до Західноукраїнської провінції зони широколистяних лісів. Північ громади відносять до Стирського Малого Полісся (району Підполіського Окраїнного Полісся), а південна частина – до Західноподільської височини (району Вороняцького Горбогір'я) [6, 13]. Значна частина громади розташована на Бродівській рівнині, яка географічно належить до Малого Полісся. У свою чергу південь громади перетинає пасмо Вороняки, яке є частиною Подільської височини [1, 10].

Згідно з фізико-географічним районуванням України, територія громади не є однорідною. Північна його частина знаходиться в межах південно-західної частини Східноєвропейської рівнини, Західноукраїнської провінції зони Лісостепу, в області Малого Полісся [2, 13]. У цій частині громади розміщені території Заболотцівської і Ражнівської сільських рад.

Південна частина громади відноситься до Західноукраїнської провінції зони Лісостепу, району Гологоро-Кременецького горбогір'я Подільської височини. У цій частині громади розміщені Підгорецька й Ясенівська сільські ради.

У зв'язку з природною неоднорідністю території Заболотцівської громади при описі природних умов виділяємо Малополіську і Подільську частини. Властивими рисами Малополіської частини (північ громади) є рівнинність, незначне коливання відносних висот, велика кількість пісків у складі поверхневих відкладів, слабо врізані річкові долини, а також домінування борів, суборів, лук і боліт, дерново-підзолистих, дерново-карбонатних, лучних і болотних ґрунтів [2].

Для Подільської частини (південь громади) характерним є слабохвилясті форми

рельєфу, пологі і спадисті схили. У геоморфологічному відношенні громада розміщена на Гологоро-Кременецькому уступі Подільської височини і є значно підвищеним (на 40–60 м) над Поліською частиною території [13]. У результаті дії значного антропогенного навантаження на геосистеми громади окремі площі земельного фонду значно відрізняються між собою за ступенем їх використання та порушення. Структура земельного фонду в межах громади відрізняється. Найбільші площі займають сільськогосподарські землі – 12 245,31 га, що у відсотковому відношенні складають 52,03 %. Площа лісів та інших лісовкритих територій по громаді становить 9 847,63 га (41,85 %). Суттєво менші площі припадають на забудовані землі – 784,60 га (3,33 %). Водно-болотні землі також мають незначні площі – 387,37 га (1,65 %). Землі без рослинного покриву займають ще менші площі – 268,40 га (1,14 %) [3].

Лісогосподарське землекористування є типом використання земельних ділянок, що вкриті лісовою рослинністю та не вкриті лісовою рослинністю, лісогосподарськими підприємствами та громадянами України для забезпечення різних економічних, соціальних, екологічних та інших потреб суспільства у лісових ресурсах (деревних, технічних, лікарських) і корисних властивостях лісів [12].

Лісовий покрив є важливим компонентом ландшафту, відповідальним за збереження інших його складових – рельєфу, ґрунтів, поверхневих і підземних вод, фауни та повітря. Величезним є екологічний вплив лісових екосистем на стан природного середовища, на характер, темп і спрямованість екзогенних процесів, умови проживання людини [7, 11].

Велике значення у формуванні рослинності громади належить діяльності людини, яка винищує одні рослини, а звільнені площі використовує для культивування інших видів рослин (наприклад, чагарники чи луки використовують під сади і городи).

Північну частину громади розміщено в малополіській, а південна – у подільській частинах. Загальна частка лісів є високою і складає 34,43 % по території колишнього району. Площа лісів та інших лісовкритих

земель у Заболотцівській громаді за останні 14 років незначно збільшилася із 9 766,21 га (41,50 %) до 9 847,63 га (41,85 %). Відмітимо, що громада достатньо забезпечена лісовими ресурсами, що свідчить про незначний рівень антропогенної трансформації ландшафтів, однак вона є присутньою.

Основні ареали лісів по території громади розподілені нерівномірно. В основному вони поширені у північній частині (Ражнівській сільській раді), південній і південно-східній частині громади

(Підгорецькій й Ясенівській сільських радах). Власне тут знаходиться територія національного природного парку «Північне Поділля». Центральна частина громади в основному є малозалісненою і зайнята іншими земельними ділянками.

Найбільше лісів та інших лісовкритих земель громади спостерігають у Підгорецькій (3 743,70 га, 66,80 %) і Ражнівській (3 614,80 га, 60,50 %), менше – Ясенівській (2 127,33 га, 29,48 %), а найменше – Заболотцівській (261,80 га, 5,70 %) сільських радах (табл. 1).

Таблиця 1

Ліси та інші лісовкриті землі у Заболотцівській територіальній громаді [14]

Адміністративні утворення	Загальна площа земель, га	Ліси та інші лісовкриті площі, га		Частка лісів та інших лісовкритих земель від загальної площі, %	
		2008	2022	2008	2022
<i>Заболотцівська громада</i>	23 533,3	9 766,21	9 847,63	41,50	41,85
Заболотцівська сільська рада	4 589,70	252,51	261,80	5,50	5,70
Підгорецька сільська рада	5 753,70	3 849,10	3 843,70	66,90	66,80
Ражнівська сільська рада	5 974,90	3 539,50	3 614,80	59,24	60,50
Ясенівська сільська рада	7 215,00	2 125,10	2 127,33	29,45	29,48
<i>Бродівський район (до 2020 р.)</i>	<i>116 205,00</i>	<i>39 659,02</i>	<i>40 004,69</i>	<i>34,13</i>	<i>34,43</i>

Динаміка змін площ в межах району, громади та її складових, вказує на поступове їхнє збільшення (табл. 2).

Серед лісів та інших лісовкритих площ переважають лісові землі. Їхня площа по громаді збільшилася із 9 491,6 до 9 573,0 га. Найбільші площі цих земель спостерігаємо у

Підгорецькій (зменшилися на 5,4 га) і Ражнівській (зросли на 75,3 га) сільських радах. Деякі менші площі під лісами маємо в Ясенівській, незначні – у Заболотцівській сільських радах. Загалом, в межах колишнього Бродівського району їхні площі збільшилися із 38 749,90 до 39 022,18 га.

Таблиця 2

Структура лісів та інших лісовкритих земель у Заболотцівській територіальній громаді [14]

Адміністративне утворення	Роки	Загальна площа лісів, га	у тому числі					Групи лісів	
			чагарники	лісові землі	з них			перша група	друга група
					вкриті лісовою рослинністю	не вкритих лісовою рослинністю	інші лісові землі		
<i>Заболотцівська громада</i>	2008	9766,21	274,61	9491,6	9103,2	119,4	269,00	984,70	8779,60
	2022	9847,63	274,61	9573,03	8942,62	332,4	301,01	996,20	8773,62
Заболотцівська сільська рада	2008	252,51	133,41	119,10	117,50	1,60	0,00	42,00	210,50
	2022	261,80	133,41	128,40	120,40	0,00	8,00	42,00	219,80
Підгорецька сільська рада	2008	3849,10	7,30	3841,80	3685,40	86,10	70,30	451,30	3397,80
	2022	3843,70	7,30	3836,40	3560,20	206,70	69,50	462,80	3380,90
Ражнівська	2008	3539,50	17,20	3522,30	3379,70	18,40	124,20	410,40	3128,60

Адміністративне утворення	Роки	Загальна площа лісів, га	у тому числі					Групи лісів	
			чагарники	лісові землі	з них			перша група	друга група
					вкриті лісовою рослинністю	не вкритих лісовою рослинністю	інші лісові землі		
сільська рада	2022	3614,80	17,20	3597,60	3371,60	92,10	133,90	410,40	3128,60
Ясенівська сільська рада	2008	2125,10	116,70	2008,40	1920,60	13,30	74,50	81,00	2042,70
	2022	2127,33	116,70	2010,63	1887,42	33,60	89,61	81,00	2044,32
Бродівський район (до 2020 р.)	2008	39659,02	909,13	38749,90	36622,90	397,10	1729,90	4283,12	35207,30
	2022	40004,69	982,51	39022,18	36367,11	701,75	1953,33	4217,82	35277,40

У структурі лісових земель виділяють землі вкриті лісовою рослинністю, не вкриті лісовою рослинністю та інші лісові землі. Так, у всіх адміністративних утвореннях громади переважають землі, вкриті лісовою рослинністю, а найбільше у Підгорецькій і Ражнівській сільських радах. Загалом, площа цих земель зменшилася на 160,6 га.

Зокрема, площа під чагарниками у громаді складає 274,61 га і найбільше представлена у Заболотцівській (133,41 га) та Ясенівській (116,70 га) сільських радах, площа яких за останні роки залишилася без змін. Незначні площі чагарників виявлено у Підгорецькій (7,30 га) і Ражнівській (17,20 га) сільських радах (див. табл. 2). Загалом, площа під чагарниками зросла на 73,4 га.

Площі земель, які не вкриті лісовою рослинністю та інших лісових земель, є незначними. У громаді, площа земель, не вкритих лісовою рослинністю, становить 332,4 га, а найбільше їх у Підгорецькій

(206,70 га) сільській раді. Площа інших лісових земель по громаді складає 301,01 га, а найбільше їх у Ражнівській (133,90 га) сільській раді.

Щодо площ груп лісів, то переважають ліси другої групи. Загальна площа лісів першої групи по громаді складає 996,20 га, а другої групи – 8 773,62 га. Найбільші площі цих двох груп лісів спостерігаємо в межах Підгорецької сільської ради (див. табл. 2).

Щодо розподілу лісів та інших лісовкритих земель у громаді за окремими категоріями користувачів, то більшість площ передано лісогосподарським підприємствам, зокрема по громаді 96,01 % цих земель площею 9 455,21 га. Лише 3,49 % від загальної площі є землями запасу, а 0,44 % – належать до підприємств та організацій транспорту і зв'язку. На усі інші категорії користувачів лісами припадає до 1 % (табл. 3).

Таблиця 3

Розподіл лісів та інших лісовкритих площ у Заболотцівській територіальній громаді за категоріями користувачів, га/% [14]

Категорії землекористувачів, землевласників	Заболотцівська сільська рада	Підгорецька сільська рада	Ражнівська сільська рада	Ясенівська сільська рада	Заболотцівська громада
Громадяни, яким надані землі у власність і користування	–	–	–	<u>0,61</u> 0,03	<u>0,61</u> 0,01
Заклади, установи, організації	–	<u>0,20</u> 0,01	–	–	<u>0,20</u> 0,00
Підприємства та організації транспорту, зв'язку	<u>10,29</u> 3,93	<u>14,74</u> 0,38	–	<u>18,02</u> 0,85	<u>43,05</u> 0,44

Категорії землекористувачів, землевласників	Заболотцівська сільська рада	Підгорецька сільська рада	Ражнівська сільська рада	Ясенівська сільська рада	Заболотцівська громада
Частини, підприємства, організації та ін.	–	<u>4,80</u> 0,13	–	–	<u>4,80</u> 0,05
Лісогосподарські підприємства	<u>108,28</u> 41,36	<u>3749,79</u> 97,56	<u>3565,04</u> 98,62	<u>2032,10</u> 95,52	<u>9455,21</u> 96,01
Землі запасу та землі, не надані у власність та постійне користування	<u>143,23</u> 54,71	<u>74,18</u> 1,93	<u>49,76</u> 1,38	<u>76,60</u> 3,60	<u>343,77</u> 3,49
Всього земель	<u>261,80</u> 100	<u>3843,70</u> 100	<u>3614,80</u> 100	<u>2127,33</u> 100	<u>9847,63</u> 100

Найбільша площа лісових земель, що передані у користування лісогосподарським підприємствам є у Підгорецькій (3 749,79 га, 97,56 %), Ражнівській (3 565,04 га, 98,62 %) та Ясенівській (2 032,10 га, 95,52 %) сільських радах. Ліси та інші лісовкриті землі за іншими землекористувачами і землевласниками мають незначні площі.

Категорія «громадяни» присутня тільки в межах Ясенівської сільської ради (0,61 га, 0,03 %). Ще одна категорія «підприємства та організації транспорту, зв'язку» представлена у сільських радах: Заболотцівській (10,29 га, 3,93 %), Підгорецькій (14,74 га, 0,38 %) та Ясенівській (18,02 га, 0,85 %). Категорія «частини, організації та ін.» є у Підгорецькій (4,80 га, 0,13 %) сільській раді.

У структурі використання лісів категорія «землі запасу» найбільше представлені в межах Заболотцівської (143,23 га, 54,71 %) сільської ради.

Відмітимо, що в межах громади існує п'ять об'єктів природно-заповідного фонду різного значення: Підгорецький парк (17 га), національний природний парк «Північне Поділля» (227 га), відслонення тортонських пісковиків, Заболотцівське і Синичівське урочища [1]. Площа природоохоронних земель громади становить 289,20 га.

Серед головних оптимізаційних заходів, що спрямовані у громаді на раціональне лісогосподарське землекористування варто перевести частину лісових земель у категорії земель природоохоронного і рекреаційного призначення.

Висновки

Заболотцівська територіальна громада розміщена в межах Малополянської і Подільської частин. Площа лісів складає 34,43 % від загальної площі колишнього Бродівського району, тоді як в межах громади ця частка становить 41,85 %.

Територію громади дуже добре забезпечено лісами. Найбільше лісів та інших лісовкритих земель маємо у Підгорецькій (3 743,70 га) і Ражнівській (3 614,80 га) сільських радах. При цьому домінують лісові землі, а їхня площа у громаді зросла із 9 491,6 до 9 573,03 га. Найбільше цих земель спостерігаємо також у Підгорецькій і Ражнівській сільських радах.

За категоріями користувачів більшість лісів та інших лісовкритих площ громади передано лісогосподарським підприємствам (96,01 % цих земель із загальною площею у 9 455,21 га). Інші категорії користувачів у розподілі лісів займають незначні площі і частки.

До заходів оптимізації лісогосподарського землекористування відносимо: використання лісових земель за призначенням; здійснення належної охорони цих земель; обґрунтування і переведення частини цих земель у категорії земель природоохоронного і рекреаційного призначення. Громада, завдяки наявності значних площ лісів та лісовкритих земель, володіє значним туристично-рекреаційним потенціалом, який слід активніше використовувати для розвитку та процвітання території

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бродівський район. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Бродівський_район.
2. Бродівська районна адміністрація. URL: <http://www.brody-rda.gov.ua>.
3. Войтків П. С., Волошин І. І. Стан та використання земель сільськогосподарського призначення Зabolottської територіальної громади Золочівського району Львівської області. *Актуальні проблеми дослідження довідля: матеріали X Міжнародної наукової конференції (Суми–Тростянець, 25–27 травня 2023 р.)*. 2023. С. 131–137.
4. Войтків П. С., Іванов Є. А. Екологічне оцінювання стану земельних ресурсів Бродівщини. *Scientific Collection "InterConf", (113): with the Proceedings of the 6nd International Scientific and Practical Conference "Theory and Practice of Science: Key Aspects"* (June 19–20, 2022). Rome, Italy: Dana, 2022. P. 373–385.
5. Войтків П. С., Наконечний Ю. І. Оцінка порушення рівноваги у співвідношенні основних типів угідь в агроландшафтах Бродівського району Львівської області. *Шості Сумські наукові географічні читання: збірник матеріалів Всеукраїнської наукової конференції (Суми, 15–17 жовтня 2021 р.)*. Суми. 2021. С. 58–64.
6. Геоекологія Львівської області: монографія / Ю. Андрейчук, Л. Безручко, В. Біланюк та ін. / за заг. ред. Є. Іванова. Львів : Простір-М, 2021. 606 с.
7. Земельний кодекс України № 2768-III від 2002 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>.
8. Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Антропогенізація ландшафтів: підходи, діагностування, моделювання. *Науковий вісник Чернівецького університету*. 2012. Вип. 612–613. С. 54–59.
9. Ковальчук І. П., Іванов Є. А., Ключник В. В. Картографування геоекологічного стану природно-господарських систем гірничопромислових територій. *Часопис картографії*. 2011. Вип. 2. С. 129–137.
10. Львівська область: природні умови та ресурси: монографія / за заг. ред. д-ра геогр. наук, проф.а М. М. Назарука. Львів: В-во Старого Лева, 2018. 592 с.
11. Паньків З. П. Методичні вказівки до практичних робіт з курсу «Земельні ресурси і земельний кадастр». Львів : Видав. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2003. 72с
12. Паньків З. П. Система класифікаційних категорій землекористування. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2011. Вип. 39. С. 260–266.
13. Природа Львівської області / за ред. К. І. Геренчука. Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 1972. 152 с.
14. Фондові матеріали головного управління Держгеокадастру у Львівській області по земельних ресурсах. Форма 6-зем. (за 2008, 2022 рр.). Львів, 2022

P. Voitkiv, Ye. Ivanov, I. Voloshyn

FORESTRY LAND USE OF THE ZABOLOTTSI TERRITORIAL COMMUNITY OF ZOLOCHIV DISTRICT OF LVIV REGION

The current state of forestry land use in the Zabolottsi rural territorial community is considered. Land use is characterized by intensive use of agricultural lands and much less forests and other wooded lands. In general, the state of forestry land use is good. Within the community, there are local areas with extensive use of forests and ecologically destructive impacts and changes in land use. The main users of these lands are forestry enterprises. Reducing the intensity of its use occupies an important place in forestry land use. Part of the community's forests should be transferred to the category of nature conservation or recreational land. The territory of the community, thanks to the presence of large areas of forests, has a powerful tourist and recreational potential.

Keywords: forest, forestry land use, land fund structure, categories of users, territorial community.

