

**Полтавська державна аграрна академія**

**ПРИРОДНО-РЕСУРСНИЙ ТА  
ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛИ: НАПРЯМИ  
ЗБЕРЕЖЕННЯ, ВІДНОВЛЕННЯ ТА  
РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ**

Колективна монографія

За редакцією О.О. Горба,  
Т.О. Чайки, І.О. Яснолоб

**Полтава – 2019**

УДК 631.6.02

П 77

*Рецензенти:*

**В.В. Гамаюнова**, д-р с.-г. наук, проф., завідувач кафедри землеробства, геодезії та землеустрою Миколаївського національного аграрного університету

**В.М. Писаренко**, д-р с.-г. наук, проф., завідувач кафедри захисту рослин Полтавської державної аграрної академії

**М.М. Харитонов**, д-р с.-г. наук, проф., професор кафедри загального землеробства та ґрунтознавства Дніпровського державного аграрно-економічного університету

*Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Полтавської державної аграрної академії (протокол № \_\_ від 26.02.2019 р.)*

П 77 Природно-ресурсний та енергетичний потенціали: напрями збереження, відновлення та раціонального використання : колективна монографія / за ред. О.О. Горба, Т.О. Чайки, І.О. Яснолоб. – П. : Видавництво ПП «Астроя», 2019. – 279 с.

ISBN 978-617-7669-29-5

У колективній монографії з позицій міждисциплінарного підходу викладено результати досліджень агроекологічних особливостей і перспективи збереження, відновлення та раціонального використання природних ресурсів в сучасних умовах. Розглянуто питання щодо соціально-правових і еколого-економічних проблем та особливостей збереження, відновлення й раціонального використання природно-ресурсного потенціалу. Наведено проблеми та перспективи технологічних і технічних рішень щодо збереження, відновлення та раціонального використання природних і енергетичних ресурсів. Визначено напрями вдосконалення сучасних енергетичних систем з метою збереження та раціонального використання природно-ресурсного та енергетичного потенціалів.

Колективна монографія є частиною НДДКР на тему «Концепція розвитку енергоефективних і енергонезалежних сільських територій задля зміцнення конкурентоспроможності національної економіки» Полтавської державної аграрної академії (номер державної реєстрації 0119U100028 від 10.01.2019 р).

Розраховано на науковців, викладачів, керівників і спеціалістів органів державного управління, фахівців агроформувань, аспірантів, студентів і всіх, хто цікавиться питаннями збереження, відновлення та раціонального використання природних ресурсів в сучасних умовах.

**УДК 631.6.02**

*Автори вміщених матеріалів висловлюють власну думку, яка не завжди збігається з позицією редакції. За зміст матеріалів відповідальність несуть автори.*

ISBN 978-617-7669-29-5

© Колектив авторів, 2019.

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	4
РОЗДІЛ 1. АГРОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗБЕРЕЖЕННЯ, ВІДНОВЛЕННЯ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ В СУЧАСНИХ УМОВАХ	8
1.1. Вплив погодних умов на формування продуктивності озимого ячменю в Закарпатській області ( <i>Л.Ю. Божко, О.А. Барсукова</i> )	8
1.2. З'ясування причинно-наслідкових змін механізму біотичної саморегуляції гідроекосистем водного басейну р. Кальміус ( <i>Л.О. Василенко, О.Г. Жукова</i> )	14
1.3. Агрохімічні показники ґрунтів зони радіоактивного забруднення Волинської області ( <i>О.М. Громик, О.В. Ільїна</i> )	25
1.4. Сапропелеві ресурси Волинської області та перспективи їх раціонального використання ( <i>Л.В. Ільїн, М.П. Пасічник</i> )	31
1.5. Мікробіота ризосфери <i>Salix sp.</i> у різних агротехнічних умовах ( <i>М.В. Кривцова, Н.Ю. Бобрик, Л. Шимон</i> )	37
1.6. Енергоефективність вирощування круп'яних культур для виробництва біопалива ( <i>О.Ю. Нісходовська, Т.В. Марусей</i> )	44
1.7. Агрокліматична оцінка впливу осінньо-зимового періоду на продуктивність озимої пшениці ( <i>А.М. Польовий, Л.Ю. Божко, О.О. Крисак</i> )	50
1.8. Структурна організація регіональної екомережі Полтавщини в контексті її розбудови ( <i>Н.О. Смоляр</i> )	57
1.9. Практичні рекомендації щодо організації змішаних посівів городніх культур за умов органічного землеробства ( <i>Т.О. Чайка, С.В. Пономаренко, О.В. Міщенко, С.В. Тараненко</i> )	64
РОЗДІЛ 2. СОЦІАЛЬНО-ПРАВОВІ ТА ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЗБЕРЕЖЕННЯ, ВІДНОВЛЕННЯ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ	76
2.1. Особливості соціально-економічного розвитку сільських територій України ( <i>В.І. Аранчій, Я.В. Радіонова, О.О. Горб, І.О. Яснолоб</i> )	76
2.2. Природно-рекреаційний потенціал України: місце і роль у забезпеченні сталого розвитку соціосистем ( <i>О.В. Гаращук, В.І. Куценко</i> )	83
2.3. Теоретико-правові засади міжнародної нормативної регламентації використання природних ресурсів та охорони навколишнього середовища ( <i>О.С. Кальян</i> )	91
2.4. Поводження з відходами в Україні: адміністративно-правовий аспект ( <i>Ю.А. Козаченко</i> )	93

2.5. Економічні проблеми раціонального використання природно-ресурсного потенціалу України ( <i>І.С. Мареха, В.С. Миргородська</i> )	103
2.6. Оцінка впливу на довкілля технології фрезерного способу добування торфу на торфородовищі «Велике Багно» Маневицького району Волинської області ( <i>І.М. Мерленко, С.П. Бондарчук, Р.В. Кірчук, С.Г. Панькевич, М.А. Федонюк</i> )	109
2.7. Економічне стимулювання розвитку переробних виробництв на базі місцевих природно-ресурсних комплексів: генезис проблем та систематизація шляхів їх вирішення ( <i>О.М. Шубалий, П.М. Косінський</i> )	118
<b>РОЗДІЛ 3. ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ І ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ЗБЕРЕЖЕННЯ, ВІДНОВЛЕННЯ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ І ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ</b>	129
3.1. Ультразвуковий моніторинг щільності ґрунту ( <i>Б.О. Антипчук</i> )	129
3.2. Застосування кавітаційних технологій для вирішення проблеми раціонального використання водних ресурсів на підприємствах харчової промисловості ( <i>Н.Л. Бернацька, І.В. Тупіло</i> )	135
3.3. Використання нетрадиційної рослинної сировини в технологіях м'ясних продуктів ( <i>А.П. Кайнаш, Н.В. Будник</i> )	142
3.4. Вивчення показників безпечності хліба пшеничного у контексті вимог системи НАССР ( <i>О.В. Калашник, О.П. Юдічева, А.С. Ткаченко, Н.Ю. Молчанова</i> )	151
3.5. Перспективи використання геотекстильних матеріалів для захисту земельних ресурсів ( <i>О.В. Кириченко, Г.О. Бірта, Л.В. Пелик</i> )	158
3.6. Сучасні композитні матеріали на основі вуглецевих волокон: види, властивості, застосування ( <i>Г.Д. Кобищан, Ю.О. Басова</i> )	163
3.7. Період зберігання зерна – як чинник підвищення його екологічної безпеки ( <i>В.А. Мазур, О.П. Ткачук, Л.А. Яковець</i> )	172
3.8. Методи та моделі інтелектуального аналізу змінюваних у часі сільськогосподарських даних ( <i>Ю.Є. Мегель, О.Д. Міхнова, А.І. Рибалка</i> )	179
3.9. Теоретические основы оценки качества кормовых смесей ( <i>А.Н. Омелян, В.Е. Крикунова, М.С. Самойлик, Н.И. Шиян, О.А. Крикунов, Т.В. Сахно</i> )	186
3.10. Вивчення впливу хітозану на реологічні властивості гелів з білково-вуглеводно-мінеральною добавкою «Рекорд75» ( <i>Л.В. Пешук, О.Я. Горбач, О.О. Галенко</i> )	198

3.11. Використання вторинної рослинної сировини в технології м'ясних продуктів з антиоксидантними властивостями ( <i>Л.В. Пешук, Т.М. Іванова, Н.В. Будник</i> )	205
3.12. Проблеми та перспективи технологічних та технічних рішень щодо раціонального використання природних ресурсів ( <i>О.М. Руденко</i> )	212
3.13. ГІС-технології оцінки стану довкілля у сучасному землеустрою ( <i>Н.Г. Русіна, В.О. Люльчик</i> )	217
3.14. Інноваційні способи обробки вторинної сировини дикорослих ягід для отримання функціональних напоїв ( <i>Т.Ю. Суткович, І.В. Чоні</i> )	224
3.15. Теоретичне обґрунтування вибору поліетиленової тари для тривалого зберігання плодоовочевої продукції ( <i>Є.В. Хмельницька</i> )	229
<b>РОЗДІЛ 4. НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СУЧАСНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ З МЕТОЮ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛІВ</b>	237
4.1. Інноваційна технологія комплексної переробки торфу на композиційне паливо й гумінові добрива ( <i>Д.М. Корінчук, В.Л. Дахненко</i> )	237
4.2. Сучасні тенденції та досвід використання відновлюваних джерел енергії в ЄС та Україні ( <i>С.Е. Мороз</i> )	243
4.3. Стратегічний вибір альтернативних джерел енергії з урахуванням регіональних специфікацій ( <i>І.В. Свіда</i> )	248
4.4. Особливості математичного моделювання динаміки високотемпературного сушіння біопалив ( <i>Н.М. Сорокова, Д.М. Корінчук</i> )	254
4.5. Ресурсо- і енергозбереження в тепло технологіях ( <i>Р.О. Шапар, О.В. Гусарова, Д.М. Корінчук</i> )	260
<b>ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ</b>	269

## ПЕРЕДМОВА

Відомий факт, що безвідповідальне та споживацьке ставлення людства до навколишнього природного середовища є головною причиною погіршення його стану, спричиняє зменшення запасів не відновлювальних природних ресурсів та взагалі загрожує існуванню людства. Екологічні проблеми сьогодення вимагають не лише впровадження ресурсозберігаючих і ресурсощадливих технологій в усіх галузях виробництва, використання альтернативних джерел енергії, а й забезпечення відновлення вже порушеної стійкості екосистем та їх збереження у подальшому.

Так, Україна належить до групи країн зі складними проблемами довкілля, які пов'язані з перехідним станом економіки: незбалансоване використання та вихолощення природних ресурсів, як у країнах, що розвиваються; забруднення довкілля промисловою діяльністю, як в індустріально розвинених країнах. Також специфічною проблемою трансформаційного періоду є поводження з відходами, оскільки обсяги утворених відходів зростають, а частка тих, що перероблюються, є незначною. Сучасна вітчизняна практика депонування новоутворених відходів на переповнених полігонах є загрозою для довкілля й посилює ризики для здоров'я населення.

Доцільно додати, що існуюча практика сільськогосподарського виробництва спричиняє збідніння і виснаження родючих українських чорноземів, промислове забруднення ґрунтів та інтенсивне освоєння цілинних земель, широке розповсюдження монокультур, застосування азотних і нітратних мінеральних добрив. Також виснажливе використання земельних, лісових і водних ресурсів призводить до незворотних втрат екосистемного та біологічного різноманіття. Частка природно-заповідних територій (6,6 % від загальної площі країни) є недостатньою для запобігання таким втратам.

Отже, існуючи екологічні проблеми, кризові екологічні ситуації свідчать про те, що сучасний рівень виробництва та природокористування в Україні не має раціонального характеру та погіршують екологію екосистем. В результаті цього мають місце негативні наслідки: погіршення екологічного стану навколишнього природного середовища, виснаження природних ресурсів, втрата родючості ґрунтів, підвищення рівня захворюваності населення, погіршення загального рівня життя, у першу чергу, мешканців сільських територій, погіршення якості продуктів харчування, зростання соціальної напруги, збільшення витрат на подолання наслідків екологічних лих, зменшення обсягів виробництва сільськогосподарської продукції та, відповідно, продовольчої забезпеченості населення, зменшення всіх економічних показників на мікро- та макрорівнях.

Таким чином, набувають актуальності агроекологічні, технологічні та технічні рішення, що ґрунтуються на раціональному ресурсовикористанні,

зводять до мінімуму шкідливий вплив процесів виробництва на довкілля, забезпечують відновлення природно-ресурсного потенціалу країни. Тому тема монографії є досить актуальною як з теоретичної, так і з практичної точок зору.

Колективна монографія включає й узагальнює результати дослідження багатьох авторів з різних наукових установ і навчальних закладів України, що відображають сучасні досягнення вітчизняної науки в дослідженні порушеної проблеми. Природно, що однією з особливостей даної праці є багатоманіття поглядів, які об'єднує в єдине ціле спільна ідея – раціонального використання ресурсів в умовах екологічно стабільних територій. Автори розміщених у колективній монографії матеріалів висловлюють власну думку, яка не завжди збігається з науковою позицією редакції. За зміст матеріалів відповідальність несуть автори.

Колективна монографія містить чотири розділи. У першому розділі висвітлено питання щодо агроекологічних особливостей і перспектив збереження, відновлення та раціонального використання природних ресурсів в сучасних умовах; у другому розділі наведені соціально-правові й еколого-економічні проблеми та особливості збереження, відновлення і раціонального використання природно-ресурсного потенціалу; третій розділ розкриває проблеми та перспективи технологічних і технічних рішень щодо збереження, відновлення та раціонального використання природних і енергетичних ресурсів; четвертий розділ присвячено напрямкам вдосконалення сучасних енергетичних систем з метою збереження та раціонального використання природно-ресурсного та енергетичного потенціалів.

Ми переконані, що саме спільні зусилля учених різних наукових поглядів можуть забезпечити збереження, відновлення та раціональне використання природних ресурсів в сучасних умовах. Впевнені, що подальша творча співпраця між дослідниками буде сприяти продукуванню перспективних концептуальних підходів до вирішення наукової проблеми та раціональному використанню природно-ресурсного потенціалу.

Дана колективна монографія, з огляду на глибинність і різнобічність проблеми раціонального використання природно-ресурсного потенціалу, не в змозі дати вичерпну відповідь на усі поставлені в ній питання, не кажучи вже про ті аспекти, які з певних міркувань не знайшли у цьому дослідженні відображення. Проте сподіваємося, що здійснені у монографії напрацювання теоретичного, методичного й аналітичного характеру будуть корисними для науковців, викладачів, керівників і спеціалістів органів державного управління, фахівців різних галузей, аспірантів, студентів і всіх, хто цікавиться питаннями збереження, відновлення та раціонального використання природних ресурсів.

## РОЗДІЛ 1

# АГРОЕКОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗБЕРЕЖЕННЯ, ВІДНОВЛЕННЯ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

### 1.1. Вплив погодних умов на формування продуктивності озимого ячменю в Закарпатській області

*Божко Л.Ю., Барсукова О.А.  
Одеський державний екологічний університет*

Виробництво зерна має вирішальне значення для піднесення всіх галузей сільського господарства і підвищення матеріального рівня життя людей. Найважливішим завданням по вирощуванню зернових колосових культур є значне підвищення їх врожайності, насамперед шляхом впровадження у виробництво високопродуктивних сортів, диференційованої зональної агротехніки з урахуванням біологічних особливостей окремих культур та врахування впливу погодних умов на їх продуктивність.

Площі посівів озимого ячменю у зв'язку з відродженням тваринництва постійно розширюються. Серйозних наукових робіт щодо досліджень озимого ячменю за останні 15 років не було, що пов'язано з відносно малим ареалом його розповсюдження.

За посівною площею і валовим збором зерна в світовому землеробстві ячмінь займає четверте місце. В Україні озимий ячмінь розповсюджений головним чином у Закарпатській, Волинській, Івано-Франківській, Львівській, Чернівецькій, Хмельницькій областях і в степових районах – у Запорізькій, Миколаївській, Одеській, Херсонській областях та АР Крим. Посівна площа в останні роки становить більше 300 тис. га. Головна причина малого розповсюдження культури – низька морозостійкість сортів.

За сприятливих умов зимівлі озимий ячмінь має ряд переваг перед ярим. Оскільки вегетація озимого ячменю починається восени, навесні він встигає більш повно використати запаси вологи, ніж ярий.

У низинній частині Закарпатської області за сприятливих кліматичних умов озимий ячмінь теж дає більші врожаї, ніж ярий. Важливою умовою одержання високого врожаю озимого ячменю є правильне розміщення його в сівозміні [1].

Озимий ячмінь має багато позитивних якостей. Він дає зерно нового врожаю на 10–14 днів раніше за озиму пшеницю, ярий ячмінь та інші зернові культури. Зерно містить 12 % білка, понад 75 % вуглеводів,

---

<sup>1</sup> Біологія та екологія сільськогосподарських рослин : монографія / В.Д. Паламарчук і ін. – Вінниця, 2013. – 724 с.



2,1 % жиру. В 1 кг зерна міститься 1,2 к.о. і 100 г перетравного протеїну. Ячмінь належить до так званих сірих хлібів і використовується для кормових, продовольчих і технічних цілей. Найбільше значення ячмінь має як зернофуражна культура. Для кормових цілей використовують як зерно, так і соломку.

Використовують його на корм худобі, для виробництва круп, у пивоварній промисловості. Проте виведені сорти озимого ячменю ще не зовсім задовольняють потреби харчової промисловості за якістю зерна.

Сорти ячменю, які вирощуються в Україні, можна віднести до трьох екологічних груп, а саме: лісостепової, степової та гірськоукраїнської (місцеві стародавні сорти Карпат).

До лісостепової групи входять сорти ячменю, які вирощують у лісостепових районах України – Верхняцький 8, Уманський та інші. Ці сорти характеризуються вологолюбністю, середньостиглістю, високорослістю, середньою врожайністю 22,1–47,2 ц/га. Врожаї озимого ячменю значно коливаються із року в рік.

Метою дослідження було виявлення впливу провідних агрометеорологічних факторів на формування врожайності озимого ячменю. Для досліджень використовувались матеріали багаторічних спостережень за врожайністю озимого ячменю та метеорологічними елементами в Закарпатській області за період з 1986 по 2015 рр.

Вивченню динаміки врожаїв, виявленню основних агрометеорологічних факторів і показників стану рослин, а також створенню методів прогнозів врожайності зернових культур присвячені роботи І.В. Свісюка, В.П. Дмитренка, А.М. Польового та ін.

У сільськогосподарському виробництві найбільш впливовими на розвиток та врожай культур є метеорологічні умови. Вони в значній мірі обумовлюють продуктивність усіх сільськогосподарських культур, у тому числі і зернових [2, 3].

В основних районах вирощування врожайність зернових культур може мати тенденцію (тренд) як до зростання з часом, так і до зменшення, але темпи різні у різних культур та в різних регіонах. На фоні загального зростання або зменшення врожайності спостерігаються її щорічні коливання як у бік зростання, так і у бік зменшення. Дослідженнями встановлено, що продуктивність зернових культур коливається синхронно з коливаннями агрометеорологічних умов вирощування [4, 5]. Найчастіше недостатнє або нестійке зволоження, нестача тепла є головною причиною значних коливань врожайності щорічно.

Причинами, що обумовлюють зростання врожайності з часом є

---

<sup>2</sup> Агрокліматичний довідник по Закарпатській і Чернівецькій областях. – Чернівці, 2012.

<sup>3</sup> Дмитренко В.П. Погода, клімат і урожай польових культур / В.П. Дмитренко. – К. : Ніка-Центр. 2010. – 587 с.

<sup>4</sup> Математические методы оценки агроклиматических ресурсов / В.А. Жуков, А.Н. Полевой, А.Н. Витченко, С.А. Даниелов. – Л. : Гидрометеониздат, 1989. – 207 с.

<sup>5</sup> Пасов В.М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур / В.М. Пасов. – Л. : Гидрометеониздат, 1986. – 152 с.

підвищення культури землеробства, виведення нових сортів та ін.

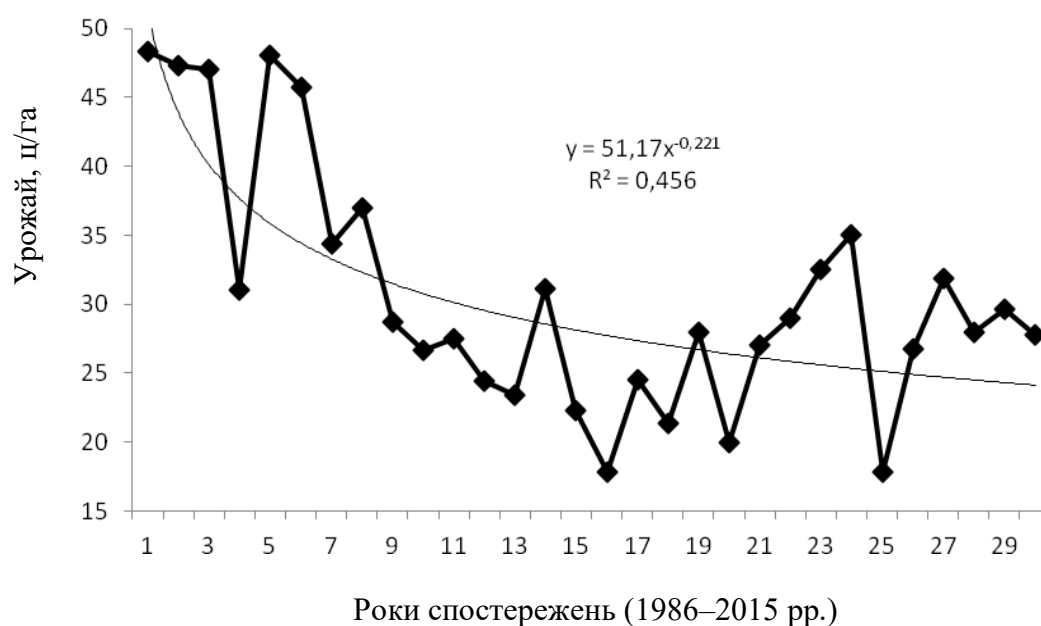
Причини зменшення врожайності з часом різні, найчастіше це погіршення рівня культури землеробства, застарілі сорти, не дотримання техніки вирощування тощо. Рівень культури землеробства залежить від цілого ряду факторів: особливостей системи землеробства, засобів обробки ґрунту, міри використання добрив, засобів боротьби з шкідниками та хворобами, відповідності сортів агрокліматичним ресурсам території, енергозабезпеченості виробництва та меліорації клімату. Перелічені фактори визначають загальний рівень врожайності, тобто формують тренд. Щорічні відхилення врожайності від тренду обумовлюються погодними умовами кожного конкретного року. В цілому рівень врожайності характеризується двома складовими: складова культури землеробства та метеорологічна складова [4]. Таким чином, динаміку врожайності тої чи іншої культури можна розглядати як наслідок зміни культури землеробства, на фоні якого відбуваються випадкові відхилення, обумовлені особливостями погоди у різні роки.

Зміна метеорологічної складової врожайності знаходиться у тісному зв'язку зі зміною метеорологічних факторів.

Не дивлячись на те, що підвищуються можливості активного втручання в процес вирощування шляхом правильного вибору ділянки і проведення в оптимальні строки агротехнічних заходів, успіх культури озимого ячменю значно залежить від погодних умов. Кращим доказом є відхилення врожайності по роках від основної тенденції, а також отримання рекордних та мінімальних врожаїв. На основі експериментальних даних і досвіду вирощування озимого ячменю в попередні роки отримано взаємозв'язок і результати спостережень за погодними умовами, що дозволяє з допомогою відповідних агротехнічних заходів запобігати небезпечному впливу погоди на формування врожаю озимого ячменю.

Для дослідження динаміки середньої по Закарпатській області урожайності озимого ячменю був побудований графік і розрахована лінія тренда методом найменших квадратів (рис. 1). Як видно із рис. 1 динаміка врожаю озимого ячменю в Закарпатській області має ступеневий низхідний характер. Найбільш високі врожаї спостерігались у 1986–1988 та у 1990 та 1991 рр., максимум становив 48,3 ц/га в 1990 році.

З 1993 по 2007 рр. спостерігався період значного зменшення врожаїв озимого ячменю в Закарпатті. Потім спостерігається незначне зростання врожаїв до кінця періоду спостереження. Мінімальний врожай по області відзначався у 2001 та 2010 рр. і становив 17,8 ц/га. Щорічне відхилення врожайності від лінії тренда обумовлюється впливом погодних умов осені, зими і весняно-літнього періоду на формування продуктивності озимого ячменю.



**Рис. 1. Динаміка середнього по Закарпатській області врожаю озимого ячменю**

Джерело авторські дослідження

Для виявлення впливу основних метеорологічних факторів на формування врожайності озимого ячменю були розраховані за кожен рік такі показники: гідротермічний коефіцієнт за весняно-літній вегетаційний період (ГТК), вологозабезпеченість за вегетаційний період (V), середні запаси продуктивної вологи у метровому шарі ґрунту (W) за період від 3-го листка до появи нижнього вузла соломини, суми активних та ефективних температур ( $\Sigma t$ ), середня за зиму мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння (t), висота рослин (h), густина рослин на дату колосіння (m). В табл. 1 представлені ці показники в роки з високими і низькими врожаями.

**1. Агрометеорологічні показники в роки з високими та низькими врожаями озимого ячменю**

Урожай	Рік	$\Sigma t$	t	m	h	W	V	ГТК
Роки з високими врожаями								
48,3	1986	2516	-6	513	67	196	75	1,3
47,3	1987	2367	-5	444	46	187	70	1,0
45,7	1992	2662	-2	333	65	191	83	1,0
Роки з низькими врожаями								
21,4	2003	2586	-8	464	66	289	119	1,4
20,0	2005	2706	-7	568	52	237	98	1,3
17,8	2001	2738	-3	303	55	133	46	0,6
17,8	2010	2806	-8	308	53	126	44	0,6

Джерело: авторські дослідження

Як видно із табл. 1 в роки з високими врожаями середні запаси вологи від 3-го листка до нижнього вузла соломини у шарі 0–100 см були нижчі ніж у роки з низькими врожаями. Це пояснюється тим, що не

зважаючи на те, що озимий ячмінь вологолюбна культура перезволоження він переносить погано і кращими для нього є запаси продуктивної вологи на рівні 70–80 % найменшої волого місткості. А в роки з найменшими врожайми запаси вологи становили майже 90–100 % повної польової волого місткості. Наприклад, запаси вологи у 2003, 2005 рр. становили відповідно 289 мм, 237 мм (тобто 119 %, 98 %, повної польової вологомісткості), що свідчить про значне перезволоження ґрунту, яке спричиняє явища «стікання» зерна та полягання рослин. Зменшення врожаю спостерігається також у роки, коли вологозабезпеченість впродовж вегетаційного періоду зменшується до 50 %, а ГТК зменшується до 0,6 відн. од. і більше (2001, 2010 рр.). Крім того, в роки з низькими врожайми (2003, 2008 рр.) середня із мінімальних температур ґрунту на глибині вузла кущіння становила – 8°C. Враховуючи низьку морозостійкість озимого ячменю спостерігалось зрідження рослин взимку. Густота рослин на відновлення вегетації становила не більше 310 рослин на 1 м<sup>2</sup>.

У роки з високими врожайми запаси вологи впродовж вегетаційного періоду становили 187–211 мм, що становить 70–83 % найменшої вологомісткості і є оптимальними для розвитку озимого ячменю.

Для виявлення найбільш впливового метеорологічного показника або їх комплексу на урожайність були проаналізовані статистичні зв'язки врожаю озимого ячменю з різними метеорологічними елементами: середньою температурою повітря за весняно – літній період, вологозабезпеченістю посівів за цей же період, значенням ГТК та елементами продуктивності культури – густотою і висотою рослин на дату колосіння та кількістю колосків у колосі (табл. 2).

Як свідчать значення коефіцієнтів кореляції, тісного зв'язку урожайності озимого ячменю із середньою температурою повітря за вегетацію нема. Але від'ємний знак говорить про те, що підвищення середньої температури повітря вище оптимальних значень сприяє підвищенню посушливості, а отже, і зменшення врожаю. ймовірність посушливих років в Закарпатській області становить 24 %.

## 2. Статистичні залежності врожаїв озимого ячменю

Показники	Рівняння зв'язку	Коефіцієнт кореляції (r)
Середня температура повітря (t)	$Y = - 2,097t + 69,039$	0,36±0,01
Вологозабезпеченість періоду вегетації	$Y = 0,344 V + 14,06$	0,32±0,01
Густота рослин на дату колосіння	$Y = - 0,0654 m + 58,83$	-0,56±0,02
Висота рослин на дату колосіння	$Y = 0,375 h + 12,1$	0,38 ±0,01
Кількість колосків у колосі	$Y = 0,968 K - 1,465$	0,71 ± 0,01

Джерело авторські дослідження

Не значимий також коефіцієнт кореляції урожаю із вологозабезпеченістю. Це говорить про те, що в Закарпатській області в більшості років складаються сприятливі умови для вирощування озимого ячменю. Однак в деякі роки через часті інтенсивні зливові дощі влітку спостерігається перезволоження ґрунту, яке знижує врожай. Ймовірність років з перезволоженням ґрунту в Закарпатській області становить 28 %.

Високі значення коефіцієнтів кореляції врожаїв спостерігаються з елементами продуктивності : густрою посівів – 0,56, кількістю колосків у колосі 0,71. Максимальні врожаї озимого ячменю спостерігаються при густоті рослин на фазу колосіння від 250 до 500 рослин на 1 м<sup>2</sup>. За більшої густоти посівів спостерігається полягання рослин, яке зменшує врожай.

Існує залежність врожаїв озимого ячменю у Закарпатській області від числа колосків у колосі. Залежність досить чітка, пряма і говорить про те, що кількість сформованих колосків у колосі відіграє найважливішу роль у формуванні врожаїв озимого ячменю.

Високі значення парних коефіцієнтів кореляції врожайності із агрометеорологічними показниками та показниками елементів продуктивності на дату колосіння дозволили одержати багатofакторне статистичне рівняння залежності врожаїв озимого ячменю

$$Y = - 0,31 W_3 + 0,86 h + 0,92K - 0,86 T + 13,3, \quad (1)$$

де  $W_3$  – запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту на дату колосіння, мм;  $h$  – висота рослин на дату колосіння, см;  $K$  – кількість колосків у колосі, шт.;  $T$  – середня температура повітря за період від виходу у трубку до колосіння, °С.

Коефіцієнт регресії багатofакторного рівняння високий і становить  $R = 0,86$ ; похибка розрахунків становить  $S_y = 1,8$  ц/га.

Високе значення множинного коефіцієнту регресії (0,86) дозволяє використовувати отримане рівняння для прогнозу врожаїв озимого ячменю. Перевірка отриманого рівняння багатofакторної залежності на матеріалах 2015 р. показала його високу справджуваність. Але необхідна перевірка отриманого рівняння на незалежному матеріалі впродовж 3–5 років. Якщо впродовж цього періоду справджуваність розрахунків підтвердиться на 80 і більше відсотків, то рівняння можна використовувати для розрахунків очікуваного врожаю після настання фази колосіння, тобто з місячною завчасністю.

## 1.2. З'ясування причинно-наслідкових змін механізму біотичної саморегуляції гідроекосистем водного басейну р. Кальміус

*Василенко Л.О., Жукова О.Г.*

*Київський національний університет будівництва і архітектури*

Всесвітні форуми (Ріо-де-Жанейро, 1992 р.; Йоганнесбург, 2002 р.) засвідчили, що стійкий розвиток соціально-економічних систем пов'язаний з успіхами природоохоронної діяльності. Водночас, на сучасному етапі розвитку біосфери всі її складові зазнають значного техногенного впливу [6, 7, 8, 9, 10, 11, 12]. Загальна маса сучасного людського господарства та продуктів техносфери становить щорічно 140 Гт/рік (викид в атмосферу – 35 Гт/рік, скид у водойми – 15 Гт/рік, розміщення на поверхні землі – 90 Гт/рік). Техногенні забруднювачі (поллютанти) відносять до різних класів небезпеки, в кількісному відношенні вони складають – 250–300 кг на кожного жителя планети. Техногенне навантаження на довкілля призводить до забруднення токсичними сполуками: по-перше, іонами важких металів, які довгий час зберігалися у природних системах; по-друге, речовинами синтетичного походження (ксенобіотиками), що раніше до них не надходили тощо. Біотичні процеси детоксикації їх потребують довгого часу їх знезараження через відсутність адаптивних механізмів біоти.

Інтенсивність забруднення окремих складових біосфери залежить від міграції поллютантів, їх трансформації, деструкції та акумуляції. Із наукової літератури відомо, що в техногенних потоках поллютантів ключове місце займають середовища, які їх транспортують води (рис. 1).

Серед поллютантів довкілля чільне місце посідають важкі метали. Небезпека забруднення природних систем важкими металами пояснюється тим, що вони вічні і не руйнуються при застосуванні традиційних технологій їх знезараження, а лише переходять з однієї форми існування в іншу, наприклад, включаються до складу солей, оксидів, металоорганічних сполук, хелатів тощо.

У ХХ–ХХІ ст. у межах біосфери з'явилися так звані пріоритетні екотоксиканти [13] – найбільш токсичні ксенобіотики для природних систем, для яких характерна здатність до накопичення у трофічних

---

<sup>6</sup> Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2015 році [Електронний ресурс] // Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. – Режим доступу : <http://menr.gov.ua/index.php/dopovidi>.

<sup>7</sup> Мислюк О.О. Основи хімічної екології / О.О. Мислюк. – К. : Кондор, 2012. – 660 с.

<sup>8</sup> Техноекология / В.М. Удод, В.В. Трофимович, О.С. Волошкіна, О.М. Трофімчук. – К. : КНУБА, ін-ті ІГІТ НАН України, 2007. – 195 с.

<sup>9</sup> Васюков А.Е. Химические аспекты экологической безопасности поверхностных вод / А.Е. Васюков, А.Б. Бланк. – Харьков : Ин-т монокристаллов, 2007. – 256 с.

<sup>10</sup> Tyler Miller Vr. Living in the environment (Principles, Connections, and Solutions) Wadsworth / Tomson Zearing, 10 Davis Drive. – Belmont, CA 94002-3098, USA, 2002. – 758 pp.

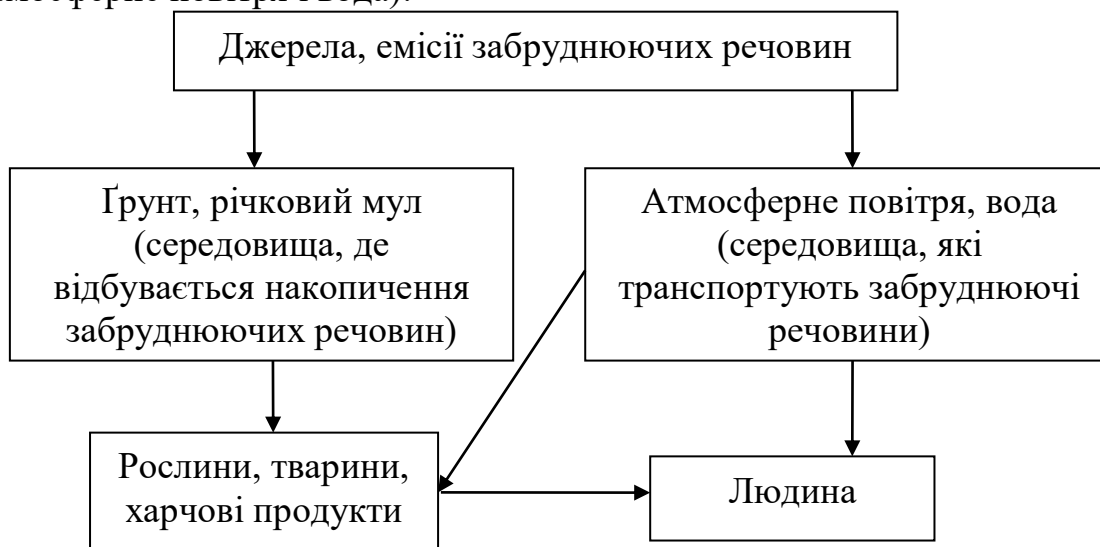
<sup>11</sup> Удод В.М. Основи екотоксикології / В.М. Удод, В.В. Трофімович, О.С. Волошкіна. – К. : КНУБА, 2008. – 88 с.

<sup>12</sup> Васюкова Г.Т. Екологія / Г.Т. Васюкова, О.І. Грошева. – К. : Кондор, 2009. – 524 с.

<sup>13</sup> Удод В.М. Пріоритетні екотоксиканти та їх вплив на навколишнє природне середовище / В.М. Удод, М.Ю. Яців. – К. : КНУБА, 2013. – 40 с.

ланцюгах [14, 15], екотоксична стійкість знаходження у природному навколишньому середовищі. Серед показників токсичності стосовно людей автори відмічають: канцерогенність, мутагенність, репродуктивність та ендокринний статус впливу тощо. До пріоритетних ксенобіотиків, які знаходяться у водному басейні Кальміус, відносять важкі метали, леткі феноли, синтетичні поверхнево активні речовини (СПАР), нафтопродукти [16].

Забруднення окремих складових біосфери залежить від міграції поллютантів, їх трансформації, деструкції та акумуляції. Згідно з джерел наукової літератури відомо, що в техногенних потоках поллютантів вирішальне місце займають середовища, що транспортують їх (атмосферне повітря і вода):



**Рис. 1. Техногенні потоки поллютантів**

Джерело: авторські дослідження

Серед поллютантів докільля чільне місце посідають важкі метали. Небезпека забруднення водних систем важкими металами пояснюється тим, що вони не руйнуються при застосуванні традиційних технологій їх знезараження, а лише переходять з однієї форми в іншу. Важкі метали характеризуються різною токсичною дією по відношенню до живих організмів: низькою – Cu, Mn, Fe, Zn, Ni, Sr, Rb, Sc; середньою – Cr, Ag, Al; високою – Sb, As, Ba, Se; дуже високою – Be, Cd, Pb, Hg, Ti.

Токсичні властивості важких металів мають особливі дії:

- токсичність елемента залежить від хімічної форми знаходження у водному середовищі та в живій клітині, для Hg вона значно підвищується в ряду:  $Hg_2Cl_2 < HgCl_2 < CH_3Hg < (CH_3)_2Hg$
- вміст у середовищі елементів з високою біофільністю для живих

<sup>14</sup> Удод В.М. Екологічний підхід в оцінці ефективності внутрішньоводоймних процесів водних систем річок Кальміус та Інгулець / В.М. Удод, І.Л. Вільман, О.Г. Жукова // Вісник КрН ім. М. Остроградського. – 2014. – Вип. 2 (85). – С. 161–166.

<sup>15</sup> Удод В.М. Регионально-экологический поход к оценке возможных последствий загрязнения водного бассейна р. Кальмиус / В.М. Удод, Е.Г. Жукова // Химия и технология воды. – 2015. – Вып. 1, том 37. – С. 93–99.

<sup>16</sup> Сухарев С.М. Основи екології та охорони довкілля / С.М. Сухарев, С.Ю. Чундак, О.Ю. Сухарева. – К. : Центр навчальної літератури, 2006. – 394 с.

організмів має позитивне значення;

- коли техногенність вище і нижче біофільність елементу, то більш небезпечним він стає для біоти;

- із збільшенням у середовищі елементів з низькою біофільністю також відбувається порушення функцій організмів і всієї біокосної системи;

- для прояви токсичної дії необхідна певна концентрація;

- в водному середовищі як отруйні метали домінують Cd, Pb, Hg.

Під впливом речовин антропогенного походження (специфічних модифікуючих (антропогенних) факторів - СМФ) відбувається процес трансформації гідроекосистем (ГЕ), який схематично можна представити як послідовність певних стадій [7, 16]:

- при перевищенні водного техногенного навантаження за ГДК по індивідуальним та сумарним показникам (в 1,5–2,5 рази) змінюється хімічний склад води, що у подальшому призводить до змін показників, які характеризують стан гідробіоценозів [16], але зберігаються основні структурні параметри самоорганізації гідроекосистем;

- структурна перебудова гідроекосистем починається при перевищенні техногенного навантаження за ГДК в 3–5 разів;

- на стадії появи деградаційних процесів водних систем (при перевищенні ГДК в 6–7 разів) змінюється біологічна структурна організація гідроекосистем, знижується саморегулююча здатність;

- на стадії якісного виснаження водних систем (перевищення кратності ГДК по відношенню до «фоновому» стану в 10 разів) знижується не тільки саморегулююча, але й асимілююча здатність тощо.

Таким чином, внаслідок дії СМФ, з урахуванням наших даних, відбуваються такі процеси [14]:

- при перевищенні кратності ГДК забруднюючих речовин на першій стадії внаслідок забруднення водного басейну відбувається зміна хімічного складу водних систем;

- вплив екотоксикантів на біоту проявляється в двох взаємопротилежних тенденціях: ушкоджуюча дія полютантів та пристосувальні реакції гідробіонтів на зміни середовища свого існування [17, 18, 19, 20];

- рівень інтоксикації на біоту залежить від таких чинників, як фізико-хімічна структура полютантів, токсичність, концентрація та час їх дій, екологічний стан ГЕ в момент дії ксенобіотиків, інтенсивність внутрішньоводоймних процесів;

- порушення динамічної рівноваги гідроекосистем за рахунок дії СМФ;

- порушення структурно-функціональної самоорганізації ГЕ в

---

<sup>17</sup> Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы / Р. Уиттекер. – М. : Прогресс, 1980. – 327 с.

<sup>18</sup> Романенко В.Д. Основи гідроекології / В.Д. Романенко. – К. : Оберег, 2001. – 786 с.

<sup>19</sup> Грубінко В.В. Системна оцінка метаболічних адаптацій у гідробіонтів / В.В. Грубінко // Наукові записки Тернопільського державного університету ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. Спец. випуск: гідроекологія. – 2001. – № 4 (15). – С. 36–39.

<sup>20</sup> Протасов А.А. О взаимосвязи биоразнообразия со структурными показателями сообществ и гидробионтов / А.А. Протасов // Биология внутренних вод. – 2012. – № 4. – С. 5–10.



процесі їх розвитку;

- порушення екобезпечного розвитку водного басейну через переваги деградаційних процесів над можливістю асимілюючої здатності ГЕ.

Під впливом антропогенного навантаження поверхневі води змінюють свої природні фізико-хімічні властивості, тому екологічна оцінка є основною умовою, яка дозволяє оцінити екологічний стан водних об'єктів, виявити основні водогосподарські та екологічні проблеми, визначати основні напрямки природокористування у басейнах річок та обґрунтувати доцільність рекомендацій щодо покращення екологічного стану водних об'єктів [21]. Антропогенний обмін на відміну від біотичного кругообігу має відкритий характер: на вході антропогенного циклу знаходяться природні ресурси, а на виході – виробничі та господарські відходи. Екологічна недосконалість антропогенного обміну матеріальних речовин полягає в тому, що коефіцієнт корисного використання природних водних ресурсів дуже незначний і тому відходи виробництва змінюють природне середовище. Однією з умов досягнення екологічної безпеки водних екосистем є розробка та впровадження у господарську практику комплексу регіональних екологічних нормативів, вимог, правил, а також створення геоінформаційних систем підтримки прийняття управлінських рішень.

В Україні для оцінки та попередження шкідливого антропогенного впливу на водні об'єкти розроблений ряд нормативних документів, в основі яких лежить порівняння концентрацій речовин-забруднювачів з нормативними показниками, на основі цих порівнянь робиться висновок про екологічний стан водних об'єктів [22, 23, 24].

Для визначення передумов дії модифікуючих антропогенних факторів (СМФ) на зміни механізму біотичну саморегуляцію (БСР) обрано три гідроствори водного басейну р. Кальміус (ВБК), розвиток яких відбувається за різних умов техногенного навантаження (табл. 1).

Як показали результати впливу СМФ на природні ГЕ Кальміус перетворились у природно-антропогенні системи (ПАС) із зміненими структурно-функціональними властивостями [25] внаслідок виникнення в них деградаційних процесів та поступового якісного виснаження.

Нами показано, що розвиток водних систем Кальміус визначається такими основними тенденціями:

- внутрішніми особливостями розвитку ГЕ, що пов'язані з

---

<sup>21</sup> До екологічної оцінки якості поверхневих вод / А.В. Яцик, І.В. Гопчак // І-й Всеукраїнський з'їзд екологів: міжнар. наук.-техн. конф., 4–7 жовтня 2006 р.: тези допов. – Вінниця, 2006. – С. 105.

<sup>22</sup> ДБН А.2.2-1-2003. Состав и содержание материалов ОВНС при проектировании и строительстве предприятий, зданий, сооружений. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://info-build.com.ua/info/dbn-detail.php?ID=21284>.

<sup>23</sup> Водний кодекс України [Електронний ресурс] // Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1995, № 24, ст.189. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80>.

<sup>24</sup> Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 р. № 1264-ХІІ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>.