УДК 911.2:551.4

О. Мороз, О. Кузь, М. Руда, К. Кохалевич

Національний університет «Львівська політехніка»

maria.v.ruda@lpnu.ua

МУЛЬТИКОМПАРТМЕНТАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗВ'ЯЗКІВ В КОМПАРТМЕНТАХ СКЛАДНОГО ЛАНДШАФТНОГО КОМПЛЕКСУ В УМОВАХ ВПЛИВУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ

Встановлено, що складний ландшафтний комплекс є закономірним поєднанням природних компонентів – ландшафтних комплексів різного таксономічного рангу, що взаємодіють і утворюють єдину систему. Визначено компартменти складного ландшафтної комплексу, які ґрунтуються на методі регулярної еквівалентності адаптований з соціальної теорії мереж. Здійснено моделювання компартментів в складному ландшафтному комплексі та встановлено показники його організації. Досліджено роль складного ландшафтної комплексу у затриманні седиментів та поллютантів. Визначено просторово-функціональну будову складного ландшафтної комплексу. Знайдено діапазон значень та варіацію загальносистемних показників. Застосовано екологічний мережевий аналіз для оцінки функціональних зв'язків в ярусах та підсистемах компартменту складного ландшафтної комплексу.

Ключові слова: складний ландшафтний комплекс; компартмент; ярус; підсистема; стійкість; екосистема; функціональний зв'язок; синергізм; мутуалізм.

Постановка проблеми

За своєю будовою ландшафтний комплекс (СЛК) має різноманітну, складну і розгалужену структуру. Він об'єднує лісові й лучні, рівнинні й горбисті, сухопутні й водні, річкові та озерні, природні й антропогенні, аграрні й урбаністичні та інші екосистеми. Функціональні особливості цих екосистем відіграють визначальну роль у підтриманні стабільного розвитку природно-територіальних комплексів, інфраструктури і розвитку народного господарства. В ландшафтному комплексі, насиченому урбаністичними, промисловими та аграрним комплексами, особливе функціональне значення має специфіка речовинно-енергетичних потоків зі згаданих антропогенних до природних систем і здатність останніх долати ці антропогенні забруднення. А це породжує проблему регулювання стану самого СЛК.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Базуючись на сказаному, головне завдання полягає не стільки у скороченні антропогенних забруднювальних викидів, скільки збереженні ієрархічної структури СЛК та забезпеченні біотичних механізмів регулювання, використання та відтворення СЛК [1]. Для цього необхідна розробка підходів та методів кількісної оцінки стану

СЛК, яка давала б змогу відобразити показники їх порушення, стійкості, а відтак створити умови для розрахунку ризиків втрат. Сучасні уявлення про роль СЛК пов'язані з ідеями В.В. Докучаєва щодо гармонійного співвідношення в полезахисних насадженнях ріллі, лісів, лук, водойм та вченням Г.М. Висоцького про «лісову пертиненцію» – просторовий вплив лісів на довкілля. Теоретичні засади, напрацьований практичний і аналітичний матеріал, поданий в працях Г.М. Висоцького, В.О. Бодрова, Б.Й. Логінова, Ю.П. Бялловича, В.І. Коптева, М.М. Милосердова, М.Й. Долгілевича, О.І. Пилипенка, А.П. Стадника, Г.Б.Гладуна, В.Ю. Юхновського та інших дослідників, дає змогу окреслити досить осяжну наукову картину просторово-функціональної ролі СЛК.

Постановка завдання

Об'єктом дослідження є СЛК Дністровського Передкарпаття, що виділено на базі ландшафтної профілю, який проходить з південного заходу на північний схід через весь досліджуваний регіон. Базуючись на гіпотезі, що СЛК можна представити як сукупність компартментів, які мають властивості цілого СЛК, виділено деяку ділянку СЛК одиничної площі. За умови, усі такі ділянки – еквівалентні.

Проведено верхню межу досліджуваної системи паралельно поверхні ґрунту на висоті H , приблизно рівній потроєній висоті дерев h . На деякій глибині R за межами шару розміщення кореневої системи проведено нижню грань. Утворений в такий спосіб паралелепіпед і буде розглянений як об'єкт моделювання. Через бокові грані обмін енергією і речовиною не відбувається, оскільки відсутні відповідні градієнти. Під час математичного моделювання СЛК розглядають їх екологічний вплив, як деякий індекс, який приймається однорідним і ізотропним у горизонтальній площині, а площа СЛК – досить велика для того, щоб можна було знехтувати ефектом «краю поля». У цьому випадку всі перетоки енергії і речовини здійснюються лише у вертикальному напрямку. Крім того, можна також нехтувати ефектом неоднорідності ґрунту, вважаючи, що описувані процеси можуть бути віднесені до будь-якої частини СЛК. Зрозуміло, однорідних і ізотропних СЛК у природі не існує, однак прийнята ідеалізація дає змогу досягнути необхідну коректність математичних побудов. Отже неоднорідність модельованої системи проявляється при цьому тільки у вертикальному напрямку: у будь який момент часу існує деякий розподіл фітоелементів по висоті СЛК і по глибині ґрунтового профілю.

Виклад основного матеріалу

Побудова функціональних зв'язків між ярусами та підсистемами компартменту СЛК. Складність встановлення функціональних зв'язків між ярусами та підсистемами компартменту СЛК полягає у тому, що не завжди можна навести фізичні закони, за допомогою яких зв'язуються характеристики ярусів та підсистем в компартменті СЛК. Для побудови та візуалізації функціональних зв'язків між ярусами та підсистемами компартментами СЛК програму для аналізу великих сіток *Rajek* [3] та програмний пакет для соціального мережевого аналізу *Ucinet 6* [4].

Опис функціональних відношень радіонуклідів в ярусах та підсистемах компартменту СЛК. Для опису вмісту радіонуклідів в лісовому компартменті СЛК

Дністровського Передкарпаття використовуються наступні змінні стану: Sp – вміст ^{137}Cs в надземній фітомасі; TD – вміст ^{137}Cs у підстилці; Mos – блок мохового ярусу екосистеми; R – перерозподіл радіонукліду в ґрунті кореневими системами рослин, грибами тощо; Ss – рухомий ^{137}Cs в шарі фунту; Sb – зв'язний ^{137}Cs в шарі ґрунту. Функції de описують радіоактивний розпад в ярусах і підсистемах компартменту:

$$\begin{aligned} deSsi &= \lambda Ssi; deSbi = \lambda Sbi; deR = \lambda R; \\ deTd &= \lambda TD; deSp = \lambda Sp, \end{aligned} \quad (1)$$

де λ – стала напіврозпаду радіонуклідів, $\lambda = 0,0000633$ (діб $^{-1}$) [5].

Оскільки основний акцент робиться на дослідженні міграції радіонуклідів у ґрунті, то детальні механізми перерозподілу радіонуклідів наведено переважно для даного блоку. На шляху радіонуклідів, що випадають з атмосфери, надземна фітомаса деревостану є першою перешкодою, яка затримує певну частку радіонуклідів. В середньому ступінь затримання радіонуклідів можна вважати рівним ступеню зімкнутості крон дерев для ялинових лісів. Другою перешкодою можна вважати трав'яно-чагарничковий та моховий яруси. Таким чином, слід зауважити, що радіонукліди у лісах одразу на ґрунт не потрапляють, а затримуються надземною фітомасою.

До надземної фітомаси включено всю видову різноманітність флори. Розподіл рослинності лісового компартменту за ярусами не проводиться, і в даній моделі враховується лише сумарна активність рослинної – компоненту загальної фітомаси компартменту. Внутрішній механізм перерозподілу ^{137}Cs між ярусами рослинності для даного випадку не відіграє вирішальної ролі, тому сприймається як практично суцільна, однорідна складова певної активності, з якої на підстилку потрапляють радіонукліди. Отже, активність даної складової визначається як сума складових, що входять до всіх ярусів рослинності лісового компартменту:

$$Sp = \sum Ai, \quad (2)$$

де Ai – активність кожного ярусу підсистеми лісового компартменту;

$$Ai = Am_spfi \cdot mi, \quad (3)$$

де mi – маса ярусу підсистеми лісового компартменту, Am_spfi – питома активність

кожного ярусу підсистеми лісового компартменту.

Механізм сезонних змін в лісовому компартменті також не врахований, оскільки, якщо брати за проміжок часу один рік, то можна вважати, що за цей період перебігають всі пори року, і відбуваються сезонні зміни. На блок рослинності радіонукліди надходять з атмосферними опадами $faSp$; вважаємо, що активність $a = 555$ кБк/м².

Таким чином,

$$faSp = c_{dtr} \cdot a, \quad (4)$$

де c_{dtr} – зімкнутість крон дерев (зімкнутість крон варіює в межах 0,8–1,0). Через B даний блок ^{137}Cs також надходить шляхом кореневого всмоктування. Оскільки цей механізм в даній моделі замінено розподільчим пулом R , то з нього ^{137}Cs надходить у Sp , і це надходження можна описати функцією $fRSp$:

$$fRSp = k(Ss + Sb), \quad (5)$$

де k – коефіцієнт переходу ^{137}Cs з ґрунту в рослинність (при розрахунку коефіцієнта переходу враховується активність того шару звідки відбувається кореневе всмоктування).

З блоку рослинності радіонукліди мігрують в інші блоки з кронним та ствольним стоком, опадам та відпадом. Такого розподілу на окремі складові цього надходження не проводиться, вважається що надходження радіонуклідів описується функцією fSp_Td :

$$fSp_Td = c_{dtr} \cdot a \cdot f_{sp}(t), \quad (6)$$

Аналітичний вид $f_{sp}(t)$ визначається за допомогою наближення даних моніторингу, які характеризують кронний стік з надземної фітомаси у мох. У блок моху радіонукліди мігрують з рослинного блоку та з блоку підстилки.

Такий опис допустимий, оскільки складність опису протікання кожного з процесів зміщує акцент досліджень у бік перерозподілу радіонуклідів по ярусах, що виходить за рамки поставленої мети. На сьогодні не всі механізми міграції радіонуклідів вивчені і не для всіх них описані механізми розподілу. Тому використаємо залежність, яка була визначена на підставі даних про швидкість дезактивації деревостану [6].

Лісова підстилка входить до блоку, який знаходиться на шляху радіонуклідів, що надходять з рослинного покриву, та потрапляють на поверхню ґрунту. Для даного блоку також необхідно визначити сумарну активність підсистеми, оскільки вимірювання проводяться окремо для кожної складової – свіжого опаду $FrlF$, напіврозкладеної $HdlF$ та розкладеної лісової підстилки.

$$TD = AmTlf \cdot mTlf + Amdlf \cdot mdlf + Amslf \cdot mslf, \quad (7)$$

де $AmTlf$, $Amdlf$, $Amslf$ – питомі активності свіжого опаду, напіврозкладеної та розкладеної лісової підстилки; $mTlf$, $mdlf$, $mslf$ – маси свіжого опаду, напіврозкладеної та розкладеної лісової підстилки відповідно. Виведення ^{137}Cs з лісової підстилки описується залежністю:

$$fTd_Ssl = a_1 \cdot TD, \quad (8)$$

де a_1 – коефіцієнт виведення ^{137}Cs з підстилки, який визначається чисельним аналізом даних моніторингу.

Для блоку ґрунту активність ^{137}Cs необхідно визначити окремо для кожного шару мінерального ґрунту (товщина шару – 2 см) та виділяти рухому Ss та нерухому Sb компоненти.

Для рухомої компоненти вертикальну міграцію ^{137}Cs в результаті конвективного переносу та лесиважу можна описати наступною залежністю:

$$fSs_{i+1} = a_2 \cdot Ss_1, \quad (9)$$

де a_2 – коефіцієнт міграції ^{137}Cs з верхнього в нижній шар ґрунту, визначається аналізом даних моніторингу.

Для нерухомої компоненти при переході з верхнього шару в нижній відіграє вирішальну роль механізм дифузії. Тому перехід ^{137}Cs з верхнього шару в нижній можна описати залежністю:

$$fSb_{i+1} = D(Sb_i - Sb_{i+1})/2, \quad (10)$$

де D – коефіцієнт дифузії.

Між нерухомою та рухомою складовими відбувається закріплення рухомої складової в i -му шарі ґрунту та перехід нерухомої компоненти в рухомий стан (процесами сорбції – десорбції ^{137}Cs).

Закріплення рухомої складової відбувається в результаті обмінної та необмінної сорбції, іонного обміну, осідання у складі органічних та органо-мінеральних

комплексів. Ці процеси можна описати наступною залежністю:

$$fSs_Sb = a_3 \cdot Ss, \quad (11)$$

де a_3 – коефіцієнт закріплення рухомої компоненти, визначається аналізом даних моніторингу [7].

Перехід нерухомої складової в рухомий стан відбувається в результаті десорбції, іонного обміну та інших процесів. Даний перехід можна охарактеризувати залежністю:

$$fSb_SS = a_6 \cdot m \cdot Sb, \quad (12)$$

де a_6 – коефіцієнт переходу нерухомої компоненти в рухомий стан $a_6 = 0,00005$; m – допоміжна змінна, що характеризує залежність ємності поглинання фунту від глибини залягання i та товщини гумусованого шару ґрунту [8].

З рухомої (біологічно-доступної) складової радіонукліди переходять в інші складові (в моделі це здійснюється через розподільчий пул) за рахунок поглинання кореневою системою рослин та гіфами грибів. Даний механізм можна описати наступною залежністю:

$$fSs_R = a_4 \cdot Ss, \quad (13)$$

де a_4 – коефіцієнт поглинання радіоцезію кореневою системою та грибами з даного шару ґрунту [9].

^{137}Cs , що вивільняється корінням та міцелієм під час життєвого циклу рослин та грибів і після їх відмирання надходить в рухому складову і описується наступною залежністю:

$$fR_Ss = a_5 \cdot R \cdot dhr_i, \quad (14)$$

де a_5 – коефіцієнт вивільнення радіоцезію з коріння та грибниці; dhr_i – допоміжна змінна, що характеризує розподіл всмоктуючих коренів та грибниці по профілю ґрунту, яка в даній моделі прийнята постійною в часі і з глибиною змінюється від 40 % у верхньому шарі до 0,5 % в нижньому.

Більшість пакетів чисельного аналізу не дозволяють використовувати довільні імена для змінних, що входять у рівняння, що описують досліджуваний процес, тому, вважаємо, що змінна x_0 буде пов'язуватися з вмістом ^{137}Cs в надземній фітомасі; x_1 – з вмістом ^{137}Cs у моховому ярусі; x_2 – з вмістом ^{137}Cs у підстилці, x_3 – з перерозподілом радіонукліду у ґрунті

кореневими системами рослин, грибами; $x_4, 6, 8$ – з рухомим ^{137}Cs в шарі ґрунту; $x_5, 7, 9$ – зі зв'язним ^{137}Cs в шарі ґрунту; lm – константа, що характеризує період напіврозпаду ізоотопу радіо цезію. Решта коефіцієнтів описані вище, більшість з яких знаходиться або експериментальним шляхом, або за допомогою наближенням експериментальних даних.

Висновки

Досліджуваний компартмент СЛК складається з наступних підсистем: деревостан, підріст, підлісок, трав'яно-чагарниковий ярус, моховий ярус, ґрунт. Кожна підсистема, в свою чергу складається з ярусів: для підсистеми «деревостан» ієрархічно послідовними ярусами є: хвоя(листя) ↔ пагони поточного року ↔ гілки ↔ кора внутрішня ↔ кора зовнішня ↔ деревина без кори ↔ коріння; для підсистеми «підріст» та «підлісок» ієрархічно послідовними ярусами є: хвоя(листя) ↔ тонкі гілки ↔ стовбурна деревина ↔ кора ↔ коріння; для підсистеми «трав'яно-чагарниковий ярус» ієрархічно послідовними ярусами є: надземна фіто маса ↔ підземна фітомаса; для підсистеми «моховий ярус» ієрархічно послідовними ярусами є: жива частина ↔ мертва частина; для підсистеми «ґрунт» ієрархічно послідовними ярусами є: лісова підстилка, що поділяється на: свіжий опад ↔ гриби-сапротрофи ↔ напіврозкладена лісова підстилка ↔ гриби сапротрофи ↔ розкладений опад; мінеральні шари: основні горизонти ↔ додаткові горизонти ↔ додаткові. Відносно відокремлені морфологічні елементи ґрунту.

Аналіз середньозважених значень питомої активності ^{137}Cs та ^{90}Sr у компонентах (ярусах) СЛК Дністровського Передкарпаття демонструє важливі закономірності. Компоненти за цим показником утворюють ранжований ряд: ярус макроміцетів (3248 Бк/кг) >> лишайниковий ярус (586 Бк/кг) > моховий ярус (532 Бк/кг) > лісова підстилка (274 Бк/кг) > трав'яний ярус (151 Бк/кг) > підріст (114 Бк/кг) > підлісок (98 Бк/кг) > деревостан (93 Бк/кг) > мінеральний шар ґрунту (74 Бк/кг). Використавши дані

пробовідборів, проведені на пробних площах районів, що належать СЛК Дністровського Передкарпаття визначено функціональні зв'язки між компартментами СЛК. Для вивчення та прогнозування механізму перерозподілу радіонуклідів у лісовому компартменті встановлено взаємозв'язки між змінними, що характеризують накопичення

радіонуклідів лісовим компартментом. На базі отриманих даних побудовано потокову діаграму міграції радіонуклідів у лісовому компартменті СЛК Дністровського Передкарпаття. Представлено опис лісового компартменту, побудований на основі функціональних відношень та побудованої потокової діаграми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *Bell System Tech. J.* 27, 379–423.

2. Ulanowicz, R. E., Jorgensen, S. E., & Fath, B. D. (2006). Exergy, information and aggradation: An ecosystems reconciliation. *Ecol. Model.* 198, 520–524.

3. Asmann, E. (1961). *Waldertragekunde*. München-Bonn-Wien: BLW.

4. Batagelj, V. & Mrvar, A. (2010). *Pajek*. <http://vlado.fmf.uni-lj.si/pub/networks/pajek/>

5. Borgatti, S. P., Everett, M. G., & Freeman, L. C. (2002). *UCINET VI*. Software for Social Network Analysis. Natick: Analytic Technologies.

6. Borrett, S. R., & Osidele, O. O. (2007). Environ indicator sensitivity to flux uncertainty in

a phosphorus model of Lake Sidney Lanier, USA. *Ecol. Model.* 200, 371–383.

7. Brown, M. T., Herendeen R. (1996). Embodied energy analysis and emergy analysis: a comparative view. *Ecological Economics* 19, 219–236.

8. Christian, R. R., et al. (2005). Role of network analysis in comparative ecosystem ecology of estuaries, in: Belgrano, A., Scharler, U. M., Dunne, J., Ulanowicz, R. E. (Eds.), *Aquatic Food Webs, An Ecosystem Approach*. Oxford University Press Inc., New York, pp. 25–40.

9. Fath, B. D., & Borrett, S. R. (2006). A MATLAB function for network environ analysis. *Environ. Model. & Soft.* 21, 375–405.

O. Moroz, O. Kuz, M. Ruda, K. Kohalevych

MULTICOMPARTMENTAL MODELING OF FUNCTIONAL CONNECTIONS IN THE COMPARTMENTS OF A COMPLEX LANDSCAPE COMPLEX UNDER THE CONDITIONS OF THE INFLUENCE OF TECHNICAL SYSTEMS

It has been established that a complex landscape complex is a natural combination of natural components – landscape complexes of different taxonomic ranks that interact and form a single system. Compartments of a complex landscape complex are defined, which are based on the method of regular equivalence adapted from the social theory of networks. Compartments in a complex landscape complex were modeled and indicators of its organization were established. The role of a complex landscape complex in the retention of sediments and pollutants was studied. The spatial and functional structure of a complex landscape complex is determined. The range of values and variation of system-wide indicators was found. Ecological network analysis was applied to assess the functional relationships in the tiers and subsystems of the compartment of a complex landscape complex.

Keywords: complex landscape complex; compartment; circle; subsystem; stability; ecosystem; functional connection; synergism; mutualism.

УДК 911.2:502.5 (477.87: 332.62)

М.М. Карабінюк, М.М. Шанта

Ужгородський національний університет

mykola.karabiniuk@uzhnu.edu.ua

ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ ТА СУЧАСНИЙ СТАН СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА В ХОЛМКІВСЬКІЙ ТЕРИТОРІАЛЬНІЙ ГРОМАДІ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ

У статті представлені результати аналізу структури та просторового розподілу сільськогосподарських земель (рілля, пасовищ, фруктових садів, виноградників, сінокосів тощо) на території Холмківської територіальної громади, що розміщена у західній прикордонній частині Закарпатської області. Також проаналізовано площі та сучасний стан сільськогосподарських земель, які використовуються у господарстві. Особливу увагу приділено аналізу сучасного стану сільського господарства й описано потенціал основних його напрямків. Сільськогосподарські землі є одним із важливих ресурсів Холмківської територіальної громади, а отримані результати нашого дослідження сприяють їхньому ефективному використанню.

Ключові слова: земельні угіддя, сільське господарство, рілля, пасовище, фруктові сади, виноградники, Холмківська територіальна громада.

Постановка проблеми

Сукупність своєрідних природних умов та наявність природних ресурсів відіграють важливе значення для розвитку об'єднаних територіальних громад, які з початку свого створення отримали значні можливості прийняття управлінських рішень, залучення громадськості до формування стратегії розвитку та ін. [1, 2]. Досліджувана нами Холмківська територіальна громада (ТГ) утворена в 2019 році та розміщена на крайньому заході Закарпатської області в межах Ужгородського адміністративного району [3]. Вона об'єднує 10 населених пунктів – села Ботфалва, Кінчеш, Концово, Коритняни, Минай, Розівка, Сторожниця, Тарнівці, Холмок та Шишлівці.

Територія Холмківської громади характеризується своєрідним географічним положенням відносно державних кордонів та адміністративних центрів. З північного заходу вона межує з Словаччиною, державний кордон між якими тут простягається понад 5 км. Особливістю територіальної громади також є її розміщення безпосередньо біля обласного центру м. Ужгород, у результаті чого на півночі вона є суміжною з Ужгородською міською ТГ [3]. На сході та півдні Холмківська ТГ межує відповідно з Баранинською та Сюртівською громадами Ужгородського району, які є значно більшими за розмірами. У межах досліджуваної нами громади проживає

понад 14 тис. осіб [3]. Її самодостатність та розвиток головно залежить від особливостей виростання природних ресурсів, серед яких в громаді особливе місце займають ґрунтово-земельні ресурси. Їхнє освоєння безпосередньо визначає розвиток та галузеву структуру сільського господарства громади. Тому необхідним є вивчення особливостей використання земельних ресурсів Холмківської ТГ, а також визначення стану сільськогосподарських земель, їх структури та потенціалу розвитку різних галузей сільського господарства.

Аналіз останніх досліджень

Вивчення особливостей ґрунтового покриву та використання сільськогосподарських земель Холмківської ТГ проводилося в рамках виконання регіональних досліджень Закарпатської області. Ґрунтовні дослідження та картографування земель території сільських рад громади у 2007 році були проведені державним підприємством «Закарпатгеодезцентр» [5]. У нашому дослідженні ми використовуємо фондові матеріали Холмківської ТГ на момент її створення станом на 2019 рік [3].

Постановка завдання

Основним завданням нашого дослідження є аналіз структури сільськогосподарських земель території

Холмківської ТГ, а також особливостей ведення і потенціал розвитку сільського господарства у вигляді садівництва та тваринництва.

Виклад основного матеріалу

Холмківська ТГ знаходиться у західній частині Закарпатської низовини і характеризується рівнинним рельєфом, помірним теплим кліматом, переважанням різновидів дернових опідзолених ґрунтів, які є базовими факторами розвитку тут сільського господарства впродовж тривалої історії освоєння території. У структурі ґрунтового покриву громади представлено основні три різновиди дернових ґрунтів: дерново-середньо- і сильнопідзолисті глеюваті супіщані і суглинкові; дернові оглеєні супіщані і суглинкові; дернові

опідзолені оглеєні. Найпоширенішим типом ґрунтів у громаді є дернові опідзолені оглеєні ґрунти, які займають близько 65-70 % її території.

Загальна площа досліджуваної нами Холмківської ТГ громади становить 65,5 км², із якої 49,6 % території складають сільськогосподарські угіддя. На момент її створення у 2019 році їх загальна площа становила 3 239,6 га і зараз зростає за рахунок розширення господарського освоєння території [3]. Близько 70 % сільськогосподарських земель громади складає рілля (рис. 1). Її загальна площа становить 2 267,3 га [3]. Усі ділянки розораних земель розміщені між населеними пунктами громади та прикордонній зоні, площа найбільших з яких досягає 60-70 га і більше.

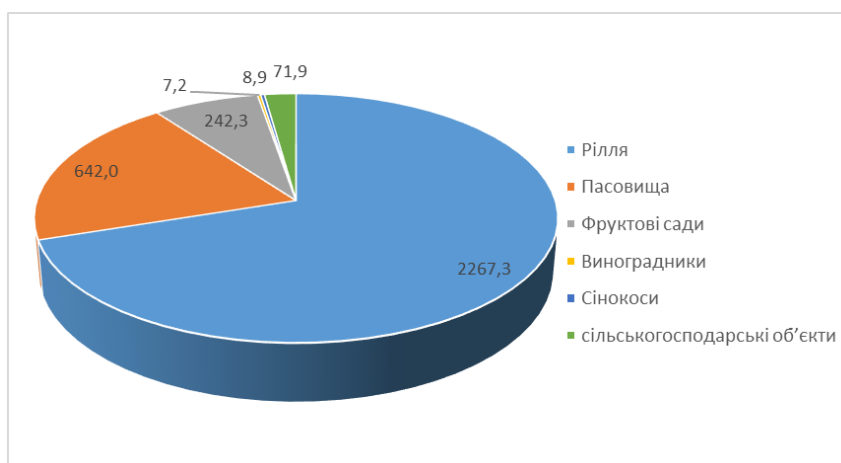


Рис. 1. Структура сільськогосподарських земель Холмківської ТГ (станом на 2019 р.) [3]

Основна частка ріллі площею 1 020,0 га сконцентрована в околицях села Холмок. Вдвічі менше рілля на території Тарновецької та Сторожницької старостинських округах, загальні площі яких відповідно становлять 524,2 та 452,9 га [3]. Найменші площі розораних земель зафіксовано в Коритнянському старостинському окрузі (270,1 га), хоча він утворений на основі другої за розмірами сільської ради із загальною площею 1 564,9 га.

Важливе значення для розвитку сільського господарства у Холмківській ТГ мають пасовища. Їхня загальна площа тут становить 642,0 га, тобто 19,8 % території

громади [3]. Вони поширені відносно рівномірно у межах громади та головню використовуються випасання та вигодовування худоби із приватних селянських господарств. Найбільші площі пасовищ притаманні для околиць сіл Коритняни (257,2 га) та Холмок (188,7 га). Найменше пасовищ знаходиться у межах сучасного Тарновецького старостинського округу – 62,2 га.

Особливе місце у структурі с/г земель Холмківської ТГ займають фруктові сади та виноградники, площі яких тут становлять 242,3 та 7,2 га відповідно [3]. Вони складають 7,5 та 0,2 % загальної площі громади. У минулому на території громади

виноградники займали значно більші площі, однак були вирізані та знищені у минулому столітті через впровадження так званого «сухого закону». Зараз виноградними зосереджені у селі Холмок, який є сільськогосподарським центром громади за багатьма показниками.

На фруктових садах Холмківської громади вирощують кращі сорти яблук, груш, персиків, абрикос та ін. Основна частина фруктових садів розміщена у межах Тарновецького (146,3 га) та Сторожницького (96,1 га) старостинських округів Холмківської ТГ. Вирощування таких фруктів на території громади можливе

завдяки відносно довгому і теплому тут вегетаційному періоду. Його загальна тривалість з температурами понад 5 °С досягає 230-240 днів. За цей період земна поверхня отримує велику кількість сонячної енергії необхідної для вирощування сільськогосподарських культур. У результаті сума активних температур на території Холмківської громади досягає 3 400 до 3 600° [4]. Такі кліматичні умови також є сприятливими для вирощування вищих сортів тютюну, що може бути перспективним напрямом господарювання.

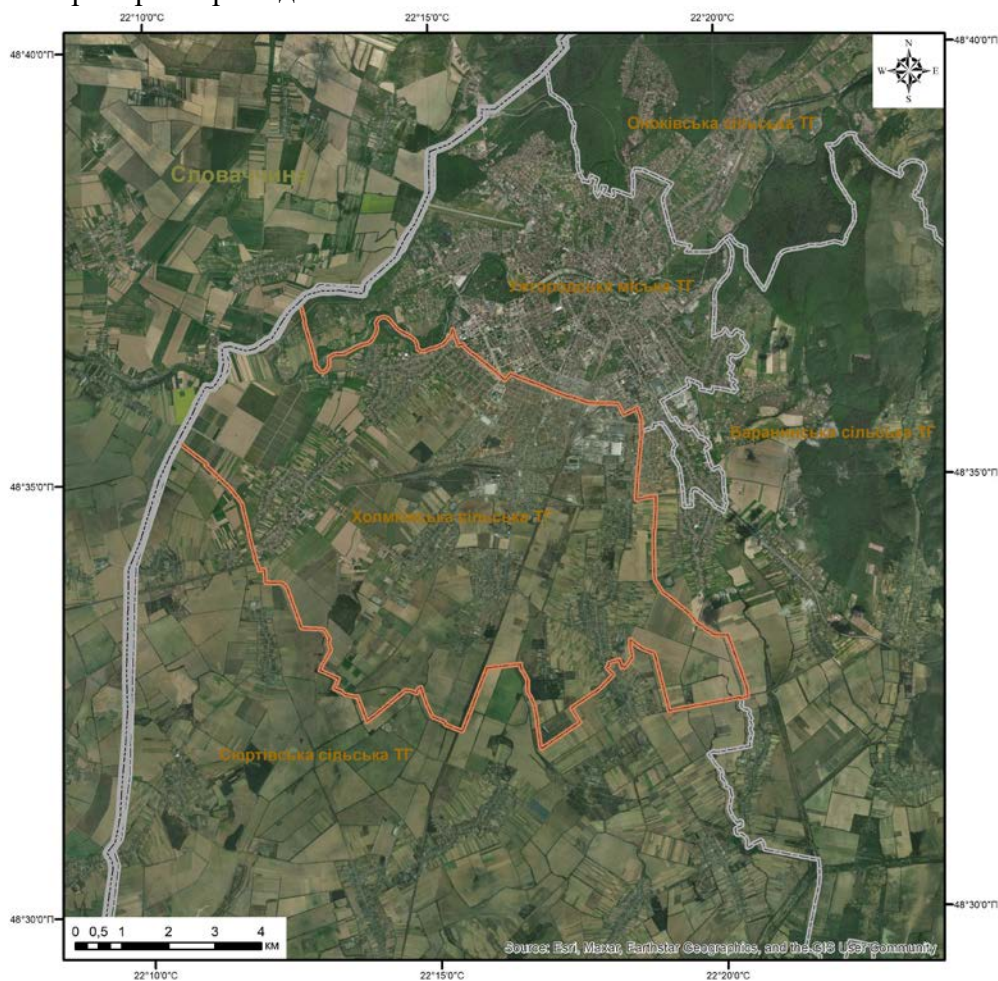


Рис. 2. Просторова структура земельних угідь Холмківської ТГ на прикладі космознімку

Сприятливі кліматичні умови та інвестиційна активність на території Холмківської громади можуть обумовити утворення ефективного господарства. До прикладу, у селі Тарнівці активно розвивається плодорозсадник ДП «Голланд Планта Україна», який відзначається

інноваційним підходам до вирощування продукції та передових технологій в забезпеченні якості продукції [8]. Підприємство розвиває декілька основних напрямків виробництва. Воно є власником виключних прав на виробництво та продаж в Україні саджанців стійких до хвороб,

столових сортів яблук та ін. На території Холмківської ТГ підприємство вирощує понад 500 тис. саджанців щорічно, що робить його одним з лідерів в цьому сегменті на ринку праці [8].

Також із 2012 році компанія «Голланд Планта Україна» працює над програмою «Натуральне яблуко», до якої входять резистентні столові сорти яблук, які підходять для різних стилів вирощування. Особливістю компанії також є активна підтримка та консультування фермерів, які є перспективними у секторі виробництва яблук, щоб за допомогою стійких до хвороб сортів яблук вони розвиватися [8]. Такий досвід є важливим для розвитку садівництва у громаді, оскільки серед потенційних

партнерів можливими є фермери Холмківської громади.

В околицях села Холмок також розміщені сінокоси загальною площею 8,9 га. На сьогодні вони також обслуговуються приватними домогосподарства і знаходяться у відносно занедбаному стані. Це пов'язано із загальним зменшенням поголів'я худоби громаді та негативною тенденцією виїзду місцевого населення у країни Європи, зокрема – Словаччину, Чехію, Угорщину тощо. Під сільськогосподарськими об'єктами в Холмківській громаді знаходиться 71,9 га, із яких 62,6 розміщена у селі Холмок [3]. Більш детальна структура та розподіл сільськогосподарських земель представлена у таблиці 1.

Таблиця 1

Структура сільськогосподарських земель Холмківської ТГ (станом на 2019 рік) [3]

Сільська рада	Рілля	Пасовища	Фруктові сади	Виноградники	Сінокоси	С/г об'єкти
Холмківська сільська рада	1020,0	188,7	-	7,2	8,9	62,6
Тарновецька сільська рада	524,2	62,2	146,3	-	-	1,6
Сторожницька сільська рада	452,9	134,0	96,1	-	-	2,6
Коритнянська сільська рада	270,1	257,2	-	-	-	5,1
<i>Разом</i>	<i>2267,3</i>	<i>642,0</i>	<i>242,3</i>	<i>7,2</i>	<i>8,9</i>	<i>71,9</i>

Таким чином, аналіз представлених даних свідчить, що Холмківська ТГ характеризується наявністю значних запасів земельних ресурсів та високими перспективами розвитку сільського господарства. Найбільша частка (39,7 %) сільськогосподарських земель загальною площею 1287,4 га знаходиться у межах колишньої Холмківської сільської ради (сьогодні адміністративний центр громади с. Холмок та його околиці), територія якої знаходиться в центральній частині сучасної територіальної громади (рис. 3). Тарновецька та Сторожницька сільські ради характеризуються подібною сумою с/г угідь в межах від 680 до 740 га [3]. Натомість, найменші їх площі (532,4 га) характерні для території колишньої Коритнянської

сільської ради, частка яких від загальної площі ради не перевищує 35 % [3].

Аналіз структури земельних ресурсів Холмківської ТГ також свідчить про наявність на території громади чагарників та заболочених земель, які потенційно можуть бути використані для розвитку тут сільського господарства за умови їх впорядкування. Наприклад, у межах Тарновецького старостинського округу розміщено 19,24 га чагарників, які вузькими смугами покривають яри та концентруються на контакті ділянок з ріллям і пасовищами. У Коритнянському та Сторожницькому округах розміщено 12,70 та 2,37 га чагарників відповідно [3]. У цих округах також розміщені невеликі ділянки заболочених земель, сумарна площа яких становить 6,49 га.

Раціональне використання сільськогосподарських угідь та відповідна фінансування на розвиток технологій у майбутньому можуть передувати становленню Холмківської ТГ громади як регіонального виробника с/г продукції для

внутрішнього та зовнішнього ринку. Сприятливі кліматичні умови, наявність транспортної розв'язки та вигідне географічне положення закладають основні переваги для розвитку тут садівництва та вторинної переробки сировини.