<sup>25</sup> Удод В.М. Розвиток гідроєкосистем р. Кальміус в умовах дії спеціалізованих модифікуючих факторів / В.М. Удод, О.Г. Жукова// Екологічна безпека. – 2014. – Вип. 2 (18). – С. 75–82.

екотоксикокінетичними процесами у водних системах та її складових, які характеризують їх асимілюючу та саморегулюючу здатності;

### 1. Узагальнені комплексні гідрохімічні показники оцінки стану ВБК

Розрахункові гідроствори	ІЗВ	Класи забруднення водної системи	Індекси якості вод				Індекс техноємності	Індекс інтенсивності внутрішньоводоймних процесів	Коефіцієнт самоочищення		
			Індекс забрудненнями компонентами сольового складу (I <sub>1</sub> )	Еколого-санітарний індекс (I <sub>2</sub> )	Індекс специфічних показників токсичної дії (I <sub>3</sub> )	Екологічний індекс (I <sub>e</sub> )			Низький (0–0,35)	Середній (0,36–0,70)	Високий (0,71–1,0)
2 км вище м. Донецьк	1,65	забруднена	2,67	3,11	2,33	2,7	0,3	0,175	18,51	70,44	11,05
5,5 км нижче м. Донецьк	8,75	дуже брудна	3,83	4,89	3,91	4,2	1,34	0,76	80,84	18,70	0,46
11 км вище м. Маріуполь	2,03	забруднена	2,21	3,01	2,18	2,5	0,24	0,05	18,91	70,89	10,2

Джерело: авторські дослідження

-зовнішніми особливостями впливу на ГЕ антропогенних чинників (СМФ), які пов'язані із екотоксикодинамічними процесами [11] та характеризують рівень техногенного навантаження на водне середовище;

- визначальним принципом розвитку ВБК є функціональні взаємозв'язки та взаємозалежності між екологічними та антропогенними факторами;

- стабільний стан ГЕ залежить від співвідношення біотичного потенціалу та опору абіотичного середовища, які діють в протилежних напрямках.

Водночас, слід констатувати, що екосистемна еволюція пов'язана в умовах постійної дії СМФ, із негативними змінами середовищеутворюючої функції біоти (табл. 1), коли погіршується здатність гідробіоценозів підтримувати стабільність функціонування ВБК (табл. 2, 3) на межі граничної екологічної ємності.

Стосовно змін біолого-фізіологічних особливостей, що

забезпечують екологічні функції гідробіоценозів в ГЕ, які відбуваються у напрямку покращення шансів стосовно виживання їх із-за механізму метаболічних адаптацій у гідробіонтів. З огляду на такий перебіг розвитку ГЕ, нами було встановлено, що у процесі формування адаптивних механізмів у біоти (ГБ) важливим є не стільки збереження сталості їх складу, а скільки сталості їх функцій.

## 2. Узагальнені гідробіологічні показники оцінки стану ВБК

Розрахункові гідроствори	Індекс сапробності	Чисельність основних груп біоти ( $10^3$ кл/мл)/біомаса, мг/дм <sup>3</sup>	Кількість видів у групі	Число сапрофітних бактерій, кл/дм <sup>3</sup>	Індекс змін структурної самоорганізації ГЕ	Індекс Шеннона за біомасою
2 км вище м. Донецьк	0,15	0,678/1,072	12	сотні-тисячі	0,28	6,97
5,5 км нижче м. Донецьк	2,2	0,056/0,011	1	десятки-сотні тисяч	2,4	0,63
11 км вище м. Маріуполь	0,9	0,272/0,368	6	сотні тисяч-мільйони	0,8	2,63

Джерело: авторські дослідження

Першочергово було з'ясовано причинно-наслідкові зміни взаємозв'язків між екологічними та антропогенними факторами і показано, що в умовах дії СМФ та в процесі формування у біоти механізму адаптації до них відбувається збереження функціональної залежності у гідробіонтів стосовно асимілюючої та саморегулюючої функцій.

Для виключення паралельного (сумісного) впливу абіотичного середовища нами було обрано об'єкт який знаходиться в різних фізико-географічних зонах (Карпати, Прикарпаття, рівнинна територія) – водний басейн Прута. Проаналізовані та систематизовані дані екологічного моніторингу (гідрологічні, гідрохімічні, гідробіологічні дані) за останні 10 років по 3 гідростворам та отримані такі результати: абіотичні фактори практично не впливають на зміни взаємозв'язків та їх функціональні залежності між екологічними та антропогенними факторами. Спосіб ідентифікації самовідновної здатності в умовах дії СМФ на водний басейн Прута за допомогою біоіндикаторів запатентовано та отримано патент на корисну модель [26].

Крім того, слід зауважити, що збереження саморегулюючої здатності не можливе без збереження асимілюючої здатності. Таким чином, основні функціональні властивості, що пов'язані із збереженням

<sup>26</sup> Патент на корисну модель 88143. Спосіб ідентифікації самовідновної здатності р. Прут (UA) / В.М.Удод, М.Ю. Яців, О.Г. Жукова // Заявка № а 2013 09888 від 09.03.2013 р. Опубл. бюл. від 11.03.2014 р.

### 3. Узагальнені параметри та їх показники, які характеризують рівень стабільності розвитку гідроекосистем

Розрахункові гідроствори	Техногенне навантаження на гідробіоценози (за індексом Шеннона) з урахуванням			Чинники формування механізму біогічної саморегуляції ГЕ					Характеристика стану ГЕ	Модифікований індекс сапробності	Коефіцієнт самовідновної здатності ГЕ	Здатність до самоочищення%
	зміни індексу сапробності	зміни індексу техногенності	зміни індексу етруктурної самоорганізації	стійкість розвитку ГЕ (U <sub>R</sub> )	динамічна рівновага ГЕ (S <sub>R</sub> )	живучість ГЕ (R <sub>E</sub> )	оптимізаційний рівень самоорганізації ГЕ (C <sub>E</sub> )	безпечний екологічний розвиток ГЕ (P <sub>R</sub> )				
2 км вище м. Донецьк	1,26	2,09	0,258	2,8	0,71	8	0,11-0,24	0,8	Інтенсивність техногенного впливу менше за пристосувальні можливості ГЕ; висока стійкість до техногенного навантаження	0,35-1,0	0,71-1,0	4,2
5,5 км нижче м. Донецьк	1,39	0,84	2,4	8,2	0,18	3	0,55-1,00	0,23	Інтенсивність техногенного впливу значно перевищує компенсаційні можливості ГЕ; кризисний стан самовідновної здатності	0,1-0,2	0-0,3	28,1
135 км нижче м. Донецьк (11 км вище м. Маріуполь)	2,63	1,8	0,8	3,1	0,68	7	До 0,05	0,71	Інтенсивність техногенного впливу знаходиться на межі пристосувальних можливостей ГЕ	>1,2	0,5-0,7	4,6

Джерело: авторські дослідження

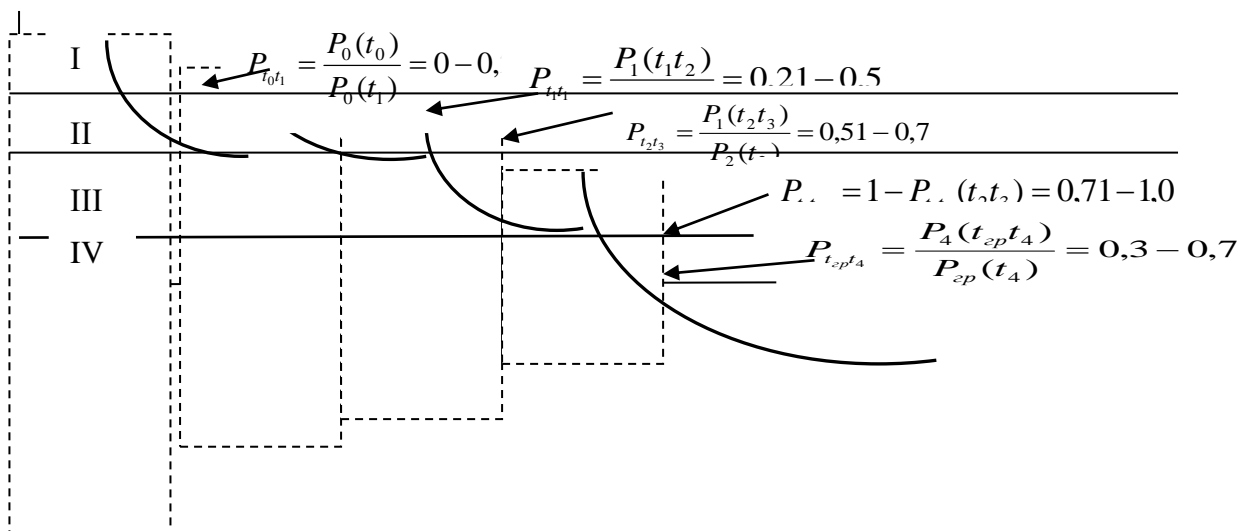
механізму біотичної саморегуляції не порушуються. У подальшому аналогічні дослідження були здійснені для ВБК (табл. 3) та засвідчені подібні результати. Спосіб ідентифікації самовідновної здатності ВБК є комплексним методом, де використано сумарні показники (БСК та ХСК), індикаторні показники (індекс сапробності із врахуванням коефіцієнта самоочищення тощо).

Ефективність самовідновної здатності ( $E_{ef}$ ) визначається за формулою [26]:

$$E_{ef} = \sum_{i=1}^n N_{кр} \cdot K_{cm} \cdot I_c \quad (1)$$

де  $N_{кр}$  – кратність перевищення ХСК і БСК<sub>n</sub> щодо ГДК;  $K_{cm}$  – коефіцієнт стійкості до антропогенного навантаження;  $I_c$  – модифікований індекс сапробності.

Враховуючи той факт, що розвиток ГЕ відбувається в динамічних умовах і змінюється в часі та просторі, нами були з'ясовані функціонально-структурні зміни ГЕ під впливом СМФ (рис. 2).



**Рис. 2. Схема функціональних переходів розвитку ГЕ по стадіям антропогенних змін:**

I – зона вихідного (фонового) стану ГЕ; II – зона появи помірних локальних змін розвитку ГЕ; III – зона потужних антропогенних змін в межах максимальної дії СМФ; IV – зона відновлення саморегулюючої здатності ГЕ.

Джерело: авторські дослідження

Аналіз даних рис. 2 дозволяє констатувати той факт, що механізм реадативної перебудови біоти (гідробіоценозів) характеризує роль механізму біотичної саморегуляції ПАС на різних функціональних рівнях розвитку ГЕ. А кількісні показники (P) характеризують екобезпечний розвиток ГЕ беручи до уваги саморегулюючу здатність ГЕ.

Всі отримані результати стосовно досліджень дозволяють стверджувати основні положення механізму біотичного саморегулювання ВБК. Концептуально такий підхід є інтегруючою тенденцією збереження стабільності розвитку гідроекосистем внаслідок відновлення екологічної

та функціональної нерозривності єдності ВБК як взаємообумовленої необхідності його подальшого розвитку. Саме середоутворююча роль біоти за умов взаємозв'язків екологічних та СМФ з послідовною адаптаційною (зона ГЕ з практично непорушеними структурно-функціональними особливостями їх розвитку, район вище міста, де здійснюється забір води для централізованого водопостачання – 1 км вище міста) перебудовою гідробіоценозів, що забезпечує сталість їх функцій.

Такий висновок узгоджується із законом Ле-Шатальє-Брауна, коли при дії СМФ динамічна рівновага в ГЕ зміщується в зону найменшого техногенного навантаження, що дає змогу для формування у біоти адаптуємого (реадаптивного) механізму, внаслідок чого відбувається збереження механізму біотичної регуляції ВБК.

Всі отримані результати досліджень дозволяють стверджувати наступне. Відомо, що басейни річок, вода яких використовується для централізованого водопостачання, в зоні водозабору яких зберігаються, практично, антропогенно не порушені ГЕ (вище міста), де внаслідок дії механізму БСР відбувається адаптація біоти до малих концентрацій забруднюючих речовин, що дозволяє зберегти локальну (ВБК) екостабілізуючу їх роль для ГЕ [27]. Рівноважно-динамічний статус систем водного басейну, на різних рівнях просторово-часової структурної самоорганізації, якого ГЕ забезпечують для ВБК умови екобезпечного їх розвитку.

Завдяки даному параметру можна зробити висновок, що БСР забезпечує потенційно відносно небезпечні умови для енергетичного (термодинамічного) і трофічного статусу(асимілююча здатність) ГЕ. З огляду на це істотно змінюються процеси формування і динаміка структури гідробіоценозів.

Концентрації забруднюючих речовин антропогенного походження під час їх впливу на біоту пов'язані між собою простою залежністю (рівняння Хаббера): малі концентрації поллютантів за тривалий час зрештою впливають так само як великі за короткий час на стабільність розвитку ГЕ. Крім того, нами показано, що кінцевий результат інтоксикації біоти залежить від поєднання дії природних та антропогенних факторів, які впливають на зміну абіотичного середовища і призводять до змін фізико-хімічних чинників за такими показниками: вмісту розчиненого кисню, сольового складу, рН, температури тощо. Одним із проявів таких змін, наприклад, температура води активує, а при її зростанні, навпаки пригнічується ферментативна активність біоти, пов'язана із забезпеченням біоенергетичних процесів у гідробіонтів, а кисневий дефіцит розвивається на фоні інтоксикації особливо гостро.

Сольовий склад, також істотно впливає на рівень токсичності специфічних забруднювачів (табл. 1). У зв'язку з чим функціональні

---

<sup>27</sup> Udod, V.M., Yatsiv, M.Y. Comprehensive criteria environmental assessment of the effectiveness modern processes (for example, basin river Prut) // J. Water Chem. and Technol. – 2013. – Vol. 35, Issue 6. – Pp. 287–294.

переходи (рис. 1), які пов'язані із зміною екологічних факторів середовища на ділянках від, практично, фонового стану ГЕ через зони водного потоку з різним ступенем техногенного перетворення і до ділянок, які характеризуються помірним ступенем забруднення. Факт коли асимілююча і саморегулююча здатність на відносно «чистих» ділянках водного потоку знаходиться в межах екологічної ємності ГЕ, можна зазначити, що механізм біотичної саморегуляції не порушений (рис. 1). Це можливо завдяки функціональним взаємовідносинам між окремими організмами гідробіоценозів і, взагалі, між біотичними та абіотичними факторами. Саме для оцінки узгодженості взаємозв'язків факторів й існує таке поняття як «екологічна ємність ГЕ» – один із складових біотичної регуляції. За таких умов поширеним типом зв'язків в ГЕ, який впливає на механізм біотичної саморегуляції є симбіоз при якому організми ГБ краще пристосовуються до умов середовища ГЕ.

Умовні можливості переходу ГЕ із одного стану в інший залежать (рис. 1) від структурно-функціональних змін в ГЕ, що змінюють екологічну ситуацію в них [28]:

$P_o \rightarrow P_{t_1}$  – перехід ГЕ із одного стану в інший без суттєвих антропогенних змін їх; динамічна рівновага не порушена;

$P_1 \rightarrow P_{t_2}$  – перехід ГЕ в стан, який характеризується незначними антропогенними змінами -  $\Delta g$ ; умовно врівноважений стан;

$P_2 \rightarrow P_{t_3}$  – перехід ГЕ із стану із початкових антропогенних змін –  $\Delta e_1$  в стан із рівнем антропогенних змін відповідно ПАС;  $\Delta e_2$  ( $\Delta e_2 > \Delta e_1$ ) – локальне порушення динамічної рівноваги;

$P_3 \rightarrow P_{t_{зп}}$  – перехід ГЕ в граничний стан на межі порушення екологічної ємності; повне порушення динамічної рівноваги.

Нами запропонована ще одна стадія розвитку ГЕ, яка характеризується процесом часткового самовідновлення, а саме:

$P_4 \rightarrow P_{t_{зп4}}$  – відновлення динамічної рівноваги.

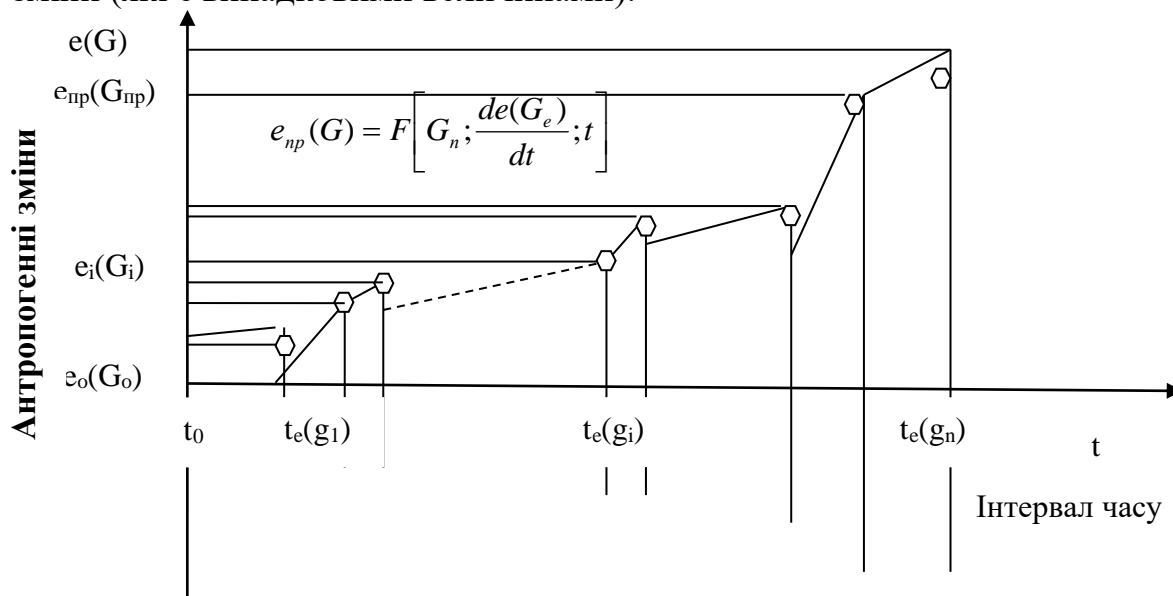
До основних токсикокінетичних залежностей відносять накопичення екотоксикацій в біоті із наступною біотрансформацією (рис. 3). На рис. 3 показана геометрична інтерпретація впливу СМФ різні зони водного потоку Кальміус. Реальний прогрес і розвитку ПАС супроводжуються закономірним накопичуванням забруднюючих речовин ( $\Delta g$ ) та антропогенними змінами ГБ (біоти) або властивостей ГЕ ( $\Delta e$ ) під впливом екотоксикодинамічних чинників.

Тому механізм формування ГЕ не викликає суперечності у схемі накопичення техногенних змін, а саме:

$$e(G_e) = e(g_1) + e(g_2) + \dots + e(g_i) + e(g_n) , \quad (2)$$

<sup>28</sup> Мазур И.И. Инженерная экология.: учеб. пособие для вузов ; Общий курс в 2 т. / И.И. Мазур, О.И. Молдаванов, В.Н. Шишов. – М. : Высш. шк., 1996. – Т. 1. – 637 с.

де  $e(G_e)$  – кожному інтервалу часу  $\Delta t$  відповідають збільшенню антропогенних змін в ГЕ (рис. 1);  $g_1, g_2, g_i, g_n$  – локальні антропогенні зміни (які є випадковими величинами).



**Рис. 3. Процес накопичення антропогенних змін в ГЕ**

Джерело: авторські дослідження

Внаслідок взаємодії екологічних та антропогенних факторів, перехід від початкової стадії розвитку, через проміжний, до граничної, яка характеризується критичним рівнем накопичення антропогенних змін, а саме:

$$t_{np} = \sum_{i=1}^n t_{e(g_i)} = t_{e(g_1)} + t_{e(g_2)} + \dots + t_{e(g_n)} \quad (3)$$

Тобто фізичний зміст екологічної безпеки стану складається у послідовній сумачії часу переходу систем від однієї стадії до наступної і вирішується на основі добутку вірогідностей. Вірогідність екологічно рівноважного стану ГЕ при накопиченні в ній антропогенних змін визначають  $P_{G_\Sigma}(t)$ , а вірогідність збереження динамічно-рівноважного стану від  $t=t_0$  по досліджуваних періодах (гідростворам) до  $t$  – через  $P(t)$ , тоді вірогідність накопичення в ГЕ сукупності антропогенних змін [23]

$\sum_{i=1}^n g_i$  дорівнює:

$$P\left(\frac{G_\Sigma}{t}\right) = \frac{P_{G_\Sigma}(t)}{P(t)} \quad (4)$$

Такий хід визначення дозволяє встановити характер розповсюдження антропогенних змін в ГЕ. Тобто кожному інтервалу часу  $\Delta t$  відповідає збільшення накопичення антропогенних змін в ГЕ –



$e(G_e)$  та вірогідності того, що воно відбудеться в інтервалі, який розглядається  $dt$ . Таким чином виникає ланцюг взаємної відповідності  $dt \rightarrow \Delta e(G_e) \rightarrow \Delta P$  до стійкого функціонування ГЕ та характеризується такими рівняннями:

$$\left. \begin{aligned} \Delta P &= P(t + dt) - P(t) \\ \Delta e(G_\Sigma) &= e(t + dt) - e(t) \\ \Delta G(\sum_{i=1}^n g_i) &= G(t + \Delta t) - G(t) \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Загальний вигляд рівняння (5) має такий вигляд по відношенню до екологічної стабільності стану ГЕ:

$$\Delta P = -\mu_e \Delta e(t) \quad (6)$$

де  $\mu_e$  – коефіцієнт, який залежить від інтенсивності накопичення антропогенних змін в ГЕ  $\left[ \mu_e = f\left(\frac{de(G_e)}{dt}\right) \right]$ .

Таким чином, отримані результати досліджень дозволяють адекватно та достовірно оцінити роль механізму біотичного регулювання ВБК, враховуючи той факт, що до уваги були взяті встановлені нами причинно-наслідкові зміни асимілюючої і самовідновної здатностей та біотичної самоорганізації ВБК за довгостроковий період із врахуванням екологічного підходу та басейнового принципу.

### 1.3. Агрохімічні показники ґрунтів зони радіоактивного забруднення Волинської області

*Громик О. М.*

*Луцький національний технічний університет*

*Ільїна О. В.*

*Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки*

У результаті чорнобильської катастрофи територія Волинської області зазнала забруднення радіонуклідами цезію, стронцію та ін. Зона радіоактивного забруднення охоплює три адміністративні райони – Маневицький, Камінь-Каширський, Любешівський. Негативні наслідки чорнобильської катастрофи відобразилися на усіх сферах життя місцевого населення. Найсуттєвіші збитки нанесені сільському господарству. Аварію на Чорнобильській АЕС можна класифікувати як «сільськогосподарську» [29]. Це обґрунтовується тим, що продукція

<sup>29</sup> Лисовская Д. П. Радиология пищевых продуктов / Д. П. Лисовская, Л. А. Галун, Г. С. Митюрнич. – Гомель, 2003. – 295 с.

отримана на забруднених територіях є суттєвим джерелом опромінення населення.

Досвід зниження негативних наслідків катастрофи в агропромисловому комплексі свідчить, що, внаслідок реалізації науково обґрунтованих заходів знижено виробництво сільськогосподарської продукції, забрудненої радіонуклідами. Однак, незважаючи на досягнуті успіхи, до цього часу проблема безпеки проживання населення на таких територіях у повному обсязі не вирішена. Значні площі та високі рівні забруднення сільськогосподарських угідь, високі коефіцієнти переходу радіонуклідів у системі «ґрунт-рослина» зумовлюють через вживання продуктів харчування збільшення дозового навантаження (до 70 %) від дози опромінення [30]. У регіоні в приватних господарствах до цього часу існує проблема виробництва молока, як відповідало б нормативним вимогам до вмісту радіонуклідів. Оскільки до 80 % дози внутрішнього опромінення населення складає молочна продукція [31]. Розробка організаційно-технічних, технологічних та агротехнічних заходів, спрямованих на оптимізацію фізичних, фізико-хімічних та окисно-відновних параметрів ґрунтів є актуальним завданням для радіоактивних територій.

Проблемі забруднення території дослідження токсичними речовинами присвячено значна кількість робіт. Особливу увагу заслуговують праці В. М. Самойленка, який запропонував комплексне районування радіоактивно забруднених територій та можливі радіоекологічні наслідки ресурсокористування [32–33], Ю.С. Таврова, який визначив найбільш екологічно небезпечні локальні комплекси й види користування водними, біологічними та земельними ресурсами Полісся та півночі Лісостепу [34], Л.В. Ільїна, який вивчив процеси осадоагромадження й акумуляції забруднювачів, дослідив техногенні трансформаційні процеси та джерела надходження та види токсичних речовин у них [35], М.Й. Шевчука, котрий з'ясував агрохімічні та агроекологічні властивості основних типів ґрунтів, запропонував комплекс заходів щодо збереження, підвищення родючості та покращення екологічного стану [36] та ін. [37, 38, 39]. Однак, з'ясування

---

<sup>30</sup> Алексахин Р. М. Чернобыль, сельское хозяйство, окружающая среда // Материалы к 20-й годовщине аварии на Чернобыльской атомной электростанции в 1986 г. / Р. М. Алексахин, Н. И. Санжарова. – Обнинск : Рос. академия сельскохозяйственных наук, 2006. – С. 10–14.

<sup>31</sup> Чистик О. В. Ведение сельскохозяйственного производства на землях, загрязненных радионуклидами : учеб.-метод. пособ. / О. В. Чистик, С. Е. Головатый, С. С. Позняк. – Минск : МГЭУ им. А. Д. Сахарова, 2008. – 208 с.

<sup>32</sup> Самойленко В. М. Кадастр радиоактивного загрязнения водных объектов Украины местного водокористування : Т. 1. Радиогідроекологічний стан і використання водойм та загальнометодологічні проблеми / В. М. Самойленко. – К. : Ніка-Центр, 1998. – 192 с.

<sup>33</sup> Самойленко В. М. Комплексне районування радіоактивно забруднених територій Полісся і півночі Лісостепу за гідрологічно-ландшафтними умовами та можливими радіоекологічними наслідками місцевого водоресурсокористування / В. М. Самойленко. – К. : Ніка-Центр, 1999. – 280 с.

<sup>34</sup> Тавров Ю. С. Мінливість розподілу і співвідношення радіоактивної забрудненості між ланками екосистем Полісся та півночі Лісостепу / Ю. С. Тавров // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – К. : Ніка-Центр, 2001. – Т. 2. – С. 689–695.

<sup>35</sup> Ільїн Л. В. Лімнокомплекси Українського Полісся. У 2-х т. Т. 2 : Регіональні особливості та оптимізація / Л. В. Ільїн. – Луцьк : Ред.-вид. відд. «Вежа» Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2008. – 400 с.

<sup>36</sup> Шевчук М. Й. Ґрунти Волинської області / М. Й. Шевчук, П. Й. Зінчук, Л. К. Колошко [та ін.]. – Луцьк : Вежа, 1999. – 162 с.

агрохімічних властивостей ґрунтів зони радіоактивного забруднення як визначальних чинників міграції та акумуляції радіонуклідів при виробництві сільськогосподарської продукції, особливо поблизу населених пунктів потребують детальних досліджень.

Роботу присвячено аналізу агрохімічних показників ґрунтів зони радіоактивного забруднення Волинської області як важливих складників, що визначають динаміку та нагромадження забруднюючих речовин. Для досягнення цієї мети ставилися такі завдання – здійснити аналіз найважливіших агрохімічних показників ґрунтів, зокрема, середньозважені показники вмісту азоту, показники реакції ґрунтового розчину, показники вмісту рухомого фосфору, показники вмісту обмінного калію.

Згідно наших досліджень [37], максимальний вміст  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у ґрунтах сільськогосподарських угідь зосереджений у с. Березна Воля, с. Лахвичі Любешівського району та с. Качин, с. Карасин Камінь-Каширського району. Ґрунти приватних господарств с. Березна Воля Любешівського району, с. Галузія, с. Серхів Маневицького району найбільш забруднені радіонуклідами. Найбільша щільність забруднення  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  ґрунтів і рослин сільськогосподарських угідь виявлена у с. Будки, с. Рудка Маневицького району, с. Березна Воля Любешівського району.

Акумуляторами радіонуклідів у досліджених адміністративних районах є торфово-болотні ґрунти. Це пояснюється тим, що ці ґрунти характеризуються значним вмістом органічної речовини, відповідно їм властиві різко підвищені значення міграційної здатності та біотичної метаболічної доступності, насамперед,  $^{137}\text{Cs}$ . Проведені дослідження щодо щільності забруднення рослинної продукції радіонуклідами, залежно від типу ґрунту, дають змогу стверджувати, що  $^{137}\text{Cs}$  зосереджений у максимальній кількості в дерново-підзолистих піщаних і супіщаних ґрунтах.

Основними хімічними елементами, що необхідні для життя рослин у ґрунті є N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, C. Одним із найважливіших для рослин мікроелементів є азот. Основна маса азотних речовин перебуває у формі складних органічних сполук білкової природи й входить до складу гумусу, а лише незначна частина трапляється у вигляді мінеральних сполук, які рослини можуть безпосередньо використовувати з ґрунту. У ґрунт азот потрапляє двома шляхами: з повітря та під час мінералізації рослинних і тваринних решток.

Аналіз матеріалів засвідчує, що у Маневицькому адміністративному районі вміст азоту у ґрунті приватних господарств коливається у межах

---

<sup>37</sup> Громик О. М. Еколого-географічне обґрунтування оптимізації агроландшафтів у зоні радіоактивного забруднення [текст] : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 11.00.11 / О. М. Громик ; Харків. нац. ун-т ім. В.Н. Каразіна. – Харків, 2018. – 20 с.

<sup>38</sup> Громик О. М. Радиационное состояние загрязненных почв и растительности на территории Волинской области Украины / О. М. Громик, О. В. Ильина // Актуальные вопросы современной науки : сб. науч. труд. / под общ. ред. С. С. Чернова. – Новосибирск : Изд-во ЦРНС, 2013. – Вып. 29. – С. 50–60.

<sup>39</sup> Hromyk O. Radionuclides and heavy metals in soils and waters on the territory of radioactive contamination in Volyn region / O. Hromyk, O. Plyina // Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences. – 2017. – V(14). – Issue : 132. – P. 17–19.

від 6,9 мг/100 г ґрунту (Старочорторійська сільська рада) до 29,6 (Новорудська сільська рада). Для ґрунтів Камінь-Каширського адміністративного району уміст зазначеного елемента становить від 6,4 мг/100 г ґрунту (Великообзирська сільська рада) до 59,4 (Тоболівська сільська рада). Відповідно, для Любешівського адміністративного району уміст азоту коливається у межах від 11,9 мг/100 г ґрунту (Зарудчівська сільська рада) до 29,2 (Залізницька сільська рада).

На великій частині досліджених площ рослини піддаються негативному впливу кислотності, а саме: Маневицький – 80 %, Камінь-Каширський – 67 % та Любешівський адміністративні райони – 73 % від досліджених. На досліджуваній території виявлені ґрунти сильнокислі, кислі та слабокислі. Тому значна частина ґрунтів потребує вапнування у невеликих дозах. Метод вапнування ґрунтів полягає у зміні складу поглинутих катіонів шляхом введення кальцію в ґрунтовий вбирний комплекс. Означений метод дасть змогу знизити реакцію ґрунтового розчину й довести показники кислотності до 6,1, збагатить ґрунт кальцієм і магнієм, поліпшить азотний режим, посилить мікробіологічну активність.

Уміст рухомого фосфору у ґрунтах Маневицького – 54 % та Камінь-Каширського адміністративному районах – 55 % від обстежених. Ґрунти за рухомими формами фосфору мають середню забезпеченість (5,1–10 мг/100 г ґрунту, за Кірсановим). Підвищений (10,1–16 мг/100 г ґрунту) та високий (15,1–25 мг/100 г ґрунту) уміст фосфору виявлено лише у ґрунтах Любешівського адміністративного району, що становить 73 % від досліджених угідь (табл. 1).

Сполуки фосфору сприятливо впливають на фізичні й біологічні властивості ґрунту. Вони сприяють протіканню в ґрунті колоїдно-хімічних процесів, підтриманню водостійкої структури. Структурні агрегати, збагачені іонами фосфору, містять колоїди, які стійкі проти набухання та звертання під впливом зовнішньої дії. До основних заходів поліпшення фосфатного режиму ґрунтів дослідженої території необхідно віднести внесення мінеральних й органічних добрив. Не менш важливе значення має й підвищення доступності частини ґрунтових фосфатів для рослин. Під час вапнування кислих ґрунтів важкорозчинні фосфати заліза й алюмінію переходять у легкозасвоювані форми.

Низький вміст обмінного  $K_2O$  (4,1–8 мг/100 г ґрунту, за Кірсановим) у ґрунтах досліджених районів виявлено: Маневицький – 75 %, Камінь-Каширський – 22 % та Любешівський адміністративний райони – 18 % від досліджених (табл. 2). З метою підвищення родючості ґрунту необхідно калійні добрива вносити одночасно з органічними та в ґрунті повинна міститися достатня кількість фосфору та кальцію, оскільки вони підлюговують реакцію ґрунтового розчину та сприяють підвищенню поглинання рослинами калію з ґрунту, а також азоту та фосфору [40].

---

<sup>40</sup> Громик О. М. Еколого-географічне обґрунтування оптимізації агроландшафтів у зоні радіоактивного забруднення [текст] : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 11.00.11 / О. М. Громик ; Харків. нац. ун-т ім. В.Н. Каразіна. – Харків, 2018. – 20 с.

## 1. Середньозважені показники вмісту рухомого фосфору у ґрунтах, мг/100 г ґрунту

Група і клас забезпеченості (за Кірсановим)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Адміністративні райони					
		Маневицький		Камінь-Каширський		Любешівський	
		Сільська рада	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Сільська рада	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Сільська рада	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
I. Дуже низький	0–2	–	0	–	0	–	0
II. Низький	2,1–5	–	0	–	0	–	0
III. Середній	5,1–10	Будківська	8,8	Велико-обзирська	9,4	Судченська	7,5
		Великоведмезька	8,1	Осівецька	6,0	Любешівська	9,9
		Великоосницька	6	Нуйнівська	7,2	Ветлівська	8,9
		Гораймівська	8	Пнівненська	9,3		
		Костюхнівська	7,2				
		Красновільська	7				
		Куклинська	9,6				
		Куликовицька	8,6				
		Лишнівська	10				
		Прилісненська	5,4				
		Старочорторійська	10				
		Цмінівська	5,4				
		Чорнижська	6,5				
IV. Підвищений	10,1–16	Галузійська	13,9	Полицька	11,6	Хоцунська	11,5
		Городоцька	10,4	Заліська	11,7	Березичівська	15,2
		Довжицька	11			Бихівська	11,3
		Карасинська	12,3			Цирська	14,2
		Комарівська	13,3			Зарудчівська	10,9
		Лісівська	12,7			Седлищенська	13,9
		Серхівська	13				
		Троянівська	13,3				
		Черевахівська	13,2				
V. Високий	15,1–25	Маневицька	18,6	Тоболівська	17,6	Судченська сільська рада (с. Березна Воля)	20,4
		Новорудська	17,2	Боровенська	21,1	Залізницька	17,6
VI. Дуже високий	< 25	–	0	Гута-Боровенська	26,7	–	0

Джерело: узагальнено за фондовими матеріалами ВФ ДУ «Інститут охорони ґрунтів України».

Результати проведеного агрохімічного узагальнення засвідчують, що ґрунти характеризуються зниженим вмістом азоту, середньо забезпечені фосфором та мають низький та середній уміст обмінного калію. За показниками ґрунтового розчину (рН) вони віднесені до дуже кислих, кислих та слабо кислих.

Отримані матеріали необхідні для прийняття рішень щодо управління і регулювання радіоактивного забруднення природного середовища та розробки заходів для зниження поглинутих доз місцевим населенням.

## 2. Середньозважені показники вмісту обмінного калію у ґрунтах, мг/100 г ґрунту

Група і клас забезпеченості (за Кірсановим)	K <sub>2</sub> O	Адміністративні райони					
		Маневицький район, 2006 р.		Камінь-Каширський		Любешівський район	
		Сільська рада	K <sub>2</sub> O	Сільська рада	K <sub>2</sub> O	Сільська рада	K <sub>2</sub> O
I. Дуже низький	0–4	–	0	–	0	–	0
II. Низький	4,1–8	Будківська	7,5	Осівецька	5,9	Судченська	8
		Великоведмезька	5,6	Заліська	6,7	Ветлівська	7,4
		Великоосницька	6,2				
		Галузійська	7,7				
		Гораймівська	6,8				
		Городоцька	8				
		Довжицька	6,4				
		Костюхнівська	5,4				
		Красновільська	5				
		Куклинська	6,2				
		Куликовицька	6				
		Лісівська	8				
		Прилісненська	7,4				
		Старочорторійська	6				
		Троянівська	6,4				
		Цмінівська	6,2				
Чорнижська	5,6						
Черевахівська	5,2						
III. Середній	8,1–12	Комарівська	9,6	Боровенська	11,9	Судченська сільська рада (с. Березна Воля)	9,6
		Лишнівська	9,1	Полицька	12,0	Залізницька	10,3
		Новорудська	9,2	Велико-обзирська	13,1	Бихівська	12,2
		Серхівська	11,7	Нуйнівська	9,4	Зарудчівська	9,1
				Пнівненська	11,5	Седлищенська	11,9
IV. Підвищений	12,1–17	Маневицька	13,3			Любешівська	12,3
		Карасинська	14			Хоцунська	12,8
						Березичівська	15,3
						Цирська	15,9
V. Високий	17,1–25	–	0	Гута-Боровенська	25,3		
VI. Дуже високий	< 25	–	0	Тоболівська	29,7	–	

Джерело: узагальнено за фондовими матеріалами ВФ ДУ «Інститут охорони ґрунтів України».

Із метою збереження природно-ресурсного потенціалу зони радіоактивного забруднення Волинської області необхідно проводити комплекс агротехнічних та агрохімічних заходів, які спрямовані на зниження радіоактивного забруднення. До основних заходів належать: спосіб обробітку ґрунту, розміщення культур і вапнування кислих

ґрунтів. Внесення органічних, мінеральних добрив та сорбентів з обов'язковим вапнуванням кислих ґрунтів – один із основних шляхів, який найдієвіше може впливати на блокування радіонуклідів ґрунтовим вбирним комплексом. Перспективами подальших досліджень ґрунтів у зоні радіоактивного забруднення слід вважати: глибше пізнання антропогенних чинників (промислових, сільськогосподарських, радіаційних) вирішення екологічних проблем і поліпшення екоситуацій у забруднених районах Волинської області, реалізацію заходів і проектів із посилення екобезпеки місцевого водо- і ресурсокористування з метою одержання радіаційно чистої продукції.

#### **1.4. Сапропелеві ресурси Волинської області та перспективи їх раціонального використання**

*Ільїн Л.В., Пасічник М.П.*

*Східноєвропейський національний університет імені Лесі Українки*

Озерні сапропелеві відклади значно поширені на території Волинської області. Їх широке й комплексне освоєння відповідно з установленними закономірностями й розробленими рекомендаціями слід розглядати як завдання, яке має важливе економічне значення. За своїм речовинним складом та фізико-хімічними властивостями сапропель має широкий спектр застосування у різних галузях господарства, проте для Волині традиційними напрямками використання є землеробство (органічні добрива, детоксиканти ґрунту, гумінові препарати, тощо) та тваринництво (вітамінно-кормові добавки, ветеринарія).

Сапропель – органо-мінеральні колоїдні донні відклади озера, вміст органічної речовини не менше не менше 15 % (за іншими даними – 30 %), а також неорганічні компоненти біогенного, хемогенного і теригенного характеру. Цінна сировина, яка використовується як ефективне органічне добриво, а деякі різновиди – для мінеральної підгодівлі сільськогосподарських тварин, у будівництві, як лікувальні грязі та ін. [41]. Відмінною рисою сапропелю є його колоїдна структура. Колір сапропелю залежить від органічної речовини та мінеральних домішків. Він засвідчує присутність окремих органічних і неорганічних компонентів: коричневий та бурий колір обумовлений гуміновими сполуками та окисним залізом; чорний – залізом; зелений та темно-оливковий – наявністю хлорофілу та силікатної кислоти; сірий – глини або вапна; блакитнуватий – вівіаніту; рожевий – каротину або марганцю [ 42 ]. Як правило, сапропель не має запаху, лише деякі

<sup>41</sup> Ільїн Л.В. Озерознавство: Укр.-рос. сл. Поняття і терміни. – Луцьк : Ред.-вид. відд. «Вежа» Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2001. – С. 71.

<sup>42</sup> Справочник ресурсів сапропелю України по состоянию на 1.01.1993 г. Кн. 1. Волинская область. – К. : ГП «Севукргеология», 1994 а. – 194 с.

різновиди пахнуть сірководнем. Уміст води у сапропелях може сягати 97 %. Реакція середовища сапропелів – від слабокислої до слаболужної (рН = 4,2–8,2) [43]. Їх фізичні властивості: щільність – 1,4–2,7 г/см<sup>3</sup>; питома поверхня – 1100–3200 м<sup>2</sup>/кг; природна вологість – 72–98 %; об’ємна маса 1090–1170 кг/м<sup>3</sup>; дисперсність – 50–250 мкм; гідролітична кислотність – 30–50 мг. екв/100 г; ємність поглинання – 60–75 мг. екв/100 г; обмінних основ – 90–200 мг. екв/100 г; ступінь насиченості основами – 54–80 [44].

Завдяки високим сорбційним властивостям сапропелі можуть слугувати природною основою для високоефективних комплексних повнокомпонентних добрив, а також складовою частиною різних видів компостів. До прикладу, карбонатні сапропелі мають високу нейтралізуючу здатність і можуть використовуватися для вапнування кислих дерново-підзолистих ґрунтів Українського Полісся [45].

Важливими агрохімічними показниками сапропелю є рН, ступінь насиченості основами, а також забезпеченість елементами живлення. У табл. 1 наведено агрохімічну характеристику основних типів сапропелю.

### 1. Агрохімічна характеристика сапропелю

Тип сапропелю	рН	Гідролітична кислотність	Ємність поглинання	Сума обмінних основ	Ступінь насиченості основами
Органічний	6,2	50,2	75,9	90,3	64,0
	4,6–7,4	17,5–106,0	46,4–114,0	44,9–188,5	29,7–93,1
Кремнеземистий	6,3	39,0	63,4	115,5	69,7
	4,4–7,8	6,1–103,2	5,7–78,9	27,5–415,3	29,5–77,9
Змішаний	7,2	30,8	70,7	195,3	79,6
	5,5–7,8	6,3–69,0	42,9–120,0	24,9–490,6	30,1–98,6
Карбонатний	7,7	–	–	–	–
	7,0–8,2	–	–	–	–

Джерело: дані [46]

Сапропель є цінною мінерально-вітамінною добавкою для всіх сільськогосподарських тварин. При підгодівлі сапропелем у тварин різко знижується захворюваність, збільшуються добові прирости, підвищується молочна продуктивність, зростає жирність молока. Згодовування сапропелю тваринам поліпшує обмін речовин, засвоюваність білкових й інших речовин із концентрованих кормів, у поєднанні з якими його й рекомендують використовувати [ 47 ].

<sup>43</sup> Інструкція по разведке озерных месторождений сапропеля. – М. : Геолторфразведка, 1975. – 67 с.

<sup>44</sup> Металічні і неметалічні корисні копалини України. Т II. Неметалічні корисні копалини / Гурський Д.С., Єсипчук К.Ю., Калінін В.І. та ін. – К. : Центр Європи, 2006. – 552 с.

<sup>45</sup> Лопотко М.З. Сапропелі в сільському господарстві / М.З. Лопотко, Г.А. Евдокимова, П.Л. Кузьмицкий. – Минск : Наука і техніка, 1992. – 216 с.

<sup>46</sup> Шевчук М.Й. Сапропелі України: запаси якості та перспективи використання / М.Й. Шевчук. – Луцьк : Надстир’я, 1996. – 384 с.

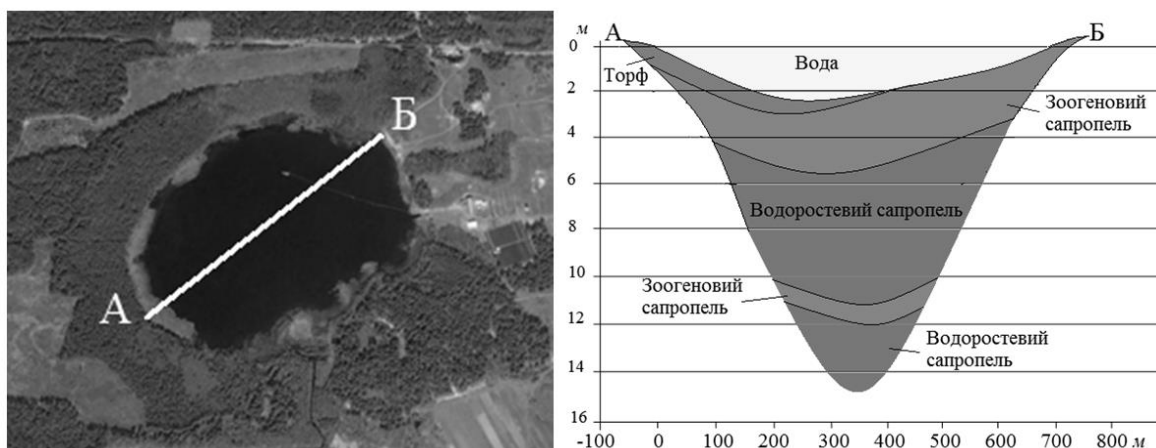
<sup>47</sup> Озерні сапропелі України: Збірник технологій і рекомендацій щодо використання сапропелів, у т. ч. на забруднених радіонуклідами землях, нормативних актів, довідкових матеріалів / За ред. Е.Г. Дегодюка, М.Й. Шевчука. – Луцьк : Надстир’я, 1996. – 188 с.



Нагромаджено значний досвід використання сапропелю як мінерально-вітамінних препаратів для тварин і птахів. Розроблено рецептуру сапропелевих кормових гранул як добавки в раціон тварин [48].

Використання сапропелю вимагає високі вимоги до оцінювання та вивчення сапропелю як сировини для рослинництва та тваринництва. Згідно з вимогами до сапропелевої сировини для виробництва органічних добрив сапропель повинен мати зольність не вище 50 %, уміст азоту не менше 1,5 %, оксиду заліза не більше 10,0 %, оксиду кальцію не більше 12,0 %, триоксиду сірки не більше 3,0 % та кислотність не менше 5,0 рН. Для вапнування кислих ґрунтів необхідною умовою є високий уміст кальцію (більше 12,0 %) [49].

Значно вищі вимоги до сапропелю при виробництві кормових добавок. Уміст залишку після прожарювання при 900 °С повинен бути в межах 5,0–55,0 % на суху речовину, уміст азоту в межах 0,6–0,4 % на суху речовину. Зола сапропелю повинна відповідати наступним вимогам: уміст оксиду кальцію (CaO) в межах 2,0–45,0 % на суху речовину; оксид силіцію (SiO<sub>2</sub>) 2,0–25,0 % на суху речовину; оксид алюмінію (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) в межах 0,1–3,0 % на суху речовину; оксид заліза (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 0,1–5,0 % на суху речовину; оксид магнію (MgO) в діапазоні 0,1–2,0 % на суху речовину; триоксид сірки (SO<sub>3</sub>) від 0,1 до 3,0 % на суху речовину та оксид фосфору (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) в межах 0,1–2,5 % на суху речовину. Сумарна кількість мікроелементів (Mo, Co, V, B, I та ін.) не менше 80,0 мг/кг на суху речовину. Умісти шкідливих речовин: фтор – не більше 0,2 % на суху речовину; арсен, ртуть, олово – не допускаються; свинець – не більше 0,004 % на суху речовину; марганець – не більше 0,03 % на суху речовину; купрум та хром – не більше 0,003 % на суху речовину; кадмій – не більше 0,0005 % на суху речовину; нітрати та нітрیتی – не більше 0,05 мг/кг на суху речовину [50].



**Рис. 1. Схематичний профіль озера по лінії А–Б**

Джерело: дані [51]

<sup>48</sup> Лопотко М.З. Сапропели в сільському господарстві / М.З. Лопотко, Г.А. Евдокимова, П.Л. Кузьмицький. – Мінськ : Навука і техніка, 1992. – 216 с.

<sup>49</sup> Інструкція по развідке озерних месторождений сапропеля. – М. : Геолторфразведка, 1975. – 67 с.

<sup>50</sup> Інструкція по развідке озерних месторождений сапропеля. – М. : Геолторфразведка, 1975. – 67 с.

<sup>51</sup> Льїна О. В. Озеро Прибич: лімнологічно-геохімічний аналіз / О. В. Льїна, М. П. Пасічник // Науковий вісник Херсонського державного університету. Географічні науки. – 2016. – Вип. 5. – С. 75–80.

Сапропель відноситься до поновлюваних природних ресурсів. Процеси його накопичення тривають і в даний час, причому для багатьох водойм регіону вони носять прогресуючий характер, а заповнення улоговини водойм іноді сягають 90 %. На рис. 1 відображено поперечний профіль озера Прибич (Шацький адміністративний район).

Державним балансом запасів корисних копалин в Україні станом на 01.01.2018 р. обліковано 308 родовищ сапропелю (табл. 2), більша половина з яких знаходиться у Волинській області. У Державному балансі родовища сапропелю розподіляються за ступенем промислового освоєння на експлуатаційні, резервні, перспективні для розвідки та охоронні. У першій групі – експлуатаційні, обліковано 3 родовища, які періодично розробляються у Волинській області. ТОВ «Зендер Україна» має спеціальні дозволи на розробку озера Біле в Старовижівському адміністративному районі та озера Прибич у Любомльському адміністративному районі; ТОВ «ДПЗКУ – Українські органічні ресурси» та ТОВ «Волиньсапрофос» – озера Синове в Старовижівському адміністративному районі.

## 2. Розподіл запасів сапропелю в розрізі адміністративних областей

Адміністративна область	Кількість родовищ		Запаси на 01.01.2018 р., тис. т			
	всього	у т. ч., що розробляються	всього		у т. ч., що розробляються	
			A+C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	A+C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>
Волинська	190	3	55067	11296	2221	–
Київська	2	–	1285	–	–	–
Рівненська	37	–	6237	1418	–	–
Сумська	55	–	1505	4981	–	–
Харківська	22	–	–	6456	–	–
Чернігівська	2	–	–	60	–	–
Всього в Україні	308	3	64094	24211	2221	–

Джерело: дані [52]

Балансові запаси сапропелю на родовищах, що розробляються, станом на 01.01.2018 р. за категорією А склали – 2221 тис. т. Раніше на Волині розроблялося до 8 родовищ (Бурків, Колпине, Комлякове, Горіхове, Мисливське, Скомор'є, Синове і Туричанське). Обсяг видобутку складав близько 200 тис. т/рік, проте сапропель добувався тільки для органічних добрив.

За даними [ 53 ] у Волинській області проведено пошуково-оцінювальні роботи й детальну розвідку на 190 озерах, загальною площею 68,02 км<sup>2</sup>. За категоріями A+C<sub>1</sub>+C<sub>2</sub> виявлено 73257,0 тис. т, з них балансові складають 66363,0 тис. т. Детальною розвідкою охоплено 103 родовища сапропелю, пошуково-оцінювальні роботи здійснені на 87

<sup>52</sup> Мінеральні ресурси України. – К. : Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2018. – 270 с.

<sup>53</sup> Справочник ресурсів сапропелю України по состоянию на 1.01.1993 г. Кн. 1. Волинская область. – К. : ГП «Севукргеология», 1994 а. – 194 с.

родовищах; балансові запаси враховані у 16 адміністративних районах області (табл. 3). За походженням переважають змішані види: органо-вапнякові, вапнякові, органо-залізисті і вапняково-залізисті. Загальну кількість балансових запасів такого виду розвідано 42736,0 тис. т, або 65 % від їх усіх запасів. Сапропелів кластогенного типу – органо-піщаних і органо-глинистих, розвідано 14273,7 тис. т (22 %). Найменше поширення в озерах має сапропель біогенного типу. Всього в області розвідано 11882,6 тис. т, або 18 % сапропелю змішано-водоростевого, торф'янистого, зоогенно-водоростевого й діатомового видів.

### 3. Балансові запаси сапропелю за типами у Волинській області

Адміністративний район	Категорія розвідки	Усього, тис. т	Тип сапропелю, тис. т		
			біогенний	кластогенний	змішаний
Володимир-Волинський	кат. А	111,0	–	–	111,0
	кат. С <sub>2</sub>	145,0	–	–	145,0
Горохівський	кат. А	–	–	–	–
	кат. С <sub>2</sub>	38,0	–	–	38,0
Іваничівський	кат. А	1034,0	–	427,0	607,0
	кат. С <sub>2</sub>	586,0	–	–	586,0
Камінь-Каширський	кат. А	2336,7	379,9	1303,9	683,0
	кат. С <sub>2</sub>	428,1	110,2	51,7	266,2
Ківерцівський	кат. А	–	–	–	–
	кат. С <sub>2</sub>	119,0	–	119,0	–
Ковельський	кат. А	2704,3	416,6	369,9	1917,8
	кат. С <sub>2</sub>	184,5	17,0	–	167,5
Локачинський	кат. А	878,0	–	–	878,0
	кат. С <sub>2</sub>	1877,0	–	–	1877,0
Луцький	кат. А	–	–	–	–
	кат. С <sub>2</sub>	37,0	–	–	37,0
Любешівський	кат. А	3486,0	1976,5	72,0	1437,5
	кат. С <sub>2</sub>	1579,8	42,0	1192,6	345,2
Любомльський	кат. А	4086,0	16,0	104,0	3966,0
	кат. С <sub>2</sub>	419,1	46,0	–	373,1
Маневицький	кат. А	1448,5	562	262	624,5
	кат. С <sub>2</sub>	506,5	227,5	146	133
Ратнівський	кат. А	14112,5	1060,9	3577,8	9162,5
	кат. С <sub>2</sub>	676,9	83,0	491,1	102,8
Рожищенський	кат. А	1160,0	22,0	22,0	1116,0
	кат. С <sub>2</sub>	69,5	–	–	69,5
Старовижівський	кат. А	9495,8	845,7	1868,8	6781,3
	кат. С <sub>2</sub>	280,4	49,0	170,9	60,5
Турійський	кат. А	3892,2	26,0	–	3866,2
	кат. С <sub>2</sub>	2162,3	835,0	266,0	1601,3
Шацький	кат. А	9391,3	2811,2	3829,0	2751,1
	кат. С <sub>2</sub>	2374,8	2356,1	–	2032,0

Джерело: дані [54] зі змінами

Найбільше розвіданих родовищ сапропелю знаходиться у поліських,

<sup>54</sup> Ільїн Л. В. Лімнокомплекс Українського Полісся. У 2-х т. Т. 2: Регіональні особливості та оптимізація / Л. В. Ільїн. – Луцьк: РВВ "Вежа" Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2008. – 400 с.

зокрема в Ратнівському, Турійському та Старовижівському районах – 40,8 % від усіх родовищ, а також у Ковельському – 11,0 %, Маневицькому – 10,0 % та Шацькому 9,4 %. Центральна та південна частина області (Горохівський, Іваничівський, Луцький райони) мають значно менше озер і запаси сапропелю в них незначні.

Промислове освоєння родовищ сапропелю потребує кількісного та якісного оцінювання сировини. Рентабельними для освоєння є родовища із запасами більше 100,0 тис. т, площею до 0,5 км<sup>2</sup>, глибиною води до 4,0 м та шаром сапропелю понад 1,5 м. Відомості про різнотипні родовища сапропелю регіону придатного для використання у якості органічних добрив та вітамінно-кормових добавок узагальнено у табл. 4.

#### 4. Агротехнічна характеристика родовищ сапропелю

№	Показник	Прибич (Шацький район)	Гривенське (Маневицький район)	Сільське II (Ковельський район)	Ухо (Ковельський район)	Неретва (Турійський район)	Мале Згоранське (Любомльський район)	Тросне (Маневицький район)	Велике Піщанське (Шацький район)
1.	Площа, км <sup>2</sup>	0,31	0,37	0,18	0,21	0,10	0,31	0,22	0,80
2.	Запаси, тис. т	212,0	581,0	377,0	434,0	184,0	120,0	148,0	410,0
3.	Потужність, м	4,4	5,0	4,6	4,7	4,3	3,4	3,6	3,9
4.	Глибина води, м	1,3	1,0	1,2	1,9	1,3	3,6	1,3	1,1
5.	A <sup>c</sup> , %	18,0	44,0	43,3	43,0	40,3	35,0	39,5	32,8
6.	W, %	94,72	86,99	92,98	84,69	84,81	93,16	92,49	93,04
7.	pH	5,85	7,22	7,55	7,76	6,67	5,62	6,05	6,23
8.	N <sub>ЗАГ</sub>	3,16	2,48	1,90	1,85	2,10	2,92	2,64	2,86
9.	CaO	2,08	17,25	15,99	22,79	22,36	2,02	2,22	2,61
10.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,42	4,64	0,99	1,93	5,69	2,26	2,40	2,67
11.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,14	1,13	0,47	0,30	0,93	0,33	0,15	0,49
12.	S <sub>ЗАГ</sub>	1,38	1,57	0,97	1,21	1,52	1,28	1,41	1,42
13.	K <sub>2</sub> O	0,21	0,08	0,41	0,27	0,05	0,27	0,38	0,33

Джерело: дані [55]

Більшість із наведених родовищ сапропелю (див. табл. 4) мають запаси, які перевищують 100,0 тис. т та площу залягання відкладів до 0,5 км<sup>2</sup>. Реакція середовища таких сапропелів змінюється від слабокислої (оз. Мале Згоранське – 5,62 pH) до слаболужної (оз. Сільське II – 7,55 pH). Природна вологість (W) варіює в широких межах, від 84,69 % (оз. Ухо) до 94,72 (оз. Прибич). Зольність (A<sup>c</sup>) змінюється від 18,0 % у оз. Прибич до 44,0 % у оз. Гривенське. Сапропелі вміщують (на суху речовину): до 22,79 % оксиду кальція (оз. Ухо); до 5,69 % оксиду заліза

<sup>55</sup> Справочник ресурсів сапропелю України по состоянию на 1.01.1993 г. Кн. 1. Волинская область. – К. : ГП «Севкргеология», 1994. – 194 с.

(оз. Туричанське); до 1,13 % оксиду фосфору (оз. Гривенське); до 3,16 % загального азоту (оз. Прибич); до 1,57 % загальної сірки (оз. Гривенське) та до 0,41 % оксиду калію (оз. Сільське II).

На території Волинської області переважають малородючі дерново-підзолисті ґрунти. Ці ґрунти, звичайно, бідні на рухомі форми азоту, фосфору й калію. У підвищенні їх родючості значну роль можуть відіграти зростання видобутку та внесення сапропелів. Наявні поклади мають придатний речовинний склад а технічні умови родовищ (потужність відкладів, глибина їх залягання) цілком достатні для промислового видобутку. Карбонатні відклади озер Гривенське, Неретва, Ухо та Сільське II можуть ефективно використовуватися для вапнування ґрунтів. Сапропелі інших озер доцільно використовувати для виробництва органічних добрив та вітамінно-кормових добавок. Застосування сапропелю у тваринництві збалансує кормовий раціон і сприятиме економії дорогих компонентів (крейда, пшеничні висівки, тощо).

Отже, речовинний склад та основні агротехнічні властивості сапропелю придатні для використання сировини в різних галузях господарства, насамперед, традиційних для Волинської області напрямах – виготовлення органічних добрив та вітамінно-кормових добавок.

### **1.5. Мікробіота ризосфери *Salix sp.* у різних агротехнічних умовах**

*Кривцова М.В., Бобрик Н.Ю., Шимон Л.  
ДВНЗ «Ужгородський національний університет»*

Енергетична верба, як вид з широкими адаптаційними можливостями та широким спектром застосування, займає особливе місце серед енергетичних рослин.

У країнах Євросоюзу використання енергетичних культур набуває дедалі більших масштабів. В Україні також застосовують плантаційне вирощування верби в якості джерела енергії (Київська, Донецька, Івано-Франківська, Волинська, Львівська, Тернопільська та Закарпатська області).

Важливим аспектом вирощування енергетичної верби є можливість її використання в галузі біоремедації. У науковій літературі обґрунтовано можливість використання дерев роду *Salix spp.* для фіторемедації земель, забруднених важкими металами [ 56, 57, 58 ].

---

<sup>56</sup> Watson, C., Pulford, I.D. & Riddell-Black, D.,. Development of a Hydroponic Screening Technique to Assess Heavy Metal Resistance in Willow ( *Salix* ) // International Journal of Phytoremediation. – 2003. – № 5(4). – P. 333–349. <http://dx.doi.org/10.1080/16226510390268739>.

<sup>57</sup> Родькин О.И. Производство возобновляемого биотоплива в аграрных ландшафтах: экологические и технологические аспекты: монография / О.И. Родькин, Минск: МГЭУ им. А.Д. Сахарова, 2011. – 212 с.

<sup>58</sup> Mahar, J., Mahar, M. & Khan, M. Comparative Study of Feature Extraction Methods with K-NN for Off-Line Signature Verification. 2006 International Conference on Emerging Technologies. <http://dx.doi.org/10.1109/icet.2006.335945>.

Вченими доведена важлива роль представників родів *Salix* і *Populus* в самоочищенні екосистем Тиси від Cd [59].

Вербу можна ефективно вирощувати на ґрунтах з підвищеним вмістом свинцю і кадмію, наприклад вздовж дороги чи поблизу промислових об'єктів. Таку деревину можна використовувати в якості біопалива. Колективом французьких вчених [60] також доведена ефективність використання даної культури для стабілізації вмісту свинцю (при застосуванні біовугілля).

Вчені доводять, що акумуляція важких металів представниками роду *Salix* можлива завдяки специфічній ризосферній мікрофлорі. З ризосфери верби *Salix caprea* виділено 44 штами бактерій, стійких до дії Zn і Cd [61].

Доведено, що посадка енергетичної верби на ґрунтах, забруднених важкими металами, позитивно впливає на різноманіття мікробних угруповань та загальну біологічну активність ґрунтів [62, 63, 64, 65].

Проте існує багато повідомлень, що енергетична верба швидко вичерпує запаси мікро- та макроелементів ґрунту [66]. З іншої точки зору, ступінь виснаження земель вербою в 3–5 разів нижча, ніж зерновими культурами, крім того 60–80% поживних речовин повертається в ґрунт з опалим листям [67].

З метою оцінки показників ризосферної мікробіоти енергетичної верби в порівнянні з іншими плодовими культурами та обґрунтування ефективності застосування добрив при вирощуванні *Salix* sp. проведено два паралельні дослідження.

Перше дослідження проведено в межах програми «Шведська енергетична верба» ДП «Голланд Планта Україна» (с. Тарнівці, Ужгородський район, Закарпатська обл.) З метою визначення стану ґрунтової мікробіоти було сформовано 3 моніторингові ділянки: 1 –

---

<sup>59</sup> Забруднювачі та їх впливи на екологічно вразливі екосистеми Верхнього Потисся / [Н. Бойко, Ш. Балажі, Ю. Галас, Г. Коваль, та ін.] / Під ред. Н. Бойко, Ш. Балажі. – Ужгород – Ніредьгаза, 2008. – 380 с.

<sup>60</sup> Lebrun, M. et al. Eco-restoration of a mine technosol according to biochar particle size and dose application: study of soil physico-chemical properties and phytostabilization capacities of *Salix viminalis* // Journal of Soils and Sediments. 2017. Available at: <http://dx.doi.org/10.1007/s11368-017-1763-8>.

<sup>61</sup> Weyens N, Schellingen K, Beckers B, Janssen J, Ceulemans R, van der Lelie D et al. Potential of willow and its genetically engineered associated bacteria to remediate mixed Cd and toluene contamination // J Soils Sediments. – 2013. – № 13. – P. 176–188. DOI: 10.1007/s11368-012-0582-1.

<sup>62</sup> Szili-Kovács, T. et al. Microbial Biomass and Phosphomonoesterase Activity of the Willow (*Salix* sp.) Rhizosphere in a Heavy Metal Polluted Soil // Agrokedmia és Talajtan. – 2006. – № 55(1). – P. 241–250. <http://dx.doi.org/10.1556/agrokem.55.2006.1.26>.

<sup>63</sup> Truu M., Truu J., Heinsoo K. Changes in soil microbial community under willow coppice: The effect of irrigation with secondary-treated municipal wastewater // Article Ecological Engineering. – 2009. – Vol. 35, Is. 6. – P. 1011–1020.

<sup>64</sup> Kuffner, M. et al. Culturable bacteria from Zn- and Cd-accumulating *Salix caprea* with differential effects on plant growth and heavy metal availability // Journal of Applied Microbiology. – 2010. – 108(4) – P. 1471–1484. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2672.2010.04670.x>.

<sup>65</sup> Xue, K., van Nostrand, J.D., Vangronsveld, J., Witters, N., et al. Management with willow short rotation coppice increase the functional gene diversity and functional activity of a heavy metalpolluted soil // Chemosphere. – 2015. – № 138. – P. 469–477.

<sup>66</sup> Gyuricza Cs., Hegyesi, J., Kolhelb N. Rövid vágásfordulójú fűz (*Salix* sp.) energiaültetvény termesztésének tapasztalatai és életciklus-elemzésének eredményei. (Experience drawn from the production of short harvest cycle willow (*Salix* sp.) as energy crop and results of its life cycle analysis) // Növénytermelés. – 2011. – 60(2). – P. 45–65.

<sup>67</sup> Перспективи Вирощування та використання енергетичних культур в Україні. Аналітична записка

БАУ № 10 / Г.Г. Гелетуца, Т.А. Железна, О.В. Трибой. URL: <http://uabio.org/img/files/docs/position-paperuabio-10-ua.pdf>.

контрольна, лучна ділянка в межах підприємства; 2 – ділянка-маточник, насаджена енергетичною вербою (*Salix viminalis*), 3 – ділянка, насаджена яблунями (*Malus sp.*).

Еколого-трофічні групи мікроорганізмів ґрунту визначали методом серійних розведень ґрунтової суспензії з використанням диференційно-діагностичних поживних середовищ [68]. Амоніфікатори враховували на м'ясопептонному агарі (МПА), мікрومیцети – на середовищі Сабуро, актиноміцети та мікобактерії – на крохмаль-аміачному агарі (КАА), бактерії групи кишкової палички – на Ендо, олігонітрофіли – на середовищі Ешбі, педотрофи – на ґрунтовому агарі, целюлозолітичні мікроорганізми – на середовищі Гетчинсона, *Azotobacter* – за методом обростання грудочок ґрунту на середовищі Ешбі. Результати виражали числом КУО на 1 г абсолютно сухого ґрунту.

Спрямованість мікробіологічних процесів у ґрунті визначали за К. Андреюк [69]. Коефіцієнт мінералізації-імобілізації ( $K_{m-i}$ ) розраховували як відношення кількості мікроорганізмів, що виростили на КАА та МПА відповідно. Коефіцієнт педотрофності ( $K_{пед}$ ) розраховували як відношення мікроорганізмів, що виростили на МПА та ґрунтовому агарі.

Статистичний аналіз експериментальних даних проводився за допомогою програмного забезпечення MS Excel 10.0 з використанням аналізу дисперсії (ANOVA). Результати порівняння вибірок оцінювали за допомогою тесту Тьюкі. Відмінності були визнані статистично значущими за  $P < 0,05$ .

В результаті проведення мікробіологічного аналізу ґрунтів були встановлені наступні закономірності. Амоніфікатори значно знижувались порівняно з контролем ( $115,67 \pm 2,83$  КУО/1 г сух. гр.) як при вирощуванні верби  $5,67 \pm 1,45$  КУО/1 г сух.гр., так і яблучних культур ( $10,00 \pm 1,00$  КУО/1 г сух. гр.). Таку ж тенденцію встановлено для ґрунтових актиноміцетів. Їх кількість у контрольних ґрунтах перевищувала аналогічні показники майже у 8 разів (табл. 1).

Зниження мікроорганізмів реєстрували і щодо мікрومیцетів. При цьому достовірне зниження показників реєстрували більшою мірою для яблуні, ніж верби [70, 71].

У випадку целюлозолітичних бактерій, їх кількість достовірно відрізнялась у ґрунті усіх варіантів і була найнижчою за умов вирощування яблуневих культур. Олігонітрофіли теж зменшувались при вирощуванні обох культур порівняно з контролем (до 8 разів – верба і до 16 разів – яблуня).

<sup>68</sup> Методы почвенной микробиологии и биохимии / И.В. Асеева, И.П. Бабьева, Б.А. Бызов [и др.]; под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: МГУ, 1991. – 304 с.

<sup>69</sup> Функціонування мікробних угруповань в умовах антропогенного навантаження / [К.І. Андреюк, Г.О. Іугинська, А. Ф. Антипчук та ін]. – К.: Обереги, 2001. – 240 с.

<sup>70</sup> Kryvtsova, M., Simon, L., Bobryk, N., Timoshok, N., Spivak, N., Doctor, K. The influence of energy willow (*Salix viminalis* L.) cultivation on soil microbiota // Proceedings of Abstracts. Permaculture and organic agriculture. International scientific and practical conference. Uzhhorod, Ukraine. 24–25 February, 2018. P. 23–25.

<sup>71</sup> Kryvtsova, M., Bilak, O., Salamon, I., Bobryk, N., Chycherska, M. Soil microbiota in conditions of growing *Salix viminalis* and *Malus sp.* Матеріали Міжнародної наукової конференції молодих вчених «Регіональні проблеми охорони довкілля». 30 травня–1 червня, 2018, Одеса. С. 8-13.

## 1. Мікробний ценоз ґрунтів за умов вирощування енергетичних та плодкових культур (1 – контроль, 2 – верба, 3 – яблоня)

Варіант досліджу	Кількість еколого-трофічних груп мікроорганізмів, млн. КУО / 1 г абс. сух гр. (M ± m, n = 3)							
	амоніфікатори	мікроміцети	актиноміцети	педотрофи	целюлозолітичні	олігонітрофіли	БКГП	азотфікатори, %
1	115,67± 2,83 <sup>b</sup>	32,33± 1,45 <sup>c</sup>	31,00± 1,53 <sup>b</sup>	29,67± 1,20 <sup>c</sup>	32,33± 1,45 <sup>c</sup>	32,33± 1,45 <sup>c</sup>	3,20± 0,40 <sup>a</sup>	98,89± 1,11 <sup>b</sup>
2	5,67± 1,45 <sup>a</sup>	1,03± 0,15 <sup>a</sup>	4,00± 0,32 <sup>a</sup>	4,53± 0,24 <sup>b</sup>	1,47± 0,09 <sup>b</sup>	4,17± 0,35 <sup>b</sup>	3,20± 0,20 <sup>a</sup>	100,00 ±0,01 <sup>b</sup>
3	10,00± 1,00 <sup>a</sup>	1,73± 0,15 <sup>b</sup>	3,77± 0,22 <sup>a</sup>	2,80± 0,29 <sup>a</sup>	0,40± 0,10 <sup>a</sup>	1,83± 0,20 <sup>a</sup>	32,6± 1,45 <sup>b</sup>	21,11± 2,94 <sup>a</sup>

Примітка: літерами а–с позначено статистично достовірні відмінності кількості мікроорганізмів (P < 0,05).

Джерело: авторські дослідження

При вирощуванні верби та у контролі відсоток азотфіксаторів був високий і становив 98,89–100 %, а у випадку вирощування яблуні їх кількість зменшувалась майже у 5 разів. Одночасно кількість БКГП зростала до 10 разів порівняно з контролем. Найбільшу кількість педотрофів реєстрували в контролі, а при вирощуванні плодкових та енергетичних культур їх кількість знижується в 6–7 разів.

Отримані результати узгоджуються з дослідженнями інших авторів [72]. При мікробіологічному дослідженні карбонатних ґрунтів Київської області при вирощуванні різних енергетичних культур встановлено, що кількість актиноміцетів була меншою за контроль. Проте кількість мікроміцетів перевищувала значення контрольного варіанту (40 тис. КУО/1 г сух. гр.) Кількість амоніфікаторів залишалась приблизно на одному рівні. На основі отриманих результатів автор робить висновок про збагачення ґрунту агрономічно цінними мікроорганізмами та сприяння накопиченню у ньому органічної речовини при вирощуванні різних сортів верби, зокрема гібридних форм.

Визначення спрямованості мікробіологічних процесів у ґрунті за умов антропогенного впливу відносять до важливих завдань мікробіологічного моніторингу [73]. Розраховані коефіцієнти та індекси відображають елементи морфо-функціональної структури мікробних ценозів, а також розкривають спрямованість ґрунтових процесів.

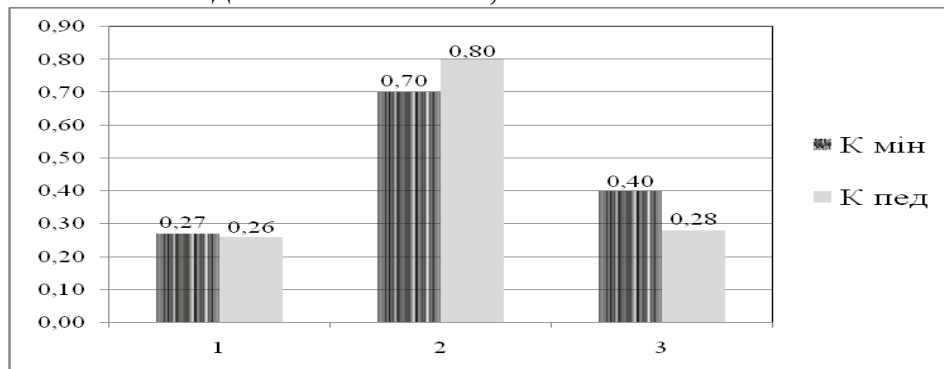
<sup>72</sup> Горелов О.М. Біологічна активність ґрунту енергетичних культур / О.М. Горелов, Н.Е. Елланська, О.П. Юношева, О.О. Горелов, В.М. Віршовка // Наукові доповіді НУБІП України. – 2017. – № 1(65). <http://journals.urau.ua/index.php/2223-1609/article/view/103971>.

<sup>73</sup> Патица М.В. Формування мікробного комплексу чорнозему типового в агроценозі пшениці озимої за різних систем землеробства / М.В. Патица, О.Ю. Колодяжний // Вісн. Полтав. держ. аграр. акад. – 2014. – № 2. – С. 26–33.



Коефіцієнт мінералізації й іммобілізації азоту ( $K_{M-i}$ ) показує інтенсивність процесів мінералізації та засвоєння азотних сполук, а також характеризує рівень напруженості мобілізаційних процесів у ґрунті.

Встановлено, що контрольні ґрунти характеризуються низькими показниками  $K_{M-i}$  (0,27), а отже домінуванням амоніфікаторів (МПА) над іммобілізаторами (КАА) (рис. 1). Низьким виявився і  $K_{M-i}$  у ґрунтах при вирощуванні яблуні. При вирощуванні верби даний показник збільшувався майже вдвічі і становив 0,7.



**Рис. 1. Напруженість мінералізаційних процесів у ґрунтах за умов вирощування плодкових та енергетичних культур:**

1 – контроль, 2 – вирощування верби; 3 – вирощування яблуневих культур.

Джерело: авторські дослідження

Значення коефіцієнта, близькі до одиниці, вказують на збалансованість деструктивних та іммобілізаційних процесів у ґрунті [74]. Тому співвідношення процесів синтезу і розпаду визначає кількісний і якісний склад гумусу, а отже, потенційну родючість ґрунту [75].

Індекс педотрофності ( $K_{пед}$ ) характеризує ступінь засвоєння органічної речовини ґрунту мікроорганізмами, а отже, функціональність структури мікробного ценозу ґрунту. Низькі показники педотрофності свідчать про гальмування мінералізації органічних речовин. Підвищення індексу свідчить про зростання інтенсивності перетворення органічних речовин в ґрунті [76]. У контрольних ґрунтах та при вирощуванні яблуневих культур індекс педотрофності був низький і становив 0,26 та 0,28 відповідно. При вирощуванні верби даний показник становив 0,8, що свідчить про інтенсивний розклад органічної речовини, збалансованість процесів утворення і розкладу гумусових речовин.

Отже, при вирощуванні верби виявлено зниження кількості амоніфікаторів, мікроміцетів, актиноміцетів, целюлозолітичних та олігонітрофільних мікроорганізмів порівняно з контролем. У ґрунті при вирощуванні яблуневих культур кількість мікроорганізмів є вищою,

<sup>74</sup> Минеев В.Г. Агрохимия, биология и экология почвы / В.Г. Минеев, Е.Х. Ремпе. – М. : Госагропромиздат, 1990. – 206 с.

<sup>75</sup> Функціонування мікробних угруповань в умовах антропогенного навантаження / [К.І. Андреюк, Г.О. Іугинська, А.Ф. Антипчук та ін.]. – К. : Обереги, 2001. – 240 с.

<sup>76</sup> Малиновська І.М. Склад мікробних угруповань кореневої зони фітоценозів різного типу / І.М. Малиновська // Мікробіологія і біотехнологія. – 2011. – № 4. – С. 60–68.

проте не перевищує показники контролю. Не зважаючи на знижену кількість деяких фізіологічних груп мікроорганізмів, ґрунт за умов вирощування верби характеризувався високою інтенсивністю мінералізаційних процесів, зокрема процесів трансформації органічної речовини.

Наступне дослідження було проведене на базі Науково-дослідного інституту Ниредьхази. Протягом квітня 2011 р. в умовах польового експерименту вносили добрива різних видів під насадження енергетичної верби (*Salix triandra* x *Salix viminalis* 'Inger'). Контролем слугував ґрунт без внесення добрив. Варіанти удобрення:

- сірчана сечовина (СС) – 100 кг/га сухої ваги з 46 % азоту;
- муніципальний біокомпост (МБК) – 20 т/га, вміст сухої речовини 75–76 %;
- муніципальний компост компонентів стічних вод (МКСВ) – 15 т/га, вміст сухої речовини 48–56 %;
- риолітовий туф (РТ) – 30 т/га, вміст сухої речовини 18 %;
- зола верби (ЗВ) – 300 кг/га, виготовлена в університеті Ниредьхази шляхом спалювання пагонів верби без листків.

Статистично достовірне зростання амоніфікаторів спостерігалось у ґрунті при внесенні МКСВ.

Кількість БКГП при внесенні СС збільшувалась у 2 рази, при внесенні МКСВ – у 2,5 рази, при внесенні МБК – втричі порівняно з контролем. Найменшу кількість бактерій даної групи встановлено при удобренні РТ та ЗВ. Кількість мікроміцетів зростала при внесенні РТ та МБК. При внесенні МКСВ кількість мікроміцетів перевищувала контрольні показники у 4 рази [77].

Кількість актиноміцетів зростала при удобренні ґрунтів МКСВ та МБК. Їх кількість при застосуванні СС та ЗВ достовірно не відрізняється від контрольної ділянки. Значне зменшення кількості бактерій, що містять мінеральні форми азоту, виявлено при використанні РТ (табл. 2).

Кількість педотрофів зростала у ґрунті при використанні СС, РТ і МБК. При удобренні МКСВ їх кількість не відрізнялась від контрольних показників. У ґрунтах експериментальних ділянок не було виявлено значних змін кількості міксобактерій, однак їх достовірне зниження встановлено при удобренні ґрунту ЗВ та МБК.

Кількість олігонітрофілів зменшувалась втричі при удобренні ґрунтів МКСВ, ЗВ та РТ порівняно з контролем. Встановлено, що кількість целюлозолітичних мікроорганізмів знижувалась у випадку застосування МКСВ та РТ порівняно з контролем. У всіх варіантах експерименту було встановлено, що кількість вільноживучих азотфіксуючих мікроорганізмів (*Azotobacter*), рівна 100 %.

---

<sup>77</sup> Kryvtsova, M., Bobrik, N., Kolesnik, A., Simon, L. (2017). Microbiota of upper soil in a long-term open-field fertilization experiment with energy willow (*Salix* sp.). Proceedings of Abstracts. International Conference on Long-term Field Experiments (Ed. Makádi, M.). Nyíregyháza, Hungary. 27–28 September, 2017. P. 42.

## 2. Мікробіоценоз ґрунту з насадженнями верби після застосування добрив

Варіант досліджу	Кількість еколого-трофічних груп мікроорганізмів, млн. КУО / 1 г абс. сух гр. (M ± m, n = 3)							
	амоніфікатори	БКГП	мікроміцети	актиноміцети	педотрофи	міксобактерії	олігонітрофіли	целюлозолітичні
Контроль	2.0± 0.9a	0.5± 0.1b	0.4± 0.1b	2.2± 1.2b	1.6± 0.2a	0.4± 0.1c	3.2± 0.4c	1.2± 0.2d
СС	2.8± 1.3a	1.1± 0.1c	0.2± 0.1a	1.6± 0.1b	8.0± 1.0d	0.3± 0.1ab	2.3± 0.1b	1.5± 0.1e
МБК	2.7± 0.5a	1.5± 0.3cd	0.9± 0.1d	2.9± 0.6bc	5.1± 0.9c	0.2± 0.1a	3.5± 0.2c	2.0± 0.5f
МКСВ	4.5± 1.2ab	1.2± 0.1c	1.7± 0.1f	5.2± 0.9d	2.0± 0.6a	0.3± 0.1c	1.2± 0.2a	0.3± 0.1a
РТ	3.0± 1.7a	0.3± 0.1a	1.2± 0.1e	0.6± 0.2a	4.4± 0.6c	0.4± 0.1cd	1.4± 0.6a	0.6± 0.1b
ЗВ	3.0± 0.9a	0.4± 0.1a	0.5± 0.1c	1.4± 0.1b	2.0± 0.2ab	0.2± 0.1a	1.0± 0.4a	0.9± 0.1c

Примітка: літерами a–f позначено статистично достовірні відмінності кількості мікроорганізмів (P < 0,05).

Джерело: авторські дослідження

У науковій літературі підтверджуються отримані нами результати. Експериментально було доведено стимулюючу активність муніципальних стічних вод на вміст більшості груп мікроорганізмів (на прикладі сіро-коричневих підзолистих ґрунтів) [78]. У випадку повторного удобрення реєстрували підвищення мікробної біомаси, мікробного дихання та ферментативної активності [79].

У разі збалансованості співвідношення між процесами синтезу та розкладання органічних речовин значення індексів мінералізації дорівнює приблизно одиниці. Такі тенденції виявлено для ґрунту контрольної ділянки ( $K_{M-i} = 1,12$ ). Подібні значення реєстрували при внесенні МБК та МКСВ (1,08 та 1,16 відповідно). Наближення даних значень до контрольних співпадає з підвищеним числом актиноміцетів у ґрунтах. При внесенні у ґрунти СС та ЗВ індекс мінералізації знижується вдвічі, РТ – втричі порівняно з контролем.

Індекс педотрофності у контрольному варіанті становив 0,82. У варіантах з МБК та РТ даний показник перевищував контрольний вдвічі, а при внесенні СС – втричі. При використанні МКСВ та ЗВ значення

<sup>78</sup> Joniec J. & Kwiatkowska E. Microbiological activity of soil amended with granulated fertilizer from sewage sludge // J. Elem. – 2012. – № 1. – P. 143–154. doi: 10.5601/jelem.2014.19.1.586

<sup>79</sup> Truu M., Truu J., Heinsoo K. Changes in soil microbial community under willow coppice: The effect of irrigation with secondary-treated municipal wastewater // Ecol. Eng. – 2009. – № 35(6). – P. 1011–1020. doi:10.1016/j.ecoleng.2008.08.010.

індексу педотрофності становили 0,44 та 0,48 відповідно.

За показниками мінералізації в ґрунті варіант удобрення МБК був найближчим до контролю. Отримані результати підтверджуються даними інших авторів. Внесення компосту в ґрунт з плантаціями енергетичної верби проводили для зміни напрямку зв'язків навколишнього середовища та підвищення цілісності і стійкості системи «ґрунт – мікроорганізм – рослина» [80].

Таким чином, на прикладі результатів двох експериментів в умовах різних систем удобрення встановлені наступні особливості розподілу деяких фізіологічних груп мікробного ценозу у ґрунтах:

Найбільш суттєві зміни мікробіоти ґрунту відносно контрольної ділянки були виявлені у випадку використання МКСВ: збільшення кількості кишкових бактерій, амоніфікаторів, мікроміцетів, актиноміцетів, а також зменшення числа олігонітрофілів та целюлозолітичних мікроорганізмів. Зниження інтенсивності мінералізаційних процесів встановлено при використанні РФ та ЗВ.

Встановлено, що при зниженій кількості мікроорганізмів ґрунт за умов вирощування верби характеризується високою інтенсивністю мінералізаційних процесів порівняно з плодовими культурами.

Показана також збалансованість мікробіоценозу ґрунту в умовах вирощування верби лозової (*Salix viminalis* L.). Зокрема, кількість вільноживучих азотфіксуючих мікроорганізмів (*Azotobacter*), які використовуються у біоіндикації і чутливо реагують на техногенне навантаження, становить 100 %.

## **1.6. Енергоефективність вирощування круп'яних культур для виробництва біопалива**

*Нісходовська О.Ю., Марусей Т.В.*

*Подільський державний аграрно-технічний університет*

В умовах сьогодення існує загроза вичерпання природних копалин як основних джерел отримання палива для потреб людства, все більшої актуальності набуває необхідність вирішення проблеми пошуку альтернативних джерел для енергетичних потреб. Основним завданням енергетики нашої держави є пошук та використання альтернативних видів палива, альтернативність яких полягає, передусім в їхній екологічності та відновлюваності. На разі це ускладнюється тим, що ефективність виробництва та використання палива з біомаси поки що є нижчою від ефективності застосування традиційних видів палива.

---

<sup>80</sup> Романчук Л. Д. Стійкість агроценозу енергетичної верби на рекультивованих землях Полісся України Л. Д. Романчук, Л. Б. Борисяк, О. В. Швайка // Вісник ЖНАЕУ. – 2016. – №2 (56), т. 1. – С. 37–43.

Основні чинники це відсутність дієвої державної підтримки розвитку біоенергетики, недостатній розвиток матеріально-технічної бази та брак можливості її покращення, а також залежність цієї ефективності від неринкових цін на традиційне паливо. Тому актуальність дослідження проблеми вирощування круп'яних культур для виробництва біопалива як джерела енергії є надзвичайно високою.

На даний час запаси природного палива в світі значною мірою виснажені, а їх використання стає не вигідним як з економічної, так і з екологічної точки зору. Тому виникає необхідність і можливість освоєння людством енергії відновлюваних джерел, насамперед, накопичуваної рослинами, тобто біоенергії. Поряд з цим, в умовах дефіциту енергоресурсів, все більше уваги приділяється можливості використання енергетичних культур та рослинних решток сільськогосподарського господарства як альтернативних джерел енергії. Інтенсивний розвиток програм виробництва палива з відновлюваних джерел рослинної сировини в економічно розвинених країнах можна розглядати як підготовку їхньої економіки до можливого, в довгостроковій перспективі, дефіциту вуглеводневої сировини для виробництва палива. Світова індустрія різних видів біопалива характеризується наявністю широкого спектру заходів законодавчого та нормативно-правового забезпечення розвитку біоенергетики, а також державних програм, спрямованих на збільшення виробництва біопалива в певній країні. Як наслідок, у світі спостерігається невинне зростання виробництва енергетичних ресурсів з відновлюваних джерел, з-поміж яких значного розвитку набувають енергоносії біологічного походження.

Біомаса є перспективним джерелом енергії як у світі, так і в Україні. На даний час вона займає четверте місце у світі за обсягами її енергетичного використання. Протягом останніх років в Україні спостерігається поступове зростання кількості об'єктів і встановленої потужності для виробництва теплової та електричної енергії з біомаси.

В законодавстві України визначення біомаси як сировини для енергетичного використання міститься в Законі України «Про альтернативні види палива» [ 81 ]: біомаса – невикопна біологічно відновлювана речовина органічного походження, здатна до біологічного розкладу, у вигляді продуктів, відходів та залишків лісового та сільського господарства (рослинництва і тваринництва), рибного господарства і технологічно пов'язаних з ними галузей промисловості, а також складова промислових або побутових відходів, здатна до біологічного розкладу. На такому визначенні біомаси базується формулювання поняття біологічних видів палива (біопалива): тверде, рідке та газове паливо, виготовлене з біологічно відновлюваної сировини (біомаси), яке може використовуватися як паливо або компонент інших видів палива.

---

<sup>81</sup> Про альтернативні види палива : Закон України №1391-VI від 21.05.2009 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14>.

Наша країна має великий потенціал біомаси, доступної для енергетичного використання, має добрі передумови для розширення використання рослинних решток на біопаливо. Енергетична стратегія України до 2030 року передбачає динамічне зростання обсягів використання енергії біомаси в 2015 р. до 5 млн тонн умовного палива (т у. п.), або це 2,5 % від загального енергоспоживання, а в 2030 р. – до 20 млн т у. п. або до 10 % [82]. Використання рослинної біомаси на біопаливо є альтернативою непоновлюваним джерелам енергії. Енергетичний економічно виправданий потенціал знаходиться на рівні 7,05 млн т у. п. рік, що становить 20 % від всього потенціалу біомаси та торфу в Україні. У тому числі на природні кормові угіддя припадає 12 %, плавні і болота – 7 %, нетрадиційні енергетичні культури – 1 %. Незважаючи на те, що проблематичність забезпечення власними енергетичними ресурсами є досить актуальним питанням сьогодення для нашої держави, а прийняті законодавчі та нормативні акти, виробництво та використання біопалива в нашій країні наразі має епізодичний характер, освоєно лише окремими підприємствами і зводиться переважно до постачання біоенергетичної сировини на світовий ринок.