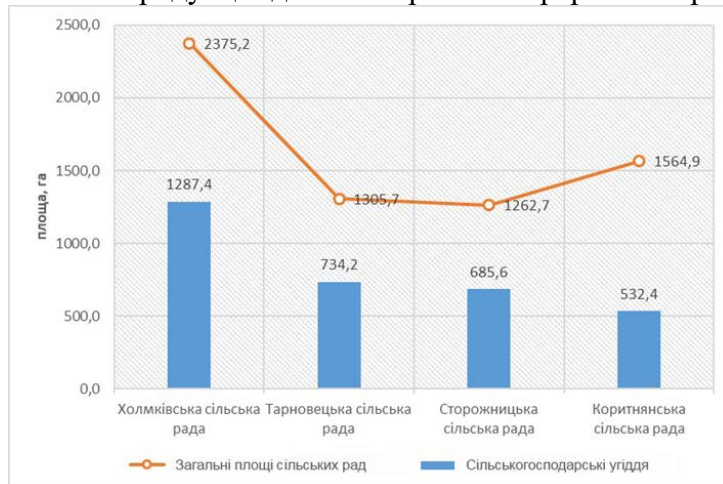


Рис. 3. Розподіл площ сільськогосподарських земель між сільськими радами Холмківської ТГ (станом на 2019 рік) [3]

Також на території Холмківської ТГ є перспективи розвитку тваринництва у вигляді розведення великої рогатої худоби та птахівництва. Наприклад, у селі Концово у 2023 році заснована птахоферма під назвою ТОВ «Закарпатська птахоферма» із статутним капіталом 8 млн. грн. [6]. Вона займається розведенням свійської птиці та виробництвом м'ясних продуктів. Сама ж історія птахофабрики у с. Концово бере свій початок із 70-х років минулого століття, яка впродовж свого існування неодноразово збільшувала обсяги виробництва та знаходилася на порозі банкрутства [7]. У 1997 році птахофабрику з метою її збереження було приєднано до Ужгородського хлібокомбінату на правах структурного підрозділу [7]. Згідно даних за 2022 рік новоутворена птахофабрика є збитковою [6] та потребує фінансової підтримки, що є важливим в сучасних умовах війни та необхідності забезпечення продовольчої безпеки в регіоні

Висновки

Проведений аналіз структури земельних угідь Холмківської ТГ свідчить, що 49,6 території громади займають сільськогосподарські землі, площа яких

становить 3 239,6 га. Їх ефективне використання та налагодження сільського господарства є важливим завданням на шляху розбудови самодостатньої громади із високим рівнем якості життя населення. Основна частина цих земель представлена ріллям – 70 % площі сільськогосподарських угідь. Значну частку сільськогосподарських угідь складають пасовища, які займають 642 га. На сьогодні у межах Холмківської громади проростають фруктові сади на площі 242,3 га, а виноградники – 7,2 га. Одним із найбільших підприємств громади у сфері садівництва є ДП «Голланд Плант Україна» у селі Тарнівці. У результаті дослідження визначені особливості територіального розподілу с/г земель у межах громади. З точки зору потенціалу розвитку сільського господарства, адміністративний центр громади с. Холмок займає провідну позицію за забезпеченням сільськогосподарськими угіддями. Отримані результати дослідження сприяють розробці стратегії розвитку громади, а також можуть бути використані спеціалізованими відділами земельних відносин і просторового розвитку Холмківської територіальної громади.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

7. Васильєва О. І., Васильєва Н. В. Концептуальні засади сталого розвитку територіальних громад. *Інвестиції: практика та досвід*. 2018. № 8. С. 74-78.
8. Підкуйко О. О. Концептуально-понятійні основи забезпечення розвитку територіальної громади. *Науковий вісник Академії муніципального управління. Серія : Управління*. 2012. Вип. 4. С. 339-345.
9. Холмківська територіальна громада. Офіційний сайт. URL: <https://holmkivska-gromada.gov.ua/> (дата звернення 25.09.2023 р.).
10. Метеорологічні дані по станціях України / Український гідрометеорологічний центр. URL: <https://meteo.gov.ua/ua> (дата звернення 30.09.2023 р.)
11. Державне підприємство «Закарпатгеодезцентр». Офіційна сторінка. URL: <https://www.zakgeo.com.ua/> (дата звернення: 03.10.2023)
12. ТОВ «Закарпатська птахоферма». Opendatabot. URL: <https://opendatabot.ua/c/44530942> (дата звернення: 03.10.2023)
13. Закарпатська птахофабрика: від створення до занепаду / Головні новини Закарпаття «ПЕРШИЙ.com.ua». URL: <https://pershij.com.ua/zakarpatska-ptakhofabryka-vid-stvorennia-do-zanepadu/> (дата звернення: 03.10.2023)
14. Розсадник «Голланд Планта Україна». Офіційна сторінка. URL: <http://hopu.com.ua/contact-us/> (дата звернення: 04.10.2023)

М. Karabiniuk, М. Shanta

LAND USE AND THE CURRENT STATE OF AGRICULTURE IN THE Kholmok TERRITORIAL COMMUNITY OF ZAKARPATTIA REGION

The article presents the results of an analysis of the structure and spatial distribution of agricultural land (arable land, pastures, orchards, vineyards, hayfields, etc.) on the territory of the Kholmok territorial community, located in the western border part of the Zakarpattia region. The area and current state of agricultural land used in the farm are also analyzed. Particular attention is paid to the analysis of the current state of agriculture and the potential of its main directions is described. Agricultural land is one of the most important resources of the Kholmok community, and the results of our study contribute to their effective use.

Keywords: land, agriculture, arable land, pasture, orchards, vineyards, Kholmok territorial community.

УДК:630.1: 581.9:599.2:712,253(477,87)

Ю.Тюх, Ю.Ярема, В.Беца, М.Нанинець, Т.Ярема, Г.Субота, Є.Савка, В.Попович

Національний природний парк «Синевир»

npp-synevyr@ukr.net

ОХОРОНА І ЗБЕРЕЖЕННЯ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «СИНЕВИР», ЯКІ МАЮТЬ ЕКОЛОГІЧНЕ, ПРИРОДООХОРОННЕ ТА НАУКОВЕ ЗНАЧЕННЯ

В статті подається коротка характеристика наукових досліджень в лісових екосистемах їх раритетність та природоохоронне і наукове значення, охорона та збереження в них цінних природних комплексів, об'єктів, а також рідкісних видів флори і фауни. Особлива увага звертається на синфітозоологічну оцінку фітоценофону букових пралісів національного природного парку «Синевир» та науково-практичне значення.

Ключові слова: НПП «Синевир», лісові екосистеми, цінні природні комплекси і об'єкти.

Постановка проблеми

Ліси НПП «Синевир» - це один з найважливіших факторів в екологічній рівновазі верхньої частини Терезлянської долини гірського рельєфу, що має виняткову цінність в природоохоронному значенні. Важливість цих лісів з погляду на їх значимість в аспекті водоохоронних, водорегулювальних, ґрунтозахисних, кліматоутворювальних та протиерозійних властивостей, не можна переоцінити тому, що вони регулюють водний режим і збагачують атмосферу киснем, отже, мають важливе життєве та господарське значення для даного регіону. Ліси парку – унікальний природний комплекс біорізноманіття загальною площею 32 997,0 га., що сформувався упродовж багатьох століть і є середовищуотворювальним фактором не лише для даного регіону, але вони впливають і на екологічну ситуацію Українських Карпат та Центральної Європи.

Лісові екосистеми мають велике значення і відповідають основним принципам і завданням зі збереження історично-сформованих природних екосистем, відтворення і ведення на них моніторингу та прогнозування на них різних природних явищ і процесів, збереження просторової, видової різноманітності, цілісності природних об'єктів і комплексів, відтворення генетичного фонду живої природи. Вони зростають у дуже сприятливих географічних (440-1640 м.в.н.р.м.) та екологічних умовах гірських Карпат, Вододільного Хребта,

Приводороздільних Горган, тому відзначаються багатою видовою різноманітністю за складом, віковою структурою, за формою та походженням і мають суттєве екологічне, ресурсне та соціальне значення. Крім, того НПП «Синевир» ставить за мету зберегти не тільки найбільш цінні ділянки природи, а й найменш порушені, зберегти в природному недоторканому стані як найбільше ділянок раритетних лісових комплексів та об'єктів. Ліси парку є найбільшим і основним осередком багатства біорізноманіття (рослинного і тваринного світу), що взаємопов'язані між собою у своєму біологічному циклі розвитку, впливають одне на одного і на навколишнє природне середовище.

Постановка завдання

Площа вкрита лісами становить 31746,1 га., із них хвойних лісів – 18244,9 га. і листяних – 13138,7 га. та чагарникове криволісся субальпійського поясу -362,5 га., а не вкрита лісовою рослинністю та не лісові ділянки (біополяни, кормові ремізи, кам'яні розсипи – греготи, річки і потічки, лісові автошляхи протипожежного значення), що займають площу 1250,9 га.. Важливою оцінкою лісу є його видовий склад за головними лісоутворюючими деревними хвойними породами такими, як: ялина європейська – *Picea abies* L., ялиця біла – *Abies alba* L. та їх супутників модрина європейська - *Larix deciduas* Mill, сосна звичайна – *Pinus sylvestris* L., а з листяних видів: бук лісовий – *Fagus sylvatica* L., клен

– явір – *Acer pseudoplatanus* L., клен гостролистий – *A. platanoides* L., ясен звичайний – *Fraxinus excelsior* L., та їх супутників в'яз гірський – *Ulmus glabra* Huds., граб звичайний – *Carpinus betuius* L., береза повисла – *Betula pendula* Roth., осика – *Populus tremula* L., горобина звичайна – *Sorbus aucuparia* L., а з м'яколистяних вільха сіра – *Alnus incana* L. Дані види приймають участь у формуванні складу та структури лісостанів і лісових насаджень разом з супутніми та другорядними видами з його віковою структурою, як чисті так і змішані, прості і складні за походженням у відповідності до кліматичних, гідрологічних, типологічних умов в різних висотних поясах за вертикальною зональністю [3: 35-40].

Викладка основного матеріалу

Раритетність лісів з точки зору наукових досліджень полягає в тому, що в лісових масивах - природних лісових деревостанах за віковою структурою є багато стиглих і перестійних ділянок, що на сьогодні становлять 9033,0 га. та чагарникового криволісся із сосни гірської (*Pinus mugo* Turra), ялівцю сибірського (*Juniperus sibirica* Burlsd), вільхи (душекії) зеленої (*Alnus viridis* (Chais) DC), субальпійського поясу на площі 362,5 га. Рукотворні лісові насадження зростають на площі-22350,6 га., які створені на теперішній території НПП «Синевир» в другій половині ХХ ст. за часів радянської влади та частина їх в ХХІ ст. від молодняків до пристигаючих, чистих і змішаних за породним складом, аборигенних і реліктових видів в яких трапляються особливо цінні природні комплекси і об'єкти. В даних лісових екосистемах відмічено особливо цінні природні 61 комплекси і об'єкти особливої охорони і збереження, 10 наукових полігонів, 22 постійних та 20 тимчасових моніторингових площадок, а також 10 облікових маршрутів, де вони позначаються не часто, а вкраплені невеликими ділянками та поодинокі займають незначну частку в співвідношенні на території Парку. Це пояснюється ґрунтово-кліматичними умовами, місцезростанням рослинного і знаходження тваринного світу на різних висотних рівнях

по схилу, при різних експозиціях та крутизни схилів, цінного за структурою породного складу деревних, кущових понад 60 видів порід і чагарників. Тут зростає багато трав'яних, мохових, лишайникових рослин та грибів загальною чисельністю 1975 види, із них вищих рослин 1165, нижчих рослин 810 видів, а також зосереджено тваринний світ, який представлений безхребетними 1486 видами та хребетними 239 видів, дослідженню яким на території НПП «Синевир» присвятили науковці Ужгородського національного університету кафедри ботаніки та зоології, Львівський національний університет ім. І.Франка кафедра зоології, Інститут екології Карпат, Інститут ботаніки ім.М.Г.Холодного, Інститу зоології ім.І.І.Шмальгаузена НАН України та багато інших наукових установ України.

В природних екосистемах зростають, а також перебувають рідкісні види рослин і тварин (135:41), ендемічні (43:308), зникаючі (4 види фауни), серед них, що знаходяться під загрозою зникнення в Європі та світовому масштабі, що включені до Червоних списків Національних, Міжнародних переліків нараховується 188 видів флори разом із грибами, 374 видів фауни безхребетних і хребетних, які віднесені до різних созоологічних статусів охорони. Крім того на території НПП «Синевир» зростає 15 рідкісних рослинних угруповань, що віднесені до Зеленої книги України їх рідкісності, рівень стабільності, екологічні умови, що характеризують їх наукову цінність, а в букових пралісах і старовікових лісах найбільш поширені 15 асоціацій, в тому числі 3 із них віднесені до Зеленої книги України, а також найбільша чисельність флори 1060 видів та фауни 1200 видів.

Лісові угруповання, що їх сформували лісостани та лісові насадження на території НПП «Синевир», які зростають на 96,2% його лісової площі складаються з порід, які поширені не лише в Карпатах, а й у всій Центральній Європі. Бук лісовий – один з основних лісоутворювальних видів, що зростає у південній частині парку на площі 12458,1 га. де він є домінуючим. Ялина європейська займає середню та північну

частини його території та домінує на площі 18114,7 га. Ці два види, що є головними лісоутворюваними породами деревостанів та лісових насаджень утворюють як чисті так і мішані лісові масиви.

Чисті букові ліси займають на території парку порівняно невеликі площі ділянок (27,9%) і розташовані переважно у Вільшанському, Квасовецькому, Колочавському, Негровецькому та частково в Остріцькому природоохоронному науководослідному відділенні. Бук формує тут, як однарусні так і багаторусні деревостани та насадження, одновікові та різновікові в яких лише поодинокі, або не більше 10-20% беруть участь у складі інші види такі, як: граб звичайний, клен гостролистий, клен-явір, ясен звичайний, в'яз шорсткий, береза повисла, осика. Дуже часто в поясі букових лісів можна зустріти поодинокі стоячі фруктові дерева такі як: груша дика – *Pyrus communis* L., яблуня дика – *Malus sylvestris* Mill, черешня дика – *Cerasus avium* (L.) Moench, горобина звичайна, а в нижній частині поясу терен – *Prunus spinosa* L., та багато інших плодкових кущів та чагарників – крушина – *Frangula alnus* Mill, калина – *Viburnum opulus* L., бруслина – *Euonymus europaeus* L., бузина – *Sambucus racemosa* L., глід – *Crataegus monogyna* auct.p.p.non Jacq.

Незважаючи на велику поширеність культур ялинових лісів в Карпатах створених за попередні два століття, а також на території НПП «Синевир» природні ялинові ліси зростають в даний час у верхньому лісовому поясі від 900 до 1600 м н.р.м. та у віддалених урочищах з відсутністю шляхів їх лісоексплуатації в попередні періоди: Слобода, Розтока, Красний Звір, Зелена Яворина, Писся Ріка, Фулейовець, Березовець, Канчівський, Студений, Яворовець. Включаючи найвищу приполонинську смугу чисті смеречини поступово від типових деревостанів переходять в рідколісся, вони разом відіграють надзвичайно важливу гідрологічну і протиерозійну роль. Тут беруть початок багато річок і потоків, фільтрується величезна кількість по масі води, що стікає з прилеглих полонин. Ця смуга приймає на себе основні удари буреломних вітрів і сходження снігових

лавин та сповзання каменистих розсипів. Подекуди на межі лісу ростуть поодинокі дерева сосни кедрової європейської – *Pinus cembra* L., тис ягідний – *Taxus baccata* L., а нижче модрина європейська та сосна звичайна на невеликих ділянках і в дуже малій кількості.

Ялиця біла, сосна звичайна, модрина європейська, клен-явір, клен гостролистий, ясен звичайний, в'яз гірський, граб звичайний не створюють на території парку чистих деревостанів та лісових насаджень, але є основними лісовими породами, що формують мішані ліси складної структури, разом вони беруть участь у складі до 30%, а береза і осика лише 0,03%.

Формування лісової рослинності й породного складу переважно визначається висотною зональністю їхнього зростання. У той час нижні пояси та окремо верхній лісовий пояси представлені в основному листяними видами (440-1350м.н.р.м.) з тривалими вегетаційним періодом розвитку, оскільки тут дуже тепла погода і незначна кількість опадів, а у верхніх поясах панують ялина, ялиця (950-1600м.н.р.м.), сосна гірська, ялівець сибірський, вільха (душекія) зелена субальпійського та частково альпійського поясів (1400-1719м.н.р.м.), тобто породи з коротким терміном вегетації, бо тут холод, мороз і надлишок опадів.

Мішані листяно-хвойні ліси розташовані у нижній частині ялинових лісів та верхній частині букових лісів. Вони займають висотний рівень від 750 до 1100м.н.р.м.. Так буково-ялиново-ялицево-яворові та ялицево-буково-ялиново-яворово-ясенові деревостани та лісові насадження займають висотний рівень 900-1100м.н.р.м. , об'єднують в загальну площу частину букових лісів 1120,0га., а також частину ялинових лісів 4514,0га. та власну смугу від 750 до 1100м.н.р.м. площею 1418,0га.

Представленість геоеlementів у флорі мішаних та змішаних лісів обумовлюється розміщенням Карпат де проходять межа гірських районів з висотною поясністю рослинності. Це дає підставу стверджувати, що в мішаних лісах майже однакову роль відіграватимуть бореальні та неморальні види. Своїм походженням бореальні види пов'язані іншим більш суворим територіям

(сосна звичайна, ялина європейська, береза бородавчата) та інші види. Неморальні види, що зростають у мішаних лісах – види третинного періоду, що складаються з двох видів еколого-генетичних груп, а саме: типово неморальних, які сформувалися у північних районах і при середньоморських, що зростають у південних районах. До типово неморальних переважній більшості належать широко ареальні види (липа серцелиста – *Tilia cordata* Mill., ясен звичайний, дуб звичайний – *Quercus robur* L.) з незначною участю центрально-європейських видів бук лісовий, клен гостролистий, клен-явір.

На території парку зростають два північно-американські інтродуковані види сосни веймутової – *Pinus strobus* L. та дугласії зеленої (дугласія Мензіса, дугласова ялиця) – *Pseudotsuga menziesii* Franco. Вони завезені до Європи 300 років тому, а на територію Колочави потрапили за часів Австро-Угорської Імперії (приблизно 200 років тому) і тепер зростають в ур. Квасовець Квасовецького природоохоронного науково-дослідного відділення, а також у складі лісових насаджень, що створені 1980 року, які приймають участь до 30% на площі 9,6 га Колочавського ПОНДВ ур.Сухаровець.

Залежно від клімату, ґрунту та умов гірського рельєфу природні ліси є різноманітними у своїй структурі, видовому складі та екологічних функціях.

Ліси парку вважаються однією з найважливіших природних екосистем, що використовує енергію сонця для продукування біомаси через фотосинтез як основу та постійно триваючий екологічний процес. Частина виробленої біомаси є основою для наземного життя тварин, в той час як інша частина накопичується у ґрунті в формі гумусу. Вони містять у собі більше половини усього біорізноманіття. Ліси постійно депонують вуглець шляхом фотосинтезу, а також є найбільшим наземним сховищем вуглецю у живій біомасі, мертвій деревині та ґрунті.

Пралісові та старовікові екосистеми мають багатогранне науково-практичне, культурне, еколого-освітнє, рекреаційне та ландшафтно-естетичне значення. Вони не

тільки є прикладами природних цінностей, які визнані як Всесвітня природна Спадщина ЮНЕСКО, але також є осередком незмінених людиною природних систем. Крім цього, ці екосистеми є природними лабораторіями та Музеями Природи, які постійно потрібно досліджувати та оберігати. Лише в пралісах збереглися реліктові види порід Юрського періоду мезозойської ери «пам'ятка природи» - Тис ягідний та ранньо-гелоценового періоду «пам'ятка природи» - Сосна кедрова європейська, що віднесені до Червоної книги України.

Загальна площа природних лісів НПП «Синевир» разом із субальпійським криволіссям становить 9395,5га. із них ідентифікованих як праліси і старовікові ліси як в камеральних умовах (2007-2010рр.) на основі архівних даних (1947-2017рр.) так і в польових натурних обстеженнях і дослідженнях лісових ділянок науковцями інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, Львівського національного лісотехнічного університету кафедра – лісівництва, (2012-2014рр.) та інженерними спеціалістами ВО «Укрдержліспроєкт» м. Ірпінь (2017р.) разом з науковими співробітниками парку обліковано нами на площі 4898,6га. – 508 ділянок, в тому числі двох кластерних компонентів лісових ділянок: праліси Вільшансько-Квасовецький кластер 1015,93га. з буферною зоною 587,5га. та Колочавсько-Синевирсько-Остріцький кластер 1849,11га. з буферною зоною 503,5га.. Загальна площа пралісів двох кластерних компонентів становить 2865,04га. – 322 ділянки та буферною зоною 1091,0га., що включені 07.07.2017р. до спільного Об'єкту Всесвітньої природної Спадщини ЮНЕСКО «Букові праліси і давні ліси Карпат та інших регіонів Європи», а інші лісові ділянки являються також пралісами, квазіпралісами на площі 2033,6 га – 186 ділянок, які в майбутньому при їх детальному науковому дослідженні та вивченні і черговому розширенні спільного Об'єкту – пралісів можуть набути Всесвітнього визнання, що є підставою для зарахування і віднесення пралісів і квазіпралісів в цілому до заповідної зони

національного природного парку «Синевир» [1:201-209; 2: 5-10].

З науково-природничого погляду особливо цінними є рештки букових та ялиново-ялицево-букових пралісів, що збереглися на території парку як таких, що відповідають критеріям та статусу пралісам. Вони являються природним скарбом Світового значення або їх ще можна віднести до пралісів - раритетні природні комплекси Європи. Праліси для природи, а також для людини мають неоцінене значення у зв'язку з тим, що в пралісах відбуваються різні природні процеси, що зумовлюють одних видів відмирати, а інших відновлюватись у своєму процесі розвитку на протязі всього біологічного циклу розвитку пралісових деревостанів – цей процес постійний і незмінний. У пралісах зберігається цінна інформація про історично-географічний розвиток лісової рослинності (ендемиків, реліктів) та життєві процеси тварин післяльодовикового період. Оскільки поновлення дерев проходить виключно природним шляхом без участі людини, тому праліси можна розглядати, як генетичні резервати для господарських лісів.

Екологічна важливість, природоохоронне та наукове значення на території НПП «Синевир», тобто, природна рослинність якого виключно з його загальними лісовими масивами відображає різноманіття кліматичних умов та водночас, залежить від них. Вони є природним типом рослинності, що вкривають 20,96% його території від загальної площі 43081,8га., або 29,59% від вкритої лісом площі 31746,1га. від 750 м.в.н.р.м середнього і верхнього лісового до субальпійського 1650 м.в.н.р.м., а травяна та кущова рослинність до частково альпійського поясів 1719 м.в.н.р.м.

У вказаних букових пралісах і старовікових лісах найбільш поширені і відмічені 15 асоціацій. Синфітозоологічна оцінка фітоценофонду букових пралісів НПП «Синевир» показує, що праліси парку відносяться до двох синфітозоологічних категорій.

До першої віднесені широко розповсюджені фітоценози високого ступеня трапляння. Це фітоценози асоціацій: *Fagetum (sylvaticae) galiosum (odorati)*,

Fagetum (sylvaticae) caricosum (hilosac), *Fagetum (sylvaticae) galeololosum (lutei)*, *Fagetum (sylvaticae) mercuriolidosum (perennis)*, *Fagetum (sylvaticae) denteriosum (geandulosae)*, *Fagetum (sylvaticae) sporsiherbosum*, *Fagetum (sylvaticae) vaccinosum (murtili)*, *Fagetum (sylvaticae) athyriosum (filix - faminac)* – всього 8 асоціацій.

У другій категорії об'єднані широко розповсюджені фітоценози низького ступеня трапляння. Це - фітоценози асоціацій: *Fagetum (sylvaticae) rubosum (coesii)*, *Fagetum (sylvaticae) ruboso coesii* – *coricosum (pilosoe)*, *Fagetum (sylvaticae) ruboso (coesii)* - *geliosum odorati*, *Fagetum (sylvaticae) ruboso (hirti)* – *athyriosum (filix - feminae)*. Слід зазначити, що до другої категорії можна віднести і раритетні угруповання. Серед угруповань віднесених до Зеленої Книги України в пралісах НПП «Синевир» зростають такі: *Fagetum (sylvaticae) alliosum (ursini)*, *Fagetum (sylvaticae) lunariosum redivivae*, *Fagetum (sylvaticae) scopoliosum (carniolica)*[1:197-199; 209].

Висновок

Праліси є найбільш важливим природним комплексом НПП «Синевир» з наукового підходу до вивчення їх, встановлення історії розвитку рослинного покриву та фауни у післяльодовиковий період та його сучасний стан флори та тваринного світу в чистих, мішаних природних деревостанах. Їх вивчення є необхідною передумовою ведення моніторингу за змінами та факторами, що впливають на розвиток та процеси які супроводжують формування пралісових формацій та асоціацій, оскільки тільки вони можуть служити еталоном для формування біологічно стійких і високопродуктивних природних лісових угруповань. Праліси – це своєрідна природна лабораторія під відкритим небом. Саме там можна вивчати закономірності перебігу природних процесів розвитку рослинного і тваринного світу, а також розвитку окремих пралісових деревостанів їх динаміку та структурні особливості. Унікальною особливістю пралісів НПП «Синевир» є їх цінність

букових лісів, їх часте зростання за межами загальноприйнятого для Українських Карпат оптимуму поширення чистих бучин в тому

числі в приполюнній частині гірських крутих схилів, що переходять у букове криволісся.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Книга до 30-ти річчя створення НПП «Синевир». Історія та сьогодення. м.Ужгород.- «Патент» – 2019р. с.439.

2. Літопис природи НПП «Синевир» (науково-дослідна робота за 2012-2022 рр.

тт. XXII-XXXII. с.5590.

3. Матеріали лісовпорядкування НПП «Синевир». Таксація лісу. ВО «Укрдержліспроєкт» м.Ірпінь 2015-2016рр. с.360.

Yu. Tyukh, Yu. Yarema, V. Betsa, M. Nanynets, T. Yarema, H. Subota, E. Savka, V. Popovych

PROTECTION AND PRESERVATION OF FOREST ECOSYSTEMS OF THE NATIONAL NATURAL PARK "SYNEVYR", WHICH HAVE ENVIRONMENTAL, NATURE CONSERVATION AND SCIENTIFIC SIGNIFICANCE

The article provides a brief description of scientific research in forest ecosystems, their rarity and environmental and scientific significance, protection and preservation of valuable natural complexes and objects, as well as rare species of flora and fauna. Special attention is paid to the synphytozoological assessment of the phytocenofund of the beech primeval forests of the Synevyr National Nature Park and its scientific and practical significance.

Keywords: NNP "Synevyr", forest ecosystems, valuable natural complexes and objects.

УДК 635.054:582.091

О.О.Скалінчан, А.В. Мигаль

Державний вищий навчальний заклад “Ужгородський національний університет”,
м.Ужгород, Україна

ДУБ ЧЕРВОНИЙ ТА РОБІНІЯ ЗВИЧАЙНА В ЛІСОСТАНАХ УЖГОРОДСЬКОГО ЛІСНИЦТВА ФІЛІЇ «УЖГОРОДСЬКЕ ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО» ДП «ЛІСИ УКРАЇНИ»

Досліджено прояв інвазійності дуба червоного (*Quercus rubra* L.) та робінії звичайної (*Robinia pseudoacacia* L.) в лісостанах Ужгородського лісництва філії «Ужгородське лісове господарство» ДП «Ліси України». Виявлено високий рівень конкурентності, що спричиняють ці види по відношенню до корінних порід. Здійснено облік природного поновлення, в яких у складі материнського насадження є інвазійні види деревних рослин.

Ключові слова: інвазійні види, природне поновлення, дуб червоний, робінія звичайна, Ужгородське лісництво.

Постановка проблеми

Інвазійні види рослин є серйозною екологічною проблемою, яка виникає внаслідок введення та поширення неаборигенних рослин в природних екосистемах. Ці види здатні витіснити аборигенну флору та знижувати біорізноманіття, порушуючи екологічний баланс та природну рівновагу.

В останні роки проблема інвазійних видів рослин набуває все більшої актуальності, оскільки зростає потреба в збільшенні продуктивності лісів за допомогою швидкорослих та витривалих деревних порід, що зазвичай завозяться з інших територій та є неаборигенними для тих чи інших умов місцезростання. Це створює умови для поширення інвазійних видів рослин в різних регіонах світу, включаючи територію України та власне територію досліджуваного лісництва.

Інвазійні види деревних рослин можуть не мати природних конкурентів, що регулюватимуть їх чисельність. Це може призвести до надмірної конкуренції з аборигенними видами за ресурси та зменшенню їх різноманітності.

За останні десятиліття відбувається збільшення кількості введених видів деревних порід, які здатні витіснити аборигенну флору та знижувати біорізноманіття. Інвазійні види деревних порід можуть також створювати проблеми в економічній сфері, наприклад, знижуючи дохідність лісових господарств. Вони включаються до процесів та механізмів загальної життєдіяльності

екосистем не як незначна домішка, але як впливовий механізм; ці організми впливають на функціонування екосистем та самі знаходяться під їх впливом.

У кінці ХХ століття, явища поширення неаборигенних видів на непритаманні їм території набули великого масштабу. З другої половини цього ж століття вчені почали активно досліджувати цей процес. А з виходом класичної праці Чарльза Елтона [1] інтерес до фітоекспансій та фітоінвазій у науковців та дослідників збільшився в декілька разів.

Станом на 2022 рік, Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів в плані роботи на 2023 рік, розроблено проект наказу «Про затвердження переліків інвазивних чужорідних видів тварин і рослин», підставою для якого стало Розпорядження Кабінету Міністрів України від 07.07.2022 № 573 «Про затвердження Плану заходів з реалізації Стратегії біобезпеки та біологічного захисту на 2022-2025 роки» [2].

Для забезпечення виконання вище згаданого наказу 16.02.2023 було проведено Всеукраїнський круглий стіл на тему: «Перспективи відтворення лісів України: можливості використання інтродуцентів та загрози інвазійних видів», на якому було оголошено, що дуб червоний не є інвазійним видом, отже попередньо до переліку інвазійних видів він не потрапляє. Учасники даного заходу аргументують такий висновок перспективністю вирощування плантацій за участі дуба червоного, а також використання

його як фітомеліоративної складової у соснових насадженнях. При тому, що було прийняте рішення «проти» внесення даної породи до переліку, учасники все-таки не виключають можливості прояву інвазійності дуба червоного, але запевняють, що її можна уникнути контролюючи насадження, в складі яких він є, та проводячи дієві лісгосподарські заходи. Щоправда, на нашу думку це є не зовсім можливим. Однією з основних причин є рясний самосів, що швидко росте та спричиняє витіснення аборигенних видів. Тобто за цим процесом доволі важко встежити. Саме ця проблема й досліджується нами в лісостанах Ужгородського лісництва.

Станом на квітень 2023 року Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України видало та затвердило Наказ №184 «Про затвердження переліку інвазійних видів дерев із значною здатністю до неконтрольованого поширення, заборонених до використання у процесі відтворення лісів». Згідно даного розпорядчого документу забороняється до використання у лісорозведенні та лісовідновленні 13 деревних видів, серед яких є як дуб червоний, так і робінія звичайна, що доводить небезпеку цих інтродуцентів [3].

Постановка завдання

Метою роботи є дослідження впливу інвазійних видів деревних порід: таких як дуб червоний (*Quercus rubra* L.) та робінія звичайна (*Robinia pseudoacacia* L.), що поширені на території Ужгородського лісництва філії ДП «Ужгородське лісове господарство» на природні екосистеми.

Матеріали та методи дослідження

Для аналізу насаджень лісового фонду філії підприємства було використано дані Державного лісового кадастру [4], а також Проєкту організації та розвитку лісового господарства ДП «Ужгородське ЛГ» станом на 2011 рік. [5]. Для оцінки успішності природного поновлення було застосовано метод облікових площадок, розміром 2x2 м та шкали М.М. Горшеніна [6]. За таксаційною характеристикою насаджень Ужгородського лісництва, було визначено ділянки, що найкраще підходять для виконання завдань дослідження. Головним критерієм підбору ділянок був склад насадження, в якому, повинні бути досліджувані види. В табл. 1 наведена коротка характеристика цих ділянок.

Таблиця 1

Характеристика досліджуваних ділянок Ужгородського лісництва

№ ділянки	Квартал/Виділ	Площа, га	Склад насадження	Вік, років
1	12/12	3,6	10Дчр+Клн+Гз	54
2	13/3	1,7	4Дчр2Дс2Яв+1Кшї1Лнд+Гз+Чш	37
3	13/1	11,0	3Дс3Дчр2Чш1Акб1Яз+Гз	62
4	13/11	1,7	7Акб2Дс1Гз	67
5	33/8	4,5	4Бкл5Дчр1Гз+Кшї+Лнд+Чш	44

Виклад основного матеріалу

Дослідженням були охоплені такі показники: зміни площ, на яких зростають інвазійні види, типи лісу з участю досліджуваних видів, кількість їх природного поновлення. Враховуючи ці показники, можна прослідкувати за динамікою поширення та впливом видів на лісостани. За період в 10 років площа лісництва збільшилась на 256,6 га, тобто на

5,8%, внаслідок приєднання до лісового фонду нових територій. Сумарний запас ярусів збільшився на 23,58 тис. м³. Щодо досліджуваних інвазійних деревних порід, площа насаджень з переважанням робінії звичайної збільшилась майже у 2 рази, причому площа лісових культур цього виду збільшились на 9,5 га. Щодо дуба червоного, площа насаджень з його переважанням збільшилась на 11,8 га, з яких 100% - лісові культури (табл. 2). На території лісництва в

сумі налічується 15 типів лісу, з яких у 53% поширені досліджувані інвазійні види. На рис.1 зображена приуроченість цих видів до певних типів лісу.