Зважаючи на високу залежність України від імпорتنих енергоносіїв, в першу чергу, природного газу, і великий потенціал біомаси, доступної для виробництва енергії, розвиток біоенергетики є одним із стратегічних напрямків розвитку сектору енергетики.

Економічний потенціал основних сільськогосподарських залишків оцінюється в еквіваленті 14–20 млн т умовної енергії в рік. В цілому ж потенціал біомаси в Україні оцінюється в 15–20 % первинного споживання енергії. Сировиною для виробництва біомаси є солома зернових культур та інші відходи рослинництва (близько 26 млн. т), що використовується як паливо в невеликих котлах, що працюють на соломі, а також в спеціалізованих теплоцентралях; переробка в брикети та гранули (пелети) знаходиться тільки на початковій стадії розвитку; біорозкладні полімери з рослинних матеріалів, що містять целюлозу або крохмаль (кукурудза, цукрові буряки, картопля) і відходи підприємств по переробці сільськогосподарської врожаю зовсім не використовуються.

В Україні щорічно збирається понад 50 млн т зернових культур. У значних обсягах солома і рослинні відходи, як побічні продукти сільськогосподарського рослинництва. Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал твердої біомаси в Україні є еквівалентним 18 млн т н.е., а його використання дає змогу щорічно заощаджувати близько 22 млрд м. куб. природного газу. Найбільший потенціал твердої біомаси зосереджений у Полтавській, Дніпропетровській, Вінницькій та Кіровоградській областях і становить понад 1,0 млн т н.е./рік. Для визначення виходу соломи і рослинних залишків використовують

---

<sup>82</sup> Енергетична стратегія України на період до 2030 р. : Директива Кабінету Міністрів № 145 від 15.03.2006 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://kmu.gov.ua>; [ovu.com.ua/f](http://ovu.com.ua/f).

коефіцієнт відходів – відношення урожаю соломи або стебел рослин до урожаю зерна. За різними оцінками, на кожну тонну зерна можна отримати 1,5–2,0 т соломи або рослинних залишків. 50–60 % соломи пшениці, ячменю, жита використовується для утримання худоби та удобрення ґрунтів, а стебла кукурудзи та соняшнику залишаються на полях після збирання врожаю. Таким чином, в Україні є достатній енергетичний потенціал соломи і рослинних відходів. Значна частина соломи після збирання пресується у тюки, брикети та пелети та використовується для опалення. В табл. 1 наведено дані щодо енергоємності (теплоти згоряння) сільськогосподарської продукції.

### 1. Енергоємність сільськогосподарської продукції

Основна продукція	Q <sub>оп</sub> , МДж/кг	Побічна продукція	Q <sub>оп</sub> , МДж/кг
Зерно пшениці	18,71	Солома пшениці	18,38
Зерно жита	18,30	Солома жита	19,07
Зерно ячменю	18,59	Солома ячменю	17,40
Зерно кукурудзи	19,15	Стебла кукурудзи	18,33
Зерно ріпаку	20,71	Солома ріпаку	15,33
Зерно гороху	18,84	Солома гороху	18,38
Зерно проса	19,70	Солома проса	12,57
Зерно гречки	19,38	Солома гречки	16,75
Зерно вівса	19,01	Солома вівса	18,67
Зерно соняшнику	24,18	Стебла соняшнику	13,70

Джерело: дані [83]

Підвищення ефективності виробництва зерна круп'яних культур можливо досягти лише на основі раціонального використання всіх наявних ресурсів. Перспективних у цьому напрямі є використання соломи та відходів круп'яних культур. Вихід соломи і рослинних відходів визначається за коефіцієнтом відходів, який залежить від урожайності: із збільшенням урожайності коефіцієнт відходів  $K_{від}$  зменшується, що пояснюється збільшенням маси зерна відносно маси стебла. Крім того, солома зернових культур використовується як кормова добавка і підстилка для тварин, а також як органічне добриво для підвищення родючості ґрунтів. Надлишок соломи, доступної для використання, визначають як різницю між виходом соломи та потребами для застосування у тваринництві й для удобрення ґрунтів. Коефіцієнт доступності для енергетичного використання  $K_{ен}$  визначається як відношення надлишку соломи до отриманої її кількості. З метою врахування втрат, які виникають під час збирання урожаю і транспортуванні соломи, введено коефіцієнт втрат  $K_{втр}$ . Отже, енергетичний потенціал соломи або рослинних відходів визначається залежністю:

<sup>83</sup> Клюс С.В. Оцінка енергоефективності вирощування зернових культур для виробництва біопалива / С.В. Клюс // Компрессорное и энергетическое машиностроение. – 2013. – № 3. – С. 12–15. – Режим доступу : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kiem\\_2013\\_3\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kiem_2013_3_5).

$$P_{сол} = B_{зер} \times K_{від} \times (1 - K_{втр}) \times K_{ен} \times Q_n^p, \quad (1)$$

де  $B_{зер}$  – валовий збір зерна, т;  $K_{від}$  – коефіцієнт відходів сільськогосподарських культур;  $K_{втр}$  – коефіцієнт втрат, які виникають під час збирання урожаю і транспортуванні соломи;  $Q_n^p$  – теплота згоряння соломи, т н. е./т.

Проведені розрахунки щодо енергоємності круп'яних культур (вівса, проса, гречки) представлено в табл. 2.

## 2. Потенціал використання біомаси круп'яних культур для виробництва енергії, 2012-2016 рр.

Рік	Валовий збір, тис. т	Урожайність, ц/га	Коефіцієнт відходів	Кількість соломи, тис. т	Коефіцієнт втрат	Коефіцієнт енергетичного використання	Кількість соломи для виробництва енергії, тис. т	Теплота згоряння соломи, ккал/кг	Енергетичний потенціал соломи, тис. т у. п.
<b>Овес</b>									
Рівняння регресії $x = 0,7y + 16,2$									
2012	629,7	20,9	1,48	932,0	0,1	0,4	335,52	3850	1291,75
2013	461,4	19,7	1,52	701,3	0,1	0,4	252,47	3850	972,00
2014	612,5	25,1	1,35	826,9	0,1	0,4	297,68	3850	1146,08
2015	488,5	23,2	1,40	683,9	0,1	0,4	246,20	3850	947,89
2016	499,9	24,0	1,38	689,9	0,1	0,4	248,36	3850	956,20
<b>Просо</b>									
Рівняння регресії $x = 1,5y + 4,5$									
2012	157,4	10,3	1,94	305,4	0,1	0,5	137,43	3000	412,29
2013	99,1	13,2	1,84	182,3	0,1	0,5	82,04	3000	246,11
2014	178,0	18,0	1,75	311,5	0,1	0,5	140,18	3000	420,53
2015	213,2	18,9	1,74	371,0	0,1	0,5	166,95	3000	500,85
2016	189,7	17,6	1,76	333,9	0,1	0,5	150,26	3000	450,77
<b>Гречка</b>									
Рівняння регресії $x = 1,7y + 4,7$									
2012	238,7	8,7	2,24	534,7	0,1	0,8	384,98	3000	1154,95
2013	178,3	10,6	2,14	381,6	0,1	0,8	274,75	3000	824,26
2014	167,4	12,2	2,09	349,9	0,1	0,8	251,93	3000	755,78
2015	132,8	10,0	2,17	288,2	0,1	0,8	207,50	3000	622,51
2016	176,4	11,5	2,11	372,2	0,1	0,8	267,98	3000	803,95

Джерело: побудовано автором за [84]

Отже, солома та рослинні відходи є значним енергетичним ресурсом для України.

У Вінницькій області найбільша частка використання енергії у структурі біопалива та відходів припадає на деревину – 48–78 %, а на

<sup>84</sup> Клюс С.В. Визначення енергетичного потенціалу соломи і рослинних відходів за період незалежності України / С.В. Клюс // Відновлювана енергетика. – 2012. – №. 3. – С. 71–79.



паливні брикети та гранули з деревини та іншої природної сировини – 1–4,6 % (табл. 3.).

### 3. Динаміка та структура енергоспоживання на основі деревної біомаси у Вінницькій області, 2012–2016 рр.

Види палива	Рік				
	2012	2013	2014	2015	2016
1. Дрова для опалення, щільн. м <sup>3</sup>	77784	77111	81782	110566	84335
у % до загального обсягу	78,4	66,2	62,5	63,9	47,7
2. Паливні брикети та гранули з деревини та іншої природної сировини, т	-	106	216	178	214
у % до загального обсягу	-	3,2	4,6	2,9	1,0

Джерело: авторські розрахунки

Структуру відновлюваних джерел енергії у кінцевому споживанні енергії у Вінницькій області представлено на рис. 1.



**Рис. 1. Структура відновлюваних джерел енергії у кінцевому споживанні енергії у Вінницькій області, 2016 р.**

Джерело: побудовано автором за [85]

Таким чином, сьогодні тільки невелика частина існуючого потенціалу реалізується на практиці. Такий розрив між потенційним і фактичним обсягом переробки біомаси в енергію пояснюється рядом проблем таких, як: нерегульований порядок формування тарифів та перехресного субсидування цін для виробництва тепла та електроенергії, відсутність сучасних технологій, брак фінансових ресурсів. Невизначена ситуація склалася з ринком паливної біомаси сільськогосподарського походження, немає жодної організованої форми забезпечення купівлі-продажу тюків соломи, стебел кукурудзи та інших видів агро-біомаси. Споживачі мають самі знаходити виробників й домовлятися з ними або

<sup>85</sup> Вінницька районна державна адміністрація : Офіційний веб-сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.vinrda.gov.ua/index.php/vinnytskyu-rayon>.

навіть самостійно організувати збір та доставку біомаси, що у багатьох випадках викликає значні труднощі.

Отже, Україна має великий потенціал біомаси, доступний для виробництва енергії, та інші передумови для успішного розвитку сектору біоенергетики. Енергетичний потенціал соломи зернових і зернобобових культур в Україні є досить високим і знаходиться на рівні 947,89–1291,754 тис. т. у. п. та тис. залежить від обсягів виробництва зерна. На величину енергетичного потенціалу найбільше впливають територіальні особливості областей. Нами досліджено потенційні можливості для отримання біопалива з соломи в середньому за 2012-2016 рр., які сконцентровано у Вінницькій області. Саме в цій області зосереджено найбільша частка технічно-доступного енергетичного потенціалу соломи сільськогосподарських культур. Це в свою чергу дозволить суттєво покращити енергетичну безпеку держави, зменшивши таким чином її залежність від імпортних енергоносіїв.

### **1.7. Агрокліматична оцінка впливу осінньо-зимового періоду на продуктивність озимої пшениці**

*Польовий А.М., Божко Л.Ю., Крисак О.О.  
Одеський державний екологічний університет*

Озима пшениця – провідна культура в Україні. Її висівають в середньому на площі 6,5 млн га (в деякі роки до 9,5 млн га) або на 40 % площі всіх зернових культур.

Найважливішим регіоном виробництва озимої пшениці в Україні є Степова зона, де її посіви займають близько 60 % зернового клину. Значне поширення озимої пшениці в Україні зумовлено її біологічними особливостями та тим, що вона є основним продуктом харчування населення [86].

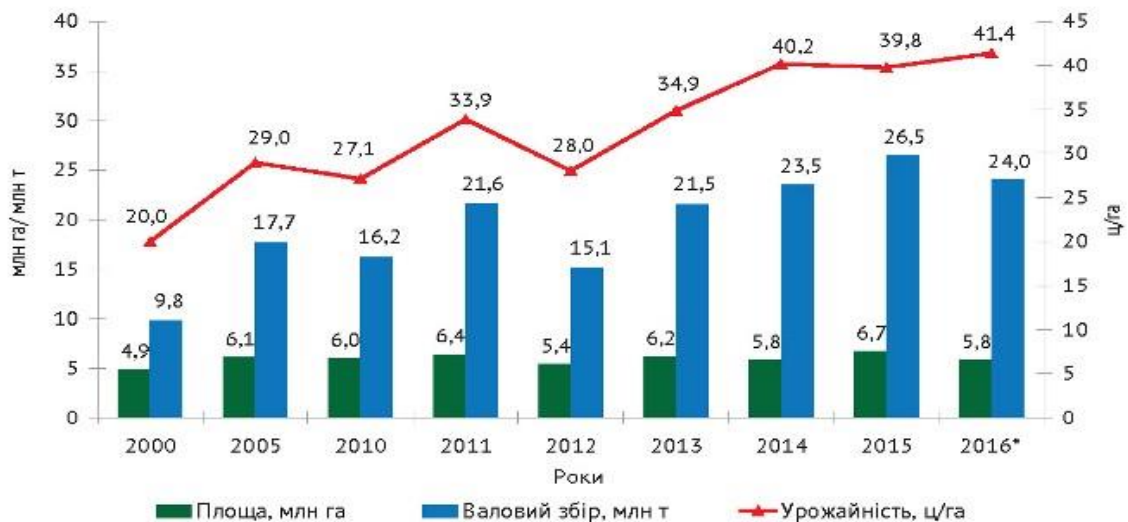
Вирощують пшеницю як в сільськогосподарських підприємствах, так і в господарствах населення. У 2016 р. аграрії зібрали 26,5 млн т зерна з площі 6,7 млн га при середній урожайності 39,8 ц/га (рис. 1) [87].

Великий науковий потенціал в Україні і накопичений виробничий досвід вирощування озимої пшениці сприяють створенню нових сортів, які характеризуються високим біологічним потенціалом продуктивності, проте реалізація цього потенціалу у виробничих умовах досить низька. Сорти з високою потенційною продуктивністю більшою мірою реагують на нерівномірність розподілу абіотичних і біотичних факторів навколишнього середовища, що у свою чергу вимагає високого технологічного забезпечення виробництва [85].

---

<sup>86</sup> Біологія та екологія сільськогосподарських рослин : підручник / В.Д. Паламарчук, І.С. Поліщук, С.М. Каленська, Л.М. Єрмакова. – Вінниця, 2013. – 724 с.

<sup>87</sup> Лозинський М.В. Пшениця [Електронний ресурс] / М.В. Лозинська, О.М. Яковенко. – Режим доступу : [buklib.net/books/30110/Пшениця](http://buklib.net/books/30110/Пшениця).



**Рис. 1. Динаміка виробництва озимої пшениці в Україні**

Джерело: дані Державного комітету статистики України, 2016 р.

Озима пшениця – холодостійка, вимоглива до вологи та ґрунтів культура. Польовий період озимої пшениці в залежності від регіону становить від 270 до 300 днів, при цьому тривалість осінньої вегетації становить 40–50 днів, перезимівлі 120–150 днів, весняно–літньої вегетації – 90–110 днів. Кожен із сезонів перебування озимої пшениці в полі вносить свій внесок у формування її врожайності.

В осінній період розвитку головну роль у формуванні майбутнього врожаю відіграють терміни сівби та умови тепло- та вологозабезпеченості території

Терміни сівби за своїм розподілом у часі поділяються на ранні, середні, пізні та оптимальні. В.П. Дмитренко визначені оптимальні агрокліматичні терміни сівби озимої пшениці для всієї території України, в тому числі і для областей Степової зони: для південних районів Одеської, Миколаївської та більшості території Херсонської області – 25 вересня, для центральних областей Одеської області, північних районів Миколаївської, Херсонської та в цілому для Запорізької області – 20 вересня, для північних районів Одеської області, південних районів Кіровоградської та Дніпропетровської областей – 15 вересня, для північних районів Кіровоградської і Дніпропетровської областей та більшості районів Донецької області – 10 вересня.

Сівба озимої пшениці в оптимальні агрокліматичні терміни забезпечує отримання максимальної урожайності.

Розвиток озимих культур восени залежить від агрометеорологічних умов від сівби до припинення вегетації. До основних агрометеорологічних факторів, від яких залежить стан рослин та швидкість їх розвитку восени відносяться вологість ґрунту, температура повітря та верхнього шару ґрунту. В Степовій зоні України основний вплив на стан озимих зернових культур восени мають такі показники, як запаси продуктивної вологи в період сівби та сума опадів за період активної вегетації.

Осінній період являється важливим періодом в житті озимих культур, оскільки в цей час формуються вегетативні органи, які виконують функцію фотосинтезу, дихання, водообміну. Дуже поганими умовами вважаються такі, при яких у добре розвинених рослин навесні на 10-й день після відновлення вегетації буває менше 50 % пагонів від осінньої їх кількості, поганими – 50–70 %, незадовільними – 70–90 %, задовільними (4) 90–100 % і хорошими (5) – більше 100 % пагонів [88].

Метою дослідження є оцінка агрокліматичних умов осінньої вегетації та перезимівлі озимих культур в Степовій зоні України. При виконанні дослідження в якості вхідної інформації були використані дані багаторічних агрометеорологічних спостережень (1986–2005 рр.) мережі гідрометеорологічних станцій, розташованих в Степовій зоні України.

Для агрокліматичної оцінки умов осінньої вегетації озимої пшениці була використана модель А.М. Польового, яка модифікована і адаптована автором відповідно до біологічних особливостей озимої пшениці [89].

На основі розрахунків за моделлю були розроблені таблиці узагальнюючих характеристик осіннього періоду розвитку озимої пшениці (табл. 1).

**1 – Узагальнюючі агрометеорологічні показники стану культури озимої пшениці на період осінньої вегетації в Степовій зоні України**

Узагальнюючі показники за період вегетації	Області				
	Херсонська	Одеська	Миколаївська	Запорізька	Дніпровська
1. Середня із температур за період, °С	7,9	7,8	7,5	7,4	7,3
2. Сума ФАР, кал/см <sup>2</sup> за період сходи – припинення вегетації	8,042	7,820	7,623	7,521	7,325
3. Тривалість періоду, доба	47	47	45	48	57
4. Сума опадів, мм	65	70	68	70	75
5. Сума ефективних температур вище 5 °С	265	259	254	247	243

Джерело: авторські розрахунки

Як видно із табл. 1 агрометеорологічні умови осіннього періоду були в цих областях приблизно однаковими і характеризувались недостатністю опадів від сівби до припинення вегетації.

Особливості агрокліматичних ресурсів вирощування озимої пшениці визначають темпи формування стеблестою агроекологічних категорій урожайності: потенційно можливої (ПУ), метеорологічно можливої (ММУ), дійсно можливої (ДМУ), та урожаю у виробництві (УВ).

<sup>88</sup> Дмитренко В.П. Погода, клімат і урожай польових культур / В.П. Дмитренко. – К. : Ніка-Центр, 2010. – 620 с.

<sup>89</sup> Польовий А.М. Моделювання впливу змін клімату на формування продуктивності озимої пшениці в Україні / А.М. Польовий, Н.І. Кульбіда, Т.І. Адаменко, В.І. Трофімова. – Санкт-Петербург : Гидрометеозидат, 2005. – С. 191–218.

Узагальнюючі характеристики фотосинтетичної продуктивності озимої пшениці представлені в (табл. 2).

## 2 – Узагальнюючі характеристики фотосинтетичної продуктивності озимої пшениці

Узагальнені характеристики на період осінньої вегетації	Область		
	Херсонська	Одеська	Запорізька
1. Кущистість на рівні ПУ, від.од.	0,436	0,550	0,449
2. Кущистість на рівні ММУ, від.од.	0,436	0,550	0,449
3. Кущистість на рівні ДМУ, від.од.	0,436	0,550	0,449
4. Кущистість на рівні УВ, від.од.	0,436	0,550	0,449
5. ПУ всієї сухої біомаси, ц/га	104,502	165,267	123,345
6. ММУ всієї сухої біомаси, ц/га	36,723	38,601	37,732
7. ДМУ всієї сухої біомаси, ц/га	22,695	28,911	24,732
8. УВ всієї сухої біомаси, ц/га	11,854	19,877	17,447
9. Густина рослин на дату припинення вегетації	792,516	797,359	783,413
10. Кущистість	3,78	3,82	3,80

Джерело: авторські розрахунки

Як видно із табл. 2 кущистість озимої пшениці усіх агроєкологічних категорій урожайності формується майже однаковою. В усіх областях в середньому рослини утворюють більше чотирьох пагонів, особливо в Одеській області. Якщо складатимуться несприятливі умови перезимівлі, то посіви будуть пошкодженими через витрати цукрі перед припиненням вегетації.

Основними причинами пошкодження озимої пшениці взимку найчастіше бувають: вимерзання, випрівання, видування, випирання, вимокання та льодяна кірка. В Степовій зоні України найбільша повторюваність пошкодження озимої пшениці спостерігається від видування, вимерзання та льодяної кірки [90].

Ступінь пошкодження озимої пшениці визначається інтенсивністю та тривалістю дії небезпечних зимових явищ, зимостійкістю і морозостійкістю рослин, які значною мірою залежать від агрометеорологічних умов осінньої вегетації та стану посівів на момент припинення вегетації озимої пшениці восени.

Агрометеорологічні умови впродовж осіннього періоду вегетації впливають на зимостійкість рослин.

Для оцінки умов перезимівлі озимої пшениці в Степовій зоні України модель оцінки агрокліматичних умов була доповнена А.М. Польовим параметрами, що характеризують умови перезимівлі: середня з мінімальних температур повітря за листопад; сума температур нижче 0 °С за листопад-грудень; мінімальна температура повітря за грудень-лютий; максимальна глибина промерзання ґрунту; максимальна висота снігового покриву. Вище наведені параметри дають можливість розрахувати:

<sup>90</sup> Личикаки В.М. Перезимовка озимих культур : монографія / В.М. Личикаки. – М. : Колос, 1974. – 208 с.

1 – кількість рослин на 1 м<sup>2</sup>, завдяки встановлено статистичної залежності:

$$u = 178,68 + 21,735\omega^2 - 0,459\omega, \quad (1)$$

де  $\omega$  – середнє значення запасів продуктивної вологи в пашном шарі ґрунту, мм;

2 – кущистість озимого жита за формулою:

$$Y = 0,0065 \cdot x + 1,0, \quad (2)$$

де  $x$  – сума ефективних температур за період кущистості;

3 – мінімальну температуру на глибині вузла кушіння за допомогою багатфакторного рівняння:

$$T_{\min} = 0,618 \cdot T - 0,082 \cdot H + 0,658 \cdot h^2 - 0,008 \cdot h + 0,0007 \cdot P - 0,366, \quad (3)$$

де  $H$  – глибина промерзання ґрунту, см;  $h$  – висота снігового покриву, см;  $T$  – мінімальна температура повітря, 0 °С;

4 – критичну температуру вимерзання за формулою:

$$T_{kr} = 0,125 \cdot t - 0,00099 \sum T_{n-d} - 15,5, \quad (4)$$

де  $t$  – середня з мінімальних температур повітря за листопад, 0 °С;  $\sum T_{n-d}$  – сума температур нижче 0 °С за листопад-грудень,

5 – коефіцієнт морозонебезпечності:

$$K_{\text{mor-sti}} = \frac{T_{\min}}{T_{kr}}, \quad (5)$$

де  $T_{\min}$  – мінімальна температура на глибині вузла кушіння, 0 °С;  $T_{kr}$  – критична температура вимерзання рослин, 0 °С;

6 – зрідженість озимої пшениці за В.М. Лічікакі [5]:

$$I_z = 47,90 \cdot K_{\text{mor-sti}}^{3,69} \quad (6)$$

де  $K_{\text{mor-sti}}$  – коефіцієнт морозонебезпечності.

Розраховані за моделлю характеристики осінньо-зимового періоду представлені в (табл. 3).

Аналіз розрахунків показав, що коефіцієнт морозонебезпечності по областях Степової зони змінюється мало на протязі досліджуваного періоду і має сталі значення 0,07 для більшості областей Степової зони та 0,08 для Запорізької і 0,10 для Кіровоградської областей. Що до зрідженості озимих навесні то її значення також є сталим для території Степової зони.

Мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кушіння має значення вище критичної температури вимерзання. Отже зрідження посівів за рахунок вимерзання не відбуватиметься.

### 3. Розрахункові характеристики осінньої вегетації та перезимівлі озимої пшениці в Степовій зоні України

Розрахункові характеристики	Області			
	Херсонська	Одеська	Миколаївська	Запорізька
1. Коефіцієнт морозонебезпечності, відн. од.	0,07	00,7	0,07	0,8
2. Зрідженість озимих весною, %	10,5	10,5	10,5	10,9
3. Кількість стебел на 1 м <sup>2</sup> на дату припинення вегетації восени	792,5	787,4	791,4	796,3
4. Кількість стебел на 1 м <sup>2</sup> на дату відновлення вегетації навесні		704,4	708,4	711,3
5. Кількість пагонів кущіння	1,9	1,9	1,9	2,0
6. Кількість рослин на 1 м <sup>2</sup>	417,6	417,5	418,6	416,5
7. Критична температура вимерзання, °С	-15,7	-15,7	-15,7	-15,7
8. Мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння, °С	-10,4	-10,4	-10,8	-11,0

Джерело: авторські розрахунки

Наприкінці ХХ-го та початку ХХІ ст. відзначається значне потепління, спричинене змінами клімату.

Для оцінки змін агрокліматичних ресурсів розвитку озимої пшениці за можливих змін клімату був використаний сценарій *A1B*, регіональна кліматична модель *MPI-M-REMO*, глобальна модель – *ESCHAM5-r3*, як найбільш достовірний на період до 2050 р. [91, 92].

За умов реалізації сценарію *A1B* осіння вегетація озимої пшениці порівняно з середніми багаторічними даними буде проходити в значно пізніший термін (табл. 4). Так, сівба відбуватиметься у другій, третій декадах жовтня, що на 30–40 днів пізніше багаторічних термінів.

#### 4 – Дати настання фаз розвитку озимої пшениці\*

Область	Сівба	Припинення вегетації	Тривалість осіннього періоду
Кіровоградська	12.09/25.10	1.11/25.11	63/31
Одеська	21.09/15.10	21.11/28.11	61/34
Миколаївська	16.09/25.10	18.11/24.11	50/30

\*Примітка: чисельник – за середніми багаторічними даними, знаменник – за сценарієм *A1B*  
Джерело: авторські розрахунки

<sup>91</sup> Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України : монографія / [С.М. Степаненко, А.М. Польовий, Н.С. Лобода та ін.] ; за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. – Одеса : ТЕС, 2015. – 520 с.

<sup>92</sup> Польовий А.М. Оцінка впливу кліматичних змін на сільське господарство України / А.М. Польовий, Л.Ю. Божко, О.О. Дронова // Український гідрометеорологічний журнал. – 2011. – № 8. – С. 84-91.

Аналіз динаміки температури повітря показує, що осіння вегетація озимої пшениці в Степовій зоні України відбуватиметься за умов підвищеної на 1–1,2 °С температури повітря. Підвищення температури повітря сприятиме скороченню тривалості осіннього періоду вегетації. Було проведено порівняння осінньо-зимових умов за період до 2050 р. із середніми багаторічними даними (табл. 5). Для прикладу наводяться дані по Одеській області.

**5 Порівняльна характеристика середніх багаторічних агрокліматичних умов вирощування озимої пшениці в осінньо-зимовий період з розрахованими за сценарієм А1В (Одеська область)**

Період, роки	Період сівба – припинення вегетації				Період перезимівлі			
	Сума температур від 19.IX °С	Сума температур від дати сівби, °С	Середня температура за осінній період, °С	Сума опадів, мм	Сума від'ємних температур, °С	Середня температура найхолоднішої декади	Мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кущіння	Сума опадів, мм
1986-2005	654	654	9,6	83	-55	-1,3	-4,4	108
2011-2050	1039	650	10,5	74	0	2,3	0,5	90
Різниця	+385	-4	+0,9	-11%	+55	+3,6	+4,9	-17%

Джерело: авторські розрахунки

Аналіз розрахунків за сценарієм показав, що умови перезимівлі озимих культур в порівнянні із середніми багаторічними поліпшаться, так як підвищиться середня температура повітря і ґрунту на глибині вузла кущіння на 0,7–0,8 °С.

За відсутності інших причин пошкодження, зимівля озимих культур проходитиме добре. Середній відсоток загибелі рослин озимої пшениці становитиме не більше 3–6 % від загальної посівної площі.

Порівняння середніх багаторічних дат початку відновлення вегетації озимої пшениці по областях Степової зони України із розрахованими за сценарієм показало, що розраховані дати початку вегетації змістяться на рані строки (табл. 6). В цей період за сценарієм температури повітря будуть нижчі ніж в базовий період на 0,5 °С. Кількість опадів від відновлення вегетації до колосіння збільшиться на 16 %. Такі умови весняного періоду сприятимуть доброму розвитку вегетативної маси озимої пшениці.

В період від колосіння до воскової стиглості в усіх областях Степової зони кількість опадів зменшиться на 44–46 % порівняно з базовим періодом. Це зменшить запаси продуктивної вологи в ґрунті і погіршить умови формування продуктивності озимої пшениці.



## 6. Агрокліматичні умови вирощування озимої пшениці у весняно-літній період

Період, роки	Період відновлення вегетації – колосіння			Період колосіння – воскова стиглість			Період відновлення вегетації воскова стиглість		
	Середня температура, °С	Сума температур, °С	Сума опадів мм	Середня температура, °С	Сума температур, °С	Сума опадів, мм	Середня температура, °С	Сума температур, °С	Сума опадів, мм
1986 – 2005	10,1	716	81	19,3	732	78	13,3	1448	159
2011 – 2050	9,6	724	94	19,0	743	43	12,9	1467	137
Різниця	-0,5	+8	+16%	-0,3	+11	-44%	-0,4	+19	-14%

Джерело: авторські розрахунки

Таким чином, очікуване за сценарієм зміни клімату підвищення температури повітря восени і незначне збільшення сум опадів спричинить підвищення рівня посушливості території і, як наслідок, погіршення умов формування зимостійкості озимої пшениці. Крім того, підвищення температури в зимовий період і підвищення сум опадів сприятимуть збереженню озимої від вимерзання та поповненню запасів продуктивної вологи. У весняно-літній період вегетації озимої пшениці за сценарієм очікуватимуться добрі умови тільки на початку весни. Далі різке зменшення опадів в період від колосіння до воскової стиглості призведе до різкого зменшення запасів продуктивної вологи в ґрунті, що спричинить зменшення врожаю.

### 1.8. Структурна організація регіональної екомережі Полтавщини в контексті її розбудови

*Смоляр Н.О.*

*Полтавський національний технічний університет  
імені Юрія Кондратюка*

Розробка наукових основ раціонального природокористування, зокрема й щодо збереження біорізноманіття (як природного, так і агробіорізноманіття) шляхом природозаповідання та в аспекті реалізації й інших сучасних природоохоронних концепцій, стає одним із найбільш пріоритетним напрямом у побудові державної системи управління якістю навколишнього природного середовища.

У Загальнодержавній програмі створення національної екомережі України [93] зазначена необхідність створення екологічного каркасу території, узгодженого з територіальною структурою господарства, розширення системи природоохоронних територій. Таким чином визначено, що основним кроком розвитку цього процесу є формування мережі охоронюваних територій та об'єктів, що дозволить забезпечити функціональну взаємодію об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ), зберегти компоненту цілісність ландшафтів, відновити екологічну рівновагу і сприятиме збереженню та відтворенню біорізноманіття на рівні генетичному, видовому, популяційному, ценотичному, екосистемному та ландшафтному.

Полтавська область, займаючи центральне розташування на території України, знаходиться в межах Лівобережного Лісостепу – найбільш окультуреного регіону України. Про ступінь трансформації та фрагментації рослинного покриву області свідчить висока розораність території (65–85 %) та найменша залісненість (близько 8,5 %) у межах лісостепової зони України.

Напівприродні ценози збереглися досить нерівномірно у різних частинах області на площі від 5 до 14 %. Найбільшій трансформації зазнали типові для регіону лісостепові ландшафти, але окремі їх складові частини (найчастіше на рівні урочищ) збереглися ще в природному стані (переважно фрагменти широколистяних лісів у ярах). Однак, незважаючи на це, в регіоні, як і в цілому в Україні, зберігати природне біорізноманіття дозволяє реалізація природоохоронних концепцій, серед яких – і природозаповідання.

Упровадження ідей раціонального природокористування, відтворення осередків біологічного різноманіття та забезпечення збалансованого розвитку регіону видається можливим також шляхом формування екомережі – єдиної просторової системи, призначеної для поліпшення умов для формування здорового довкілля, підвищення природно-ресурсного потенціалу регіонів України, повноцінного збереження біотичної і ландшафтної різноманітності, місць оселення і зростання рідкісних видів біоти [94].

У контексті розробки Пан'європейської та національної екомереж у кожному регіоні проектується і розбудовуються регіональні екомережі, у тому числі й регіональна екомережа Полтавщини (РЕМ).

Концепція РЕМ, ресурси та етапи її розбудови вперше наведені в наукових публікаціях О.М. Байрак [95, 96, 97]. Проблемні питання

---

<sup>93</sup> Загальнодержавна програма формування національної екологічної мережі України на 2000-2015 рр.

<sup>94</sup> Регіональна екомережа Полтавщини ; [Кол. авторів; за заг. ред. О.М. Байрак]. – Полтава : Верстка, 2010. – 214 с.

<sup>95</sup> Байрак О.М. Концепція регіональної екомережі / О.М. Байрак // Соціально-економічний розвиток України на початку XXI століття : [М-ли VI міжн. наук.-практ. конф.]. – Полтава, 2006. – С. 16–18.

<sup>96</sup> Байрак О.М. Стан проектування та реалізації концепції екомережі на Полтавщині / О.М. Байрак // Природоохоронний рух на Полтавщині : [М-ли всеукр. наук.-практ. конф., Полтава, ПДПУ, 6 червня 2006]. – Полтава : Верстка, 2006. – С. 89–92.

проектування, розбудови, збереження та відтворення біорізноманітності в межах структурних елементів екомережі, перспективи розбудови локальних екомереж (у межах адміністративних районів області) відображені у багатьох подальших наукових публікаціях і узагальнені в монографії «Регіональна екомережа Полтавщини» серії «Екологічна бібліотека Полтавщини» [98].

Для Полтавської області визначено вісім етапів розбудови РЕМ [97]. Чотири з них у процесі виконання заходів природоохоронних екологічних програм реалізовані (вивчення природних особливостей регіону й стану екосистем та оцінка ресурсів, необхідних для розбудови РЕМ; аналіз репрезентативності існуючої ПЗМ області; розробка перспективної РЕМ; визначення екологічних коридорів та природних ядер (біоцентрів) із ключовими територіями.

Ще чотири етапи слід реалізувати: посилення існуючих біоцентрів за рахунок оптимізації ПЗМ та визначення інших складових структурних елементів; розроблення та затвердження програми розбудови РЕМ; координація РЕМ із суміжними регіонами; реалізація програми розбудови РЕМ області.

Згідно Законів України «Про загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі України на 2000-2015 роки», «Про екологічну мережу України», Лісового, Водного та Земельного кодексів України та принципів і методик проектування екомережі [98, 99] першочерговим завданням є визначення й обґрунтування її структурних елементів: біоцентрів, ключових територій, природних ядер, екокоридорів, буферних зон та їх складових.

Результати проведених нами досліджень засвідчують, що на території Полтавської області наявні всі необхідні умови та ресурси для розбудови РЕМ, які розглядаються як складові її структурних елементів.

Важливим ресурсом для цього є об'єкти природно-заповідного фонду загальнодержавного та місцевого значення області, в тому числі: два національні природні парки (Пирятинський, Нижньосульський), п'ять регіональні ландшафтні парки («Диканський», «Кременчуцькі плавні», «Нижньоворсклянський», «Гадяцький», «Кагамлицький»); 176 заказників, 48 заповідних урочищ, 135 пам'яток природи, два дендрологічних парки, один ботанічний сад, 18 парків – пам'яток садово-паркового мистецтва) [100] (табл. 1).

Актуально постають завдання й створення більше 50-ти нових об'єктів ПЗФ в області. В сучасних умовах цей процес гальмується. За

---

<sup>97</sup> Байрак О.М. Сучасний стан та перспективи розбудови регіональної екомережі Полтавської області / О.М. Байрак // Збірник наукових праць Полтавського педагогічного університету. – Серія «Екологія. Біологічні науки». – 2008. – Випуск 7 (63). – С. 99–108.

<sup>98</sup> Шеляг-Сосонко Ю.Р. Концепции, методы и критерии создания экосети Украины / Ю.Р. Шеляг-Сосонко, М.Д. Гродзинский, В.Д. Романенко. – Киев : Фитосоцицентр, 2004. – 143 с.

<sup>99</sup> Формування регіональних схем екомережі (методичні рекомендації) / за ред. Ю.Р. Шеляг-Сосонка. – К. : Фітосоціоцентр, 2004. – 71 с.

<sup>100</sup> Природно-заповідний фонд Полтавщини : Реєстр-довідник / Н.О. Смоляр. – Полтава : ШвидкоДРУК, 2014. – 149 с.

останні роки в області вдалося створити лише декілька об'єктів на незначних площах.

**1. Перелік територій та об'єктів ПЗФ загальнодержавного та місцевого значення, розташованих у Полтавській області, станом на 01.01.2019 р.**

Категорії об'єктів ПЗФ	Об'єкти ПЗФ					
	загальнодержавного значення		місцевого значення		разом	
	кількість	площа, га	кількість	площа, га	кількість	площа, га
<b>Національні природні парки <sup>1</sup></b>	<b>2</b>	<b>22792,62</b>			<b>2</b>	<b>22792,62</b>
<b>Регіональні ландшафтні парки <sup>2</sup></b>			<b>5</b>	<b>53056,45</b>	<b>5</b>	<b>53056,45</b>
<b>Заказники, всього</b>	<b>20</b>	<b>41226,9</b>	<b>156</b>	<b>38154,88</b>	<b>176</b>	<b>79381,78</b>
у тому числі:						
ландшафтні	9	32669,7	50	19244,2	59	51880,2
лісові			3	2373,7	3	2373,7
ботанічні	1	640	38	5148,14	39	5788,14
загальнозоологічні	1	785	7	1614,2	8	2399,2
орнітологічні	2	589,2	2	101,5	4	690,7
ентомологічні			4	167,3	4	167,3
гідрологічні	7	6543	52	9505,84	59	16048,84
<b>Пам'ятки природи, всього</b>	<b>1</b>	<b>145</b>	<b>134</b>	<b>1733,215</b>	<b>135</b>	<b>1878,215</b>
у тому числі:						
комплексні			12	114,52	12	114,52
ботанічні	1	145	108	1563,025	109	1708,025
зоологічні			2	7,42	2	7,42
гідрологічні			3	2,4	3	2,4
геологічні			9	45,85	9	45,85
<b>Заповідні урочища</b>			<b>48</b>	<b>7116,2</b>	<b>48</b>	<b>7116,2</b>
<b>Ботанічні сади <sup>3</sup></b>	<b>1</b>	<b>18</b>			<b>1</b>	<b>18</b>
<b>Дендрологічні парки</b>	<b>2</b>	<b>20,9</b>	<b>1</b>	<b>7,6365</b>	<b>3</b>	<b>28,5365</b>
<b>Парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва</b>	<b>4</b>	<b>442,5</b>	<b>13</b>	<b>179,64</b>	<b>17</b>	<b>622,14</b>
<b>Разом*</b>	<b>30</b>	<b>64645,92</b>	<b>357</b>	<b>100248,0215</b>	<b>387</b>	<b>164893,9415</b>
<b>Фактична площа ПЗФ</b>	<b>30</b>	<b>50958,62</b>	<b>357</b>	<b>91487,9015</b>	<b>387</b>	<b>142446,5215</b>

Примітки: <sup>1</sup> – із урахуванням площ територій та об'єктів ПЗФ загальнодержавного та місцевого значення (3442,1 га та 10230,2 га), які увійшли до складу НПП «Пирятинський» та НПП «Нижньосульський» відповідно;

<sup>2</sup> – із урахуванням площ ландшафтних заказників загальнодержавного значення

«Білецьківські плани» (2980,0 га) та «Лучківський» (1620,0 га), які увійшли до складу РЛП «Нижньоворсклянський» та «Кременчуцькі плавні» відповідно, та площ заповідних територій та об'єктів ПЗФ місцевого значення Гадяцького району, які увійшли до складу РЛП «Гадяцький» (4160,12 га);

<sup>3</sup> – із урахуванням площ ботанічної пам'ятки природи місцевого значення «Дубовий гай» (1 га) та частини заповідного урочища «Заяр'є» (14,0 га), які увійшли до складу Хорольського ботанічного саду загальнодержавного значення;

\* – із урахуванням площ територій та об'єктів ПЗФ загальнодержавного та місцевого значення, які увійшли до складу інших категорій.

Основними причинами виникнення цих проблем, на нашу думку, є недостатня поінформованість і низький рівень екологічної свідомості місцевого населення; недостатня інформаційно-організаційна діяльність із цього питання із землевласниками і землекористувачами; відсутність у територіальних громадах, адміністративних районах служб екологічного забезпечення або хоча б відповідних спеціалістів-екологів та ін.; потреба у фінансуванні заходів щодо охорони та розвитку об'єктів ПЗФ; недостатньо ефективна діяльність у сфері оптимізації ПЗМ області та розбудови регіональної екомережі.

Згідно проекту РЕМ для Полтавської області виділені екокоридори (національні Дніпровський та Галицько-Слобожанський; три регіональні – Ворсклянський, Псільський, Сулинський; дев'ять місцевих – Удайський, Оржицький, Хорольський, Говтвянський, Грунь-Ташанський, Мерлівський, Коломацький, Орчицький, Орільський, які забезпечують в умовах трансформації природного середовища функціонування та розвиток екосистем, міграцію видів), природні ядра із ключовими територіями (репрезентовані об'єктами охорони ландшафтів та біотопів – ландшафтними та гідрологічними заказниками, насамперед, загальнодержавного значення, регіональними ландшафтними парками, заповідними урочищами тощо) [94].

Якщо біоцентри, ключові території, природні ядра та екокоридори різних рівнів для РЕМ Полтавщині визначені й попередньо обґрунтовані, то складові елементи буферної зони потребують вивчення, інвентаризації та обґрунтування з метою включення їх до складу РЕМ. Такими є водні об'єкти (зокрема, гідрологічна мережа річок Ворскла, Псел, Сула та їх приток), ліси I групи віком понад 50 років, ліси водоохоронного призначення, солончаки, піски, яри, балки, курортні та лікувально-оздоровчі території, рекреаційні зони, залишки природної та напівприродної рослинності, сільськогосподарські угіддя (пасовища, сінокоси, лісосмуги, однорічні та багаторічні культури), а також нежитки, закрайки полів, землі органічного землеробства та ін.

У науковій літературі останнім часом усе більше акцентується на поступовому переході від існуючих агроландшафтів із низькою лісистістю до формування нових лісоаграрних ландшафтів як високопродуктивних, біологічно стійких і саморегульованих систем. Вони здатні протистояти руйнуванню ґрунтів, зниженню їх родючості,

оптимізувати структуру угідь, раціоналізувати використання земель. До того ж лісоаграрні ландшафти здатні стати міграційними шляхами, осередками перебування представників біорізноманіття та протистояти деградаційним змінам.

Важливою при цьому може бути екодіяльність щодо закрайків полів [101], якими в умовах Полтавщини виступають: польові дороги, лісосмуги, паркани, живоплоти, лісосмуги, перелоги, яружно-балкові системи, нерозорані кургани та ін. Вони не лише розглядаються як значний резерв біотичного багатства в аграрному ландшафті, але й потенційне джерело біорізноманіття, впливають на динаміку метапопуляцій, розподіл ресурсів агроєкосистем, можуть слугувати коридорами для міграції живих організмів, є біотопами для ворогів сільськогосподарських шкідників, захищають поля від вітрової та водної ерозії.

Виходячи з концепції екомережі, землі сільськогосподарського призначення з добре збереженим ґрунтовим покривом є також важливим її ресурсом в аспекті раціонального використання, відновлення та охорони як еталонів. Такими в регіоні виступають землі органічного землеробства, адже за розширеного відтворення ґрунтової родючості відмова від засобів хімізації не тільки не зменшує врожайність сільськогосподарських культур, але й дозволяє збільшити її, а головне – дозволяє отримати екологічно чисту продукцію і зберігати ґрунти.

Найоптиміальнішим шляхом збереження земель, які використовують для органічного землеробства, є на сьогодні їх природозаповідання, тобто включення до складу природно-заповідного фонду України з відповідним режимом використання та збереження, і до регіональної екомережі як важливих ресурсних природних компонентів. На нашу думку, землі органічного землеробства найкраще забезпечувати охороною у складі національних природних та регіональних ландшафтних парків як об'єктів поліфункціонального призначення, а саме включаючи їх до господарської зони таких парків, де передбачено традиційне раціональне їх використання.

Такі ресурси на Полтавщині знаходяться у користуванні приватного підприємства «Агроєкологія», де впродовж майже сорока років успішно запроваджують технології виробництва екологічно безпечної продукції рослинництва й тваринництва, збереження і розширеного відтворення родючості ґрунту, які об'єднані в єдину систему органічного землеробства [102]. Ці унікальні агроландшафти з еталонними чорноземами потребують охорони в умовах сучасних екологічних ризиків і загроз [103].

---

<sup>101</sup> Костюшин С.В. Розвиток збалансованого сільського господарства та основні шляхи збереження біорізноманіття в агроландшафтах / С.В. Костюшин // Екологічні науки. – 2013. – № 1. – С.136–144.

<sup>102</sup> Писаренко В.М. Система органічного землеробства агроєколога С.С. Антонця / В.М. Писаренко, А.С. Антонєць, Г.В. Лук'яненко, П.В. Писаренко. – Полтава, 2016. – 131 с.

<sup>103</sup> Смоляр Н.О. Землі органічного землеробства як структурний елемент регіональної екомережі Полтавщини / Н.О. Смоляр, С.М. Каюн, О.В.Смоляр // Ефективне функціонування екологічно стабільних територій у контексті стратегії стійкого розвитку: агроєкологічний, соціальний та економічний аспекти : [М-ли II Міжн. наук.-практ. інтернет-конф., м. Полтава, ПДАА, 28 листопада 2018 р.]. – Полтава : ПДАА, 2018. – С. 167–169.

Тому останні десять років на Полтавщині ця ідея реалізується на початковому етапі при розробці концепції створення регіонального ландшафтного парку «Лісостеповий чорноземний».

Згідно з матеріалами попереднього обґрунтування доцільності його створення [ 104 ], територія перспективного парку буде охоплювати заплавні, лісостепові, лучностепові ландшафти з найменш порушеними природними та напівприродними наземними й водними екосистемами Шишацького природного ядра, яке є структурним елементом РЕМ Полтавщини вздовж Псільського регіонального та національного Галицько-Слобожанського екокоридорів.

У цілому, на виконання Закону України «Про природно-заповідний фонд», Закону України «Про екологічну мережу», регіональної програми раціонального використання природних ресурсів та збереження довкілля («Програми охорони довкілля, раціонального використання природних ресурсів та забезпечення екологічної політики з урахуванням регіональних екологічних пріоритетів Полтавської області на період до 2021 року» («Довкілля – 2021») у Полтавській області планомірно здійснюються наукові дослідження та проводяться заходи щодо оптимізації природно-заповідного фонду, об'єкти якого є важливими елементами в структурі екомережі, а також щодо створення нових об'єктів ПЗФ.

За останні двадцять років у Полтавській області за результатами проведеної роботи показник заповідності зріс від 0,8 до 4,95, що є вагомим результатом оптимізації природно-заповідної мережі, який був спрямований на підвищення якісних (репрезентативності та унікальності) та кількісних показників. Якщо екологічні коридори, біоцентри та ключові території проектованої РЕМ в цілому є визначеними і науково-обґрунтованими, то питання визначення буферних зон і відновлюваних територій потребують дослідження і відпрацювання.

До того ж, необхідним організаційним питанням є створення робочої групи із науковців та спеціалістів в галузі проблем біорізноманіття, земельних ресурсів, промислової екології, рекреаційних ресурсів тощо для вирішення різних питань розбудови РЕМ.

Вважаємо за доцільне структурні елементи РЕМ відпрацьовувати на рівні адміністративних районів у тісній співпраці з органами місцевого самоврядування.

Нині проводиться робота з подальшої оптимізації ПЗФ області, насамперед, у районах із низькими показниками заповідності. Результати багаторічних досліджень біорізноманітності Полтавської області засвідчують, що більшість адміністративних районів області мають значні ресурси й можливості для розширення площі ПЗФ: Великобагачанський, Гадяцький, Гребінківський, Козельщинський,

---

<sup>104</sup> Байрак О.М. Ландшафтна, біотична і агроекологічна цінність проектованого регіонального ландшафтного парку «Лісостеповий чорноземний» (Полтавська область) / О.М. Байрак, В.В. Лукіша, К.В. Полянська, М.В. Богомаз // Екологічні науки. Науково-практичний журнал. – 2015. – № 9. – С. 27–34.

Машівський, Полтавський, Решетилівський, Хорольський, Шишацький – до 5; Глобинський, Котелевський, Кременчуцький, Лубенський, Миргородський, Новосанжарський, Оржицький, Пирятинський, Семенівський, Чорнухинський, Чутівський – 6–10; Диканський, Кобеляцький – 15–20.

Пріоритетними завданнями оптимізації ПЗМ є: наукові дослідження; розроблення проектів створення об'єктів та територій ПЗФ; співпраця з органами місцевого самоврядування; природоохоронна просвітницька діяльність через засоби масової інформації (створення та підтримка на телебаченні й радіо тематичних передач, тематичних рубрик у місцевій пресі; виготовлення та поширення поліграфічної продукції на природоохоронну тематику; організація й проведення нарад та семінарів із органами місцевого самоврядування тощо.

Оскільки формування екомережі передбачає зміни в структурі земельного фонду шляхом віднесення частини земель господарського використання до категорій, що підлягають особливій охороні з відтворенням притаманного їм різноманіття природних ландшафтів, важливим для регіону є розробка наукових обґрунтувань їх екологічної безпеки та економічної доцільності в контексті вирішення проблемних питань регіональної екології [105, 106].

Створення РЕМ сприятиме відновленню та підтриманню екологічної рівноваги, в першу чергу лівобережної частини лісостепового регіону України, вирішенню проблем збереження біорізноманітності на видовому, ценотичному, ландшафтному, екосистемному рівнях та важливих еколого-соціальних завдань.

## **1.9. Практичні рекомендації щодо організації змішаних посівів городніх культур за умов органічного землеробства**

*Чайка Т.О., Пономаренко С.В., Міщенко О.В., Тараненко С.В.  
Полтавська державна аграрна академія*

В сучасних умовах розвитку сільського господарства все більше актуальності набуває розвиток і впровадження органічного землеробства, яке можливо за умови поєднання науки та практики. Також, наявність родючих чорноземів у користуванні сільським населенням дозволяє використовувати систему органічного землеробства як для власних потреб, так і для реалізації вирощеної продукції. Це дозволяє нам запропонувати до впровадження у практику

<sup>105</sup> Мамалюк О.А. Реалізація концепції екомережі в регіональному аспекті / О.А. Мамалюк // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2013. – Вип. 1. – С. 60–65.

<sup>106</sup> Довкілля Полтавщини : монографія [за заг. ред. Ю.С. Голика, О.Е. Ілляш]. – Полтава : Копі-центр, 2014. – 256 с.



на невеликих площах організацію змішаних посівів городніх культур за методами органічного землеробства.

Як свідчить практичний досвід урожай, здоров'я та смак овочів можуть бути істотно поліпшені за умови правильного підбору культур для змішаних посівів. Галузь науки, яка досліджує вплив рослин один на одного, називається алелопатія. Так, рослини можуть впливати один на одного прямо або опосередковано [107].

Прямий вплив – здійснюється за безпосереднього сусідства рослин через виділення різних речовин корінням та листям. Листя виділяють леткі речовини (наприклад, сильно духмяні ароматичні трави) або водорозчинні сполуки, які при поливі або дощі змиваються та потрапляють у ґрунт. Коріння виділяє у ґрунт велику кількість водорозчинних органічних сполук, серед них чимало біологічно активних, стимуляторів або інгібіторів росту. Вони поглинаються корінням розташованих поруч рослин і здійснюють на них відповідний вплив.

Кожен вид рослин має свій, особливий, властивий тільки даному виду обмін речовин. Речовини, які не впливають на один вид, можуть позитивно чи негативно діяти на рослини іншого виду.

Так само умовно можна назвати «фізичним» вплив через створення певного мікроклімату, коли вищі рослини створюють часткове затінення та підвищену вологість для рослин нижнього ярусу. Такий захист потребують, наприклад, шпинат і салат, які не люблять сильного перегріву на сонці.

Ще один вид прямої взаємодії можна було б відзначити як «біологічний». Створене на грядці біорізноманіття позитивно впливає на екосистему саду в цілому. Супутні основній культурі рослини дають живлення й укриття «корисним» організмам. Непряма взаємодія рослин здійснюється головним чином через ґрунт. Вплив попередніх рослин на наступні за ними проявляється через зміну властивостей ґрунту, його збагачення або збіднення органічними або мінеральними речовинами, розпушування або ущільнення.

Рослини, що сприятливо впливають на навколишнє середовище в органічному землеробстві, називають динамічними. До них відносяться кропива, ромашка, валеріана, кульбаба, деревій тощо.

Під змішаними посівами мається на увазі одночасне вирощування різних культур на одній грядці (полі). Даний метод передбачає вирощування городніх культур з різним терміном дозрівання, з поверхневою і глибокою кореневою системою, сильною та слабкою потребою в поживних речовинах за умови поступової зміни попередників, проміжних і наступних культур (рис. 1, 2). За рахунок цього ґрунт протягом вегетаційного періоду постійно вкритий рослинністю. У результаті створюються сприятливі умови для ґрунтових процесів і придушення бур'янів. Забезпеченість різних рослин

---

<sup>107</sup> Мороз П.А. Аллелопатія в плодowych садах / П.А. Мороз. – К. : Наукова Думка, 1990. – 206 с.

поживними речовинами збалансована, так як немає одностороннього виносу з ґрунту одних і тих самих поживних речовин.



**Рис. 1. Різноманіття під фруктовим деревом**



**Рис. 2. Приклад суміщення посівів моркви та цибулі**

Поряд з цим відомо, що багато рослин при одночасному обробітку підсилюють ріст один одного, а також підвищують стійкість до комах і грибкових захворювань завдяки специфічним виділенням із коренів і листків. Також відомо, що при цілеспрямованому суміщенні різних видів культурних рослин можна досягти покращення смаку продукції (наприклад: петрушка, посіяна поруч з томатами, надає їм пікантний аромат, або м'ята перцева, що росте між картоплею, надає бульбам особливий аромат, або редис поруч з хрінницею смердючою (*Lepidium campestre*) матиме більш приємний смак, ніж, наприклад, поруч з салатом).

Переваги змішаних посівів городніх культур:

1. Більш раціональне використання наявної ділянки землі.
2. При розумному плануванні змішаних посівів можливе отримання врожаю майже протягом усього року – з ранньої весни до пізньої осені.
3. Різним культурам необхідна різна кількість поживних елементів, тому змішані посіви дозволяють уникнути одностороннього виснаження ґрунту.
4. Різні культури можуть позитивно впливати одна на одну: допомагати справлятися зі шкідниками, захворюваннями та бур'янами, а також покращувати смакові якості.

У літературі зі змішаними посівами існує такий термін, як «рослина-супутник» або «супроводжуюча рослина». Мається на увазі, що у змішаних посівах кожній культурі відводиться своя роль. Одна культура – основна, інша – супроводжує, призначення якої – створити

для основної культури здорову сприятливу середу, захистити ґрунт від бур'янів і висихання, виконавши роль живої мульчі. В якості супроводжуючих рослин найчастіше використовують ароматичні трави, квіти, зелене добриво й іноді інші овочеві культури. Супроводжуючі рослини можуть зіграти також роль додаткової овочевої культури, тобто поки рослини основної, зазвичай повільно дозріваючої культури невеликі за розмірами, проміжки між ними зайняті компактними швидкодозріваючими видами овочів. Коли вони дозріють і будуть прибрані, основна культура підросте й отримає достатньо місця для свого розвитку. У цьому випадку важливо не посадити поруч рослини, що погано поєднуються.

### 1. Сприятлива взаємодія між травами і садово-городніми культурами

Трави	Культури
Базилік ( <i>Basilikum</i> )	Перець, томати
Чорнобривці ( <i>Tagetes patula</i> )	Картопля, троянди, томати
Бурачник лікарський ( <i>Borrago officinalis</i> )	Боби, полуниця, томати, огірки, капуста
Гірчиця ( <i>Sinapis alba</i> )	Боби, виноград, фруктові дерева
Материнка ( <i>Origanum vu lgare</i> )	Боби
Гісоп ( <i>Verbena officinalis</i> )	Капуста, виноград
Кервель ( <i>Anthriscus cerefolium</i> )	Редис
Кропива ( <i>Ulrica urens</i> )	Томати, м'ята
Лаванда ( <i>Lavandula angustifolia</i> )	Боби
Цибуля ( <i>Allium cipka</i> )	Буряк, капуста, салат, полуниця
М'ята перцева ( <i>Mentha piperita</i> )	Капуста, томати
Настурція ( <i>Tropaeolum</i> )	Редис
Кульбаба ( <i>Tarxacum officinalis</i> )	Фруктові дерева
Петрушка ( <i>Petroselinum crispum</i> )	Горох, томати, цибуля порей, троянди, полуниця
Розмарин ( <i>Rosmarinus officinalis</i> )	Боби
Ромашка лікарська ( <i>Chatomilla recutita</i> )	Огірки, цибуля, більшість трав
Деревій ( <i>Achilea millefolium</i> )	Боби, більшість ароматичних трав
Кріп ( <i>Anethum graveolens</i> )	Капуста, цибуля, салат, огірки
Хрін ( <i>Armoracia rusticana</i> )	Картопля, фруктові дерева
Чабер садовий ( <i>Satureja hortensis</i> )	Баклажани, картопля, томати, квасоля кущова
Часник ( <i>Allium sativum</i> )	Троянди, томати, огірки, полуниця, буряк, морква
Шавлія ( <i>Salvia officinalis</i> )	Капуста, морква, полуниця, томати
Естрагон ( <i>Artemisia dracunculus</i> )	Більшість овочів

Джерело: побудовано за даними [108]

<sup>108</sup> Жирмунская Н.М. Хорошие и плохие соседи на огородной грядке / Н.М. Жирмунская. – М. : Информационно-внедренческий центр «Маркетинг», 1995. – 52 с. – Режим доступа : <http://www.theosophy.ru/lib/sosedi.htm>.

Ароматичні трави, чиї листя виділяють велику кількість летючих речовин, для багатьох городніх рослин є добрими супутниками. Так, звичайна кульбаба виділяє велику кількість газу етилену, прискорює дозрівання плодів. Тому її сусідство сприятливо для яблунь і багатьох овочевих культур. Більшість ароматних трав – лаванда, шавлія, гісоп, петрушка, кріп, чабер, чебрець, майоран, ромашка, кервель – добре діють майже на всі овочі. Посаджені на краях грядок або ділянках кропива, валеріана, деревій роблять овочеві рослини більш здоровими та стійкими.

Ступінь сприятливого впливу трав дуже сильно залежить від умов вирощування і може коливатися у достатньо широких межах (табл. 1).

У практиці організації змішаних посівів існують так звані «рослини-захисники», до яких відносяться не тільки ті рослини-супутники, які відлякують комах, а й ті, які, образно кажучи, заплутують їх. Багато комах для харчування відшукують рослини за запахом. Наприклад, так капусту знаходять земляні блішки та капустяна совка. Якщо посадити близько до капусти дуже духмяні рослини, наприклад, чебрець або шавлію або обприскати її екстрактом цих трав, вони заглушать запах капусти, що зменшить її привабливість для шкідників. Ароматичні трави своїм сильним запахом збивають шкідників і захищають городні культури. Тому рекомендується базилік насаджувати поблизу бобів для захисту від бобової зернівки, часник – поблизу троянд для захисту від попелиць, петрушку – поблизу спаржі.

Однак, дія трав виявляється не завжди однаково. При використанні ароматичних трав з цією метою потрібно пам'ятати про конкуренцію між рослинами. Щоб трави не розросталися та не заглушали основну культуру, їх слід висівати рідкісними вкрапленнями в її ряди або по краях грядок у вигляді облямівки. Треба мати на увазі, що результатом захисної дії рослин в змішаних посівах ніколи не буде повне зникнення шкідників, можна чекати тільки скорочення їх чисельності (табл. 2).

Доцільно зазначити, щоб присадибна ділянка (город, сад) стала єдиним живим організмом, як того вимагає органічне землеробство, у ній має співіснувати якомога більше різноманітних видів рослин. Причому це повинні бути не тільки овочеві та плодові культури, а й трави, квіти і незначна кількість бур'янів. Це означає, що при створенні присадибної ділянки треба думати не тільки про їжу для людини, але й про їжу та притулок для корисних комах і дрібних тварин. Рослина, яка служить їжею і притулком корисним кохам, називають рослиною-нянькою. Обов'язкова особливість саду – живоплоти із чагарників. Вони приваблюють птахів і захищають сад від вітру.

Рослини-няньки можна розташовувати на краях саду або ділянок з овочами. Слід підбирати такі види рослин, які квітнуть довго, змінюючи одна одну. Для цього підходять чорнобривці, алісум, пижмо, ромашка, маргаритки. Тривалий час цвітуть чабрець, лаванда, гісоп, базилік, розмарин, материнка. Їх можна використовувати як бордюльні рослини.

## 2. Рослини, що мають відлякуючу дію

Шкідники	Рослини
Білокрилка	Настурція ( <i>Tropaeolum maius</i> ), м'ята перцева ( <i>Mentha piperita</i> ), чебрець ( <i>Thymus vulgaris</i> ), полин гіркий ( <i>Artemisia absinthium</i> )
Білявка капустиана	Селера ( <i>Apium graveolens</i> ), томати, м'ята перцева ( <i>Mentha piperita</i> ), шалфей ( <i>Salvia officinalis</i> ), полин гіркий ( <i>Artemisia absinthium</i> )
Блішки земляні	Котовник ( <i>Nepeta cataria</i> ), м'ята перцева ( <i>Mentha piperita</i> ), полин гіркий ( <i>Artemisia absinthium</i> ), тютюн ( <i>Nicotiana</i> ), пижмо ( <i>Pyretrum vulgare</i> ), салат листовий ( <i>Lactuca sativa</i> )
Гусениці капустниці	Кріп ( <i>Anethum graveolens</i> ), часник ( <i>Allium sativum</i> ), герань ( <i>Geranium</i> ), гісоп ( <i>Hyssopus officinalis</i> ), м'ята перцева ( <i>Mentha piperita</i> ), настурція ( <i>Tropaeolum maius</i> ), цибуля ( <i>Allium cipka</i> ), шавлія ( <i>Salvia officinalis</i> ), пижмо ( <i>Pyretrum vulgare</i> ), чебрець ( <i>Thymus vulgaris</i> ), полин лікарський ( <i>Artemisia absinthium</i> )
Жук колорадський	Котовник ( <i>Nepeta cataria</i> ), коріандр ( <i>Coriandrum sativum</i> ), настурція ( <i>Tropaeolum maius</i> ), цибуля ( <i>Allium cipka</i> ), календула ( <i>Calendula officinalis</i> ), пижмо ( <i>Pyretrum vulgare</i> ), хрін ( <i>Amnoriacia lapathifolia</i> ), квасоля овочева ( <i>Paseolus vulgaris</i> ), яснотка біла ( <i>Lamium album</i> )
Мурахи	М'ята перцева і колосова ( <i>Mentha piperita</i> ), пижмо ( <i>Pyretrum vulgare</i> ), полин гіркий ( <i>Artemisia absinthium</i> ), лаванда ( <i>Lavandula angustifolia</i> )
Муха капустиана (личинки)	Часник ( <i>Allium sativum</i> ), чорнобривці ( <i>Tagetes patula</i> ), редис ( <i>Raphanus sativus</i> ), шавлія ( <i>Salvia officinalis</i> ), полин гіркий ( <i>Artemisia absinthium</i> )
Муха морквяна	Салат ( <i>Lactuca sativa</i> ), цибуля-порей ( <i>Allium porrum</i> ), цибуля ( <i>Allium cepa</i> ), розмарин ( <i>Rosmarinus officinalis</i> ), шавлія ( <i>Salvia officinalis</i> ), тютюн ( <i>Nicotiana</i> ), полин гіркий ( <i>Artemisia absinthium</i> )
Плодожерка яблунова	Полин гіркий ( <i>Artemisia absinthium</i> ), часник ( <i>Allium sativum</i> )
Попелиці	Котовник ( <i>Nepeta cataria</i> ), коріандр ( <i>Coriandrum sativum</i> ), фенхель ( <i>Foeniculum vulgare</i> ), часник ( <i>Allium sativum</i> ), чорнобривці ( <i>Tagetes patula</i> ), гірчиця ( <i>Sinapis arvensis</i> ), настурція ( <i>Tropaeolum maius</i> ), м'ята ( <i>Mentha</i> ) і більшість ароматичних трав
Цикадка	Герань ( <i>Geranium</i> ), петунія ( <i>Petunia hybrida</i> )
Нематоди	Бархатці ( <i>Tagetes patula</i> ), календула (нагітки) ( <i>Calendula officinalis</i> )
Слимаки, равлики	Фенхель ( <i>Foeniculum vulgare</i> ), часник ( <i>Allium sativum</i> ), розмарин ( <i>Rosmarinus officinale</i> ), петрушка ( <i>Petrozelinum hortense</i> ), кора дуба
Миші	Полин гіркий ( <i>Artemisia absinthium</i> ), часник ( <i>Allium sativum</i> ), чина ( <i>Lathyrus sativus</i> )
Кроти	Рицина ( <i>Ricinus communis</i> ), нарциси ( <i>Narcissus</i> )

Джерело: побудовано за даними [109]

До одних з кращих «супутників», «захисників» і «няньок» відносяться: кульбаба лікарська (*Taraxacum officinale*), валеріана лікарська (*Valeriana officinalis*), деревій звичайний (*Achillea millefolium*), ромашка лікарська

<sup>109</sup> Карбелашвили З. Основи біохозяйствования : Учебное пособие для фермеров / З. Карбелашвили. – Грузия : Из-во «Элкана», 2009. – 88 с.

(*Chamomila officinalis*), меліса лимонна (*Mellissa officinalis*), чебрець (*Thymus vulgaris*), материнка (*Origanum vulgare*), календула (*Calendula officinalis*), рицина звичайна (*Ricinus communis*), полин гіркий (*Artemisia absinthium*), рутка лікарська (*Ruta graveolens*), огіркова трава (*Borrago officinalis*), лаванда (*Lavandula angustifolia*), розмарин (*Rosmarinus officinalis*), шавлія (*Salvia officinalis*), гісоп (*Hyssopus officinalis*), глуха кропива (*Lamium album*), чорнобривці (*Tagetes patula*), м'ята (*Mentha piperita*), осот жовтий (*Sonchus arvensis*).

В той же час, існують рослини, які конкурують або заважають іншим (табл. 3). Так, кореневі виділення деяких рослин мають специфічну гальмуючу дію тільки на певний вид рослин. Наприклад, шавлія не уживається з цибулею, ріпа страждає від сусідства сухоребрика лікарського і гірчака пташиного (споришу), чорнобривці погано впливають на боби, полин гіркий – на горох і боби, пижмо – на капусту листову, лобода – на картоплю.

### 3. Рослини, що мають обмежену сумісність з іншими або негативний вплив

Трави	Культури
Аніс ( <i>Anisum vulgare</i> )	Морква
Гірчиця ( <i>Sinapis</i> )	Ріпа
Гісоп ( <i>Hyssopus</i> )	Редис
Коріандр ( <i>Coriandrum sativum</i> )	Фенхель
Полин гіркий ( <i>Artemisia absinthium</i> )	Більшість овочів
Рутка лікарська ( <i>Ruta graveolens</i> )	Базилік, капуста, шавлія
Кріп ( <i>Anethum graveolens</i> )	Морква, томати
Фенхель ( <i>Foeniculum vulgare</i> )	Боби, перець, томати, квасоля кущова, кмин, шпинат
Часник ( <i>Allium sativum</i> )	Боби, горох, квасоля, капуста
Цибуля ( <i>Allium cepa</i> )	Боби, горох, шавлія
Шавлія ( <i>Salvia officinalis</i> )	Цибуля

Джерело: побудовано за даними [108]

Є види рослин, які виділяють речовини, що погано переносяться більшістю інших видів. Прикладом є волоський горіх, який виділяє речовину юглон, що гальмує ріст більшості овочів, азалій, рододендронів, ожини, півоній, яблунь. Близьке сусідство полину гіркого також небажано для більшості овочів.

Серед овочевих рослин також є несумісність, або, як кажуть, «асоціальний», вид, що погано діє на більшість культурних рослин. Наприклад, фенхель негативно впливає на томати, кущову квасолю, кмин, горох, боби і шпинат. Деякі сегетальні бур'яни не просто конкурують з ними за воду і живлення, а і пригнічують їх своїми виділеннями. Пшеницю озиму пригнічує велика кількість рослин маку та триреберника непахучого, ріпак – сухоребрика лікарського та гірчиці польової. Жито навпаки, саме гальмує зріст бур'янів, і якщо його висівати два роки поспіль на одному місці, то на цьому полі зникне пирій. Інші культурні рослини також здатні

гальмувати зріст бур'янів (наприклад гірчиця). З них намагаються виділити речовини, що відповідають за цю дію, щоб на їх основі створити екологічно безпечні гербіциди.

Яскравим прикладом негативної взаємодії можуть стати відносини між конюшиною і всіма рослинами з сімейства хрестоцвітних. У їх корінні утворюється речовина ранункулін, що навіть у надзвичайно низьких концентраціях пригнічує зріст бульбочкових бактерій і тому робить ґрунт непридатним для вирощування конюшини.

Є достатньо прикладів, коли велика кількість бур'янів одного виду пригнічує культурні види рослин, а мала їх чисельність стимулює ріст. Такі рослини рекомендується висаджувати на краях грядок з овочевими культурами, але тільки у невеликих кількостях. Це стосується глухої кропиви, еспарцету, валеріани, полину гіркого, деревію. Також досить сильний вплив на культурні рослини мають пирій повзучий, лобода біла, щавель кінський. Кореневі виділення пирію особливо сильно пригнічують кукурудзу.

Доцільно зазначити, що змішані посіви являють собою тільки поєднання на одній грядці різних культур. Одне з їх призначень – отримання свіжих овочів рівномірно протягом усього сезону. А це досягається використанням культур з різними термінами не тільки дозрівання, але і посіву, або, як їх називають, послідовними посівами. На одній грядці протягом одного сезону вводять короткоротаційну 3-пільну сівозміну, що включає попередню культуру, основну і наступну. Найбільш сприятливі умови для короткоротаційної сівозміни у районах з теплим кліматом і тривалим вегетаційним періодом (з березня по листопад). Але і в більш холодному кліматі короткоротаційні сівозміни можна застосовувати, якщо основну або наступну культуру попередньо підрощувати в розпліднику або вирощувати у вигляді розсади, скорочуючи таким чином час її перебування на грядці. Можливо також у міжряддя ще не прибраної попередньої культури висівати або висаджувати розсаду наступної. Її молоді рослини не вимагають багато місця і можуть деякий час рости під покровом попередньої культури до її збирання. Коли грядка звільниться, рослини основної культури вже встигнуть добре укорінитися і швидко будуть зростати.

Отже, можна виділити основні правила послідовності розміщення городніх культур:

1. Основна культура, що вимагає багато часу на дозрівання, може повертатися на одну грядку не раніше, ніж через три роки. Для моркви, буряка, гороху, огірків і петрушки цей термін збільшується, так як вони погано реагують на власні кореневі виділення.

2. Основну культуру можна повернути на колишню грядку раніше, якщо після неї будуть висіяні зернові культури (пшениця, жито, овес) або сидерати.

3. Попередні та наступні культури з коротким терміном дозрівання не повинні слідувати одна за одною.

4. Овочі однієї родини не повинні слідувати один за одним на одній грядці ні у короткоротаційній (протягом сезону), ні у звичайній сівозміні. Особливо суворо цього правила слід дотримуватися відносно овочів з родини лободових, оскільки вони дуже чутливі до власних кореневих виділень.

5. Якщо грядка добре удобрена компостом або перепрілим гноєм, то на ній доцільно вирощувати усі види капусти, селери, цибулі-порею, огірків і томатів, а на грядках, що не удобрені гноєм, – менш вимогливі культури: коренеплоди, цибулю, бобові.

Важливо знати, скільки часу кожна культура може займати своє місце на присадибній ділянці та скільки вона потребує простору, світла і живлення в різні періоди зростання (табл. 4).

#### 4. Сумісність різних культур

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1. Квасоля	■	•	•	X	X	0	X	0	*	*	*	0	*	*	*	•	•	*	*	•
2. Картопля	и•	■	Н•	0	0	0	0	•	X	X	X	0	0	0	X	0	0	*	0	X
3. Кукурудза	•	*	■	0	0	0	0	0	X	•	X	0	0	X	0	0	*	•	X	X
4. Цибуля	X	0	0	■	0	0	0	*	0	0	*	•	0	X	0	*	0	*	*	0
5. Часник	X	0	0	0	■	*	0	0	0	*	*	*	0	X	0	*	0	0	•	0
6. Петрушка	0	0	0	0	*	■	0	*	*	•	0	0	*	0	0	0	0	X	0	0
7. Кріп	X	0	0	0	0	0	■	0	0	X	0	X	0	*	0	•	0	•	0	0
8. Шпинат	•	•	0	*	0	*	0	■	0	•	•	0	*	*	0	0	0	0	*	0
9. Селера	*	X	X	0	0	*	0	0	■	*	*	0	0	•	0	*	0	*	0	0
10. Томати	•	X	•	0	*	•	X	•	*	■	0	*	*	*	X	0	0	*	0	0
11. Буряки	*	X	X	*	*	0	0	•	*	0	■	0	0	*	0	*	0	*	0	0
12. Морква	0	0	0	•	*	0	X	0	0	*	0	■	*	X	0	0	0	*	0	0
13. Редька	*	0	0	0	0	*	0	*	0	*	0	*	■	*	0	X	0	•	*	0
14. Капуста	*	0	X	X	X	0	*	*	•	*	*	X	*	■	0	*	0	•	*	X
15. Баклажани	*	X	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	■	0	X	•	0	0
16. Огірки	•	0	0	*	*	0	•	0	*	0	*	0	X	0	*	■	0	*	0	0
17. Кабаки	•	0	*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	■	0	0	0
18. Салат	*	*	•	*	0	X	*	0	*	*	*	*	•	•	0	*	0	■	*	0
19. Суниця содова	*	0	X	*	•	0	0	*	0	0	0	0	*	*	0	0	0	*	■	0
20. Виноград	•	X	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X	0	0	0	0	0	■

Примітки: «•» – дуже хороша; «0» – нейтральна; «\*» – хороша; «X» – погана.

Джерело: побудовано за даними [108]

В той же час, у сумісних посівах рослин однієї біологічної родини неминує виникає конкуренція за воду, світло та мінеральне живлення. Щоб звести цю конкуренцію до мінімуму, необхідно суворо дотримуватися принципу додатковості. Це означає, що на одній грядці повинні бути розміщені рослини із різними вимогами до світла, живлення та просторової ізоляції. Такий порядок розміщення рослин



умовно можна назвати принципом додатковості, який характеризується наступними правилами [110, 111, 112, 113]:

1. Поєднувати види з високою та низькою потребою у живленні. Основна культура зазвичай вибаглива і розташовувати її необхідно посередині грядки, де вона має кращі умови для живлення. Супутня культура менш вимоглива, їй відводяться країни грядки або міжряддя.

2. Розташовувати поруч рослини з глибокою і розгалуженою кореневою системою. Вони поглинають елементи живлення з різних шарів ґрунту (табл. 5).

### 5. Глибина проникнення коренів основних овочевих культур

Глибока (стрижнева) коренева система (1 м і більше)	Розгалужена (мичкувата) коренева система (90-60 см)
Баклажани	Бруква
Бобові (крім гороху)	Валеріана
Капуста білокачанна, листовая, савойська	Горох
Цибуля-порей	Диня
Мангольд	Картопля
Морква	Кольрабі
Кульбаба	Крес-салат
Пастернак	Кукурудза
Перець	Цибуля ріпчата
Редька	Цибуля-шалот
Буряки	Огірки
Селера коренева	Петрушка
Спаржа	Редис
Томати	Салат качанний
Гарбуз	Селера листовая
Квасоля	Шпинат
Хрін	Шніт-цибуля
Цикорій саланий і озимий	
Чорнокорінь	

Джерело: побудовано за даними [109]

3. Поєднувати рослини, що відрізняються за формою і потребою в площі, тим самим зменшуючи їх конкуренцію за світло (табл. 6). Великі розлогі рослини основної культури суміщають з більш дрібними компактними рослинами додаткової культури, яка зазвичай розташовується в міжряддях основної.

4. Поєднувати різні за висотою рослини. Деякі культури чутливі до впливу вітру. Їх стан значно покращиться, якщо вони захищені від вітру рядами високих рослин (наприклад, боби, кукурудза).

<sup>110</sup> Haase M. Mischkulturen, Huegelbeet und Hochbeet. — Stuttgart, Ulmer, 1988. — 126 S.

<sup>111</sup> Hills L. O. Organic gardening. Penguin Books. — London, 1977. — 240 p.

<sup>112</sup> Howard M. Rezepte fuer Mischkultur. // Kraut und Rieben. 1989. N2. S. 85—89.

<sup>113</sup> Hubmann I. Beispiele von Gemuesemischkulturen auf einem 1 m breiten Beet, nach Dr. I. W. Hubmann, Berlin. // Der Gartenbau. 1977. B. 98, N 10. S. 395—396; N 12. S. 497—500; N 22. S. 970—972; 1979. B. 100. N 16. S. 719—720.

## 6. Форми рослин овочевих культур

Рослини, які вимагають багато місця	Компактні рослини
Баклажани	Горох
Бобові усіх видів, крім гороху	Кольрабі
Диня	Цибуля усіх видів
Капуста усіх видів, крім кольрабі	Мангольд
Кукурудза	Морква
Огірки	Пастернак
Перець	Петрушка
Селера	Редис
Томати	Редька
Гарбуз	Салат (усі види)
	Буряки
	Шпинат
	Чорнокорінь

Джерело: побудовано за даними [108]

Дуже чутливі до вітру огірки, дині, гарбуз, квасоля, томати. Середньочутливі – капуста білокачанна, салат, шпинат. Малочутливі – всі види цибулі, коренеплоди. Інше завдання високих рослин – злегка затінювати чутливі до перегріву та прямих сонячних променів овочі. У затінення потребують салат і шпинат. Кукурудза – добрий супутник для огірків і гарбуза, вона затримує вітер та покращує мікроклімат для зростаючих в нижньому ярусі рослин.

Виключення з правил додатковості – поєднання рослин за потребою у воді та теплі. Рекомендується поєднувати на одній грядці рослини, що мають однакові вимоги до зволоження. Найбільш вимогливі до зволоження усі види капусти та овочі з родини гарбузових; менш вимогливі – салат, шпинат, коренеплоди, томати; невимогливі – всі види цибулі, квасоля, горох. Поєднання рослин з різною потребою у зволоженні може мати неприємні наслідки. Наприклад, поєднання огірків і томатів: огірки добре ростуть при високій вологості ґрунту та повітря, а томати в таких умовах сприйнятливі до грибкових інфекцій.

Те ж саме відноситься до потреби у теплі. У ранніх і пізніх посівах попередніх і наступних культур використовують поєднання холодостійких видів овочів: валеріана листова, гірчиця листова, шпинат, мангольд, броколі, крес-салат, боби, салат, горох, кольрабі, редис, петрушка, морква. Із зелених овочів валеріана сама невибаглива та морозостійка культура (дуже багата на вітамін С). Для отримання осінньої зелені її висівають у середині літа. В кінці серпня проводять посів морозостійких сортів. Найкраще розмістити її між молодими рослинами першого року, на які вона добре діє. Збирати листя валеріани можна навіть з-під снігу.

Після збирання попередньої культури грядку займають основною культурою, більш вимогливою до тепла: огірки, дині, гарбуз, квасоля, томати, баклажани, перець, картопля, кукурудза. Стійкість до холоду

багатьох видів овочів в значній мірі залежить від сорту. Поєднання рослин за строком дозрівання дозволяє отримувати протягом сезону щось на зразок зеленого конвеєра.

Деякі овочі, такі, як капуста, кукурудза, гарбуз, томати, мають ранні та пізні сорти. Час дозрівання різних сортів капусти – від 55 до 105 днів. Є ранньостиглі культури, час від посіву до збирання врожаю яких не перевищує 60 днів, це: салат, шпинат, редис, ріпа, гірчиця листовая, цукрова кукурудза, овочева квасоля, зелена цибуля, крес-салат, кольрабі. До таких культур також належать морква і буряки, які ростуть протягом весняно-літньої періоду вегетації до досягнення необхідного розміру коренеплоду. Використання овочів з різними термінами дозрівання являють собою різні можливості для маневру. Рано навесні можна висівати будь-які холодостійкі скоростиглі культури типу шпинату, салату, редису, ранньої моркви. Після їх збирання грядку займають теплолюбивими та середньостиглими культурами типу томатів, огірків. Потім – озимі посіви валеріани, пастернаку, цикорію. Можливий інший варіант. Щоб прискорити віддачу продукції, другу культуру потрібно висівати, коли перша ще не зібрана. Для посіву вибирають рослини, які в ранні періоди росту та для розвитку не вимагають багато місця. Часткове затінення та вологість, що створюються листям першої культури, дають змогу прискорити сходи насіння. До того часу, коли підсіяна культура буде потребувати більше світла і простору, попередня культура має бути зібрана.

Компактні швидко дозрівають овочі (салат, редис) можна використовувати не тільки як попередні та наступні культури, але й як проміжні. Їх підсівають в міжряддя основної культури, поки вона не займає багато місця та не досягла повного росту і розвитку. Після збирання проміжної культури основна залишається у сприятливих умовах для росту і розвитку.

## РОЗДІЛ 2

### СОЦІАЛЬНО-ПРАВОВІ ТА ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ ПРОБЛЕМИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЗБЕРЕЖЕННЯ, ВІДНОВЛЕННЯ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ

#### 2.1. Особливості соціально-економічного розвитку сільських територій України

*Аранчій В.І., Радіонова Я.В., Горб О.О., Яснолоб І.О.  
Полтавська державна аграрна академія*

Аграрний сектор України є органічною частиною економіки, що охоплює три чверті території України, на якій формується близько 60 % фонду споживання та створюється 10 % валового внутрішнього продукту. Основним завданням функціонування аграрного сектора є забезпечення продовольчої безпеки країни та її експортного потенціалу [114].

Функціонування та розвиток аграрного сектора прямо пропорційно впливає на стан соціально-культурного облаштування населених пунктів, розвиток комунального забезпечення сіл та являється основним ресурсним потенціалом у створенні робочих місць для сільського населення. Отже, всебічний аналіз соціально-економічних показників сільських територій дає змогу відзначити характерні тенденції, які мають визначальний вплив на розвиток інфраструктури сільської місцевості.

За визначенням В.В. Юрчишина «сільська територія, крім території як такої, включає в свою орбіту все те, що на ній у тій чи іншій формі функціонує, або є її складовою» [115].

На думку П.Т. Саблука, функціонування кожного сільських територій, розбудова її інфраструктури та доходи її мешканців мають забезпечуватися за рахунок оптимізації використання сільськогосподарських угідь, регулювання цін на агропродукцію, організації аграрного ринку [116].

О.М. Онищенко асоціює соціально-економічний розвиток сільських територій з аграрною політикою: «аграрний устрій можна розглядати з позицій відображення в ньому системного прояву суспільно-політичних і соціально-економічних відносин в аграрному секторі, які узгоджуються за стратегічним цільовим призначенням і формами прояву із суспільно-політичним устроєм» [117].

---

<sup>114</sup> Мовчанюк А.В. Особливості соціально-економічного розвитку сільських територій Черкаської області / А.В. Мовчанюк // Економіка і суспільство. – 2017. – № 8. – С. 436-441.

<sup>115</sup> Юрчишин В.В. Село і селяни України в системі історично і суспільно зумовлених вітчизняних національних цінностей / В.В. Юрчишин // Економіка АПК. – 2011. – № 2. – С. 87-99.

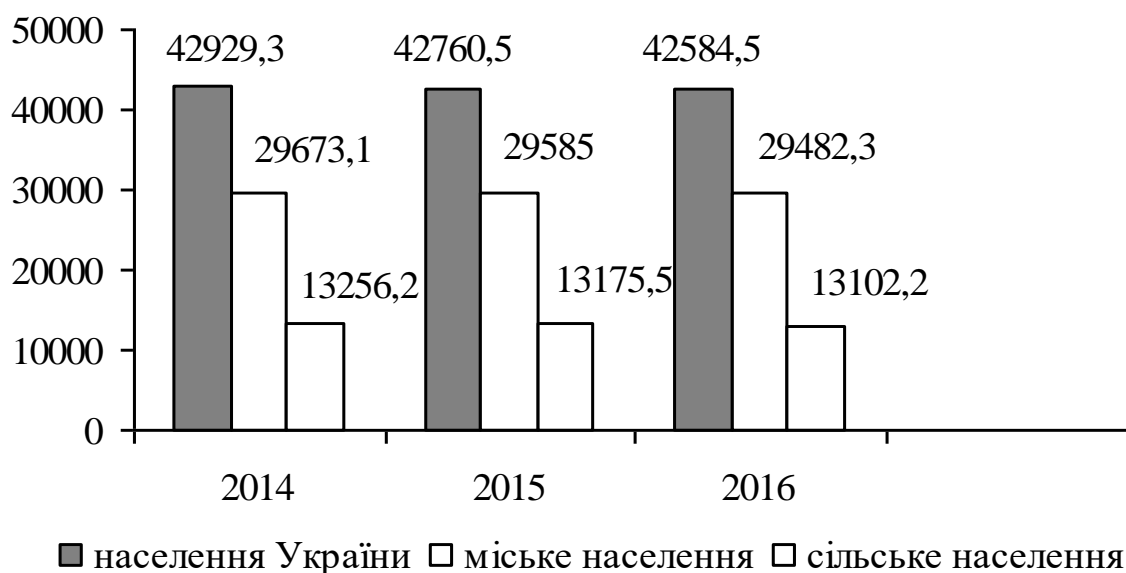
<sup>116</sup> Саблук П.Т. Розвиток сільських територій в контексті забезпечення економічної стабільності держави / П.Т. Саблук // Соціально-економічні проблеми розвитку українського села і сільських територій: матеріали сьомих річних зборів Всеукраїнського конгресу вчених економістів-аграрників. – К., 2005. – С. 4-18.

<sup>117</sup> Онищенко О.М. Концептуальні проблеми майбутнього українського села і селянства / О.М. Онищенко, В.В. Юрчишин // Соціально-економічні проблеми розвитку українського села і сільських територій: матеріали сьомих річних зборів Всеукраїнського конгресу вчених економістів-аграрників. – К., 2005. – С. 41-50.

Отже, більшість вчених соціально-економічний розвиток села визначають як безперервний процес змін, що спрямовані на підвищення рівня розвитку соціально-економічної сфери сільських регіонів, за умов мінімізації втрат для природного середовища та з найбільшим рівнем задоволення потреб сільського населення та інтересів держави [118].

З огляду на сутнісно категоріальне наповнення поняття «сільська територія», її соціально-економічний розвиток потребує комплексного підходу до вирішення всіх проблем сільського регіону – економічних, соціальних, ресурсних, демографічних показників тощо.

У демографічній сфері України відбувається масова урбанізація населення, тобто зменшення частки сільського та зростання частки міського населення, основними причинами такого явища є природне скорочення за рахунок дисбалансу народжуваності та смертності та міграції (рис. 1).



**Рис. 1. Динаміка зміни чисельності населення України, 2014–2016 рр.**

Джерело: побудовано автором на основі [119]

Отже, станом на 1 січня 2017 року чисельність наявного населення України становила 42584,5 тис. осіб, з них у міських поселеннях проживало 29482,3 тис. осіб (69,2 %), у сільській місцевості – 13102,2 тис. осіб (30,8 %).

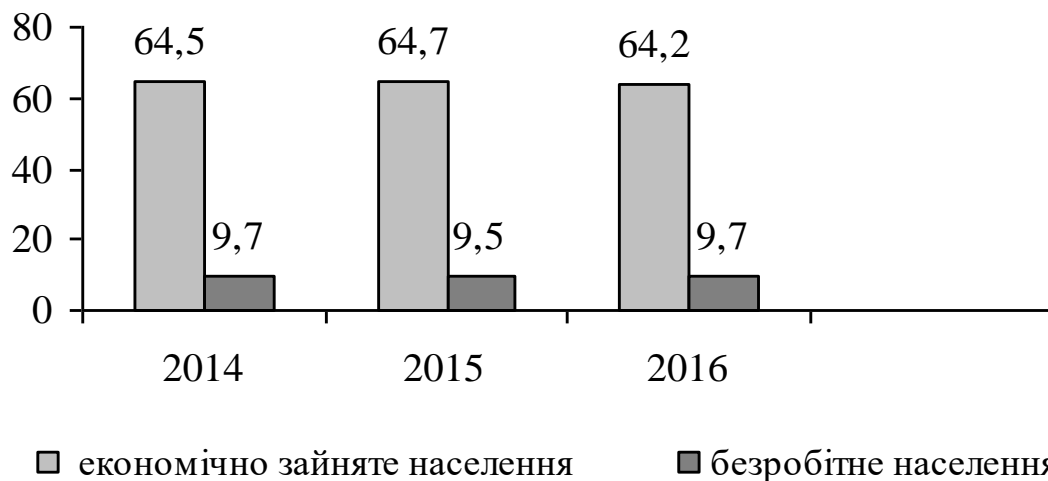
Склад населення України характеризується суттєвою гендерною диспропорцією, тобто чисельна перевага жінок над чоловіками у складі населення України спостерігається з 37 років і з віком збільшується. Чисельність чоловіків на 1 січня 2017 р. становила 19644,6 тис. осіб, а жінок – 22770,3 тис.; у розрахунку на 1000 чоловіків припадає 1159

<sup>118</sup> Yasnolob, I., Gorb, O., Dedukhno A., Kaliuzhna, Yu. (2017). The formation of the management system of ecological, social, and economic development of rural territories using the experience in European Union. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 8(3), 516-528. doi: [https://doi.org/10.14505/jemt.v8.3\(19\).03](https://doi.org/10.14505/jemt.v8.3(19).03).