Таблиця 2

Таксаційні показники за два лісовпорядні періоди (2000-2011 рр.) в Ужгородському лісництві

Показник	2000 р.	2011 р.
Кількість кварталів/виділів	45/634	52/664
Площа вкритих лісовою рослинністю земель, га в т.ч. лісові культури	4434,3 336,3	4690,9 352,6
Сумарний запас, тис.м ³	1524,4	1547,98
Площа насаджень з переважанням, робінії звичайної дуба червоного	12,8 (8,6) 87,0 (87,0)	24,4 (18,1) 98,8 (98,8)
Сумарний запас, тис. м ³ робінії звичайної дуба червоного	2,96 18,12	4,42 22,79

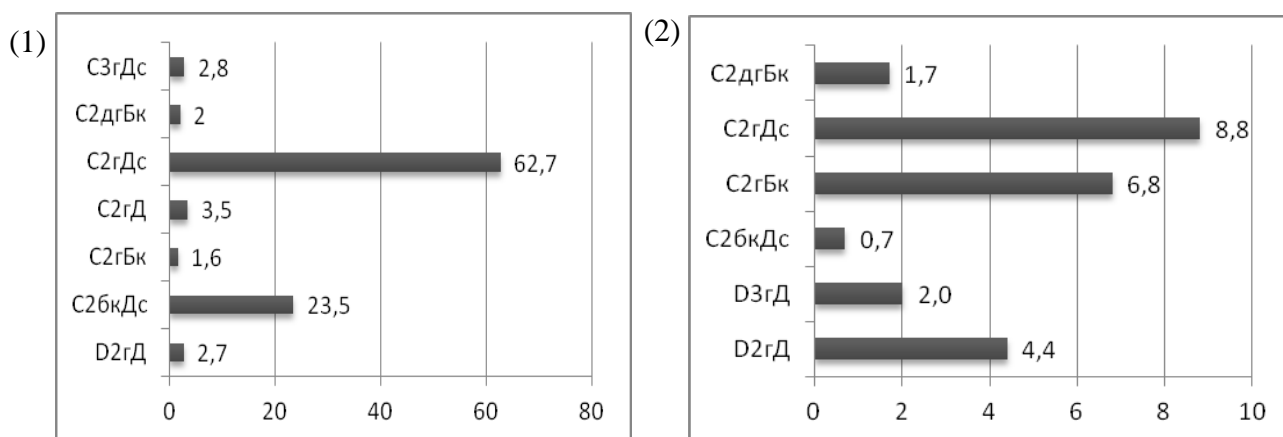


Рис. 1. Розподіл площі насаджень дуба червоного та робінії звичайної за типами лісу
Примітка. 1 – дуб червоний, 2 – робінія звичайна; С_{3гДс} – волога грабова судіброва дуба скельного, С_{2дгБк} – свіжа дубово-грабова субучина, С_{2гДс} – свіжа грабова судіброва дуба скельного, С_{2гБк} – свіжа грабова субучина, С_{2бкДс} – свіжа букова судіброва дуба скельного, D_{2гД} – свіжа грабова діброва, D_{3гД} – волога грабова діброва

Найменш стійким типом лісу до проникнення в нього інвазійних видів виявився С_{2гДс} (свіжа грабова судіброва дуба скельного). Саме в ньому зосереджено 58% площі цих видів. Для порівняння в свіжій дубово-грабовій субучині (С_{2дгБк}) лише 3% від загальної площі насаджень з дубом червоним чи робінією звичайною.

З метою встановлення кількісних показників сходів та підросту робінії звичайної та дуба червоного, необхідно було здійснити облік природного поновлення.

Завдяки визначенню даного показника можна також встановити вплив інвазійних деревних порід на корінні види та наявність чи відсутність живого надґрунтового покриву, встановити склад сходів та спрогнозувати склад майбутнього насадження [6].

Для проведення обліку природного поновлення було відібрано 5 виділів з різними за породним складом насадженнями. На всіх ділянках було закладено по 5 облікових площадок

розміром 2x2 м, досліджено рослинний покрив та певні особливості розподілу природного поновлення на площі виділу.

Отримано наступні результати обліку природного поновлення (табл. 3)

Таблиця 3

Зведені дані досліджуваних ділянок Ужгородського лісництва

№	Квартал	Виділ	Площа	Склад материнського насадження	Формула природного поновлення, %	К-сть насінневих екземплярів інвазійного виду, тис.шт./га	К-сть насінневих екземплярів типотвірної породи, тис.шт./га	Всього поновлення тис.шт./га (всіх видів в т.ч.)
1	12	12	3,6	10Дчр+Клг+Гз	10Дчр+Клг+Гз	76	0	82,5
2	13	13	1,7	4Дчр2Дс2Яв 1Киі1Лнд+Гз + Чуи	7Дчр2Яв1Гз+Лнд	21	0	32
3	13	1	11	3Дс3Дчр2Чуи 1Акб1Яз+Гз	9Дчр1Дск+Лнд	24	2,5	28
4	13	11	7,7	7Акб2Дс1Гз	8Акб2Гз	8	0	10
5	33	8	4,5	4Бкл5Дчр1Гз +Киі+Лнд+Чуи	10Дчр+Бкл+Гз	88	4,5	95,5

Аналіз результатів дослідження дозволив встановити певну закономірність: при умові, що коефіцієнт складу інвазійного виду в насадженні дорівнює або різниться не більше ніж на 1 (одиницю) від коефіцієнта корінної породи, у формулі природного поновлення зберігається невелика частка корінної породи. При коефіцієнті більшому ніж мінімум в 2 рази – корінна порода випадає із формули природного поновлення. Тобто, можна дійти до наступного висновку: якщо інвазійний вид переважає в складі насадження, але не витісняє з нього типотвірну породу, то формула природного поновлення показує домінування інвазійного виду із витісненням корінної породи. Ці дослідження показують всю небезпеку, котру можуть становити неаборигенні види, що проявляють інвазійність.

Висновки

Дослідження підтверджує небезпеку інвазійних видів як в екологічному, так і в економічному аспектах.

Досліджувані види деревних рослин на території Ужгородського лісництва,

проявляють високу конкурентність, створюючи несприятливі умови для типотвірних, корінних порід, що суперечить принципам лісотипологічних вимог при веденні лісового господарства.

Дуб червоний та робінія звичайна розповсюджуються по-різному: дуб за межі лісостанів Ужгородського лісництва наразі не поширюється; робінія поширюється за межі насаджень, утворюючи суцільні акацієві зарості. Попри відмінності у розповсюдженні цих видів, їх вплив на інші наявні види рослин однаково негативний.

Всі насадження, в складі яких переважає інвазійний вид, є похідними, тому необхідно здійснювати комплекси лісгосподарських заходів, що сприятимуть відтворенню корінних деревостанів.

За наявності в складі материнського насадження дуба червоного та/або робінії звичайної разом з дубом скельним, кількість поновлення останнього суттєво менша, ніж за відсутності інвазійних видів у складі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Elton C.S. The ecology of invasions by animals and plants. — London: Methuen, 1958. — 181 p.
2. План роботи Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України на 2023 рік / Режим доступу: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/02/plan-roboty-mindovkillya-2023.pdf>
3. Про затвердження Переліку інвазійних видів дерев із значною здатністю до неконтрольованого поширення, заборонених до використання у процесі відтворення лісів. Затв. наказом Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 03.04.2023 р. №184. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України від 19.04.2023 р. №641/39697. / Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0641-23#Text>
4. Державний лісовий кадастр ДП «Ужгородське лісове господарство» станом на 1 січня 2011 року, Закарпатська область / ВО «Укрдержліспроєкт». – Ірпінь, 2011.
5. Проект організації і розвитку ДП «Ужгородське лісове господарство» – Ірпінь, 2011. – 154 с.
6. Олійник В.С. Лісознавство: курс лекцій / В.С. Олійник, Р.М. Вітер.–Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2011. – 264 с.

O.Skalinchan, A.Mihaly

INVASIVE SPECIES OF WOODY PLANTS IN STANDS OF UZHGOROD FORESTRY “UZHGOROD FORESTRY” BRANCH

*The invasiveness of red oak (*Quercus rubra* L.) and black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in the forests of the Uzhhorod forestry was investigated. The high level of competition caused by these species in relation to indigenous tree species was revealed. An account of natural regeneration was carried out in 5 areas, in which invasive species of woody plants are part of the mother plantation.*

Keywords: *invasive species, natural regeneration, red oak, black locust, Uzhhorod forestry.*

УДК 712.41:712.253

С. С. Чепур

Ужгородський національний університет

svitlana.chepur@uzhnu.edu.ua

ОКРЕМІ АСПЕКТИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРКОВИХ НАСАДЖЕНЬ

Проаналізовано стан паркових насаджень парку – пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення «Боздоський». Наведено окремі аспекти поліпшення паркового ландшафту.

Ключові слова: парк, садово-парковий ландшафт, масив, ландшафтна група.

Постановка проблеми

В сучасних умовах зростання необхідності суспільства в рекреації виникає об'єктивний запит в планомірному використанні природних багатств для задоволення потреб, тобто в організації рекреаційного природо-користування.

Одним із основних місць в Ужгороді, де можна було б відпочити й оздоровитись, відновити фізичні і нервово-психічні сили є парк «Боздоський». Заснований парк в 1954 році в основному зусиллями громадськості, з жовтня 1984 року йому надано статус пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення, як цінного об'єкту паркового будівництва з метою охорони унікального заплавної ландшафту, збереження його флористичного і фауністичного різноманіття та для використання в естетичних, виховних, наукових, природоохоронних і оздоровчих цілях [7].

Перевагами парку є: розміщення в межах міста, достатня площа, щоб забезпечити потреби у відпочинку різні вікові групи і категорії відпочиваючих, забезпеченість зручними транспортними і пішохідними зв'язками з загальноміським центром та житловими кварталами правобережної і лівобережної частини міста. Однак є і суттєві недоліки – стан насаджень і благоустрою на переважаючій площі парку в занедбаному стані і потребує реконструкції на ландшафтно-природній основі, функціонального зонування території, виходячи із природних ландшафтно-рекреаційних даних та природно-заповідного статусу, покращення його привабливості.

Будівництво парку і догляд за ним здійснювались згідно ряду проектів до кінця

80-х років. Починаючи з початку 90-х років і по цей час, були розроблені ряд проектів по реконструкції та організації території парку, однак реконструкція по проектних рішеннях не велась.

Аналіз останніх досліджень

З метою поліпшення стану насаджень та естетичної привабливості парку на основі аналізу літератури та власних спостережень пропонуються деякі заходи по формуванні масивів, груп. Ряд даних було взято з проекту реконструкції та організації території парку – пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення «Боздоський» [7]. Пропозиції по формуванні масивів, груп рослин, їх підбору були сформовані на основі робіт по озелененні та парковпорядкуванні [1, 3-6, 9, 10]. При підборі асортименту дерев і чагарників використовували каталог рослин декоративного розсаднику «Зелені янголи» [2].

Постановка завдання

Метою роботи є проаналізувати стан паркових насаджень парку – пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення «Боздоський» та виокремити певні аспекти поліпшення паркового ландшафту.

Виклад основного матеріалу

Парк «Боздоський» є найбільшим в місті і виконує поліфункціональне значення з переважанням рекреаційної функції. Парк знаходиться на двох річкових терасах. Біля 70% периметру парку складають береги річки і ставків.

В основній зоні парку в його центральній частині чітко виражена

регулярна основа планування з окремими елементами ландшафтного планування.

Елементи садово-паркової композиції парку – алеї, масиви, окремі групи дерев і кущів. Асортимент дерев та кущів включає місцеві породи і незначну кількість екзотів. В основному вік насаджень 70-80 років, за винятком окремих дерев.

Основна композиційна вісь виражена головною алеєю, яка спрямована від центрального входу. Другорядні прямолінійні алеї перетинаються під прямим кутом, формуючи квартали. Вздовж алеї ростуть деревні породи: туї східна та західна, тополя пірамідальна, катальпа бузковолиста та чудова, гіркокаштан звичайний, софора японська, липа дрібнолиста, а також чагарники: бузок звичайний, форзиція європейська, дейція шорстка, бирючина звичайна, гібіск сірійський, троянда паркова.

Паркові масиви мають вигляд лісових і їх створення спрямоване на відтворення природного лісового ландшафту з усіма притаманними йому рисами. За породним складом масиви в парку переважно є чистими (складаються з однієї породи), сформовані з каштану кінського, граба звичайного, клена гостролистого, горіха сірого та грецького. Їх доповнюють клен цукристий, гостролистий та ясенolistий, верби біла та вавілонська, робінія звичайна, ясен звичайний, клен-явір, бук лісовий, дуб звичайний, дуб червоний, вишня пташина, ільм гірський, шовковиця біла.

Існуючі насадження в основному сформовані з листяних порід. Тому, пропонується для поліпшення естетичного вигляду ландшафт поповнити хвойними деревами, акліматизованими для умов регіону. Наприклад, ялини сербська (*Picea omorika*), колюча (*Picea pungens*) і сиза (*Picea glauca*) ф. блакитна; ялиці корейська (*Abies koreana*), ялиця кавказька (*Abies nordmanniana*), декоративні форми купресопипариса Лейланда, кипарисовика Лавсона (*Chamaecyparis lawsoniana*) і горіхоплідного (*Chamaecyparis pisifera*), кедр атласький (*Cedrus atlantica*) і гімалайський (*Cedrus deodara*) ф. плакуча. З листяних порід рекомендується породи: ліріодендрон тюльпановий (*Liriodendron*

tulipifera), магнолії Суланжа (*Magnolia × soulangeana*) і Кобус (*Magnolia kobus*), бук європейський (*Fagus sylvatica*) форми пурпурні і плакучі, клени: гостролистий (*Acer platanoides*) ф. глобозум, червоний (*Acer rubrum*), клен японський (пальмолистий) (*Acer palmatum var. macrophyllum*), клен татарський (*Acer tataricum*), вишня дрібнопильчата (сакура) (*Prunus serrulata*), в тому числі ф. плакуча і пурпурова, катальпа бігнонієподібна (*Catalpa bignonioides*), дуб звичайний (*Quercus robur*) ф. пірамідальна, болотний (*Quercus palustris*) і австрійський (*Quercus cerris*); яблуня Недзвецького (*Malus niedzwetzkyana*), яблуня торінго (*Malus toringoides*). Вище вказані дерева можуть бути солітерами, з них можна формувати деревно-чагарникові групи, алеї, а також вони можуть служити цікавими акцентами в масивах парку.

В парку насадження загущені, в результаті чого рослини втратили характерну для них форму крони, гілкування, деформувався стовбур. Швидкоростучі породи, висаджені на свіжих гумусних ґрунтах, пригнічують рослини з меншою інтенсивністю росту, внаслідок чого багато дерев деградувало або загинуло.

Доцільно провести поліпшення складу деревостанів з точки зору підвищення його декоративності, в т. ч. й за рахунок певного розміщення дерев на площі ландшафтними рубками і посадками [1, 6]. Передбачається індивідуальний підхід до кожного дерева із оцінюванням не лише його положення серед угруповання, але й ролі у формуванні певного типу паркового ландшафту. При цьому, перш за все, для в'яснення питання, чи може певне дерево бути залишеним для формування ландшафту, слід оцінити за певними ознаками: порода, форма стовбура і крони, тобто її довжина, ширина, густина, колір листя або хвої, забарвлення кори, санітарний стан дерева і т. п. Дерева можуть призначатися до рубки незалежно від їх місце розташування в деревостані: і з нижнього, і з верхнього ярусу, але за умови, що це не призведе до порушення стійкості деревостанів.

Вирубці підлягають дерева зі слабозвиненою і несиметричною короною,

ті що відмирають, уражені комахами і грибними хворобами, суховершинності, дерева з механічними пошкодженнями, що відстали в рості, з оголеною кореневою системою і поодинокі дерева гарного росту в порядку розріджування груп з відносно однорідних дерев за віком.

На деревах, за умови збереження закритого ландшафту з горизонтальною зімкнутістю намету, необхідно обрізати сучки та гілки до висоти 3 м. Рубки ведуться по низовому методу зі збереженням наявного підліску.

З метою поліпшення прохідності і наскрізної видимості паркового ландшафту, на окремих ділянках необхідно видалити густо розміщений підріст і підлісок по площі, особливо при його висоті понад 1,5 м. На окремих ділянках необхідно провести омолодження наявних кущів або ж повної їх заміни на більш привабливі в естетичному відношенні.

Наявний підріст і підлісок потрібно формувати в групи, щоб забезпечити необхідну глибину видимості, зручність в переміщенні на ділянках. Господарська діяльність повинна бути спрямована на поступове формування групової або куртинної структури насаджень.

Процес такого перетворення – непростий і довготривалий, бо поступово потрібно сформувати насадження із високими естетичними та гігієнічними властивостями, які б відповідали вимогам масового відпочинку жителів міст. Високий естетичний ефект відкритих ландшафтів в значній мірі доповнюється барвистістю оточуючого узлісся.

Узлісся, розташоване на зверненій до відкритого простору території, займає, як правило, не тільки смугу насадження, що проглядається, а й площу парку, що оглядається відпочиваючими на відстані, що дозволяє бачити і розрізняти дерева за силуетом і архітектонікою крон.

Оскільки стовбури дерев на узліссі не відрізняються красою, то закриття їх чагарниками, спрямовано на поліпшення естетичних якостей відкритого простору. В цьому випадку наявні на узліссі чагарники необхідно зберегти, а за їх відсутності – посадити. Пропонується підібрати тіне-

витривалі кущі, цвітіння яких починається в лютому-березні, наприклад кизил, форзиція, рододендрони (березень-травень) і триває до жовтня (різні сорти гортензій крупнолистої і волотистої). Прямолінійні узлісся, особливо протяжністю більше 1-2 км, складені однією породою і з одновікових дерев парку не відрізняються високою естетичною цінністю. Вони одноманітні і викликають гнітючий, нудний настрій у глядача. Криволінійні узлісся, якщо ця криволінійність природна і красива, заслуговують більш високої естетичної оцінки.

Основними прийомами формування узлісся є: порушення прямолінійності шляхом влаштування на узліссі розривів з метою отримання поглиблень - «бухт», розкриття закритих узлісь вирубкою периферійних чагарників або дерев, поліпшення оглядовості вирубкою частини дерев і чагарників з деревостану, а також створення горизонтальної або вертикальної розчленованості, барвистості і контрастності деревостанів і посадкою груп на узліссі [6].

При формуванні узлісся і складання груп враховується відношення рослин до освітлення, термінів розпускання та опадання листя, густоту та форму крони, забарвлення листя влітку і восени.

Візуальні переваги садово-паркових пейзажів підносять групи, завдяки їх колориту, формі, композиційному розміщенню в просторі. Групи, як і куртини, часто утворюють перехід від масивів до відкритих просторів лугів і полів. Породний склад деревної групи має відображати свій органічний зв'язок з масивом. Тому для формування більш привабливого вигляду існуючих насаджень пропонується створення куртин, великих деревно-чагарникових і малих чагарникових груп.

Асортимент деревно-чагарникових порід підбраний з урахуванням існуючого стану та асортименту зелених насаджень. При створенні груп пропонуються наступні види посадок: доповнення новими рослинами існуючі дерева; створювати групи посадкою в один котлован або зближеним розміщенням посадкових місць (0,3 – 1 м); формувати ландшафтні групи з вільним розміщенням посадкових місць.