<sup>119</sup> Статистична інформація [Електронний ресурс] / Державна служба статистики України – 2017. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>

жінок (у міських поселеннях – 1179, у сільській місцевості – 1116).

Скорочення сільської частини населення за рахунок вищенаведених факторів призводить до збільшення демографічного навантаження в сільській місцевості, що посилює ресурсні потреби для вирішення економічних і соціальних проблем, пов'язаних із соціальним забезпеченням непрацездатної частини населення та лягає додатковим тягарем на бюджети сільських районів. Стан економічної сфери соціально-економічного розвитку сільських територій України характеризує показник зайнятості населення (рис. 2).

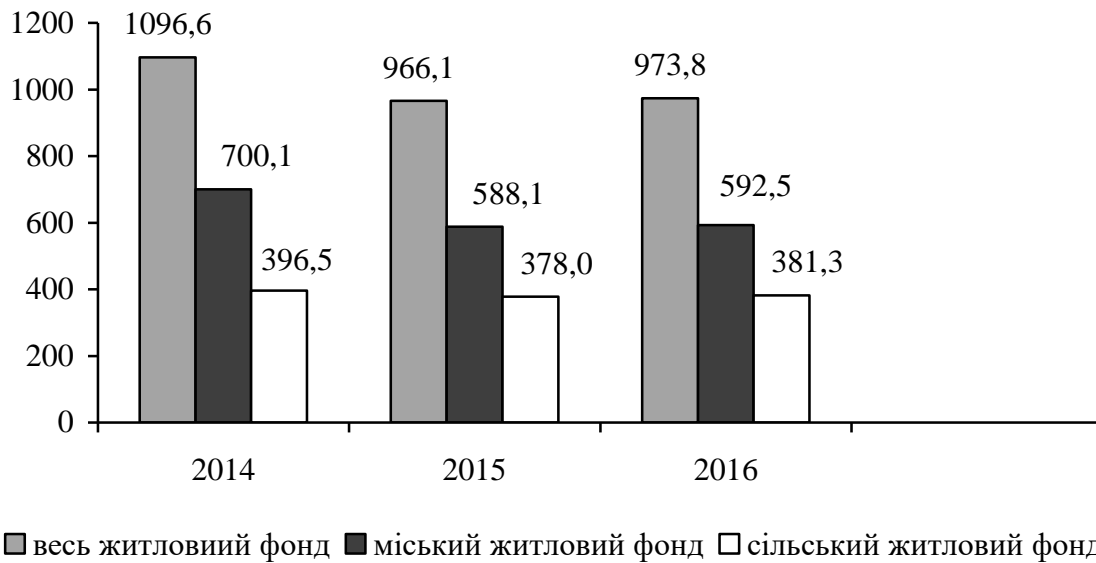


**Рис. 2. Рівень зайнятості населення працездатного віку, 2014–2016 рр.**

Джерело: побудовано автором на основі [116]

Рівень економічної активності населення працездатного віку за 2016 р. становив 64,2 % від загальної кількості економічно активного населення. При цьому в період за 2014–2016 рр. відбулося незначне зниження економічної активності населення – на 0,3 %, тоді як рівень безробітного населення майже не змінився. Основною причиною низької зайнятості населення в сільській місцевості є невідповідність пропозиції робочої сили попиту, так потреба роботодавців в робітниках на кінець 2016 р. становить 1,2 тис. а пропозиція відродно 102,9 тис, що пов'язано з різким падінням обсягів сільськогосподарського виробництва, за рахунок різкого зменшення посівних площ та поголів'я великої рогатої худоби у період трансформаційної кризи економіки та за умов введення антитерористичної операції на частині країни.

Так, соціальну сферу розвитку сільської місцевості охарактеризовує рівень житлового фонду, який за даними Державної служби статистики України, протягом 2016–2014 рр. зменшився в цілому по країні майже на 12 %, за рахунок зменшення показника житлового фонду в сільській місцевості на 4 % та міського на 16 % відповідно (рис. 3) [116].



**Рис. 3. Динаміка зміни рівня житлового фонду України, 2014–2016 рр.**  
Джерело: побудовано автором на основі [118]

Основною причиною негативної тенденції, що зображена на рис. 3 є відсутність елементарних комунальних зручностей в частині сільського житлового фонду [120]. Також практично перестала функціонувати мережа сільських підприємств побутового обслуговування, більшість сільських сімей потребує поліпшення житлових умов. В результаті щороку з карти України зникає близько 16–17 сіл. З огляду на сучасний стан українського села пошук, розробка та реалізація механізмів і програм розвитку сільських територій є невідкладним і досить актуальним [121].

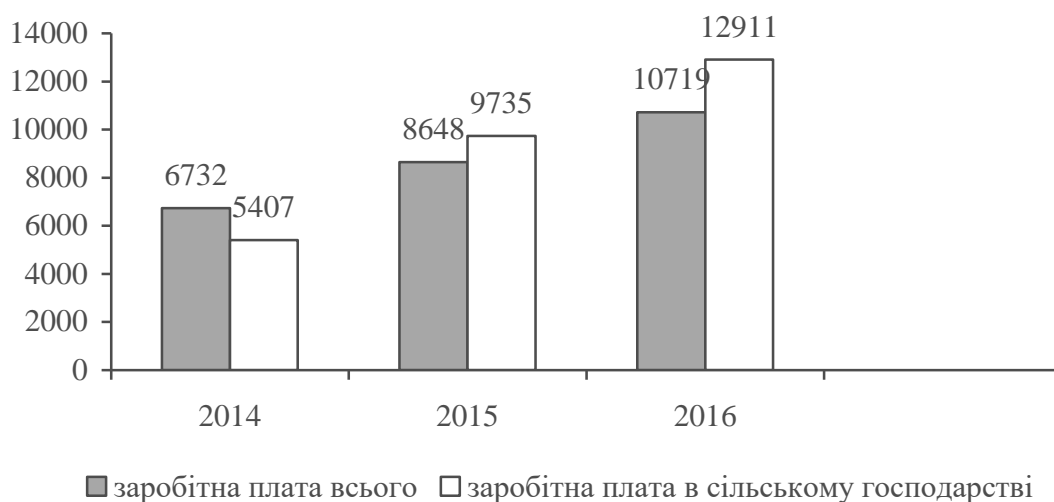
Нині сільськогосподарське виробництво в Україні є малоефективним сектором економіки через низьку ефективність галузі, за рахунок відсутності відсутності дієвої системи мотивації продуктивності праці вже зайнятих у галузі працівників. Так, неефективність діючої системи мотивації, крім усього іншого, зумовлена низькою ціною праці аграріїв, що є загальносвітовою тенденцією (рис. 4).

Невисокий рівень заробітної плати порівняно з іншими сферами економічної діяльності, незабезпеченість постійною роботою, відсутність професійного росту, занепад соціальної інфраструктури на селі знижують бажання молоді працювати в сільськогосподарському виробництві, спричиняють переїзд працездатного населення із сіл у пошуках альтернативної, більш оплатної роботи в місцях із вищим життєвим рівнем. Це негативно відбивається на відтворенні людського і трудового потенціалу сільських населених пунктів і, як наслідок,

<sup>120</sup> Yasnolob I.O., Pysarenko V.M., Chayka T.O., Gorb O.O., Pestsova-Svitalka O.S., Kononenko Zh.A., Pomaz O.M. Ecologization of tillage methods with the aim of soil fertility improvement Ukrainian Journal of Ecology, 2018, 8(2), 280-286 doi: 10.15421/2018\_339 Режим доступу: [http://ojs.mdpu.org.ua/index.php/biol/article/view/\\_339](http://ojs.mdpu.org.ua/index.php/biol/article/view/_339)

<sup>121</sup> Yasnolob I., Chayka T., Aranchiy V., Gorb O., Dugar T. (2018). Mycorrhiza as a biotic factor, influencing the ecosystem stability. / Ukrainian Journal of Ecology, 8(1), 363–370 DOI: <http://dx.doi.org/10.15421/2018%25x>

надзвичайно загострює проблему розширеного демографічного відтворення сільського населення.



**Рис. 4. Динаміка зміни номінальної заробітної плати, 2014-2016 рр.**  
Джерело: побудовано автором на основі [118]

Аналізуючи причини низької ціни сільської робочої сили, слід продуктивність праці в сільськогосподарських підприємствах (табл. 1).

#### 1. Продуктивність праці в сільськогосподарських підприємствах, 2014–2016 рр.

Роки	На 1 зайнятого в сільськогосподарському виробництві, у постійних цінах 2010 р.; грн		
	сільськогосподарське виробництво	рослинництво	тваринництво
2014	227753,4	228884,7	224105,1
2015	223309,9	218768,0	237990,0
% до попереднього року	98,0	95,6	106,2
2016	275317,8	270803,2	292511,2
% до попереднього року	123,3	123,8	122,9

Джерело: розраховано автором [118]

Отже, за досліджуваний період продуктивність праці на 1 зайнятого працівника зменшилась на 23,3 %, при цьому збільшився рівень продуктивності на 1 зайнятого в рослинництві на 23,8 %, та в тваринництві – 22,9 % відповідно.

Іншою проблемою підвищення заробітної плати є фінансові труднощі, що проявляються у нестачі оборотного капіталу. Крім того, підвищення заробітної плати стримується прямо пропорційне зростання собівартості сільськогосподарської продукції.

За таких умов чинник мотивації праці працівників села низький, що не сприяє ефективній праці селян, тобто для більшості працівників сільського господарства їх доходи не знаходяться в прямій залежності від продуктивності.

Вирішальний вплив на розвиток сільських територій кожного



макро- чи мікрорегіону має їх наявний ресурсний потенціал. Складовими ресурсного потенціалу є природні ресурси, виробничий та людський капітал, які знаходяться на певній території та можуть бути використані для досягнення поставлених завдань.

Поряд з цим ресурсний потенціал є основою для розвитку основного виду діяльності сільських територій – сільськогосподарського виробництва. А тому базовою складовою ресурсного потенціалу сільської території є природні ресурси, що виступають як визначальний чинник формування спеціалізації господарської діяльності.

У структурі природних ресурсів головна роль належить земельним ресурсам, особливо землям сільськогосподарського призначення, оскільки земля є необхідною матеріальною передумовою та головним засобом сільськогосподарського виробництва.

Від так, соціально-економічний розвиток регіонів залежить насамперед від фінансових ресурсів територіальних органів управління та їх ефективного використання. Вирішальне значення для забезпечення фінансової основи місцевого самоврядування мають здебільшого доходи місцевих бюджетів [122].

Отже, при аналізі забезпеченості сільських територій земельними ресурсами необхідно враховувати рівень виробленої сільськогосподарської продукції (табл. 2).

## 2. Динаміка виробництва сільськогосподарської продукції, 2014–2016 рр.

Показники	Роки			Співвідношення 2016 р. до 2014 р., %
	2014	2015	2016	
	млн грн			
Вироблено продукції сільського господарства, всього:	368452	540513	634040	72,3
у т.ч. в рослинництві	262390	397619	487127	85,2
у т.ч. в тваринництві	48255	69056	70527	46,1
Індекс цін реалізації продукції сільського господарства, всього:	124,3	151,5	109,0	-12,3
у т.ч. в рослинництві	129,2	167,2	116,3	-10,0
у т.ч. в тваринництві	119,1	141,3	101,7	-14,6

Джерело: розраховано автором на основі [118]

Аналіз даних табл. 1, свідчать збільшення рівня виробленої продукції сільського господарства на 72,3 %, за рахунок збільшення виробленої продукції рослинництва на 85 %, та тваринництва – 46,1 % відповідно. Проте індекс цін реалізації продукції сільського

<sup>122</sup> Yasnolob Ilona, Radionova, Yana The organizational fundamentals of innovation development management of agro-industrial enterprises Economics, Management and Sustainability, [S.l.], v. 2, n. 1, p. 60-66, may 2017. ISSN 2520-6303. Available at: <<https://jems.sciview.net/index.php/jems/article/view/18>>. doi: <https://doi.org/10.14254/jems.2017.2-1.5>

господарства зменшився на 12 %, в тому числі в рослинництві на 10,0 %, та в тваринництві на 14,6 %.

Однією з найприкметніших рис сільських територій базового рівня є функціонування на них господарств населення. Являючи собою особливий вид приватних форм господарювання на селі, вони стали основою соціально-економічного розвитку базових сільських територій. У кожному з них та у всій їх сукупності зберігається властива селянам самовіддана робота на землі, завдяки чому в них виробляється 44,9 % продукції сільського господарства, у тому числі 54,4 % продукції тваринництва.

Отже, основними чинниками формування та функціонування сільських територій є: регіональні (ресурсні, чинники місця розміщення, умови розвитку; функціональна сумісність різних видів діяльності на певній території); управлінські, що включають рішення та обґрунтування щодо стратегій розвитку сільських територій; самоорганізації; невизначеності. При цьому сільські території мають певні обмеження (імперативи) ефективного розвитку та функціонування: недосконале законодавство, недостатня державна підтримка, у т.ч. фінансова та інвестиційна; слабе інформаційне забезпечення та соціальна захищеність селян [123].

Тому, сільські території України володіють значним природо-ресурсним потенціалом, який, при більш повному та ефективному використанні, міг би забезпечити їх збалансований розвиток та суттєво підвищити рівень і якість життя сільського населення [124].

Відродження сільських територій зумовлює необхідність розробки чіткої програми дій держави, особливо побудові організаційно-економічного механізму державної підтримки розвитку сільських територій. Також увагу слід приділяти соціальній сфері, яка виступає як сфера життєдіяльності суспільства, що охоплює відносини між соціальними спільнотами, в середині яких, а також між окремими особами є такі, що мають різне становище в суспільстві й беруть неоднакову участь у соціальному житті

Від так, організація розвитку сільських територій в системі сучасних аграрних відносин має за мету домінування інтересів селян в політиці сільського розвитку та покликана вирішити наступні завдання:

- формування науково обґрунтованої стратегії розвитку сільських територій України;
- вдосконалення нормативно-правової бази для розвитку сільських територій в комплексі з реформуванням інших суспільно

---

<sup>123</sup> Руснак А.В. Функції, завдання, чинники функціонування та сталого розвитку сільських територій / А.В. Руснак // Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. Вип. 1. – Т.2. Економічні науки. – Полтава : ПДАА. – 2012. – С. 244–248.

<sup>124</sup> Яснолоб І.О. Закордонний та вітчизняний досвід розвитку кооперації та інтеграції в овочепродуктовому підкомплексі / І.О. Яснолоб // Наукові праці Полтавської державної аграрної академії. – 2011. – Вип 3, 307–312.

- економічних аспектів життя країни;
- вдосконалення інституційних механізмів реалізації стратегії розвитку сільських територій;
- апробація стратегії в кількох сільських адміністративно-територіальних утвореннях з подальшим поширенням досвіду на усі сільські території країни;
- створення механізму поширення серед широких верств сільського населення інформації про різні аспекти розвитку сільських територій, наукові напрацювання в даній сфері, передового досвіду (через загальнодержавну мережу сільських дорадчих служб).

Тому, в сучасних умовах існує гостра потреба в розробці не лише реалістичної стратегії та програм розвитку сільських територій, але і в розробці та впровадженні сукупності дієвих механізмів та інструментів їх реалізації, як системи організації розвитку сільських територій.

## **2.2. Природно-рекреаційний потенціал України: місце і роль у забезпеченні сталого розвитку соціосистем**

*Гаращук О.В.*

*Державна інспекція навчальних закладів України*

*Куценко В.І.*

*Державна установа «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку Національної академії наук України»*

*«Не можна допустити, щоб люди спрямували на своє власне знищення ті сили природи, які вони зуміли відкрити й підкорити».*

**Ф. Жоліо-Кюрі**

Природно-рекреаційні ресурси – це сукупність природних, природно-технічних комплексів та їхніх елементів, які використовуються в рекреаційній сфері з метою відновлення та розвитку фізичних і духовних сил людини, її працездатності. Природні рекреаційні ресурси охоплюють компоненти географічного середовища, які володіють лікувально-оздоровчими властивостями, використовуються для відпочинку та лікування. Україна володіє значним рекреаційним потенціалом, тобто здатністю природного середовища справляти на людей певний сприятливий фізіологічний, психічний вплив, відновлювати їх сили та здоров'я. Він охоплює:

- природні ресурси;
- матеріально-технічну базу (інфраструктурний потенціал, культурно-історичні та соціально-економічні передумови для організації рекреаційної діяльності), направленої на:

- зміцнення здоров'я населення;
- зниження захворюваності та втрат робочого часу;
- підвищення продуктивності праці;
- розвиток рекреаційної діяльності (санаторно-курортної та туристичної), яка, до речі, у світі визнана найпродуктивнішою. Рекреація – необхідна умова життя людини, засіб компенсації напруження та відновлення працездатності.

При розкритті сутності зазначених ресурсів користуються наступними підходами:

- виділення в межах певних територій унікальних ресурсів, які використовуються в рекреаційній діяльності;

- виділення сукупності основних і допоміжних рекреаційних ресурсів серед усього обсягу тих, які опосередковано задіяні в рекреаційній діяльності. Скажімо, санаторно-курортні послуги надають заклади, які, як правило, володіють відповідними природно-лікувальними ресурсами.

Такий підхід дозволив зробити висновок, що наявний природно-рекреаційний потенціал України достатній для забезпечення потреб населення в санаторно-курортному лікуванні, в оздоровленні та відпочинку, тобто в забезпеченні збереження та відновлення здоров'я не лише внутрішнього споживача, але й для надання відповідних послуг іноземному контингенту.

Це має надзвичайно важливе значення. Адже, як свідчать дані офіційної статистики, стан здоров'я населення України є незадовільним. Так, за рівнем захворюваності та смертності наша країна посідає одне із перших місць в Європі. І це при тому, що, як зазначалось вище, на території України функціонують значні у тому числі нерідко унікальні природно-рекреаційні ресурси.

Різні аспекти цієї проблеми хвилювали і нині хвилюють багатьох дослідників. У числі останніх варто назвати О. Аніщенка, О. Гавриленка, П. Гнатіва, Б. Данилишина, Ю. Данилова, П. Дефера, О. Живецького, П. Жолковського, М. Мальську, Н. Мироненка, Л. Мітчела, М. Нудельмана, А. Охріменко, І. Смаля, С. Струмліна, П. Хірівського, К. Холлі та ін.

Природно-рекреаційні ресурси за своїм призначенням поділяються на:

- сировинні;
- середовище-утворюючі (екологічні);
- культурно-естетичні;
- наукові тощо.

Рекреаційні ресурси розглядаються як частина природного та антропогенного середовища. Вони формують мотив і стимул для відпочинку та оздоровлення, тобто – це природні та природно-техногенні системи, тіла, явища природи, що мають комфортні властивості для рекреаційної діяльності, які можна використовувати протягом певного часу.

Статистика свідчить, що, приміром, санаторно-курортне обслуговування, що використовує природно-рекреаційний потенціал, сприяє зниженню щорічних утрат від тимчасової непрацездатності в середньому 3–4 днів, скороченню перебування на стаціонарному лікуванні на 2–3 дні, підвищенню продуктивності праці на 3 % тощо [ 125 ]. Рекреаційна діяльність відноситься до сфери послуг, діяльність якої направлена на збільшення сукупного суспільного продукту, сприяє відтворенню головної продуктивної сили, підвищенню загальноосвітнього та культурного рівня населення – головного чинника зростання ефективності виробництва.

Ефективність рекреаційного обслуговування у значній мірі залежить від:

- доступності місць відпочинку та оздоровлення;
- пропускної спроможності рекреаційного закладу;
- витрат лікувальних ресурсів на один людину-день;
- концентрації людей у рекреаційних зонах;
- кількості днів рекреаційного сезону тощо.

Практика свідчить, що на стан здоров'я населення, на результативність його діяльності вплив мають як ті ресурси, що в даний момент перебувають у господарському використанні, так і ті, що в такому стані не перебувають.

Всі природні ресурси об'єднані в наступні групи:

- мінерально-сировинні;
- агро-кліматичні;
- біологічні (лісові, морські);
- земельні;
- водні;
- рекреаційні\*.

Рекреаційні ресурси поділяються на первинні (використовуються рекреантами безпосередньо) і вторинні, на кшталт економічних. У рекреаційній сфері (це такий вид суспільно-господарської діяльності, що орієнтується перш за все на використання природних ресурсів), виробнича діяльність має, як зазначалось вище, ресурсно-орієнтований напрям. Тобто рекреаційна діяльність пов'язана з використанням різноманітних ресурсів, залученням у господарський обіг не використовуваних раніше різноманітних елементів природних рекреаційних комплексів, а також комплексним їх використанням.

Використання природних рекреаційних ресурсів сприяє, як зазначалось вище, не лише відновленню та примноженню фізичних і духовних потреб, а й слугує важливим чинником виробництва рекреаційного продукту, зростання економічних показників [126].

---

<sup>125</sup> Куценко В.И. Сфера услуг : новые подходы / В.И. Куценко. – К. : Изд-во политической литературы Украины, 1989. – 176 с.

\* Хоча з рекреаційною ціллю використовуються всі вище перераховані ресурси.

<sup>126</sup> Сочка К.А. Організація рекреаційної діяльності / К.А. Сочка. – Ужгород : Інститут державного управління і регіонального розвитку, 1997. – 63 с.

Як показує досвід, при оцінці природних рекреаційних ресурсів для здійснення рекреаційної діяльності варто враховувати наступні аспекти:

- функціональний, що означає розгляд кліматичних, гідрологічних, ландшафтних умов;
- санітарно-гігієнічний, який враховує чистоту ґрунтів, водного та повітряного басейнів;
- естетичний, що торкається емоційного впливу ландшафту на відпочиваючих;
- технологічний, що безпосередньо пов'язаний з оцінкою можливості інженерного освоєння території.

Практика показує, що всі ці особливості в різних регіонах проявляються по-різному. Якщо рекреаційне господарство включає відповідні рекреаційні ресурси, функціональні особливості, технології, матеріальну й інфраструктурну базу, то в різних регіонах визначальним для розвитку відповідної діяльності десь будуть природно-рекреаційні ресурси; водночас функціональні ж особливості можуть бути визначальними за умов, що рекреаційні території формуються під впливом потреб.

Особливу роль у рекреаційній діяльності, в оздоровленні населення відіграють такі види ресурсів як:

- сприятливі кліматичні умови;
- бальнеологічні родовища лікувальних мінеральних вод;
- лікувальні грязі та озокерит;
- ландшафти – особливості місцевості – гори, територія;
- гідрологічні ресурси – ріки та річки, озера, ставки, водосховища, канали, водоспади, морські узбережжя;
- лісові ресурси (міські ліси, лісопарки, ліси зелених зон);
- спелеоресурси (печери).

До природно-рекреаційних ресурсів відносяться не лише природні, а й антропогенні ресурси, зокрема природно-заповідні території, природні та біосферні заповідники, національні парки, заказники.

Україна має більше шести тис. мінеральних джерел, 700 родовищ лікувальних грязей, виявлено понад 500 місцевостей зі сприятливими природно-кліматичними умовами для лікування та відпочинку. Тобто для нашої країни характерні такі природні умови, які практично повсюди забезпечують можливість формування потенційно придатного рекреаційного фонду для розвитку рекреаційної сфери, для організованого відпочинку та лікування, тобто для оздоровлення населення, для зміцнення здоров'я нації.

На території України нараховується близько 20 тис. озер; 1,16 тис. водосховищ, більше 28 тис. ставків, 7 великих каналів тощо [127]. Більшість магістральних каналів, зокрема осушувальних систем, які проходять поблизу озер, що суттєво впливає на ряд природних факторів.

---

<sup>127</sup> Стратегічні напрями сталого розвитку України. – К., 2003. – 72 с.

Скажімо, меліорація в регіоні Шацьких озер зумовлює їх обміління. Цьому сприяють і значні забори води з озер. Все це сприяє зниженню ґрунтових вод, зменшенню притоку води в озера, погіршенню якісних показників води. Особливо негативно на це впливає сільськогосподарська діяльність поблизу озер із застосуванням отрутохімікатів і мінеральних добрив. Це підтверджують дані гігієнічного моніторингу санітарного режиму озера Піщане, здійсненого фахівцями Львівського національного медичного університету [128].

В цілому за запасами місцевих водних ресурсів у розрахунку на одну особу Україна є однією з найменш забезпечених країн прісною водою в Європі. Для порівняння: в Україні на одного жителя припадає 1,04 тис. кубічних метрів води, тоді як, приміром, у Швеції цей показник сягає 2,5 тис. кубічних метрів, стільки ж у Німеччині, у Франції – 3,5 тис., а у Великій Британії – навіть понад 5 тис. м<sup>3</sup>.

Антропогенна трансформація природного довкілля вагомо впливає на рекреаційний потенціал водних ресурсів, в результаті чого останні нерідко зазнають негативних істотних змін. Екологічні процеси у гідро-екосистемах впливають не лише на кількісні, але і на якісні, зокрема на гідроенергетичні та гідромінеральні показники води.

Тому проблема збереження і примноження водних ресурсів в нашій країні, поліпшення їх якісних характеристик залишається актуальною.

Економічна оцінка природних ресурсів, у тому числі рекреаційних, є критерієм прийняття рішень з приводу альтернативних стратегій для виявлення міри сприятливості соціально-економічних умов тієї чи іншої території для розміщення та забезпечення діяльності рекреаційного комплексу. На розвиток рекреаційної сфери впливає не лише наявність та якість шляхів сполучення, а й забезпеченість трудовими ресурсами та продукцією різних галузей господарства тощо [129, 130, 131].

Не можна не погодитись з думкою авторів, які стверджують, що оздоровчий ефект проявляється не лише в сфері рекреації, а й в інших галузях економіки, коли забезпечується підвищення продуктивності праці, коли спостерігається скорочення захворюваності населення, у тому числі зайнятих у виробництві.

Останньому сприяє і такий природний рекреаційний ресурс як ліс. Лісові ресурси України можуть практично повсюди використовуватись для рекреаційних потреб. Разом із тим, як свідчать результати наших досліджень, основне навантаження у цьому контексті припадає на міські ліси, лісопарки, ліси зелених зон, лісопарків, зони відпочинку. Ліси водночас підтримують дебіт мінеральних джерел, створюють сприятливі

---

<sup>128</sup> Дудко С.Ю. Эффективность использования рекреационных ресурсов Западного Полесья / С.Ю. Дудко, В.Ю. Сватко // Региональные проблемы ускорения научно-технического прогресса. – К., 1988. – С. 161–168.

<sup>129</sup> Данилишин Б.М. Природно-ресурсний потенціал сталого розвитку України / Б.М. Данилишин, С.І. Дорогунцов, В.С. Мищенко, Я.В. Коваль, О.С. Новоторов, М.М. Паламарчук. – К. : РВПС України. 1999. – 716 с.

<sup>130</sup> Струмилин С.Г. О цене «даровых благ» природы С.Г. Струмилин // Вопросы экономики. – 1967. – № 8. – С. 60–72.

<sup>131</sup> Рекреационные системы: монография / под ред. Н.С. Мироненко, М.М. Бочварова. – М. : Изд-во МГУ, 1986. – 136 с.

умови для лікування, оздоровлення та відпочинку населення.

Щоправда, значна частина лісових масивів України нині знаходиться в зоні негативного впливу промислового забруднення. Крім цього на площі 3,5 млн га ліси в різній мірі забруднені радіонуклідами, спричиненими Чорнобильською катастрофою. В результаті відбулось суттєве скорочення рекреаційного лісокористування.

В цілому курортні ліси нині складають 7,3 % лісів усіх категорій. Не варто забувати, що ліси, особливо поліські, багаті грибами, ягодами, дикорослими плодами, горіхоплідними та лікарськими рослинами. Статистика свідчить, що в урожайні роки один гектар лісової площі може дати в середньому до 50–60 кг грибів і до 400 кг ягід. Це теж свого роду природний рекреаційний ресурс. В цих умовах важливою проблемою залишається необхідність збільшення рекреаційних лісових ресурсів. Як свідчить світовий досвід, це можна здійснювати шляхом розширення площі лісів за рахунок заліснення невідповідних та малопродатних сільськогосподарських земель.

Як свідчить статистика, Україна має 5 тис. об'єктів природно-заповідного фонду, які приносять користь людям, які мають природо-регулюючий вплив. В їх числі Шацький природний національний парк, створений в 1983 р. на площі 32,5 тис. га. Основне призначення подібних парків полягає в створенні умов для регульованого та ефективного використання природних ресурсів з метою рекреації. Розміщені тут озера Світязь, Пісочне, Чорне Велике з 6-кілометровою протяжністю піщаних пляжів, на яких щороку покращують своє здоров'я десятки тисяч українців та іноземних рекреантів.

Діяльність багатьох країн світу щодо організації природоохоронної діяльності показала, що рекреаційне використання заповідних зон, заказників, різного рівня парків являє собою економічно рентабельний спосіб організації масового відпочинку з мінімальною шкодою для природних екосистем.

Вагоме місце у структурі природно-заповідного фонду посідають заказники, тобто території, що мають особливе значення для збереження або відновлення природних комплексів чи їх компонентів і підтримання екологічного балансу. Заказники, як відомо, бувають загальнодержавного та регіонального значення, їх діяльність має різнопрофільне спрямування. Серед останніх – рекреаційний ландшафт. Як зазначає Гетьман В., рекреаційний ландшафт – це різновид сучасного антропогенно-природного ресурсу, що формується під впливом природних та антропогенних ландшафтно-утворюючих факторів, які визначають його кількісно-якісні особливості. Людська діяльність справляє на функціональний і динамічний розвиток рекреаційного ландшафту надмірний вплив. Однак у структурно-організаційному відношенні він залишається природним, підпорядковуючись загальним планетарним закономірностям ландшафтної оболонки. До основних функцій рекреаційного ландшафту належать:



- лікувально-оздоровча;
- спортивно-оздоровча;
- науково-пізнавальна;
- освітньо-виховна.

Однією з особливостей рекреаційного ландшафту виступає переплетіння природної ландшафтної самоорганізації та цілеспрямованої організації людиною його території. Природні процеси візуально представляють масо-енергетичний обмін (метаболізм) у цьому ландшафті, тобто мають місце взаємозв'язки та взаємопроникнення. Антропогенна підсистема рекреаційного ландшафту представлена елементами соціальної сфери (об'єкти історії та культури, сервісна інфраструктура), які у значній мірі впливають на його використання [132].

Значна частина рекреаційних ресурсів (лісових, мисливських, рибних) мають здатність до швидкого самовідновлення. Водночас в умовах антропотрансформаційних процесів, коли рекреаційні ресурси зазнають істотних змін, потребують охорони та відновлення останніх. Екологічні процеси, що відбуваються, скажімо, у гідросистемах, впливають не лише на якість води, але і на рекреаційну сферу. Тому наразі важливим завданням є ефективне використання наявних природних рекреаційних ресурсів, лікувальних і природних умов, які взаємопов'язані між собою.

Як свідчать статистичні дані, в Україні існує багато відкритих нерідко унікальних родовищ, зокрема мінеральних джерел, які не експлуатуються, що негативно позначається на ефективності використання природних рекреаційних ресурсів для оздоровлення населення. В Україні не раціонально освоюються і так звані «цілинні» рекреаційні зони, недостатньо активно при цьому – впроваджуються нові форми рекреаційного обслуговування населення.

Одна із гострих проблем використання природно-рекреаційних ресурсів – це сезонність функціонування рекреаційного господарства. Значна частина рекреаційних зон, які володіють великими запасами лікувальних грязей, мінеральних вод, іншими ресурсами, залишається не використаною.

В багатьох регіонах слабо розвивається матеріально-технічна база рекреаційного господарства, потребує інтенсивного освоєння як традиційних рекреаційних зон, так і нових. З цією метою необхідно створити оптимальні умови для організованого відпочинку та лікування покликаною зміцнювати здоров'я населення, у тому числі за рахунок місцевих природно-лікувальних ресурсів. Досліджуючи фактори, що формують й упродовж життя впливають на стан здоров'я населення, експерти ВООЗ встановили, що якісна характеристика стану здоров'я залежить на 18–20 % від стану довкілля, від способу життя – на 50–52 %, від спадковості – на 20–22 %, тоді як від рівня розвитку системи охорони здоров'я – всього лише на 7–12 %. А на спосіб життя впливає і

---

<sup>132</sup> Гетьман В.І. Українські Карпати. Ландшафтно-рекреаційні ресурси / В.І Гетьман. – Тернопіль : Навчальна книга – Богдан. 2010. – 136 с.

стан довкілля. Адже рівень впливу окремих компонентів довкілля на стан здоров'я та якість життєдіяльності людини можна визначити за співвідношенням її фізіологічних потреб: у середньому за день індивід споживає більше 9 кг повітря, близько 2 л води та більше 1 кг їжі [133]. Наведені дані свідчать, що фізіологічні потреби населення у значній мірі задовольняються природними умовами та природними ресурсами\*.

Важливо, щоб цей ресурс ефективно використовувався. Практика свідчить, що цього досягти не можна без наявності інфраструктурного забезпечення. Зрозуміло, що, по-перше, концентрація природних рекреаційних ресурсів по території України нерівномірна, а по-друге, незалежно від останнього для того, щоб їх ефективно використовувати, важливо мати й інші ресурси. Вагоме місце серед останніх займає інфраструктура; до речі, остання не обов'язково має бути рекреаційною. Інфраструктура також може бути соціально-економічною та соціально-культурною. Саме завдяки відповідній інфраструктурі можливе перетворення потенційного природного ресурсу в стан експлуатації. Тобто ефективне використання рекреаційних природних ресурсів в свою чергу сприяє створенню додаткових можливостей соціально-економічного розвитку країни чи регіону [134]. Соціально-економічні ресурси включають і матеріально-технічну базу рекреаційних об'єктів, а також частину матеріального виробництва, яка забезпечує потреби рекреації, людські ресурси, зайняті в рекреаційному господарстві. Поліпшенню їх використання сприяє:

- розвиток телекомунікації;
- формування ділової інфраструктури (офіси, ділові центри, банки даних) та побутового сервісу тощо. Такий підхід сприятиме тому, що природно-рекреаційний потенціал стане більш привабливим для активного залучення в Україну міжнародних інвесторів, для ділової активності іноземного капіталу. Щоправда цьому мають сприяти й пільгові механізми податкової, митної та кредитної політики, а також створення умов для активного впровадження інноваційних технологій, модернізації рекреаційної інфраструктури [135].

Із вищенаведеного можна зробити висновок, що Україна має розвинену мережу природно-заповідних територій та об'єктів. Це, як зазначалось вище, – заказники, природні парки регіонального та місцевого значення. Таким чином, природні, кліматичні та ландшафтні умови сприяють організації різноманітних за видами, формами та

---

<sup>133</sup> Актуальні питання методології та практики науково-технічної політики; під ред. Б.А. Малицького; Центр досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки ім. Г.М. Доброва НАН України. – К. : Вид.-полігр. філ. ІНТЕЛ, 2001. – 201 с.

\* Природні ресурси, що не перебувають у господарському використанні (частина родючих земель, природні водні об'єкти, лісові території, будь-які вкриті рослинністю невіддільні) залишаються природними чинниками, які пасивно впливають на діяльність людей, стан їхнього здоров'я, на функціонування дикої флори і фауни, на потенціал самоочищення і самовідновлення ландшафту тощо.

<sup>134</sup> Бейдик О.О. Рекреаційно-туристичні ресурси України: методологія та методика аналізу, термінологія, районування: монографія / О.О. Бейдик. – К. : ВПЦ «Київський університет» 2001. – 395 с.

<sup>135</sup> Марцин В.С. Особливості залучення іноземних інвестицій за умов виходу з кризи / В.С. Марцин // Проблеми науки. – 2011. – № 3. – С. 2–9.

способами проведення активних форм відпочинку. Водночас не вистачає дієвої інвестиційної стратегії ефективного та раціонального використання природно-рекреаційного потенціалу.

Виявлення та освоєння рекреаційних ресурсів – це одна із сторін функціонування природно-рекреаційного комплексу, інша, не менш важлива – оптимізація форм їх експлуатації з точки зору охорони та відновлення. І цей напрям діяльності має бути, на наш погляд, пріоритетним для забезпечення сталого розвитку соціосистем. Роль рекреаційних природних ресурсів зростає в умовах значних змін у відновленні людських ресурсів. Демографічна ситуація в країні, якість людських ресурсів свідчать про необхідність створення відповідних умов для зміцнення здоров'я населення, для відтворення людських ресурсів [136, 137]. І тут не останню роль мають відіграти природні рекреаційні ресурси, які в Україні наявні в широкому асортименті і практично в усіх регіонах. Щоправда, особливою популярністю користуються природні рекреаційні ресурси Полтавської, Івано-Франківської та Львівської областей, узбережжя Азовського та Чорного морів. Активне їх використання сприятиме покращенню здоров'я нації та сталому розвитку соціосистем. В цьому контексті широкою популярністю в населення користуються річкові та озерні пляжі, на які багата Україна, лісові масиви, природно-заповідні зони тощо, активне та раціональне використання яких сприятиме покращенню соціально-економічних показників України, зміцненню здоров'я нації, сталому розвитку соціосистем. А територіальне вдосконалення використання природних рекреаційних ресурсів сприятиме зниженню неорганізованості в характері рекреаційного використання природних наявних ресурсів.

Вирішуючи проблему використання того чи іншого природного рекреаційного ресурсу, необхідно в першу чергу турбуватись про підтримку оптимального балансу екосистеми, так як такі території є не лише джерелом природних ресурсів, але і середовищем проживання відпочинку та оздоровлення людини.

### **2.3. Теоретико-правові засади міжнародної нормативної регламентації використання природних ресурсів та охорони навколишнього середовища**

*Кальян О.С.*

*Полтавська державна аграрна академія*

Раціональне використання природних ресурсів та їх захист є глобальною проблемою людства взагалі. Основними засобами

---

<sup>136</sup> Гавриленко О.П. Екогеографія України: навч. посіб. / О.П. Гавриленко. – К.: Знання, 2008. – 646 с.

<sup>137</sup> Природні ресурси України : навч. посіб. / П.С. Гнатів, П.Р. Хірівський, О.Д. Зинюк, Ю.Я. Корінець, Н.Є. Панас. – Львів : Камула. 2012. – 216 с.

вирішення проблем у цій сфері є: забезпечення впровадження державами єдиної екологічної політики; вживання заходів щодо ядерного роззброєння та забезпечення миру; активна участь держав у спільних міжнародних заходах із охорони навколишнього середовища в межах діяльності Організації об'єднаних націй; розробка і прийняття міжнародних договорів щодо охорони навколишнього середовища.

Забезпечення міжнародної екологічної безпеки визначає умови щодо такого стану організації міжнародних відносин, при якому досягається належне збереження, раціональне використання, відтворення і підвищення якості навколишнього середовища.

На міжнародному рівні співробітництво з питань природокористування і охорони навколишнього середовища є беззаперечно найважливішим складовим елементом національної політики будь-якої держави.

Як зазначає М.М. Бринчук, глобальний характер екологічних завдань сприятиме формуванню нової філософії і практики міжнародної економічної взаємодії, заснованої на необхідності допомоги сильними учасниками світового господарства слабким у вирішенні взаємопов'язаних завдань економіки і екології [138].

Тільки шляхом укладення всебічних та універсально спрямованих договорів, а також із створенням відповідно дієвого механізму здатного забезпечити ефективний міжнародний контроль за дотриманням їх умов можна отримати позитивні результати щодо зменшення рівня виникнення глобальних екологічних загроз. Як правило, правове регулювання у більшості країн світу передбачає прийняття заполітизованих законодавчих актів щодо охорони навколишнього середовища, які є узагальненим виразом волі правлячого політичного кола.

Що стосується міжнародних аспектів діяльності країн у сфері реалізації загальної екологічної концепції, слід відзначити, що в науковій літературі відзначається пріоритет спрямованості міжнародної нормотворчої діяльності держав на напрацювання заходів щодо запобігання небезпечному впливу глобальних та транскордонних екологічних процесів; активної участі в розробці спільних міжнародних заходів із метою зменшення техногенного впливу на біосферу; орієнтації зовнішньоекономічної діяльності на забезпечення екологічних інтересів держави [139].

Діяльність міжнародного співтовариства визначає концептуальні засади спільної екологічної політики для узгодженого застосування норм національного екологічного законодавства щодо укладення і дії міжнародних договорів та ґрунтується відповідно на загальновизнаних принципах і нормах міжнародного права [140].

<sup>138</sup>Бринчук М.М. Введение в экологическое право / М.М. Бринчук. – М., 1996. – С. 93.

<sup>139</sup> Медведєва М.О. Міжнародне екологічне право / М.О. Медведєва // Українська дипломатична енциклопедія: У 2-х т. / Редкол.: Л.В. Губерський (голова) та ін. – К.: Знання України, 2004. – Т.2. – 812 с.

<sup>140</sup> Заржицький О.С. Актуальні проблеми правового забезпечення екологічної політики України (теоретичні аспекти) [Текст]: моногр. / О.С. Заржицький. – Д.: Національний гірничий університет, 2012. – 200 с.

Правова регламентація охорони навколишнього середовища здійснюється на підставі міжнародних нормативно-правових актів, які виступають орієнтиром для держави та інших суб'єктів міжнародного права та спрямовані на забезпечення створення сприятливого навколишнього середовища здатного забезпечити соціальні потреби суб'єктів правовідносин.

Важливе значення також має співвідношення норм міжнародного і внутрішньодержавного права оскільки саме їх аналіз є підставою для вирішення цілої низки питань. У першу чергу це пов'язано із необхідністю теоретичного дослідження і порівняння вищезазначених норм. По-друге, це має не аби яке значення для визначення місця міжнародно-правових стандартів при створенні норм національного законодавства держав. По-третє, національне законодавство, з одного боку, повинно бути приведено у відповідність до міжнародних стандартів, а з іншого – порівнюється із внутрішнім національним законодавством інших держав, що має на меті гармонізацію норм національного законодавства держав та усунення ризику виникнення правових колізій.

Національне законодавство держав у сфері використання природних ресурсів і охорони навколишнього середовища повинно формуватися із беззаперечним врахуванням норм міжнародного права. Норми національного права країни мають бути узгоджені з нормативними положеннями міжнародного права з метою створення умов для правової реалізації та виконання норм міжнародного права [141].

На національному рівні питання забезпечення належної охорони навколишнього середовища та раціонального природокористування не завжди взаємопов'язано із ефективністю внутрішньодержавного регулювання природоохоронної діяльності. Не можна вважати ефективним здійснення природоохоронної діяльності без належного вирішення проблем у цій сфері. Однак жодна країна не може забезпечити їх вирішення без взаємодії з іншими країнами і міжнародними організаціями. Так природні ресурси Світового океану, Антарктики, космосу і т.д., безперестанно використовуються і піддаються впливу світової спільноти та фактично знаходяться поза межами юрисдикційного впливу окремої країни. А тому виникає необхідність здійснення міжнародної нормативної регламентації охорони навколишнього середовища і використання природних ресурсів та активного розвитку взаємодії та співробітництва різних країн відповідній сфері.

Міжнародне право природокористування – це сукупність міжнародно-правових норм та пов'язаних із ними правових відносин, що складаються з приводу забезпечення раціонального використання природних ресурсів нашої планети та всебічної охорони навколишнього

---

<sup>141</sup> Соловійов С.О. До питання про співвідношення та взаємодію національного і міжнародного права / О.В. Соловійов // Вісник Академії адвокатури України. – 2009. – С. 118–123.

середовища від негативного впливу в інтересах світової спільноти. Забезпечення його становлення та розвитку досягаються світовим співтовариством шляхом здійснення відповідного нормотворчого процесу, який ґрунтується на взаємних консультаціях із питань екології та враховує результати постійної перевірки стану природного середовища в умовах взаємного обміну екологічно важливою інформацією, щодо стану природних об'єктів та відповідно застосуванням заходів юридичної відповідальності за порушення принципів та норм міжнародного права.

За теорією права до суб'єктів міжнародних екологічних правовідносин відносять державу, територіальну громаду, міжнародні неурядові та урядові організації, а також у певних випадках юридичних та фізичних осіб.