Пропозицій по створенні ландшафтних груп є багато [3, 5, 4, 9]. Залежно від асортименту дерев і чагарників, які використовують для формування груп, та їх декоративних якостей, а також віку і розташування рослин групи об'єднують у різні типи. В результаті огляду пропозицій створення груп пропонуємо виділити наступні: з хвойних порід (напр., регулярна конічна форма туї західної «Смарагд Вітбонт», яйцеподібна туя східна «Ауреа нана», в поєднанні з круглими формами туї західної «Літл Джем», «Даніка», ялівці скельні вертикальні з сизим відтінком хвої, декоративні форми кипарисовика Лавсона з блакитним і жовтими відтінками, криптомерія японська). Хвойні породи можна доповнювати сортами вічнозелених чагарників: калиною вічнозеленою, барбарисом бородавчатим, падубом гостролистим, бересклетами японським, Форчуна, магонією падуболистою, самшитом вічнозеленим, тисом ягідним, лавровишнею лікарською.

Змішані групи красивоквітучих чагарників слід формувати з двох-трьох видів, причому один з цих видів має домінувати, а решта його доповнювати. Під час komponування групи підбирають рослини або з одночасним цвітінням для створення великої мальовничої плями в певному сезоні, або ж із цвітінням у різні періоди вегетації.

Рубцов пропонує використовувати при створенні змішаних груп рослин одного роду [9]. Так для освітлених ділянок парку добре підійдуть групи: спіреї гострозубчастої, Вангутта, сливолистої, японської, Вільсона, Бумальда, Сарджента, Білліарда, що цвітуть протягом всього літа; групи дейції і бузку, загальне цвітіння яких відповідно 35 і 45 днів.

Для затінених галявин під кронами дерев можна створити групу гортензій. Різні сорти крупнолистої, волотистої, деревоподібної і шорсткої гортензій є найбільш тривало квітучими (з кінця червня по жовтень).

Загальні ландшафтно-художні переваги ділянок закритих і напіввідкритих ландшафтів у лісопарках і парках залежать від окремих важливих показників, а саме:

широти огляду, глибини видимості (із врахуванням зручності переміщення), контрастності, барвистості та архітектурно-художньої розчленованості. Широта огляду й глибина видимості залежать від зімкнутості, архітектурно-просторової будови насаджень. Ці показники визначають ступінь освітленості, умови сприйняття елементів ландшафту, зручності різних форм відпочинку.

Б. І. Кохно (1980) виділяє три типи алей: відкриті, напівзакриті і закриті. Відкриті і напівзакриті створюють з урахуванням огляду оточуючих пейзажів, для чого облямовують групами дерев і чагарників з інтервалами розміщення в ряду 7 - 12 м. В кінці таких алей проглядаються всілякі споруди,obelіски, фонтани, скульптура, квітники чи газони [4]. Закритий тип спрямовує погляд відвідувача парку строго за віссю руху. Алеї парку проглядаються на великій віддалі. Однак перспективи не мають цікавого завершення, відсутнє розкриття на виразні елементи ландшафту.

Рядові посадки вздовж алей монотонні.

Високорослі дерева, висаджені вздовж берегів та на кромці терас, закривають річкові та паркові краєвиди.

Тому, слід намагатися, щоб алея відкривала перспективу на цікаву забудову, споруди, водні простори річки Уж, галявини із групами дерев і солітерами. Рух по алеї закритого чи напівзакритого типу має розкривати систему пейзажних видів, різних за глибиною, з певною послідовністю їх чергування. Для прикладу, це можуть бути цінні породи, які ростуть на початку алей, по периметру паркових площ: ялина канадська, дугласія, кипарисовики Лавсона та горіхоплідний, криптомерія японська, тис ягідний, сосни: кримська, чорна та Веймута, гінкго дволопатева, кельрейтерія двоякопериста, слива Піссарді, клен-явір ф. пістрява, каштан посівний, шовковиця паперова, платан кленолистий. Це такі рослини, які можуть утримувати увагу дуже довго, оскільки в них багато цікавих деталей: гілки, кора, заглиблення і вузли на стовбурі, форма і колір листя, квіти, плоди.

Аналіз функціонального зонування вказує на те, що на території парку важко

виділити ділянки для тихого відпочинку, так як майданчики для активного відпочинку розташовані рівномірно по всій території. На території парку на даний час функціонують атракціони, дитячі майданчики та тематичні парки, проводяться виставки, ярмарки і т. п.

Для відокремлення майданчиків активного відпочинку, автостоянок від паркової зони пропонується вертикальне озеленення: вістерія китайська, жимолость пахуча, японська, кампсис укорінливий; високі та щільні живоплоти з граба, барбариса, бирючини, сніжноягідника.

Береги річки Уж, просіки алей, кромки полян покриті зарослями бузини чорної та трав'янистої, крушини ламкої, аморфи кущової, свидини білої, ломиносу виноградолистого, хвилівника крупнолистого, сумаху пухнастого.

Трав'яний покрив на відкритих просторах сформований з малоцінних лучних злаків, наприклад, грястиці збірної, мітлиці гігантської, тимофіївки лучної, тонконогу однорічного, споришу звичайного. Покрив засмічений

рудеральними бур'янами: подорожником великим, лопухом великим, підмаренником чіпким, топінамбуром, полином звичайним, злинкою канадською, борщівником. Широко поширені сеgetальні лісові бур'яни: гравілат міський та річковий, часник кінський, кропива дводомна та жалка, бальзамін дрібноквітковий, зірочник середній, гірчак в'юнкий. Для створення садово-паркових газонів ефективними є травосуміші, які включають: райграс пасовищний (*Lolium perenne* L.) (50%), кострицю червону (*Festuca rubra* L.) (45%), тонконоги лучний (*Poa pratensis*) (5%) [10]. Ці газони повинні витримувати відвідування великих мас відвідувачів та одночасно мати досить презентабельний зовнішній вигляд.

Висновки

Поліпшення паркових насаджень передбачає просторову оптимізацію масивів, формування їх узлісся, розширення асортименту порід, створення ландшафтних груп, реконструкцію газонів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гірс О. А. Лісовпорядкування : підручник / Гірс О. А., Новак Б. І., Кашпор С. М. – К., 2004. – 384 с.
2. Каталог рослин розсаднику «Зелені янголи». [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://landshaft.info/uk/3-roslynny>.
3. Конспект лекцій з дисципліни «Озеленення населених місць»/ С. С. Чепур – Ужгород: Вид-во УжНУ «Говерла», 2021.
4. Кучерявий В.П. Озеленення населених місць: Підручн. Львів: Світ, 2005. - 456 с.
5. Кучерявий В.П. Озеленення населених місць: підручник для студентів вищих навчальних закладів / В.П. Кучерявий, В.С. Кучерявий — Львів, Видавництво «Новий Світ-2000», 2020. 666 с.
6. Методичні вказівки для виконання практичних робіт з дисципліни S.S. Chepur
7. Проект з реконструкції та організації території парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення «Боздоський» / кер. пр. Кічура В.П. Ужгород, 2008. 105 с.
8. Решетюк О.В. Рекреаційне лісівництво: навчально-методичний посібник / О. В. Решетюк. – Чернівці: Рута, 2006. - 91 с.
9. Рубцов Л.И. Проектирование садов и парков. – М.: Стройиздат, 1979. – 183 с.
10. Чепур С.С. Актуальні проблеми формування, утримання газонів в м. Ужгород та окремі аспекти їх вирішення / С.С. Чепур // Матеріали 70-ї конференції професорсько-викладацького складу ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 2016. – С. 88 – 94

CERTAIN ASPECTS OF OPTIMIZATION OF PARK PLANTATIONS

The state of park plantings of the park - the "Bozdosky" garden and park art monument of local importance was analyzed. Certain aspects of improving the park landscape are presented.

Key words: park, garden and park landscape, massif, landscape group.

УДК 574.4:504.054

О.Ю. Марічак, І.Ю. Фекета

Ужгородський національний університет

marichak.oleksandra@student.uzhnu.edu.ua, iryna.feketa@uzhnu.edu.ua

ЕКОЛОГО-ГЕОГРАФІЧНИЙ АНАЛІЗ ҐРУНТІВ МІСТА ПЕРЕЧИН УЖГОРОДСЬКОГО РАЙОНУ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ

У статті подано результати оцінки сучасного стану ґрунтів та земельних ресурсів м. Перечин Перечинської територіальної громади Ужгородського району Закарпатської області. Проаналізовано ретроспективу та сформовано перспективи покращення екологічного стану території міста. Особлива увага приділена дослідженню сучасного стану ґрунтів у промислових зонах міста.

Ключові слова: еколого-географічний аналіз, ґрунти, земельні ресурси, ландшафт, природні ресурси, природокористування, антропогенні ландшафти, промислові підприємства.

Постановка проблеми

У сучасному світі постає питання раціонального використання земельних ресурсів в умовах техногенного навантаження на довкілля, в тому числі оптимізація природокористування в промислових зонах. Еколого-географічний аналіз поряд із іншими географічними дослідженнями, передбачає аналіз стану земель та їх динаміку.

Адміністративна реформа в Україні та створення територіальних громад, спонукає ефективно економічно пришвидшувати їх розвиток, що призводить до нераціонального використання природних ресурсів, знищення природних ландшафтів та загострює взаємодію людини з природою. Тому потрібно досліджувати наявні природні ґрунтові ресурси, впроваджувати нові принципи поведінки в природі та раціонально використовувати природні ресурси задля захисту від екологічної катастрофи.

Досліджуване місто Перечин, Ужгородського району Закарпатської області – складова новоутвореної в результаті адміністративно-територіальної реформи Перечинської територіальної громади, за природними умовами, запасами ресурсів, географічним розташуванням, демографічним потенціалом і прилеглою територією належить до унікальних регіонів заходу України.

Місто Перечин стрімко розвивається в індустріальному напрямку, протягом 2022 року в місто релоковано три потужні промислові підприємства. Як відомо, промисловість – це одна з головних

"нервових струн" економіки, в недавньому минулому промислові підприємства були найбільшою загрозою екології. Отже постає необхідність у вивченні особливостей сучасного стану ґрунтового покриву, також визначення стану земель промисловості та потенціалу їх розвитку.

Аналіз останніх досліджень

У 2012 році Центром Державного Земельного кадастру, відповідно до вимог статті 18 Закону України «Про оцінку земель» проведено нормативно грошову оцінку земель м. Перечин. Вивчення особливостей ґрунтового покриву та використання земель міста Перечин проводилось в рамках виконання регіональних досліджень Закарпатської області. У нашому дослідженні використано фондові матеріали Перечинської міської ради.

Постановка завдання

Основне завдання нашого дослідження полягає в детальному вивченні та еколого-географічному аналізі ґрунтів м. Перечин та дослідженні можливості оптимального використання земельних ресурсів міста.

Виклад основного матеріалу

У результаті впровадження децентралізації в Україні відбулася трансформація адміністративного устрою Закарпатської області, у результаті чого тут на площі 12 777 км² створено 64 об'єднаних сільських та міських територіальних громад. Однією із найменших таких новостворених територіальних громад є Перечинська міська

об'єднана територіальна громада (ОТГ або ТГ) [1].

Перечинська громада — об'єднана територіальна громада в Україні, в Ужгородському районі Закарпатської області. Громаду створено 11.10.2016 року в рамках адміністративно-територіальної реформи рішенням 8 сесії 2 пленарного засідання 7 скликання Перечинської міської ради №201 «Про добровільне об'єднання територіальних громад». [1].

Адміністративним центром територіальної громади є місто Перечин, яке розміщено у середній частині басейну р. Уж, а його площа становить 7,45 км².

Воно розміщене у межах однойменної Перечинської улоговини, однак близько 80 % його околиць характерна гірська місцевість. Це місто знаходиться у долині річки Уж, а тому його рельєф розчленований численною кількістю струмків та потоків. Для м. Перечин притаманний м'який помірно-континентальний клімат із надмірно достатнім зволоженням, нестійкою весною, неспекотним літом, теплою осінню і м'якою зимою. Довкола міста Перечин розміщена гірська місцевість із притаманним значним розчленуванням рельєфу гірським потоками [5].

Для міста Перечин характерним є своєрідність міських споруд, частина з яких є багатоповерховими, та природні умови в

околицях, які роблять окремі ділянки міста подібним до сільського поселення.

Перечин є промисловим містом, тут розміщено ТДВ “Перечинський лісохімічний комбінат” – найбільший український та провідний європейський виробник деревно – вугільної продукції з понад сторічною історією виробництва. Цей завод був побудований у 1893 році австро-угорським акціонерним товариством «Bantlin» для сухої перегонки букової деревини, а з 1894 року виробляв смолу, ацетон, метиловий спирт і оцтову кислоту. У 1922—1923 роках завод був реконструйований і електрифікований (була побудована заводська електростанція, а заводські механізми перевели на електричну тягу). До кінця 1945 року завод почав працювати на повну потужність.

Протягом повномасштабного вторгнення росії на Україну на Перечинщину релокувалися три підприємства: компанія «Klever&Kompas», основний вид діяльності - виробництво будівельних металевих конструкцій і частин конструкцій, ТОВ «Френдлі Вінд Технолоджі», що займається виробництвом електричного устаткування та ТОВ «ZIBRANO», що займається виробництвом фанери, дерев'яних плит і панелей, шпону, будівництво житлових і нежитлових будівель та іншим.



Рис. 1. Місто Перечин та його околиці

Внаслідок обстеження ґрунтового покриву м. Перечин виділено наступні агропромислові групи ґрунтів, які приведено в номенклатурному списку ґрунтів (табл.1) і

графічно зображено на схемі. Для візуалізації розроблено схему ґрунтового покриву м. Перечин, представлено на ортофотоплані (рис.2).

Таблиця 1

Номенклатурний список ґрунтів на території м. Перечин

№ п/п	Шифр	Назва агропромислової групи ґрунтів	Площа, га
1	183 д	Буроземно-підзолисті, дерново-буроземно-підзолисті, бурі гірсько-лісові опідзолені глейові та поверхнево-оглеєні незмиті і слабозмиті середньосуглинкові ґрунти	23,7
2	183 г	Буроземно-підзолисті, дерново-буроземно-підзолисті, бурі гірсько-лісові опідзолені глейові та поверхнево-оглеєні незмиті і слабозмиті легкосуглинкові ґрунти	99,8
3	183 е	Буроземно-підзолисті, дерново-буроземно-підзолисті, бурі гірсько-лісові опідзолені глейові та поверхнево-оглеєні незмиті і слабозмиті важкосуглинкові і легкоглинисті ґрунти	10,9
4	185 в	Дерново-буроземні та лучно-буроземні ґрунти на алювіальних і делювіальних відкладах супіщані	336,9
5	186 д	Дерново-буроземні та лучно-буроземні глейові ґрунти на алювіальних і делювіальних відкладах середньосуглинкові	56,9
6	187 в	Дерново-буроземні та лучно-буроземні неглибокі ґрунти, підстелені ріняками супіщані	113,3
7	193 г	Бурі гірсько-лісові та дерново-буроземні глибокі і середньоглибокі легкосуглинкові щебенюваті ґрунти теплої зони до 250 метрів над рівнем моря	245,9
8	198 г	Бурі гірсько-лісові та дерново-буроземні легкосуглинкові неглибокі щебенюваті і кам'янисті ґрунти	67,5
9	198 в	Бурі гірсько-лісові та дерново-буроземні супіщані неглибокі щебенюваті і кам'янисті ґрунти	5,3
Разом			960,2

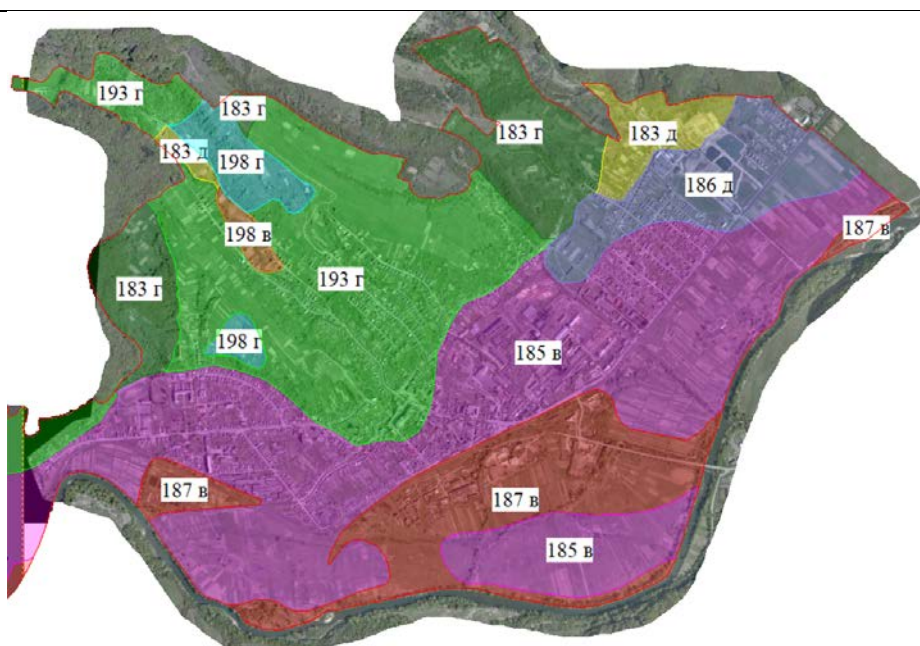


Рис. 2 Просторова структура ґрунтів м. Перечин на ортофотоплані

Дерново-буроземні ґрунти сформувалися, в основному, під лучними біоценозами в межах «царинок», виположених терас рік, в розширених міжгірських улоговинах і на присадибних ділянках, за рахунок процесу окультурення. [2].