Об'єктом нормативної регламентації на міжнародному рівні у сфері забезпечення охорони навколишнього середовища та використання природних ресурсів є вся природа нашої планети та навколорозземний космічний простір. У системі об'єктів регулювання охорони та використання таких об'єктів М.М. Бринчук виділяє кілька категорій [142]:

- міжнародні природні об'єкти і ресурси;
- природні об'єкти і ресурси, які використовуються двома або більше державами;
- природні об'єкти і ресурси, які знаходяться під національною юрисдикцією.

Теорія права виходить із того, що принципи права – це основні ідеї, вихідні положення або провідні початки процесу його формування, розвитку та функціонування. Відбиваючись насамперед у нормах права, принципи пронизують все правове життя суспільства, всю систему країни. Вони характеризують не тільки сутність, а й зміст права, відображають не тільки внутрішню будову, статистику, але і весь процес його застосування, його динаміку. Принципи права роблять величезний вплив на весь процес підготовки нормативно-правових актів, їх видання, встановлення гарантій дотримання правових вимог [143].

Досить влучно на наш погляд визначає сутність поняття принципів екологічного права М.В. Краснова, так на її думку – це основні засади, вихідні ідеї, загальнообов'язкові правила, «що закріплені в регулятивних та охоронних еколого-правових нормах, які визначають зміст і спрямованість правового регулювання суспільних екологічних відносин та спрямовані на досягнення мети екологічної політики держави, забезпечують виконання її завдань усіма суб'єктами таких відносин» [144].

---

<sup>142</sup> Бринчук М.М. Экологическое право (право окружающей среды) : учебник для высших юридических учебных заведений / М.М. Бринчук. – М. : Юристъ, 1998. – 688 с.

<sup>143</sup> Общая теория государства и права. Академический курс : в 2 т. / Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова ; отв. ред. М.Н. Марченко. – М. : Зерцало, 1998. – Т. 2: Теория права. – С. 22–23.

<sup>144</sup> Краснова М.В. Проблема компенсації шкоди, заподіяної порушенням екологічного законодавства, як загальноююридичний принцип охорони довкілля у контексті європейської інтеграції / М.В. Краснова //

Формуванню принципів передують певні умови: екологічні, економічні, соціальні, правові, наукові. Під екологічними передумовами слід розуміти екологічний стан, ступінь охорони навколишнього природного середовища на 64 певному етапі його розвитку. Економічні включають у себе розвиток економіки, формування ринкових відносин, пристосування використання природних ресурсів до ринкових умов. Правові передумови – сукупність правових приписів, які регулюють комплекс питань у сфері екології. Наукові – охоплюють еколого-правові дослідження питань використання, відтворення природних ресурсів і охорони навколишнього природного середовища, а соціальні передумови об’єктивний рівень у взаємодії суспільства і природи та ступінь пізнання суспільством цієї взаємодії з метою забезпечення її гармонізації [145].

Класифікація керівних засад у сфері забезпечення охорони навколишнього середовища та використання природних ресурсів за науковою літературою є досить різною. Однак, більшість учених вважають доцільним їх поділ на дві групи – основні і спеціальні. Основними вважаються такі узагальнені принципи міжнародного права як:

- принцип мирного співіснування;
- принцип підтримки миру й міжнародної безпеки, що передбачає забезпечення територіальної цілісності, мирне вирішення міжнародних спорів, міжнародну відповідальність країн;
- принцип міжнародного співробітництва;
- принцип захисту прав людини, народів і націй [146].

Спеціальними відповідно такі керівні засади як:

- захист навколишнього середовища в інтересах нинішнього й майбутнього поколінь;
- принцип екологічної безпеки;
- неприпустимості завдання транскордонної шкоди;
- екологічно обґрунтоване раціональне використання природних ресурсів планети;
- неприпустимість радіоактивного зараження навколишнього середовища; захист екосистем Світового океану;
- контроль за дотриманням міжнародних договорів з охорони навколишнього середовища; міжнародно-правова відповідальність держав за нанесення шкоди навколишньому середовищу.

Важливе значення для нормативного визначення керівних засад у сфері забезпечення охорони навколишнього середовища та використання природних ресурсів є система принципів визначених Декларацією Ріо-де-Жанейро з навколишнього середовища і розвитку на

---

Реформування правової системи України: проблеми і перспективи розвитку в контексті європейських інтеграційних процесів : [Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 28–29 квіт. 2004 р.)]. – К., 2004. – Ч. 2. – С. 393.

<sup>145</sup> Чаусова Л.Л. Поняття і особливості принципів екологічного права / Л.Л. Чаусова // Право України. – 1997. – № 11. – С. 53.

<sup>146</sup> Статут Організації Об’єднаних Націй [Електронний ресурс] : від 26 червня 1945 р. – Режим доступу : [http://unic.un.org/aroundworld/unic/common/documents/publications/uncharter/UN%20Charter\\_Ukrainian.pdf](http://unic.un.org/aroundworld/unic/common/documents/publications/uncharter/UN%20Charter_Ukrainian.pdf).

міжнародній конференції 1992 р. Вони характеризуються всебічністю та універсальністю визначення орієнтирів щодо проблем навколишнього середовища, а також визначення напрямів формування єдиної екологічної політики на національному та міждержавному рівнях [147].

Це такі принципи як принцип сталого розвитку як умова екологічної безпеки; урахування суверенітету держав у забезпеченні екологічної безпеки; урахування соціальних і демографічних проблем у міжнародній правовій охороні довкілля; урахування вимог екологічної безпеки у національному законодавстві; взаємна співпраця й інформування держав із метою забезпечення екологічної безпеки; принципи, пов'язані з урахуванням питань охорони довкілля в діяльності по забезпеченню міжнародної безпеки й попередження воєн [148].

Окремо слід відзначити роль і значення нормотворчої діяльності Європейського Союзу в створенні умов правової реалізації міжнародної екологічної політики. Так стратегічна позиція Європейського Союзу щодо навколишнього середовища була визначена в Договорі про Європейське Співтовариство та полягає у закріпленні правової позиції Європейського Співтовариства щодо прагнення до забезпечення високого ступеня охорони навколишнього середовища, покращання його якості, підвищення рівня і якості життя людей.

Відповідна правова позиція стала фундаментом для подальшого визначення і становлення екологічної політики та норм екологічного права Європейського Союзу, а також зобов'язала привести норми національного екологічного законодавством держав-учасниць у відповідність до визначених ЄС принципів [149].

Об'єктивно обумовленою є необхідність у дієвих контрольних заходах у сфері забезпечення охорони навколишнього середовища та використання природних ресурсів із боку суспільства. Створення правових норм в Україні повинно відбуватися лише з урахуванням запровадження та дії ефективного механізму реалізації права суб'єктів правовідносин на сприятливе навколишнє природне середовище та забезпечення належних умов використання природних ресурсів.

Досвід функціонування економічно руйнівних моделей розвитку в багатьох країнах світу веде до негативних наслідків у сфері використання природних ресурсів та відповідно позначається на обсязі та якості останніх.

Проблема правового регулювання використання природних ресурсів є багатогранною і в деяких аспектах, особливо щодо встановлення науково обґрунтованих меж вилучення природних

---

<sup>147</sup> Ріо-де-Жанейро декларація з навколишнього середовища і розвитку. Затверджено Конференцією ООН з навколишнього середовища і розвитку, Ріо-де-Жанейро, 3-14 червня 1992 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.esz.org.ua/?page\\_id=4153](http://www.esz.org.ua/?page_id=4153).

<sup>148</sup> Програма дій «Порядок денний на XXI століття (Agenda 21)»: Ухвалена Конференцією ООН з навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро (Саміт «Планета Земля» 1992). – Вид. 2-ге. – К. : Інтелсфера, 2000. – 360 с.

<sup>149</sup> Богачова Л.Л. Принципи європейського і національного права (порівняльно-правовий аналіз критеріїв класифікації) / Л.Л. Богачова // Державне будівництво та місцеве самоврядування. – 2013. – Вип. 26. – С. 47–60.



ресурсів для задоволення власних потреб і меж шкідливого впливу на природу з урахуванням необхідності належного захисту прав і законних інтереси суб'єктів правовідносин залишається відкритою та зумовлює необхідність гармонізації норм міжнародного та національного екологічного законодавства.

#### **2.4. Поводження з відходами в Україні: адміністративно-правовий аспект**

*Козаченко Ю.А.*

*Полтавська державна аграрна академія*

Проблема утворення відходів і поведження з ними на сучасному етапі має глобальний характер і є актуальною як для міжнародної спільноти, так і для національної державної політики. Зростання кількості відходів, підвищення пов'язаної з ними небезпеки спричиняє негативний вплив на глобальну екологію та стан природних ресурсів, на генофонд та здоров'я населення, на місцеву економіку і якість життя.

Забезпечення екологічної безпеки і підтримання екологічної рівноваги на території України є прерогативою держави, що визначено у ст. 16 Конституції України [150]. У національному контексті управління поведження з відходами виходить за рамки технологічних питань та становить комплексну проблему, що охоплює екологічні, економічні, соціальні і правові аспекти.

Метою статті є аналіз теоретичних та практичних питань, пов'язаних з адміністративно-правовим регулюванням поведження з відходами, обґрунтування наукових пропозицій щодо вдосконалення адміністративного законодавства України у досліджуваній сфері. Проблему поведження з відходами вивчали у своїх працях науковці О. Гаврилук, Л. Василенко, Н. Корякова, Н. Максименцева, О. Німко, А. Оскірко та інші, що, однак, не зменшує її актуальності.

Поведження з відходами – це дії, спрямовані на запобігання утворенню відходів, їх збирання, перевезення, сортування, зберігання, оброблення, перероблення, утилізацію, видалення, знешкодження і захоронення, включаючи контроль за цими операціями та нагляд за місцями видалення [151].

Офіційна статистична інформація Державної служби статистики України вказує на те, що загальні обсяги утворення відходів, починаючи з 2014 р. зменшилися у порівнянні з попередніми роками (табл. 1). Така

---

<sup>150</sup> Конституція України [Електронний ресурс] : Закон від 28.06.1996 № 254к/96-ВР // Верховна Рада України : офіц. веб-портал. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/254%D0%BA/96-%D0%B2%D1%80>. – Заголовок з екрана.

<sup>151</sup> Про відходи [Електронний ресурс]: Закон України від 05.03.1998 № 187/98-ВР // Верховна Рада України : офіц. веб-портал. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80>. – Заголовок з екрана.

ситуація зумовлена тим, що обсяги утворення відходів обліковувались без урахування відходів, що утворюються на тимчасово окупованій території Автономної Республіки Крим, м. Севастополя та частини зони проведення антитерористичної операції.

### 1. Динаміка загальних обсягів утворення відходів в Україні та поводження з ними

Рік	Утворено (тис. т)	Утилізовано (використано як вторинні матеріальні чи енергетичні ресурси) (тис. т)	Спалено (тис. т)	Видалено у спеціально відведені місця чи об'єкти (тис. т)
2010	425914,2	145710,7	1058,6	336952,2
2011	447641,2	153687,4	1054,5	277106,8
2012	450726,8	143453,5	1215,9	289627,4
2013	448117,6	147177,9	918,7	288121,1
2014	355000,4	109280,1	944,7	203698,0
2015	312267,6	92463,7	1134,7	152295,0
2016	295870,1	84630,3	1106,1	157379,3
2017	366423,5	96057,0	1105,0	193607,9

Джерело: дані [152]

Наведені вище дані засвідчують, що в Україні основним способом поводження з відходами залишається видалення та захоронення, незважаючи на те, що в усьому світі все більш широко впроваджуються в життя нові технології поводження з відходами, у тому числі сучасні системи поділу відходів, сміттєспалювальні заводи-електростанції і санітарні полігони захоронення. Згідно Закону України «Про відходи», видалення відходів – це здійснення операцій з відходами, що не призводять до їх утилізації; захоронення відходів – це остаточне розміщення відходів при їх видаленні у спеціально відведених місцях чи на об'єктах таким чином, щоб довгостроковий шкідливий вплив відходів на навколишнє природне середовище та здоров'я людини не перевищував установлених нормативів [153].

Позитивною рисою видалення та захоронення відходів є виключно те, що цей спосіб поводження з відходами не вимагає постійних і великих капіталовкладень. З іншого боку, видалення та захоронення відходів на полігонах створює цілу низку проблем. Найістотнішими з них є: 1) швидке надмірне переповнення існуючих полігонів через недостатнє ущільнення відходів; 2) розташування полігонів поряд з населеними пунктами через брак площ; 3) негативні фактори впливу на довкілля – велика кількість фільтрату, який утворюється внаслідок біологічного розкладання органічних речовин і забруднює природне середовище, зокрема підземні води; самозаймання відходів; забруднення

<sup>152</sup> Економічна статистика / Економічна діяльність / Навколишнє середовище [Електронний ресурс] // Державна служба статистики України : офіційний веб-сайт. – Режим доступу : [http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu\\_u/ns.htm](http://www.ukrstat.gov.ua/operativ/menu/menu_u/ns.htm). – Заголовок з екрана.

<sup>153</sup> Про відходи [Електронний ресурс]: Закон України від 05.03.1998 № 187/98-ВР // Верховна Рада України : офіц. веб-портал. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80>. – Заголовок з екрана.

прилеглих територій легкими фракціями, зокрема поліетиленом [154].

За даними Міністерства екології та природних ресурсів України на території України працюють офіційно створених 6 тис. сміттєзвалищ і полігонів загальною площею понад 9 тис. га. Кількість перевантажених сміттєзвалищ становить 960 одиниць (16 %), а 1138 одиниць (19 %) не відповідають нормам екологічної безпеки. Неналежним чином проводиться робота з паспортизації та рекультивації сміттєзвалищ. З 3049 сміттєзвалищ, які потребують паспортизації, у 2014 р. фактично паспортизовано 432 (потребує паспортизації 44 % сміттєзвалищ від їх загальної кількості) [155].

Захоронені відходи візуально непомітні, але ґрунт під ними токсичний, непридатний для будівництва чи сільського господарства. Результати досліджень захоронених відходів на полігонах 15-ти-річної давності вказують на те, що 80 % органічного матеріалу не розклалося [156].

Проблема утилізації відходів є особливо актуальною для сільської місцевості. Адже, у сільських населених пунктах майже не проводиться організований вивіз відходів, відсутні схеми санітарної очистки населених пунктів та програми поводження із відходами [157]. Через неналежну систему поводження з твердими побутовими відходами в населених пунктах щорічно виникає близько 24 тис. несанкціонованих звалищ, що займають площу близько 1,5 тис. га [158].

Адміністративно-правове регулювання сфери поводження з відходами в Україні здійснюється через систему правових, організаційних та економічних механізмів та взаємодію організаційних структур управління державного, обласного, міського, базового рівнів і суб'єктів господарської або іншої діяльності.

Особливості поводження з відходами в Україні регулюються насамперед базовими законами України «Про охорону навколишнього природного середовища» та «Про відходи». Закон України «Про відходи» покликаний забезпечити правове регулювання суттєвих проблем у сфері поводження з відходами, однак, на жаль, норми даного закону не в повній мірі відповідають сучасним європейським підходам. Окремі його положення є абстрактними, залишаються декларативними та невпровадженими в практику управління.

До інших правових актів, що в певній частині стосуються поводження з відходами належать закони: «Про металобрухт», «Про

---

<sup>154</sup> Розумне управління відходами спільнот [Електронний ресурс] : посібник / В рамках проекту: Розумне управління відходами в країнах Східного партнерства, 2017. – С. 3–4. – Режим доступу : [https://dzki.kievcity.gov.ua/files/2018/7/10/Upravlinya\\_vidchodamy.pdf](https://dzki.kievcity.gov.ua/files/2018/7/10/Upravlinya_vidchodamy.pdf). – Заголовок з екрана.

<sup>155</sup> Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2014 році. – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОП Грінь Д.С. – 2016. – С. 202.

<sup>156</sup> Скиданюк М.М. Сміття – важлива екологічна проблема. Шляхи її вирішення. Інформаційний посібник / Під ред. М.М. Скиданюк, Т.Р. Рогів. – Манява, 2010. – С. 19.

<sup>157</sup> Хоменко І.О. Проблеми та напрями переробки твердих побутових відходів в Україні / І.О. Хоменко, Л.В. Бабаченко, Я.В. Падій // Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища. – 2017. – № 12. – С. 454–455.

<sup>158</sup> Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2014 році. – К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, ФОП Грінь Д.С. – 2016. – С. 202.

поводження з радіоактивними відходами», «Про житлово-комунальні послуги», «Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення», «Про вилучення з обігу, переробку, утилізацію, знищення або подальше використання неякісної та небезпечної продукції», Земельний кодекс України, Кодекс України про надра та ін.

Згідно з чинними нормативно-правовими актами адміністративно-правове регулювання сфери поводження з відходами здійснюється шляхом: запровадження порядку обліку та паспортизації відходів; ведення реєстрів об'єктів утворення, оброблення, видалення, утилізації відходів; встановлення вимог транскордонного перевезення відходів; запровадження дозвільного порядку поводження з небезпечними відходами; встановлення адміністративної відповідальності за порушення порядку поводження з відходами. Адміністративно-правове регулювання сфери поводження з відходами має спрямовуватись на запобігання (мінімізацію) негативного впливу відходів на навколишнє природне середовище та максимально можливе їх залучення у господарський обіг в якості вторинних ресурсів.

У 2012 р. були внесені зміни до Закону України «Про відходи». Зокрема, ст. 35-1 встановила вимогу щодо поводження з побутовими відходами – «власники або наймачі, користувачі, у тому числі орендарі, джерел утворення побутових відходів, земельних ділянок укладають договори з юридичною особою, яка визначена виконавцем послуг на вивезення побутових відходів, здійснюють оплату таких послуг та забезпечують роздільне збирання твердих побутових відходів» [159].

Зміни в сфері поводження з відходами встановлює й Закон України «Про житлово-комунальні послуги» від 9 листопада 2017 р., який вводиться в дію з 1 травня 2019 р., крім окремих його положень [160]. Передбачено, що Кабінет Міністрів України визначає порядок формування тарифів на послуги з поводження із побутовими відходами, тобто послуги з вивезення, переробки і захоронення побутових відходів, що надаються в населеному пункті згідно з правилами благоустрою території населеного пункту, розробленими із урахуванням схеми санітарного очищення населеного пункту та затвердженими органом місцевого самоврядування. Законом визначено, що власники або наймачі, користувачі, у тому числі орендарі, джерел утворення побутових відходів повинні будуть: укласти договори з виконавцем послуг із вивезення побутових відходів; оплачувати послуги з поводження із побутовими відходами; забезпечувати роздільне збирання побутових відходів.

---

<sup>159</sup> Про відходи [Електронний ресурс]: Закон України від 05.03.1998 № 187/98-ВР // Верховна Рада України : офіц. веб-портал. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80>. – Заголовок з екрана.

<sup>160</sup> Про житлово-комунальні послуги [Електронний ресурс]: Закон України від 09.11.2017 № 2189-VIII// Верховна Рада України : офіц. веб-портал. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2189-19>. – Заголовок з екрана.

Встановлення обов'язку громадян проводити роздільне збирання побутових відходів та обов'язку юридичних осіб, які визначені виконавцями послуг на вивезення побутових відходів на певній території, забезпечувати їх роздільне збирання, дозволить збільшити частку відходів, придатних для використання в якості вторинної сировини, та сприятиме зменшенню об'єму відходів, що захоронюються.

Крім того, з 1 січня 2018 р. набрала чинності норма Закону України «Про відходи», згідно з якою захоронення неперероблених (необроблених) побутових відходів забороняється (пункт «і» ст. 32). Дана норма спрямована на обмеження та запобігання негативного впливу відходів на навколишнє природне середовище та відповідає вимогам Рамкової Директиви про відходи 75/442/ЄЕС, Директиви про небезпечні відходи 91/689/ЄЕС та Директиви про всеохоплююче запобігання забрудненню та його контроль 96/61/ЄЕС.

З 1 січня 2018 р. почали діяти також зміни до Кодексу України про адміністративні правопорушення (далі – КУпАП), які передбачають адміністративну відповідальність за захоронення неперероблених (необроблених) відходів [161]. Згідно із ст. 82-8 КУпАП на порушника накладається штраф у розмірі від 20 до 80 неоподатковуваних мінімумів доходів громадян; на посадових осіб, громадян-суб'єктів підприємницької діяльності – від 50 до 100 неоподатковуваних мінімумів доходів громадян; за повторне протягом року порушення штраф становитиме для громадян – від 80 до 100 неоподатковуваних мінімумів доходів громадян, для посадових осіб і підприємців – від 100 до 200 неоподатковуваних мінімумів доходів громадян.

Варто зазначити, що 8 листопада 2017 р. Кабінетом Міністрів України було розглянуто та схвалено Національну стратегію поводження з відходами до 2030 р., яка запроваджує в Україні європейські принципи поводження з усіма видами відходів: твердими побутовими, промисловими, будівельними, небезпечними, відходами сільського господарства тощо [162]. Стратегія охоплює широкий спектр заходів та напрямів, які застосовані у європейському законодавстві щодо поводження з відходами. Однак, без наявності дієвого механізму реалізації будь-які принципи, реформи залишаються лише декларативними намірами та благими ідеями.

На думку автора, неконтрольованому збільшенню кількості відходів в Україні сприяє не лише недосконалість вітчизняного законодавства, чим зловживають суб'єкти, що утворюють відходи, але й недоліки

---

<sup>161</sup> Кодекс України про адміністративні правопорушення [Електронний ресурс]: Закон України від 07.12.1984 № 8073-Х // Верховна Рада України : офіц. веб-портал. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/80731-10>. – Заголовок з екрана.

<sup>162</sup> Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року [Електронний ресурс] : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 08.11.2017 № 820-р // Верховна Рада України : офіц. веб-портал. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80>. – Заголовок з екрана.

інституту адміністративної відповідальності.

КУпАП містить низку норм, які встановлюють адміністративну відповідальність за проступки у сфері поводження з відходами, зокрема: псування сільськогосподарських та інших земель, у тому числі відходами (ст. 52 КУпАП); пошкодження лісу стічними водами, хімічними речовинами, нафтою і нафтопродуктами, промисловими і комунально-побутовими викидами, відходами і покидьками, що спричиняє його усихання чи захворювання (ст. 72); засмічення лісів відходами (ст. 73); порушення вимог щодо поводження з відходами під час їх збирання, перевезення, зберігання, оброблення, утилізації, знешкодження, видалення або захоронення (ст. 82); виробництво продукції з відходів чи з їх використанням без відповідної нормативно-технічної та технологічної документації (ст. 82-2); змішування чи захоронення відходів, для утилізації яких в Україні існує відповідна технологія, без спеціального дозволу (ст. 82-4); порушення правил передачі відходів (ст. 82-5); захоронення неперероблених (необроблених) побутових відходів (ст. 82-8); приховування перевищення встановлених лімітів на обсяги утворення та розміщення відходів (ст. 91-3) [163] тощо.

Однак, інститут адміністративної відповідальності не є дієвим засобом впливу у сфері поводження з відходами, по-перше, через відсутність офіційної результативної статистики щодо кількості притягнених правопорушників до адміністративної відповідальності за проступки у даній сфері; по-друге, через наявність занадто низьких розмірів штрафних санкцій. Ці обставини сприяють формуванню у свідомості членів суспільства атмосфери безкарності у сфері порушення законодавчо встановлених правил, нормативів та стандартів щодо поводження з відходами.

Суб'єктами розгляду адміністративних правопорушень у сфері поводження з відходами є: центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику із здійснення державного нагляду (контролю) у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів (ст. 242-1 КУпАП); центральний орган виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері лісового господарства (ст. 241 КУпАП); та органи державної санітарно-епідеміологічної служби (ст. 236 КУпАП).

КУпАП не відносить до компетенції виконавчих комітетів (виконавчих органів) сільських та селищних розгляд адміністративних правопорушень у сфері поводження з відходами, проте, значна кількість правопорушень у сфері поводження з відходами здійснюється на відповідних територіях сільських, селищних територіальних громад.

---

<sup>163</sup> Кодекс України про адміністративні правопорушення [Електронний ресурс]: Закон України від 07.12.1984 № 8073-X // Верховна Рада України : офіц. веб-портал. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/80731-10>. – Заголовок з екрана.

Отже, відсутність дієвого контролю та механізму застосування заходів адміністративної відповідальності призводить до масового утворення несанкціонованих звалищ та численних порушень законодавства під час поводження з відходами. Відсутність роздільного збирання відходів посилює проблему поводження з відходами.

Незважаючи на низку діючих нормативно-правових актів, проблема поводження з відходами залишається гострою. На думку автора, дієвості інституту адміністративної відповідальності сприятиме, по-перше, внесення змін до законодавства про адміністративні правопорушення та встановлення штрафних санкцій адекватних вчинюваним проступкам; по-друге, реальне притягнення винних осіб до адміністративної відповідальності; по-третє, популяризація серед населення інформації не лише щодо необхідності збереження навколишнього природного середовища для прийдешніх поколінь, але й інформації про кількість притягнених осіб до відповідальності та розміри застосованих санкцій.

## **2.5. Економічні проблеми раціонального використання природно-ресурсного потенціалу України**

*Мареха І.С., Миргородська В.С.*

*Сумський державний університет*

Економіка України тісно пов'язана з природними ресурсами, зокрема земельними. Самовизначеність українського народу формувалася протягом багатьох століть у лоні аграрної культури, що обумовило її непересічне значення для соціально-економічного розвитку нашої держави. Варто відзначити, що навіть у самих назвах реалій землеробської культури виявляється залежність українців від цього джерела існування [164, с. 266]. Так, українське слово «життя» походить від давньослов'янської назви хліба «жито». Саме гарний врожай хліба виступав запорукою економічного процвітання у праукраїнців, у той час як сучасне землекористування є джерелом експорту сільськогосподарської продукції та інвалютної виручки.

Аграрна спеціалізація українського експорту обумовлена передусім культурними чинниками, що дозволяє репрезентувати землю як стратегічний національний культурний ресурс України. Тому проблема раціонального землекористування постає як проблема збереження етнокультурних компонентів довкілля з метою сприяння міжнародному економічному розвитку. У цьому контексті актуальним постає завдання щодо вироблення стратегії позиціонування земельних ресурсів як складової національного бренду «Україна».

Органічний зв'язок земельних ресурсів з культурною компонентою

---

<sup>164</sup> Абрамович С.Д. Світова та українська культура : [Навч. пос.] / С.Д. Абрамович, М.Ю. Чікарькова. – Львів : Світ, 2004. – 344 с.

простежуємо у праці В.С. Крисаченко [ 165 ]. Автор наголошує на культуроцентричному землекористуванні українців, для яких природа слугує джерелом існування та натхнення. На особливу увагу заслуговує праця дослідників української культури С.Д. Абрамовича та М.Ю. Чікарькової [164]. Специфіка економічних відносин праукраїнців полягала в удосконаленні знарядь праці, використовуваних у лоні землеробського культурного простору. Технічний прогрес, який ґрунтувався на агрокультурі й сприяв розширеному відтворенню, позначався і на форсованому розвитку торговельних відносин українців з іншими народами. Можна стверджувати, що первинні економічні відносини в Україні були похідними формами викристалізованої екологічної культури. Та особливий науковий інтерес представляє латинська етимологія слова «культура», що дослівно означає «обробіток землі» [166, с. 5] .

Виходячи з цього, дослідники вважають, що культура є вираженням одвічної взаємодії людини з природою, визначає спосіб пристосування суспільства до природного середовища та екологічних потреб [ 167, с. 93]. Досліджуваний нами чинник також поширюється і на землі історико-культурного призначення, під якими законодавець [ 168 ] розуміє землі, на яких розташовані пам'ятки культурної спадщини, їх комплекси (ансамблі), історико-культурні заповідники, історико-культурні заповідні території, охоронювані археологічні території, музеї просто неба, меморіальні музеї-садиби.

Відзначаючи багатий арсенал наукових доробок у галузі еколого-культурних досліджень, підкреслимо, що вони потребують розширення та доповнення у напрямку врахування економічної складової в системі аграрної культури України. Подібне наукове завдання має практичне значення для економіки нашої держави, адже національне економічне диво неможливе без наявності стійких культурних переваг.

Економічний аналіз земельних ресурсів має свою специфіку, яка, зокрема, полягає у необхідності дослідження такої еколого-економічної категорії як земельна рента. У рамках вирішення поставленого нами завдання з приводу системного аналізу поняття земельної ренти особливий науковий інтерес представляє праця А.Ю. Жулавського та Н.В. Сидоренко [ 169 ]. Пропонуємо доповнити дане дослідження класифікацією науково-методичних підходів до розуміння поняття «земельна рента». В основу класифікації покладемо наступні критерії:

---

<sup>165</sup> Крисаченко В.С. Екологічна культура: теорія і практика : [Навч. пос.] / В.С. Крисаченко. – К. : Заповіт, 1996. – 352 с.

<sup>166</sup> Абрамович С.Д. Культурологія: [Навч. пос.] / С.Д. Абрамович, М.С. Тілло, М.Ю. Чікарькова. – К. : Кондора, 2005. – 352 с.

<sup>167</sup> Антофійчук В.І. Культурологія. Термінологічний словник: [Навч. пос.] / В.І. Антофійчук. – Чернівці : Книги-XXI, 2007. – 160 с.

<sup>168</sup> Земельний Кодекс України // Відомості Верховної Ради України. – 2002. – № 3–4. – ст. 27 (зі змінами та доповненнями).

<sup>169</sup> Жулавський А.Ю. Рента в системі економічних відносин / А.Ю. Жулавський, Н.В. Сидоренко // Вісник СумДУ. Серія «Економіка». – 2012. – № 2. – С. 131–137.



1. За способом утворення ренти: диференційна рента I (додатковий дохід від використання більш родючих земель); диференційна рента II (дохід від вкладення додаткових факторів виробництва з метою підвищення продуктивності землі).

2. За способом вилучення ренти: рента як дохід власника землі (винагорода за працю, премія тощо); рента як плата за користування землею (орендна плата, земельний податок тощо).

3. За способом привласнення ренти: абсолютна рента (платіж, який стягується з користувача земельними ресурсами незалежно від рівня їх родючості та місця розташування); монопольна рента (форма економічної реалізації права власності на унікальні родючі землі).

4. За способом формування джерела цінності: земельна рента, що залежить від ціни (прибічник Д. Рікардо); ціна, що залежить від земельної ренти (прибічник А. Сміт).

В основу нашого дослідження покладемо підхід класика економічної теорії Д. Рікардо. Згідно з його концепцією, рента утворюється за умови існування приватної власності на землю. У зв'язку з цим, учений зазначав, що якби повітря і вода могли стати чиеюсь власністю, то і вони б приносила ренту [170, с. 212]. У країнах, де не існує приватної власності на землю, рента не утворюється, оскільки «ніхто не стане платити за користування землею, якщо є ... маса ще не привласненої землі, якою може розпоряджатися кожний, хто захоче обробляти її» [171, с. 438]. По суті, вчений досліджує економічну ренту як частку «продукту землі, яка виплачується землевласнику за користування первісними і непорушними силами природи» [171, с. 436].

Згідно зі статтею 13 Конституції України, «земля, її надра, атмосферне повітря, водні та інші природні ресурси, які знаходяться у межах території України, природні ресурси її континентального шельфу, виключної (морської) економічної зони є об'єктами права власності українського народу» [172]. Отже, земельний фонд України є всенародним надбанням, і, відповідно, не приносить економічної ренти згідно рікардіанського підходу.

Оскільки вільного ринку землі в Україні поки що не існує, земельні ресурси перебувають у всенародній власності і становлять собою національне багатство нашої країни. У такому випадку землі генерують культурну квазіренту як альтернативу ринковому доходу.

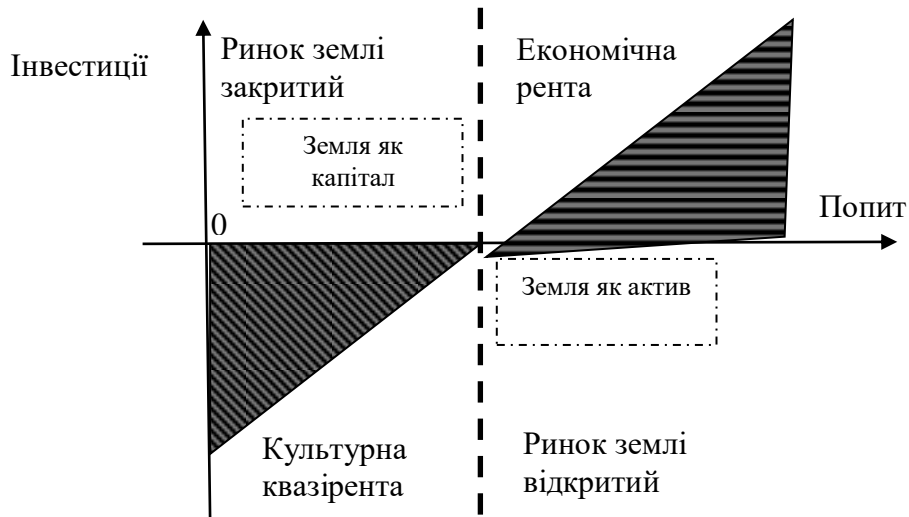
У свою чергу держава гарантує охорону земельного фонду, тобто культурна квазірента вилучається на природоохоронному рівні. Ринкова ж рента вилучається на рівні природо-відтворення та екоконструктивного природо-перетворення.

<sup>170</sup> Історія економічних учень: [підручник]: у 2 ч. / за ред. В.Д. Базилевича. – Ч. 1. – К.: Знання, 2006. – 582 с.

<sup>171</sup> Рікардо Д. Начала политической экономии // В. Петти, А. Смит, Д. Рікардо, Дж. Кейнс, М. Фридмен. Классика экономической мысли: Соч. – М.: ЭКСМО-Пресс, 2000. – 1025 с. – С. 438.

<sup>172</sup> Конституція України // Відомості Верховної Ради України. – 1996. – № 30. – ст. 141 (зі змінами та доповненнями).

Конкретизуємо еколого-економічний зміст поняття «культурна квазірента», під якою пропонується розуміти рентоподібний дохід, що вилучається державою в результаті унікального права власності на земельні ресурси з метою їх збереження та охорони. Графічна інтерпретація економічної ренти та культурної квазіренти представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Економічна рента та культурна квазірента в системі земельних відносин**

Джерело: авторська розробка

Як видно з рис. 1, ринок землі описується двома змінними — попитом на землю та інвестиціями у земельні ресурси. Оскільки пропозиція землі нееластична, тобто характеризується фіксованою, незмінною величиною, пропонуємо абстрагуватися від неї. В умовах закритого ринку землі інвестиції у придбання земельних наділів дорівнюють нулю. Держава несе витрати, пов'язані з особливою охороною земельних ресурсів, а тому величина інвестицій може набувати від'ємного значення, інкорпоруючись у природоохоронні затрати. У даному випадку землі становлять собою загальне національне надбання і генерують культурний рентоподібний дохід.

Зі зростанням попиту на землю, у тому числі з боку закордонних інвесторів, підвищується ймовірність зняття заборони на продаж земель сільськогосподарського призначення і формування відкритого ринку, який дозволяє отримувати економічну ренту власникам земельних наділів. У такому разі земля виступає економічним активом. Земля-актив здатна генерувати прибуток, на відміну від землі-капіталу, що акумулює екологічні, культурні та духовні цінності народу. Порівняльна характеристика досліджуваних концептів наведена у табл. 1.

Проаналізуємо положення концепту «земля-капітал», наведені у табл. 1. Держава від імені українського народу є власником земельних ресурсів в Україні. У свою чергу, відповідно до статей 13 та 14 Конституції України [172], держава гарантує право власності на землю українським громадянам та юридичним особам, які мають намір

здійснювати господарську діяльність, не заподіюючи шкоди людині і суспільству. По суті, держава виступає гарантом природо-ресурсної безпеки в українському суспільстві, дбаючи про якість навколишнього природного середовища. Земля як резервуар акумулювання екологічних цінностей виступає етнокультурним компонентом довкілля. У даному разі традиційні економічні функції земельних ресурсів, як-то: фактор виробництва, предмет праці, середовище для розташування промислових об'єктів, доповнюються етнокультурною функцією. Дана функція полягає у позиціонуванні земельних ресурсів як національного багатства, що задекларовано у Конституції України, і виражається через ознаки менталітету українців як землеробської нації. Тобто можна стверджувати, що серед усіх країн українцям притаманні постійні агрокультурні цінності, що формуються на основі архетипу землі у структурі землеробського менталітету.

### 1. Земля-капітал та земля-актив

Критерій	Земля-капітал	Земля-актив
Власник	Держава	Інвестор
Земля	Етнокультурний компонент довкілля	Фактор виробництва
Рента	Культурна квазірента	Економічна (ринкова) рента
Ринок землі	Закритий	Відкритий
Мета	Збереження національного багатства	Вилучення прибутку
Базова цінність	Архетип землі	Стереотип ефективності
Рівень впливу	Природо-охорона	Природо-відтворення, природо-перетворення
Культуртрегер	Народ	Підприємець

Джерело: авторська розробка

Сфера сільськогосподарського землекористування, у тому числі і землеробський менталітет, є винятковими з точки зору формування культурної квазіренти в українському суспільстві. Додатково підкреслимо, що носієм екологічних цінностей – культуртрегером – у сфері землекористування є український народ з притаманним йому екоатрибутивним світоглядом. Детально екоатрибутивний світогляд та ринково-економічні форми його конвертації було досліджено нами у роботі [173].

Зародження та формування менталітету українців як землеробської нації [174] відбувалося у лоні специфічних природно-побутових умов. Сприятливі природно-кліматичні умови та наявність значних площ високопродуктивних ґрунтів справили вирішальний вплив на господарську спеціалізацію українців. Оскільки землеробство

<sup>173</sup> Мареха І.С. Екоатрибутивний світогляд та ринково-економічні форми його конвертації / І.С. Мареха, Я.С. Клісінські // Інфраструктура ринку. – 2017. – Вип. 13. – С. 250–255.

<sup>174</sup> Коваль Ф. Захисниця продовольчої безпеки / Ф. Коваль // За вільну Україну. – 2000. – 23 червня.

потребувало осілого способу життя, то поселення українців були територіально приурочені до земельних ділянок, тривалий догляд за якими та налагоджена система дбайливого господарювання призвели до виникнення високорозвиненої агрокультури. Українська система землеробства еволюціонувала від низькопродуктивної вирубно-вогневої системи до прогресивних багатопільних форм з науково обґрунтованими сівозмінами, інтенсивним застосуванням органічних добрив та рослин-сидератів. Довготривале, від покоління до покоління, перебування українців на земельних ділянках спричинило формування особливого екологічного світогляду, що базується на ірраціональних (повага, любов, поклоніння), раціональних (агротехнічні знання) та експериментальних рисах (сільськогосподарський досвід) [175].

Економіка України має яскраво виражений рентний характер. Земельна рента сформувалася під дією історичних та культурних чинників, що генерують додаткові міжнародні конкурентні переваги перед іншими країнами. У цьому контексті надлишок земель сільськогосподарського призначення не повинен розглядатися як «ресурсне прокляття», що вичерпує економічний потенціал країни та призводить до викривлення товарної структури експорту. Поряд з традиційними функціями, як-то: ціноутворююча, регулююча тощо, ринок землі в Україні виконує етнокультурну функцію. У сучасних умовах високопродуктивний український чорнозем можна позиціонувати у світі як національний бренд, що виражає постійні цінності глобальної продовольчої безпеки та еколого-культурні особливості нашої країни. Формування позитивного міжнародного іміджу України з метою підвищення її позицій у рейтингах глобальної конкурентоспроможності може відбуватися шляхом проєкції національних екологічних цінностей у площину суспільного виробництва, первинною ланкою якого є сільськогосподарське землекористування.

Родючі ґрунти як національний природний капітал мають еколого-культурне значення для економіки нашої держави. Пошук маркетингових механізмів вилучення культурної квазіренти визначає напрями подальших досліджень.

---

<sup>175</sup> Мареха І.С. Ментальний портрет українця-землероба як соціальний фундамент національного еколого-економічного розвитку // І.С. Мареха // Вісник Одеського національного університету. Серія: Економіка. – 2015. – Том 20. – Вип. 1/1. – С. 111.

## **2.6. Оцінка впливу на довкілля технології фрезерного способу добування торфу на торфородовищі «Велике Багно» Маневицького району Волинської області**

*Мерленко І.М., Бондарчук С.П., Кірчук Р.В., Панькевич С.Г.,  
Федонюк М.А.*

*Луцький національний технічний університет*

Торф є традиційною корисною копалиною, яку здавна використовували на паливо, приготування добрив та на підстилку ВРХ. Сьогодні спектр використання торфу значно розширився.

Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії (НВДЕ) останнім часом стали одним із важливих критеріїв сталого розвитку світової спільноти. Головними причинами такої уваги є очікуване вичерпання запасів органічних видів палива, різке зростання їх ціни, низька ефективність технологій їхнього використання, шкідливий вплив на довкілля. Темпи зростання обсягів виробництва енергії НВДЕ також значно перевищують аналогічні для традиційних видів енергії [176].

Проведення досліджень можливості раціонального використання торфово-болотного об'єкту «Велике Багно» Маневицького району Волинської області має дуже велике значення для оптимізації екологічного стану території шляхом видобування торфу та проведенні рекультивації через створення б штучних водойм.

Об'єктом досліджень є торфородовище «Велике Багно» Маневицького району Волинської області.

Предметом дослідження є ОВД технології фрезерного способу добування торфу на даному родовищі.

Метою роботи є екологічне обґрунтування можливості фрезерного способу добування торфу на торфовищі «Велике Багно» Маневицького району Волинської області.

Практичне значення отриманих результатів роботи полягає в тому, що їх можна використовувати для оцінки інших торфородовищ, в також – при видобуванні торфу і рекультивації порушених територій, при викладанні навчальних дисциплін техноекоекологія, екологічна експертиза, охорона та раціональне використання земельних ресурсів.

Серед природних ресурсів торф займає особливе місце.

Характеристика торфового фонду України, його районування, особливості використання та охорони подавались в роботах М.М. Долгополова (1952), І.К. Паламарчука (1986), В.О. Гнеушева (1998, 2001, 2002), С.О. Жукова (2007), Т.С.Боднарюк, Гнеушева (2008) та ін.

Зокрема, районування торфового фонду здійснювалось у працях

---

<sup>176</sup> Рожко А.О. Перспективи використання відновлювальних джерел енергії в Україні / А.О. Рожко // Энергосбережение. – 2007. – № 2. – С. 25–28.

[177, 178], в монографії [179] детально розглянуто функції торфових ґрунтів, основні властивості і режими поживних речовин з метою їх врахування та встановлення основних напрямів використання торфових земель.

Сучасний стан запасів, проблеми раціонального розміщення підприємств торфовидобування, ефективного використання торфових ресурсів подано в роботах [180, 181, 182].

Сьогодні осушені торфові землі використовуються вкрай незадовільно, значна частина закинута і заростає низькоякісною трав'яною рослинністю і чагарником [183, 184, 185].

На рис. 1 показано схему розташування та загальний вигляд торфопо-болотного об'єкту «Велике Багно».



**Рис. 1. Схема розташування та загальний вигляд торфопо-болотного об'єкту «Велике Багно»**

Джерело: авторські дослідження

Торфове родовище «Велике Багно» (площа обстеження 510 га) розміщено в 12,5 км південніше районного центру Маневичі і в 1,5 км на південний захід від с. Довжиця. Рельєф ділянки – заболочена рівнина з рівнем залягання дзеркала підґрунтових вод на час обстеження 1,3–1,5 м від поверхні ґрунту.

<sup>177</sup> Торфопо-болотний фонд УРСР, його районування та використання / За ред. Г.І. Білика. – К. : Наукова думка, 1973. – 264 с.

<sup>178</sup> Паламарчук Є.К. Торф'яно-болотний фонд: Раціональне використання і охорона / Є.К. Паламарчук, М.М. Грисюк, Є.Є. Гурін. – К. : Урожай, 1986. – 144 с.

<sup>179</sup> Торфопо-земельний ресурс Північно-Західного регіону України: монографія / С.Т. Вознюк, В.С. Мошинський, М.О. Клименко та ін. – Рівне : НУВГП, 2017. – 117 с.

<sup>180</sup> Гнеушев В.О. Торфові ресурси України і шляхи їх раціонального використання / В.О. Гнеушев // Альтернативні та відновлювані джерела енергії. – Рівне, 2002. – С. 22–27.

<sup>181</sup> Жуков С.О. Ресурсні аспекти будівництва підприємств торфопої промисловості / С.О. Жуков // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. – Рівне, 2007. – Вип. 2. – С. 153-158.

<sup>182</sup> Сивий М. Торфові ресурси України: сучасний стан, перспективи використання // Економічна та соціальна географія. Наукові записки. – 2012. – № 1. – С. 81–86.

<sup>183</sup> Алексеевский В.Е. Мелиоративная обстановка на осушаемых землях Украинского Полесья / В.Е. Алексеевский, К.П. Терещенко, В.И. Козловский // Гидротехника и мелиорация. – М. : Колос, 1993. – № 11. – С. 46–48.

<sup>184</sup> Трускавецький Р.С. Торфові ґрунти і торфоповища України / Р.С. Трускавецький. – Харків : «Міськдрук», 2010. – 278 с.