Від буроземів вони відрізняються як морфологічними особливостями, так і фізико-хімічними властивостями:

- більша потужність гумусоаккумулятивного горизонту, який залягає під Hd – до 40-60 см;
- у верхній частині гумусоаккумулятивного горизонту виділяється горизонт сірого, темно-сірого забарвлення, пухкого складення із зернисто-грудкуватою структурою, інтенсивно перероблений землеріями, потужністю до

40 см. В залежності від потужності темно-сірого горизонту ці ґрунти поділяються на власне дерново-буроземні (10-20 см) та глибокодерново-буроземні (30-40 см);

- за глибиною залягання скальної породи виділяються середньо- потужні (65-85 см) та потужні (85-120 см) види;
- мають високий вміст гумусу (6-10%) без врахування гіпсометричних рівнів;
- в складі вбирних катіон збільшується частка Ca^{2+} та Mg^{2+} ;
- слабокисла реакція ґрунтового розчину.

Верхні горизонти дерново-буроземних ґрунтів за рахунок біологічної акумуляції насичені кальцієм та магнієм [6].

У гірській частині області дані агрогрупи ґрунтів одні з найкращих за родючістю та придатністю для обробітку.

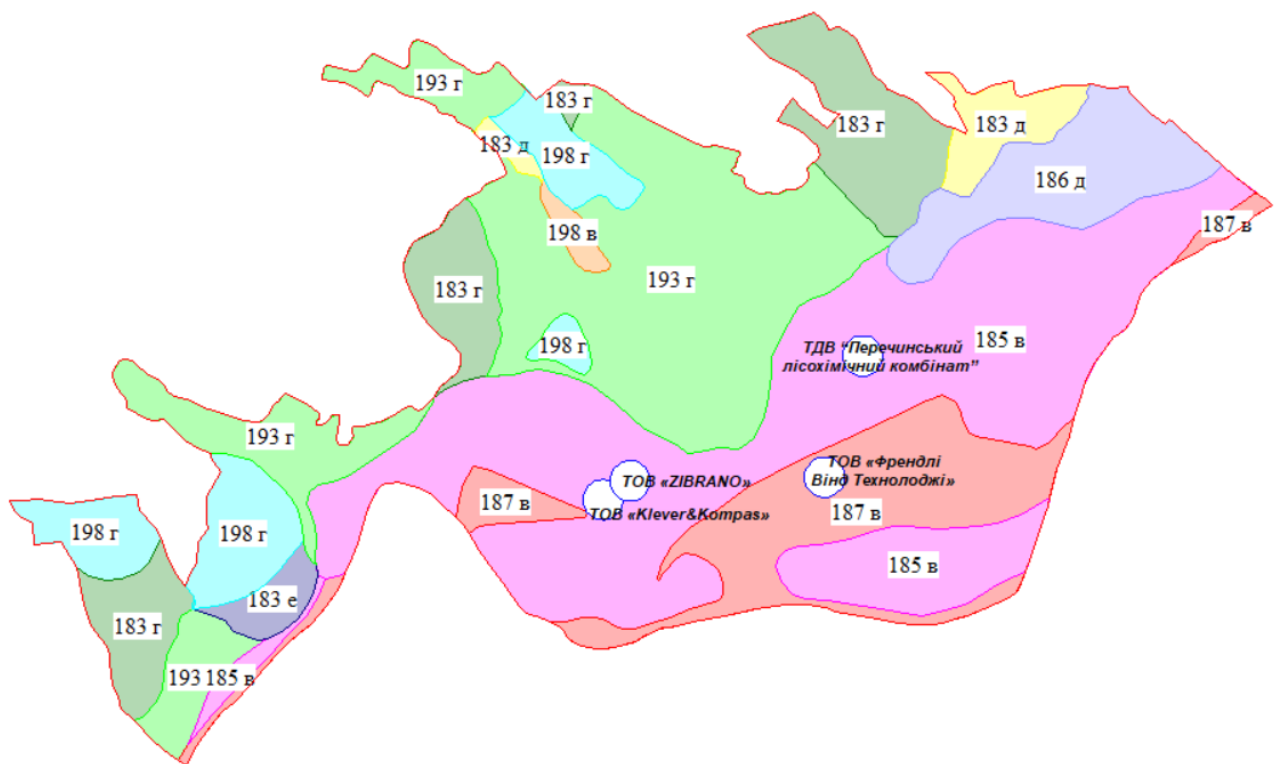


Рис. 3. Схематичне розташування промислових підприємств м. Перечин

Виходячи з схеми, представленої на рисунку 3, стає зрозумілим, що дані підприємства розташовані на агрогрупах ґрунтів із шифрами 185 в та 187 в.

Висновки

Місто Перечин розташоване в гірській місцевості з притаманним значним

розчленуванням рельєфу гірськими потоками, що впливає на структуру ґрунтів.

Досліджено, що агровиробничий фонд земельних ресурсів, складається з 9 груп ґрунтів.

Встановлено, що великі промислові підприємства міста розташовані на ґрунтах, які в даному регіоні вважаються родючими,

що посвідчує факт нераціонального використання земель.

Наслідком роботи промислових підприємств є викиди у повітря сірководню та інших супутніх речовин, що призводить до погіршення стану ґрунтів, їх родючої здатності.

Отже в майбутньому, при створенні схеми розвитку міста та територіальної громади в цілому, просторовому плануванні

населеного пункту, його благоустрої, збереженні навколишнього середовища, дотримання відповідних екологічних норм, при проектуванні нових промислових зон, вважаємо за необхідне враховувати схему агровиробничих груп ґрунтів та ґрунтові карти м. Перечин, пропонувати забезпечення своєчасного оновлення нормативної грошової оцінки земель.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Перечинська міська об'єднана територіальна громада / Децентралізація. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://decentralization.gov.ua/newgromada/3877> (дата звернення 27.09.2023 р.).

2. В. Ю. Пересоляк, М. М. Ходанич, Моніторинг ґрунтів Закарпаття. Монографія. Видавництво «ТУРпрес», 2013. С. 26-29.

3. Ковальчук І. П. Екологічні наслідки господарського освоєння території. Стратегія екологічної безпеки (регіональний контекст). Львів, 1999. С. 169–179.

4. Петлін В. М. Екологічні механізми організації природних

територіальних систем. Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2008. С. 304.

5. Перечинська міська рада. Офіційний сайт. URL: <https://pmr.gov.ua/kartka-gromady/> (дата звернення 21.09.2023 р.).

6. Карта ґрунтів Закарпатської області. Офіційний сайт. URL: <https://geomap.land.kiev.ua/obl-6.html> (дата звернення 28.09.2023 р.).

7. Петлін В. М. Конструктивне ландшафтознавство. Львів : ВЦ ЛНУ ім. Івана Франка, 2006. С. 35.

O. Marichak, I. Feketa

ECOLOGICAL AND GEOGRAPHICAL ANALYSIS OF THE SOILS OF PERECHYN CITY, UZHGOROD DISTRICT, KARPATIAN REGION

The article presents the results of the assessment of the current state of soils and land resources of Perechyn, Perechyn territorial community, Uzhgorod district, Zakarpattia region. The retrospective was analyzed and prospects for improving the ecological condition of the city territory were formed. Special attention is paid to the study of the current state of soils in the industrial zones of the city.

Keywords: *Ecological and geographical analysis, soils, land resources, landscape, natural resources, nature management, anthropogenic landscapes, industrial enterprises.*

ЗМІСТ	стор.
РОЗДІЛ І ГЕОДЕЗІЯ, КАРТОГРАФІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ	
Н.І.Каблак, І.В.Калинич, М.Р.Ничвид, І.І.Проданець, О.К.Рейтій <i>ДОСЛІДЖЕННЯ І МОНІТОРИНГ НЕБЕЗПЕЧНИХ ПРИРОДНИХ І ТЕХНОГЕННИХ ГЕОПРОЦЕСІВ В БАСЕЙНІ РІЧКИ ТИСА</i>	3
Л. Назаревич А. Назаревич <i>СЕЙСМІЧНІСТЬ ЗАХОДУ УКРАЇНИ ПІСЛЯ СЕРІЇ КАТАСТРОФІЧНИХ ТУРЕЦЬКИХ ЗЕМЛЕТРУСІВ 2023 РОКУ ЯК ІНДИКАТОР «ЗБУРЕНИХ» ТЕКТОНІЧНИХ СТРУКТУР</i>	11
В.В. Ігнатишин, М.Б. Ігнатишин, А.В.Ігнатишин, Т.Й.Іжак, А.Й.Рац, С.С.Молнар Д <i>ВАРІАЦІЇ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ЕМІСІЇ ТА СЕЙСМОТЕКТОНІЧНІ ПРОЦЕСИ В ЗАКАРПАТСЬКОМУ ВНУТРІШНЬОМУ ПРОГІНІ</i>	15
О.В. Серант, С.В. Доскіч, Б.Б. Джуман <i>ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СЕЙСМІЧНОСТІ НА ГОРИЗОНТАЛЬНІ ЗМІЩЕННЯ ГРЕБЛІ ДНІСТРОВСЬКОЇ ГЕС</i>	21
С. Савчук, А. Федорчук <i>МОДЕЛЮВАННЯ ПОХИБОК ВИСОТ ГЛОБАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ ГЕОІДА ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ GNSS-НІВЕЛЮВАННЯ У ГІРСЬКІЙ МІСЦЕВОСТІ</i>	26
Ю. Стопхай, В. Плишка, О. Матвієнко <i>РОЗРОБКА СИСТЕМИ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНЦІЙ ГНСС МЕРЕЖ НА ОСНОВІ УКРАЇНСЬКОЇ ПОСТІЙНО ДІЮЧОЇ (ПЕРМАНЕНТНОЇ) МЕРЕЖІ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ГНСС</i>	31
С. Савчук, В. Керкер <i>РОЗРОБКА ТА ТЕСТУВАННЯ НОВОГО ПРОГРАМНОГО ПАКЕТУ ДЛЯ АНАЛІЗУ ЧАСОВИХ РЯДІВ КООРДИНАТ GNSS-СТАНЦІЙ</i>	35
А.П. Баян, С.С. Перій, В.Л. Тарнавський, М. М. Свідрак <i>АПРОБАЦІЯ МЕТОДУ ГЕОМЕТРИЧНОГО НІВЕЛЮВАННЯ СПОСОБОМ ВПЕРЕД-НАЗАД</i>	41
J. Zaczek-Peplinska, L. Saloni, K. Tretyak, S. Jastrzebski <i>ADAPTATION OF THE CONTROL NETWORK FOR DETERMINING THE DISPLACEMENTS OF HYDROTECHNICAL OBJECTS USING AUTOMATIC GEODETIC OBSERVATION SYSTEMS</i>	47
А. Віват, О. Горб, О. Бочко, Л. Поляковська <i>АПРОБАЦІЯ МОБІЛЬНОЇ СИСТЕМИ ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ STONEX X120^{GO}</i>	55
Я.І.Ваш, Н.І.Каблак, Р.В.Труш <i>ВИКОРИСТАННЯ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ ДЛЯ ТЕХНІЧНОГО НАГЛЯДУ ОБ'ЄКТУ КАПІТАЛЬНОЇ РЕКОНСТРУКЦІЇ</i>	61
В.М. Ковтун <i>ВДОСКОНАЛЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНОГО КОНТРОЛЮ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РЕЗЕРВУАРІВ ВЕРТИКАЛЬНИХ СТАЛЕВИХ</i>	66
D.M. Pop, C.M. Rădulescu, A.T. Rădulescu, G.M.T. Rădulescu <i>MATHEMATICAL MODELING OF STRUCTURAL HEALTH MONITORING CASE STUDY, THE BEHAVIOR OF BRIDGES IN NON-UNIFORM SUNLIGHT</i>	73
Б.Четверіков, І.Тревого, А.Маліцький <i>ЗАСТОСУВАННЯ ОРТОФОТОПЛАНІВ, СТВОРЕНИХ ЗА АЕРОЗНІМКАМИ З БПЛА ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЗЕМЕЛЬ ІСТОРИКО-КУЛЬТУРНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ</i>	80
О.Терешук, С. Крячок, В.Беленок, О. Бойко <i>УДОСКОНАЛЕННЯ ПРИСТРОЮ ВІДТВОРЕННЯ ВЕРТИКАЛІ ДЛЯ БПЛА</i>	87
В.І.Русин, М.В. Москаль <i>ПРЕДСТАВЛЕННЯ КОНЦЕПТУ ПОСТІЙНОДІЮЧОЇ СИСТЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ ЗОН ЗАТОПЛЕННЯ В м.УЖГОРОД</i>	89
А.В.Шлінські, І.П. Радиш <i>СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ ЗОН ЗАТОПЛЕННЯ ДІЛЯНКИ СІЛ БЕНЕ, БОРЖАВА, ВАРИ ЯК БАЗОВА СКЛАДОВА ПРИ ПЛАНУВАННІ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ</i>	95
А.О.Анненков, О.В.Адаменко, Р.А.Дем'яненко <i>СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ В ПРОЦЕСІ МОДЕЛЮВАННЯ</i>	101

АРХІТЕКТУРНИХ ОБ'ЄКТІВ	
С.А. Чіркін <i>ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ГЕОДЕЗИЧНОГО МОНІТОРИНГУ НА ПРИКЛАДІ СИСТЕМИ ВПРОВАДЖЕНОЇ НА ТЕРЕБЛЯ-РІЦЬКОЇ ГЕС ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ З ЛІДЕРАМИ КОМЕРЦІЙНИХ РІШЕНЬ</i>	106
В.І. Мокрий, О.І. Мороз, І.М. Петрушка, Е.М. Арустамян <i>ГЕОІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ МОНІТОРИНГУ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ РОЗТОЧЧЯ</i>	111
Р.І. Беспалько, Т.В. Гуцул, І.І. Казімір <i>ВИРОБНИЦТВА ТА ЦИФРОВОЇ ФОТОГРАМЕТРІЇ У ПІСЛЯВОЄННИЙ ЧАС</i>	117
Г.І. Прохорова <i>ВРАХУВАННЯ ФАКТОРНИХ ОЗНАК ПРИ ОЦІНЦІ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК</i>	121
S. Nesterenko, Y.Radzinska <i>STUDY OF PLANNING RESTRICTIONS OF URBAN AREAS</i>	127
О.М. Дехтяр, В.О. Романко, А.В.Фандалюк <i>БОНІТЕТНА ОЦІНКА ЗЕМЕЛЬ НА ТЕРИТОРІЇ ІРШАВСЬКОЇ ТГ</i>	132
М. М. Кевпанич, А. В. Фандалюк <i>АГРОХІМІЧНИЙ МОНІТОРИНГ ҐРУНТІВ ГОРОНДІВСЬКОЇ ОТГ</i>	137
І.В.Калинич, Б.С.Микула <i>ВПЛИВ ГЕОДЕЗИЧНИХ ДАНИХ НА РИНКОВУ ВАРТІСТЬ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК</i>	142
В.Ю.Пересоляк, С.С.Радомський <i>ДЕЯКІ АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ЗЕМЛЕУСТРОЮ В ПОРЕФОРМЕННИЙ ПЕРІОД ЩОДО ЗЕМЕЛЬ КОЛЕКТИВНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ</i>	148
Р.М.Петій, В.Ю.Пересоляк <i>ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ КОМПЛЕКСНОГО ПЛАНУ ТЕРИТОРІЇ НА ПРИКЛАДІ ПИЙТЕРФОЛВСЬКОЇ ОТГ</i>	151
В. Луцьо, О. Фегир, В. Романко <i>СТРУКТУРА ЗЕМЕЛЬ НА ТЕРИТОРІЇ С. ДРАГОВО</i>	156
Т. Хуторська, В. Пересоляк <i>ЗЕМЛЕУСТРІЙ ЯК СКЛАДОВА ЧАСТИНА ОВД НА ПРИКЛАДІ КУОРТА СВИДОВЕЦЬ</i>	160
РОЗДІЛ II ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ	
П.С. Войтків, Є.А. Іванов, І.І. Волошин <i>ЛІСОГОСПОДАРСЬКЕ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ ЗАБОЛОТЦІВСЬКОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ ЗОЛОЧІВСЬКОГО РАЙОНУ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ</i>	165
О. Мороз, О. Кузь, М. Руда, К. Кохалевич <i>МУЛЬТИКОМПАРТМЕНТАЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЗВ'ЯЗКІВ В КОМПАРТМЕНТАХ СКЛАДНОГО ЛАНДШАФТНОГО КОМПЛЕКСУ В УМОВАХ ВПЛИВУ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ</i>	171
М.М. Карабінюк, М.М. Шанта <i>ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬ ТА СУЧАСНИЙ СТАН СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА В ХОЛМКІВСЬКІЙ ТЕРИТОРІАЛЬНІЙ ГРОМАДІ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ</i>	176
Ю.Тюх, Ю.Ярема, В.Беца, М.Нанинець, Т.Ярема, Г.Субота, Є.Савка, В.Попович <i>ОХОРОНА І ЗБЕРЕЖЕННЯ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ «СИНЕВИР», ЯКІ МАЮТЬ ЕКОЛОГІЧНЕ, ПРИРОДООХОРОННЕ ТА НАУКОВЕ ЗНАЧЕННЯ</i>	182
О.О.Скалінчан, А.В. Мигаль <i>ДУБ ЧЕРВОНИЙ ТА РОБІНІЯ ЗВИЧАЙНА В ЛІСОСТАНАХ УЖГОРОДСЬКОГО ЛІСНИЦТВА ФІЛІЇ «УЖГОРОДСЬКЕ ЛІСОВЕ ГОСПОДАРСТВО» ДП «ЛІСИ УКРАЇНИ»</i>	188
С. С. Чепур <i>ОКРЕМІ АСПЕКТИ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРКОВИХ НАСАДЖЕНЬ</i>	193
О.Ю. Марічак, І.Ю. Фекета <i>ЕКОЛОГО-ГЕОГРАФІЧНИЙ АНАЛІЗ ҐРУНТІВ МІСТА ПЕРЕЧИН УЖГОРОДСЬКОГО РАЙОНУ ЗАКАРПАТСЬКОЇ ОБЛАСТІ</i>	198



Синевир

національний природний парк