<sup>185</sup> Трускавецький Р.С. Напрямок окультурення торфових ґрунтів / Р.С. Трускавецький // Ґрунтознавство та агрохімія. – 1978. – Вип. 35. – С. 32–36.

Основними компонентами трав'яно-мохових угруповань є різні осоки, переважно кореневищні, рідше очерет. На поверхні зустрічається хвоя та досить багато купин. Наявність достатніх запасів низинного торфу і сапропелю (озерного органічного мулу) сприяло тому, що болотний масив швидко почав заростати майже не пролазним, малоцінним трав'яно-чагарниковим ярусом і менше (на окремих лісних галявинах і рідколіссі) очеретом, осоками, а такі лікувально і продовольчо цінні рослини як Бобівник трилістий, Шабельник болотний, Валеріана лікарська, Журавлина болотна, Чорниця, Багно звичайне майже повністю випали із болотних фітоценозів. Осушення (обезводнення) торфового родовища без повної екскавації торфу з повторним його заболочуванням недопустимо.

На обстеженій ділянці торфовища не виявлено болотної дичини, місць гніздування болотної птиці. Проте, замічена наявність значної кількості бобрів, проходи і нори яких часто зустрічаються вздовж каналів, поблизу води.

Рівень ґрунтових вод знаходиться на 0,2–4 м від поверхні землі, сезонні коливання РГВ знаходиться в межах 0,5 м.

Тобто, сучасний стан родовища є двояким: це вже не сільськогосподарські угіддя, але це не є ліс чи болото в прямому розумінні цього слова. Зрозуміло, що ніякого естетичного виду, туристичної привабливості, природної цінності дана територія не несе. На території торфородовища «Велике Багно» практично не ростуть гриби та ягоди, риби немає де водитись, відсутнє біорізноманіття. Крім цього, місцеві мешканці з навколишніх сіл зробили на цьому родовищі місця неорганізованого скиду різноманітного сміття.

Коротко опишемо запропонований фрезерний спосіб видобутку, який є найпоширенішим, але і найчутливішим до зміни погодних умов [186, 187].

При фрезерному способі торф розпушується на глибину до 2 сантиметрів за допомогою трактора з встановленим на ньому фрезерним барабаном. Під час сушки торф перевертається 1–3 рази за допомогою ворущилки. Фрезерування, ворущіння та валкування утворюють собою так званий «цикл збору». Відразу після валкування починається новий процес фрезерування поверхні болота. Торф, зібраний в валки, гірше вбирає вологу і тому залишається сухим.

Після виконання 4–6 циклів збору торф, за допомогою стрічкового конвеєру з валок вантажиться на причепи та доставляється на спеціальний майданчик для подальшого складування в бурти.

Для нормальної роботи видобувної техніки слід осушити даний масив.

---

<sup>186</sup> Технологія фрезерної видобутку торфу – Ужгород Інфо [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://citylife.uzhgorod.ua/view\\_post.php?id=8888](https://citylife.uzhgorod.ua/view_post.php?id=8888).

<sup>187</sup> Комплекс проектної документації по добуванню торфу на родовищі «Велике Багно» Маневицького району Волинської області. – Луцьк, 2004.

Роботи будуть полегшені, оскільки торфородовище Велике Багно в 70-х роках минулого століття вже було осушене відкритою системою каналів. Необхідно тільки прочистити дані канали.

Оскільки частина території покрита деревами та кущами, то необхідно провести роботи по її розчищенню.

Рекомендують з валків торф збирати бункерними збиральними машинами МТФ-43А-К на пневмоколісному ході, що дозволяє швидше і якісніше збирати торф у порівнянні з гусеничними агрегатами.

За сезон видобування торфу, залежно від його якісної характеристики, справності обладнання та погодних умов здійснюється 10-50 циклів. Після закінчення сезону добування, уздовж лінії штабелів бульдозером планується траса, на яку колісукладачем укладається тимчасова вузькоколійна залізнична колія, тепловозами подаються до штабелів саморозвантажні вагони, в які вантажними кранами грейферів або навантажувачами завантажується торф.

У міру спрацювання центральної частини родовища фронт видобувних робіт переміщується з центральної ділянки на західну, а центральна ділянка переводиться в режим повторного заболочування і поступового відновлення притаманних торфовищам біосферних функцій. Після відпрацювання західної ділянки всю територію родовища повторно заболочують з перспективою повної ренатуралізації, або створюють водойми.

При добуванні торфу на територіях, де можливе влаштування водойм товщина захисного придонного шару повинна бути не менше 0,15 м, що враховано в проекті розробки родовища. В якості роздільних дамб водойм залишаються смуги невироблених покладів торфу по трасах вузькоколісної залізниці, середня ширина яких складає 25 м. Враховуючи умови наповнення водойм та водообміну, в них передбачається влаштування 6-ти водойм загальною площею 300 га та об'ємом води 4,85 млн м<sup>3</sup>.

В Україні 18 грудня 2017 р. набув чинності Закон «Про оцінку впливу на довкілля», прийнятий Верховною Радою 23.05.17 р., яким відповідно до вимог Угоди про асоціацію та європейських директив впроваджено нову європейську модель процедури оцінки впливу на довкілля (ОВД) замість скасованої екологічної експертизи [188].

В основі Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» лежить Директива № 2001/42 ЄС «Про оцінку впливу окремих планів та програм на навколишнє середовище», яку Україна зобов'язалася впровадити згідно з Угодою про асоціацію з ЄС.

Оцінка впливу на довкілля призначена для виявлення характеру, інтенсивності і ступеня небезпеки впливу будь-якого виду планованої господарської діяльності на стан довкілля і здоров'я населення.

На рис. 2 показано схематично процедуру здійснення ОВД в Україні.

---

<sup>188</sup> Про оцінку впливу на довкілля : Закон України // Відомості Верховної Ради (ВВР). – 2017. – № 29. – Ст. 315.





**Рис. 2. Процедура здійснення ОВД**

Джерело: авторська розробка

Нами досліджено, що до негативних впливів планованої діяльності на атмосферне повітря належать:

- забруднення повітряного середовища вихлопними газами двигунів внутрішнього згорання технологічних транспортних машин;
- забруднення повітря пилом від вітрової ерозії;
- підвищення рівня запиленості атмосфери внаслідок транспортувальних операцій.

Особливістю є те, що забруднення атмосфери виникає безпосередньо на робочих місцях і в процесі здійснення технологічних операцій, тобто має локальний характер та обмежену періодом ведення робіт тривалість.

Для мінімізації негативного впливу на приземний шар атмосферного повітря необхідно враховувати порядок ведення робіт, взаємне розташування і концентрацію обладнання відносно напрямку повітряних потоків, а також кліматичні умови.

Вплив планової діяльності на водне середовище пов'язаний із водовідведенням у раніше споруджену та діючу мережу відкритих магістральних каналів від технологічного осушення покладів торфу до експлуатаційної вологи.

Разом із дренажними водами існує ймовірність потрапляння до водотоку-приймача (мережа відкритих магістральних каналів) решток торфу та рослин, що може мати свій вплив на зміну гідрологічного та

гідрохімічного режиму. На сьогодні МК свої функції не виконують і перебувають в кризовому стані. Іншим сценарієм впливу на поверхневі водні об'єкти є поверхневий дифузійний стік із ділянки провадження видобутку торфу, однак рельєф ділянки не сприятиме цим процесам.

Передбачаються і позитивні аспекти впливу водовідведення від технологічного осушення

Окрім того, до можливих впливів планованої діяльності на водне середовище належить забруднення поверхневих вод паливно-мастильними матеріалами (ПММ), шляхом поверхневого стоку із ділянки видобутку.

Негативний вплив на водні ресурси передбачається звести до мінімуму шляхом дотримання вимог Водного кодексу України щодо охорони поверхневих водних об'єктів. З метою недопущення забруднення, замулення і виснаження водних об'єктів, а також збереження ареалів рослинного і тваринного світу, на територіях, прилеглих до цих водних об'єктів установлені водоохоронні зони і прибережні захисні смуги.

Для задоволення господарсько-питних потреб на промисловому майданчику буде використовуватися вода привізана бутильована в необхідній кількості, постачання якої забезпечить профільне підприємство, про що на наступних етапах підготовки до провадження планованої діяльності буде укладена відповідна угода.

До можливих впливів на ґрунтове середовище належать:

- порушення структури ґрунтового покриву в процесі підготовки родовища до розробки (розчищення від рослинного покриву, коріння тощо);
- забруднення ґрунтового покриву внаслідок проливу паливно-мастильних матеріалів;
- ущільнення ґрунтового покриву внаслідок руху важкої великогабаритної техніки;
- осадження на ґрунти мінерального пилу та хімічних сполук;
- тимчасове зберігання відходів, що утворюються в процесі видобутку торфу, відходи від роботи техніки, автотранспорту, побутових відходів.

Розглядається ймовірність забруднення ґрунтового середовища внаслідок: проливу мастильних матеріалів, палива, неналежного зберігання органічних та токсичних відходів та невчасне їх вивезення на утилізацію. Однак усі ці впливи мають місце при порушенні норм та вимог чинного санітарно-гігієнічного, екологічного та іншого чинного законодавства, а також за необережного поводження із засобами виробництва, обслуговуючою технікою.

До відходів, утворення яких передбачається на родовищі під час торфовидобувної діяльності, належать:

- тверді побутові відходи у вигляді пакувальних матеріалів;
- сміття від прибирання території;
- зношений спецодяг працівників;

- харчові органічні відходи;
- відпрацьовані акумуляторні батареї;
- відходи мастил технічних;
- матеріали обтиральні забруднені нафтопродуктами;
- відходи комунальні;
- відпрацьовані автомобільні шини;
- залишки торфосировини.

Для мінімізації негативних впливів на навколишнє природне середовище в процесі тимчасового зберігання утворюваних відходів, слід передбачити спеціально обладнані для цього місця та забезпечити їх вивезення на утилізацію екологічно-безпечними засобами.

Шумове забруднення пов'язане із роботою техніки на родовищі, транспортуванням видобутого торфу від місяця видобутку (кар'єрна техніка, вантажний автотранспорт). Воно не буде впливати на населення найближчих населених пунктів, які розміщені на відстані більше 5 км.

Отже, провадження планованої діяльності не порушує законодавчих вимог, щодо фізичних впливів на населені пункти і не спричинятиме негативного впливу на стан здоров'я населення.

З метою зниження шкідливого впливу забруднюючих речовин, що утворюються в процесі провадження планованої діяльності, на атмосферне повітря передбачається:

- оптимізувати роботу видобувної та транспортної техніки родовища;
- вчасно здійснювати ремонтно-налагоджувальні роботи техніки;
- робота двигунів на холостому ходу для зменшення викидів;
- дотримання графіків роботи техніки;
- зволоження під'їзних шляхів з метою зменшення запиленості атмосфери;
- дотримання вимог чинного екологічного законодавства.

Негативні впливи планованої діяльності на ґрунтове та водне середовище передбачено мінімізувати шляхом впровадження наступних проектних рішень:

- тимчасовий характер зберігання палива та відходів діяльності;
- використання підготовлених територій підприємства для складування сировини (площадки із покриттям, що не допускає атмосферну інфільтрацію складових сировини у ґрунтове середовище, тим самим блокуючи забруднення підземних водоносних горизонтів);
- спеціальне покриття траєкторії руху обслуговуючого транспорту, що є сорбуючим матеріалом для розлитих нафтопродуктів і мастильних препаратів;
- відсутність у складі утилізованих відходів токсичних компонентів;
- агрегатний стан утилізованих відходів, який не дозволяє золі контактувати з повітрям та ґрунтами довкілля;
- організоване вивезення ТПВ;
- використання технічно-придатних машин із відрегульованою

паливною системою, яке унеможливило втрати паливно-мастильних матеріалів;

- збір відпрацьованих масел у спеціальні ємності;
- установка піддонів під ємності на площадках при заправці техніки;

У зв'язку із легко займистістю торфу та складністю процесу усунення торф'яних пожеж, необхідно передбачити пожежно-профілактичні заходи, що спрямовані на усунення причин виникнення і розвиток небезпечних ситуацій, а також створення умов, необхідних для успішної їх ліквідації і проведення рятувальних робіт, серед яких:

- оснащення машин і тракторів іскрогасниками, первинними засобами пожежогасіння;
- спорудження протипожежних бар'єрів у найбільш небезпечних ділянках лісу, смуг по його межах (шириною до 4 м);
- у місцях, де є небезпека виникнення торф'яних пожеж, улаштування захисних каналів глибиною до мінерального шару або на 0,5 м нижче рівня ґрунтових вод і шириною дна до 1 м;
- підготовка природних водойм, заглиблення або створення загат, майданчиків для пожежних насосів, прокладання шляхів до них;

Рекультивация повністю або частково вироблених торфовищ родовищ для їх подальшого використання може здійснюватись за такими напрямками:

- природоохоронний;
- водогосподарський;
- лісгосподарський;
- сільськогосподарський;
- рекреаційний.

Екологічна реабілітація є необхідною для таких промислово-вироблених торфовищ родовищ:

- на території яких або суміжних, спостерігається деградація ландшафтів;
- за освоєності понад 50 % площ певного торфового родовища;
- на території яких після вироблення торфу неможливо забезпечити задовільний для лісгосподарського або сільськогосподарського використання рівень ґрунтових вод;
- на території яких після видобутку торфу легко піддаються пожежами або перебувають у пожежонебезпечному стані;
- використання яких визнано недоцільним у жодному з визначених напрямків.

Зокрема повторне заболочування вироблених торфородовищ є вкрай доцільним лише у випадку видобутку торфу екскаваторним способом.

Природоохоронну роботу передбачається спрямувати на дотримання вимог екологічного законодавства України, забезпечення господарської діяльності дозвільною та ліцензійною документацією,

запобігання наднормового забруднення навколишнього природного середовища, мінімізацію негативного впливу на довкілля виробничої діяльності підприємства.

Проведення наукових досліджень щодо ОВД технології добування торфу удосконаленим фрезерним способом та обґрунтування раціонального використання торфо-болотного об'єкту родовища «Велике Багно» Маневицького району Волинської області площею 510 га, дозволило зробити певні висновки і рекомендації.

1. Загальний екологічний стан торфо-болотного об'єкту є незадовільним. Торфовий масив «Велике Багно» перебуває в складній екологічній ситуації – частина торфовища внаслідок обезводнення і пониження рівня підґрунтових вод щорічно втрачає до 9–11 тонн торфу в перерахунку на суху масу, інтенсивно забруднює атмосферу парниковими газами, і на ньому декілька років тому були пожежі. Інша частина перебуває у стані вторинного заболочування.

2. Соціально-економічний вплив планованої діяльності: збільшення мінерально-сировинної бази Волинської області, збільшення робочих місць для населення (близько 30 нових робочих місць на період 10–12 років), яке проживає в межах даного адміністративного району; забезпечення комунальних підприємств, закладів освіти та громадян сировиною для палива та наповнення місцевих бюджетів; плата за користування ділянками і торфовими ресурсами буде надходити до місцевого бюджету

3. До залишкових впливів від запроєктованої діяльності відносяться:

– вироблення запасів торфу на території родовища (близько 8 млн. м<sup>3</sup>), але вказане є основною метою запроєктованої діяльності;

– зміна ландшафту території, де замість деревно-чагарникової рослинності з'являться водойми на площі 300 га зі зміною трансформації угідь;

– зміна складу дикої фауни, що викликана трансформацією угідь;

– зменшення площ земель, покритих лісом, сіножатями і чагарниками;

– покращення умов проживання водоплавної птиці, в тому числі перелітної, в районі вертикального міграційного коридору в районі заплави р. Стохід та Стир.

4. Видобуток торфу фрезерним способом викличе наступні найзначніші впливи на стан навколишнього середовища:

– вплив на водне середовище;

– вплив на повітряне середовище;

– вплив на ґрунти та геологічне середовище;

– вплив на рослинний та тваринний світ, заповідні території.

Сукупність даних впливів не призведе до суттєвих збитків, завданих навколишньому середовищу при умові виконання наступних заходів:

– облаштування родовища системою спостережних свердловин

за рівнями ґрунтових вод;

- будівництво і реконструкція існуючих по периметру ділянки добування торфу огорожуючих каналів для створення протифільтраційної та протипожежної водної завіси;

- недопущення скиду в р. Стохід забруднених завислими речовинами та нафтопродуктами вод;

- забезпечення середньої глибини води в водоймі не менше 1,2–1,3 м, що не дозволить розвиватись процесам «цвітіння» води та малярії;

- встановлення нормального підпертого рівня води в водоймі на відмітках, близьких до природних на прилеглих територіях;

- спалювання залишків деревно-чагарникової рослинності здійснювати в зимовий період або їх подрібнювати та компостувати.

Після проведення процедури ОВД та позитивного рішення Мінекології рекомендується організувати добування торфу удосконаленим фрезерним способом, який є найбільш прогресивним та екологічно безпечним.

Приймаючи до уваги вище викладене, можна зробити висновок, що вплив проектованої діяльності на навколишнє середовище можна вважати, як прийнятний.

## **2.7. Економічне стимулювання розвитку переробних виробництв на базі місцевих природно-ресурсних комплексів: генезис проблем та систематизація шляхів їх вирішення**

*Шубалий О.М., Косінський П.М.*

*Луцький національний технічний університет*

На території нашої держави спостерігається унікальне поєднання земельних, лісових, водних, мінеральних, рекреаційних та інших природних ресурсів, що формують належну природно-ресурсну базу для подальшого успішного розвитку природно-господарських комплексів, а також отримання додаткового ВВП за рахунок забезпечення комплексної переробки цих ресурсів. На жаль, сьогодні в Україні переважає сировинна спеціалізація природно-господарських комплексів з подальшою орієнтацією на продаж природної сировини чи напівфабрикатів на експорт. Таким чином, держава втрачає унікальні можливості підвищення ефективності національної економіки за рахунок раціонального та комплексного використання природних ресурсів на основі розбудови природно-господарських комплексів, націлених на формування нових ланцюгів створення доданої вартості.

Адже в теперішній час з метою збільшення прибутку державні та приватні підприємства екстенсивно збільшують обсяги видобутку природних ресурсів (наприклад, вугілля, природний газ, торф, ліс, чорні

та кольорові метали тощо), що, в свою чергу, пришвидшує їх вичерпування і призводить до негативних еколого-економічних наслідків. З іншого боку, вітчизняна природна сировина, експортована за кордон, нерідко повертається у вигляді товарів кінцевого споживання зі значно вищою доданою вартістю.

Щоб уникнути нераціонального використання наявного природно-ресурсного потенціалу, слід перейти до стратегії забезпечення поглибленої переробки наявних природних ресурсів. Тобто, на основі наявного потенціалу окремого природного ресурсу чи їх поєднання на певній території повинен формуватися відповідний господарський комплекс, який при взаємодії з іншими господарськими комплексами буде створювати інтегровану систему, яка забезпечуватиме раціональну заготівлю та поглиблену переробку природних ресурсів на засадах безвідходності та комплексності, формуючи нові ланцюги створення доданої вартості. Відповідно, формування додаткових ланцюгів створення доданої вартості на основі залучення природних ресурсів в господарський оборот забезпечить отримання додаткових ефектів для суб'єктів господарювання, найманих працівників та держави.

Деякі вчені розглядають природокористування з економічної точки зору, схиляючись до того, що головною метою експлуатації природних ресурсів є задоволення потреб суспільства внаслідок суспільно виробничої діяльності [189, 190].

Проте, впродовж останніх років науковці [191, 192] почали розглядати природокористування з еколого-економічної точки зору, роблячи акцент на пріоритетності охорони навколишнього природного середовища.

Враховуючи обраний шлях на подальшу євроінтеграцію, в нашій країні повинні бути створені відповідні умови для: посилення ключових компетенцій регіонів у розвитку високоефективного виробництва на місцевій природно-ресурсній базі, організації відповідних управлінських структур (корпорацій сталого розвитку територій), прискореного розвитку прогресивних галузей господарства з застосуванням проектного підходу, фінансизація природокористування, у тому числі зі створення спеціальних режимів господарювання та структур за типом суверенних фондів [193].

Раціональне використання природних ресурсів передбачає застосування ресурсозберігаючих технологій. Відповідно до світових тенденцій раціонального еколого-економічного виробництва, у нашій

---

<sup>189</sup> Макарова Н.С. Економіка природокористування / Н.С. Макарова, Л.Д. Гармідер, Л.В. Михальчук. – К. : Центр навчальної літератури, 2008. – 322 с.

<sup>190</sup> Дубас Р.Г. Економіка природокористування : навч. посіб. / Р.Г. Дубас. – К. : «МП Леся», 2007. – 448 с.

<sup>191</sup> Хвесик М.А. Інституціональна модель природокористування в умовах глобальних викликів : монографія / М.А. Хвесик, В.А. Голян. – К. : Кондор, 2007. – 480 с.

<sup>192</sup> Рассаднікова С.І. Сучасні тренди і проблеми реформування інвестиційного забезпечення природокористування / С.І. Рассаднікова // Економіст. – 2010. – № 8. – С. 38–41.

<sup>193</sup> Клиновий Д.В. Управління природокористуванням в умовах децентралізації влади : міжнародний досвід та національна стратегія розвитку / Д.В. Клиновий, О.В. Мельник // Економіка та держава. – 2015. – № 2. – 27 с.

країні просто необхідно стимулювати ті переробні виробництва, що сприяють заощадженню природних ресурсів та їх раціональному використанню. Однак, як показує практика, середні та великі промислові підприємства не поспішають до радикальних технологічних змін, адже це призводить до величезних фінансових витрат, головним чином, на матеріально-технічне забезпечення, навчання працівників, розробки ефективної технології виробництва тощо.

Виділяють такі основні проблеми ресурсозбереження: несприятлива структура промислового виробництва; постійне підвищення цін на ресурси; загострення екологічних проблем; недосконалість законодавчої бази; слабкий розвиток інноваційної діяльності; застарілість основних фондів виробництва; високий рівень ресурсоемності ВВП [194].

Нинішню екологічну ситуацію в Україні можна охарактеризувати як кризову, яка постійно погіршується, збільшується антропогенне навантаження на навколишнє середовище, відбувається виснаження природних ресурсів через їхнє інтенсивне використання. Тому, раціональне використання природних ресурсів як складової навколишнього середовища є нагальною потребою нашої держави [195].

З метою покращення екологічного стану в нашій державі, визначимо основні проблеми раціонального використання природних ресурсів та можливі шляхи її вирішення (рис. 1).

В умовах ринкових відносин для забезпечення раціонального природокористування потрібно формувати принципово новий економічний механізм взаємодії природи і суспільства. Тому необхідний новий підхід до розуміння самого поняття природних ресурсів як до специфічної економічної категорії, що у практичному плані має передбачати проведення їх класифікації, обліку, оцінки, спостереження за станом і використанням, охороною і відтворенням.

В нашій країні, основними проблемами раціонального природокористування є недостатня фінансова підтримка з боку держави, місцевих територіальних громад, вітчизняних та іноземних інвесторів, а також певні прогалини в екологічному законодавстві.

Часто з комплексних за своєю природою природних ресурсів добувають лише один їх компонент. Однак ідеальним потрібно вважати використання усіх корисних для людини складових частин того чи іншого ресурсу. Іноді той чи інший природний ресурс може бути використаний багатьма галузями виробництва [196].

---

<sup>194</sup> Сотник І. М. Сучасні проблеми та особливості розвитку ресурсозберігаючих процесів в економіці України / І. М. Сотник, Л. А. Кулик // Вісник СумДУ. Серія «Економіка». – 2013. – № 3. – С. 5–15.

<sup>195</sup> Остапчук Т.М. Основні пріоритети охорони довкілля і раціонального використання природних ресурсів / Т.М. Остапчук // Науковий вісник Академії муніципального управління : Серія «Управління». – 2014. – Вип. 1. – С. 317–322.

<sup>196</sup> Шувар І.А. Екологічні основи збалансованого природокористування : навч. посіб. / І.А. Шувар, В.В. Снітинський, В.В. Бальковський. – Львів – Чернівці : Книги– XXI, 2011. – 760 с.





**Рис. 1. Проблеми раціонального використання природних ресурсів в Україні та шляхи їх вирішення**

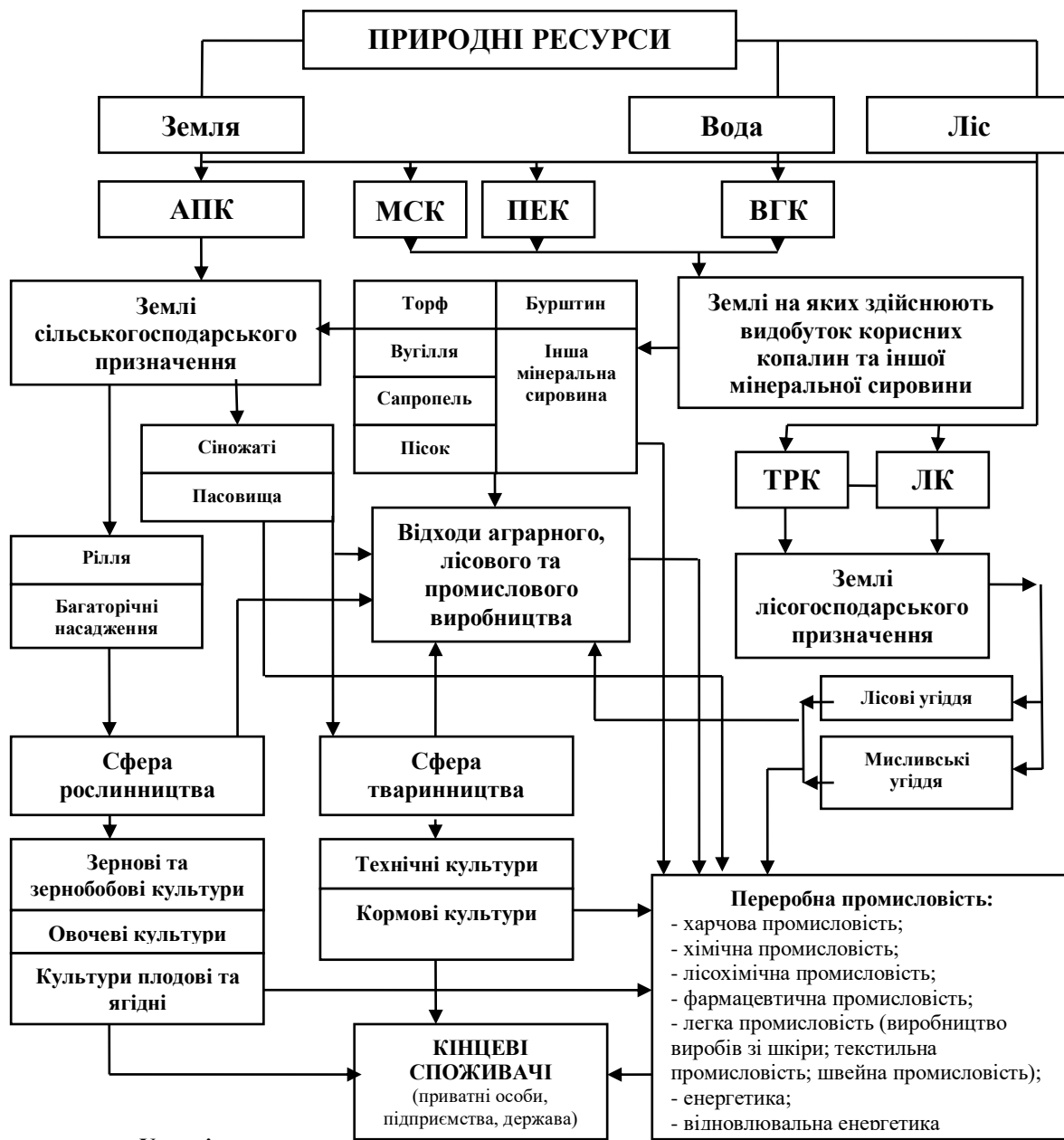
Джерело: [197, 198, 199, 200]

<sup>197</sup> Нешик С.С. Принципи правового забезпечення державного управління у сфері раціонального використання природних ресурсів [Електронний ресурс] / С.С. Нешик // Наукові записки Інституту законодавства Верховної Ради України. – 2014. – № 2. – С. 170–174. – Режим доступу : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nzizvru\\_2014\\_2\\_34](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Nzizvru_2014_2_34).

<sup>198</sup> Сяська О. В. Аналіз зарубіжного досвіду регулювання процесів водокористування та перспективи його застосування в Україні [Електронний ресурс] / О. В. Сяська // Економічні науки. Сер. : Економіка та менеджмент. – 2013. – Вип. 10. – С. 213–224. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecnem\\_2013\\_10\\_25](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecnem_2013_10_25).

<sup>199</sup> Саліхова О. Досвід Франції та Німеччини із створення умов для піднесення рівня національних високотехнологічних виробництв [Електронний ресурс] / О. Саліхова // Економіст. – 2011. – № 11. – С. 67–70. – Режим доступу : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/econ\\_2011\\_11\\_19](http://nbuv.gov.ua/UJRN/econ_2011_11_19).

Отже, забезпечити максимальну ефективність раціонального природокористування можна завдяки комплексному використанню наявних в межах того чи іншого регіону природних ресурсів (рис. 2).



Умовні позначення:

- АПК – агропромисловий комплекс
- МСК – мінерально-сировинний комплекс
- ПЕК – паливно-енергетичний комплекс
- ЛК – лісовий комплекс
- ТРК – туристично-рекреаційний комплекс
- ВГК – водно-господарський комплекс

**Рис. 2. Комплексне використання природних ресурсів в межах певного регіону**

Джерело: авторська розробка

<sup>200</sup> Олійник О.Р. Міжнародний досвід стимулювання розвитку органічного виробництва та його використання у вітчизняній практиці [Електронний ресурс] / О.Р. Олійник // Інноваційна економіка. – 2014. – № 4. – С. 195–201. – Режим доступу : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/inek\\_2014\\_4\\_32](http://nbuv.gov.ua/UJRN/inek_2014_4_32).

Таким чином, щоб сприяти раціональному використанню природних ресурсів, підвищити рівень екології навколишнього природного середовища просто необхідно проводити економічне стимулювання розвитку переробних виробництв на базі відповідних природно-ресурсних комплексів.

При створенні комплексних переробних виробництв потрібно враховувати природно-ресурсний потенціал кожного регіону країни. Проте, наявність в тому, чи іншому регіоні значного природно-ресурсного потенціалу не завжди сприяє створенню та розвитку в його межах певних переробних комплексів, адже цьому може перешкоджати ряд причин різного характеру.

Проблеми, пов'язані із стимулюванням розвитку переробних виробництв на базі лісового комплексу в нашій державі вивчало багато вітчизняних вчених.

Деякі з них [201] вважають, що основною проблемою, зокрема, деревообробних підприємств є відсутність економічного механізму стимулювання глибокої переробки деревини до стадії продукції з високою доданою вартістю, що користується попитом як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках.

Через недостатнє фінансування з державного бюджету лісогосподарські підприємства повинні самостійно забезпечувати себе фінансовими ресурсами. Тому, потрібно створити сприятливе середовище для вітчизняних та закордонних інвесторів і використовувати дієві інструменти фінансово-економічного регулювання.

Щоб суттєво збільшити обсяг фінансових ресурсів державних лісогосподарських підприємств потрібно не лише збільшити рівень концентрації деревообробних підприємств, яке є складовою діяльності постійних лісокористувачів, але й доцільно відокремити лісопереробку від лісового господарства шляхом реорганізації комплексних лісогосподарських підприємств, що сприятиме вирівнюванню умов доступу до необробленої деревини суб'єктів підприємництва різних організаційно-правових форм і форм власності [202].

Відсутність деревообробних виробництв із сучасною техніко-технологічною базою, на думку О.А. Голуба [ 203 ], посприяла експортуванню в великих об'ємах необробленої деревини, що спричинило виведення доданої вартості за межі країни, а також звузило інвестиційні можливості відтворення, відновлення та охорони лісоресурсного потенціалу та модернізації лісогосподарської інфраструктури.

---

<sup>201</sup> Голян В.А. Фінансове забезпечення пріоритетів розвитку лісогосподарського комплексу: диверсифікація форм і засобів / В.А. Голян, О.А. Голуб // Проблеми економіки. – 2016. – № 3. – С. 31–39.

<sup>202</sup> Голян В.А. Когда в Украине начнется честная лесная реформа [Електронний ресурс] / В.А. Голян. – Режим доступу : <http://uaekonomist.com/9470-ekonomka-prirodokoristuvannya-ta-staliy-rozvitok-realyiperspektivi.html>.

<sup>203</sup> Голуб О.А. Еколого-економічні проблеми регулювання експорту деревини / О.А. Голуб // Економіка природокористування і охорони довкілля : щорічник наук. пр. / Б.М. Данилишин (відп. ред.) ; Рада по вивченню продуктивних сил України. – Київ, 2006. – С. 218–224.

Як зазначають експерти в лісовій галузі, «зелене» багатство, в теперішній час, використовується зовсім неощадливо. Всупереч традиційному правилу садити ліс для майбутніх поколінь його ресурси вже позичаємо в наших нащадків. На Поліссі, зокрема, масиви насаджень скорочуються, а самі лісівники зізнаються, що відходи, які можна переробляти після заготівлі деревини, просто спалюють [204].

Поряд з проблемами фінансово-економічного характеру, що уповільнюють чи перешкоджають стимулювання розвитку лісопереробки, виділяють проблеми законодавчого характеру.

На думку М. Шестака [ 205 ], значного прориву у лісовому господарстві можна досягти за рахунок формування державно-приватних партнерств. Зокрема, це стосується сфери переробки лісосічних та кускових відходів, збору та переробки другорядних лісових матеріалів і недеревної сировини, використання несировинних якостей лісу та ведення мисливського господарства.

Річ у тім, що в нашій державі в наслідок діяльність лісогосподарських підприємств утворюється значний об'єм деревинних відходів (стружка, гілки, кора, щепки тощо). Дані відходи утилізуються (спалюються, закопуються), або піддаються природним процесам (гнигтю). Проте їх ще можна використати для виробництва певної продукції, наприклад тирсоплит, паливних палетів тощо.

Логічним є те, що при збільшенні обсягів переробки відходів деревообробної сфери, зменшуватимуться обсяги заготівлі деревини для виробництва певного виду продукції. Але з державного бюджету не надходить достатньо коштів, які б могли покрити витрати на високотехнологічне переробне обладнання, організацію переробних виробництв тощо. Проте, в регіонах з високою концентрацією лісових ресурсів спостерігається створення та розвиток малих приватних форм підприємництва, що займаються переробкою саме відходів деревообробних підприємств. Продуктами переробки, як правило, стають паливні матеріали.

До того ж, як стверджують науковці [ 206 , 207 ], формування державного-приватного партнерства спричинить залучення додаткових фінансово-інвестиційних ресурсів (від приватних структур підприємництва), що покращать умови лісогосподарювання.

Прихильники ідеї формування нової моделі фіскального регулювання

---

<sup>204</sup> Блінова В. Від лісового багатства громадянам дістаються лише тріски / В. Блінова // Волинь-нова. – 2014. – 18 листоп. – С. 4–5.

<sup>205</sup> Шестак М. Державно-приватне партнерство в лісовому господарстві: перспективні напрями та проблеми інституціоналізації [Електронний ресурс] / М. Шестак // Економіст. – 2015. – № 3. – С. 30–32. – Режим доступу : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/econ\\_2015\\_3\\_10](http://nbuv.gov.ua/UJRN/econ_2015_3_10).

<sup>206</sup> Карпук А.І. Економічне регулювання лісокористування в ринкових умовах : монографія / А.І. Карпук. – Луцьк : ПВД «Твердиня», 2012. – 492 с.

<sup>207</sup> Мішеніна Г.А. Застосування механізму державно-приватного партнерства у вирішенні проблем сталого розвитку лісоресурсної сфери / Г.А. Мішеніна // Сталий розвиток та екологічна безпека суспільства в економічних трансформаціях: матеріали Третьої наук.-практ. конф. м. Бахчисарай, 15-16 вересня 2011 р. / НДІ сталого розвитку та природокористування, ДУ «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку НАН України», Кримський інститут ДВНЗ «КНЕУ ім. Вадима Гетьмана». – Сімферополь : ПП «Підприємство Фенікс», 2011. – С. 178–180.

природокористування вважають, що необхідні доповнення існуючої інструментальної бази фіскального регулювання природокористування важелями, що стимулюватимуть господарські формування та фізичних осіб активніше переробляти відходи природної сировини й упроваджувати ресурсозберігаючі технології. Вагомим стимулом до нарощення обсягів вторинної переробки та застосування технологій, які сприяють економії природної сировини, стало б суттєве збільшення нормативів плати за спеціальне використання природних ресурсів [208].

Для розвитку сільського господарства, як і для розвитку будь якого іншого, потрібні фінансові ресурси (кредити, інвестиції, послуги), залучити які завжди важко та часто просто неможливо.

Власникам невеликих аграрних господарств сьогодні дуже складно отримати кредит, бо вітчизняні банки надто перебірливі у виборі клієнтів і видають гроші на досить суворих для виробника умовах [209].

Разом з тим, додаткові фінансові ресурси потрібні сільськогосподарським виробникам для придбання, ремонту, профілактики свого технічного обладнання, закупівлі добрив, засобів боротьби зі шкідниками, насінням тощо.

Сьогодні, у світі досить популярною є тенденція до виробництва екологічно чистої продукції. Як зазначає О.М. Довгань [210] проблема екологоорієнтованого аграрного виробництва має декілька аспектів: виробництво екологічно безпечної продукції та перехід до більш раціонального природокористування та використання природно-ресурсного потенціалу агропродовольчого комплексу, впровадження нових екологічно безпечних технологій у виробництво, зменшення забруднення навколишнього середовища відходами виробництва.

Варто відмітити, що для України характерний стрімкий розвиток сільського господарства, що створює негаразди пов'язані із безпекою та якістю отриманих продуктів. Інтенсивні методи супроводжуються незбалансованим, орієнтованим переважно на виробництво продукції (без урахування екологічної безпеки) розвитком, з екстенсивним ресурсовикористанням, що не дозволяє досягти компромісу між зростанням виробництва і навантаженням на довкілля [211].

Тому, беручи до уваги вище зазначену інформацію, стає очевидним, що розробка, втілення та реалізація екологічно безпечної технології та обладнання є необхідними для сільського господарства держави та потребує, перш за все, значних капіталовкладень. Держава в повній мірі

---

<sup>208</sup> Хвесик М. Формування нової моделі фіскального регулювання природокористування: інституціональні передумови, методологічне забезпечення та практичні рекомендації / М. Хвесик, В. Голян, В. Бардась // Економіст. – 2013. – № 9, вересень. – С. 4–13.

<sup>209</sup> Салімонович Л. Розписка для фермера / Л. Салімонович // Україна молода. – 2015, 3 листопада (вівторок). – № 141 (4968). – 16 с.

<sup>210</sup> Довгань О.М. Органічне виробництво: сутність, об'єктивна необхідність, ефективність / О.М. Довгань, Я.В. Мандибуря // Сталий розвиток економіки. – 2013. – № 1 (18). – С. 200–206.

<sup>211</sup> Стоволос Н.Б. Екологізація як ключовий елемент розвитку АПК / Н.Б. Стоволос // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Економіка і менеджмент». – Суми : СНАУ. – 2011. – Вип. 9 (50). – С. 170–174.

профінансувати зміни такого характеру не може, тому виникає проблема пошуку додаткових фінансових ресурсів. Для цього потрібно створити сприятливе нормативно-правове середовище для інвесторів та ввести в дію механізм, який би забезпечував регулярне надходження фінансових ресурсів у великому об'ємі до бюджету країни на потреби екологічно орієнтованого аграрного виробництва.

Слід констатувати, що значним кроком у забезпеченні продовольчої безпеки населення України і екологічної безпеки сільськогосподарської продукції є прийняття Верховною Радою Закону України «Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів» [212], який регулює відносини між органами виконавчої влади, виробниками і споживачами генетично модифікованих організмів та продукції, виробленої за технологіями, які передбачають їх розробку та використання в Україні, із забезпеченням біологічної і генетичної безпеки.



**Рис. 3. Проблеми паливно-енергетичного комплексу та їх наслідки**

Джерело: дані [213]

Деякі науковці [214], виділяють такі загальні проблеми сільського господарства:

<sup>212</sup> Про державну систему біобезпеки при створенні, випробуванні, транспортуванні та використанні генетично модифікованих організмів : Закон України (від 31.05.2007№ 1103V) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon1.rada.gov.ua>.

<sup>213</sup> Павліха Н.В. Стратегія оптимізації використання паливного потенціалу в регіоні / Н.В. Павліха // Проблеми раціонального використання соціально-економічного та природно-ресурсного потенціалу та регіону: Фінансова політика та інвестиції». Серія «Природокористування, екологія та ресурсозбереження». Упорядник В.І. Павлов. Випуск VIII. №4 : Збірник наукових праць. – Луцьк : Надстир'я, 2002. – 150 с.

<sup>214</sup> Управління соціально-економічними системами регіонального рівня: теорія та практика : монографія / Н.М. Василик, С.С. Гасанов, Н.В. Герасимяк [ та ін. ] ; під заг. ред. О.М. Шубалого; М-во освіти і науки України; Луцький НТУ. – Луцьк : РВВ Луцького НТУ, 2016. – 340 с.

- відсутність дієвої підтримки з боку держави та територіальних громад;
- стримування розвитку ринку земель сільськогосподарського призначення;
- диспаритет цін на продукцію сільського господарства та промислового призначення;
- нерівномірність розподілу доходів між виробничою, заготівельною та переробною ланками;
- низький рівень розвитку сільських територій та добробуту місцевого населення.

Невеликі запаси паливно-енергетичних ресурсів на території України, створюють необхідність їх закупівлі у іноземних держав, що викликає енергетичну залежність. Це, в свою чергу, позначається на економічному та зовнішньо-політичному становищі країни. Проблеми функціонування вітчизняного паливно-енергетичного комплексу створюють негативні наслідки для економіки держави (рис. 3).

Тому, сьогодні актуальним є використання нових відновлювальних джерел енергії. Вважаємо за доцільне при виборі альтернативних джерел енергії враховувати природні особливості того чи іншого регіону.

Таким чином, основні проблеми економічного стимулювання розвитку переробних виробництв на базі територіальних природно-ресурсних комплексів можна об'єднати в такі групи: фінансово-економічного, нормативно-правового та соціально-економічного характеру (рис. 4).

Отже, основними проблемами розвитку переробних виробництв на базі територіальних природно-ресурсних комплексів є:

- недостатнє інвестування коштів у переробні підприємства;
- низька інноваційна активність переробних підприємств;
- фінансування інноваційної діяльності здійснюється переробними підприємствами, головним чином, за рахунок власних коштів;
- диспропорції між сировинними ресурсами та виробничими потужностями;
- застаріла матеріально-технологічна база виробництва, що потребує термінового технічного переоснащення та впровадження нових технологій у переробних галузях;
- відсутність єдиної системи державного регулювання в переробній промисловості тощо.

Таким чином, сьогодні в Україні та її регіонах існує багато проблем, що перешкоджають розвитку переробних виробництв на базі місцевих природно-ресурсних комплексів. Для їх системного вирішення важливо визначити пріоритетні напрямки, методи та інструменти стимулювання комплексної поглибленої переробки природних ресурсів на основі розбудови територіальних природно-господарських комплексів. Досліджуючи вітчизняні проблеми стимулювання поглибленої переробки природних ресурсів, було визначено багато причин їх виникнення.



**Рис. 4. Основні проблеми економічного стимулювання розвитку переробних виробництв на базі територіальних природно-ресурсних комплексів та шляхи їх вирішення**

Джерело: дані [201–214]

Реалізація викладених у даному дослідженні пропозицій сприятиме вирішенню ряду системних проблем розвитку територіальних природно-ресурсних комплексів. Значно прискорити цей процес в контексті подальшої євроінтеграції України можливо також за рахунок поступової імплементації та адаптації до вітчизняної специфіки економічних методів та інструментів стимулювання, які успішно реалізовано у країнах ЄС.



## РОЗДІЛ 3

### ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ І ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЩОДО ЗБЕРЕЖЕННЯ, ВІДНОВЛЕННЯ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНИХ І ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

#### 3.1. Ультразвуковий моніторинг щільності ґрунту

*Антипчук Б.О.*

*Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації  
сільського господарства» НААН України*

Агротехнічні заходи основного обробітку ґрунту з економічної точки зору є найбільш енергоємними серед всього комплексу технологічних операцій вирощування та збирання сільськогосподарських культур. Від якості і ефективності обробітку ґрунту залежить ріст і розвиток рослин або ж повна чи часткова руйнація агрегатів ґрунту, що призводить до його переущільнення, а як результат – зниження родючості.

Саме від щільності залежать усі ґрунтові режими: повітрообмін, водопроникність, вологоємність, теплоємність, мікробіологічний та окисно-відновний процеси, розвиток кореневої системи рослин.

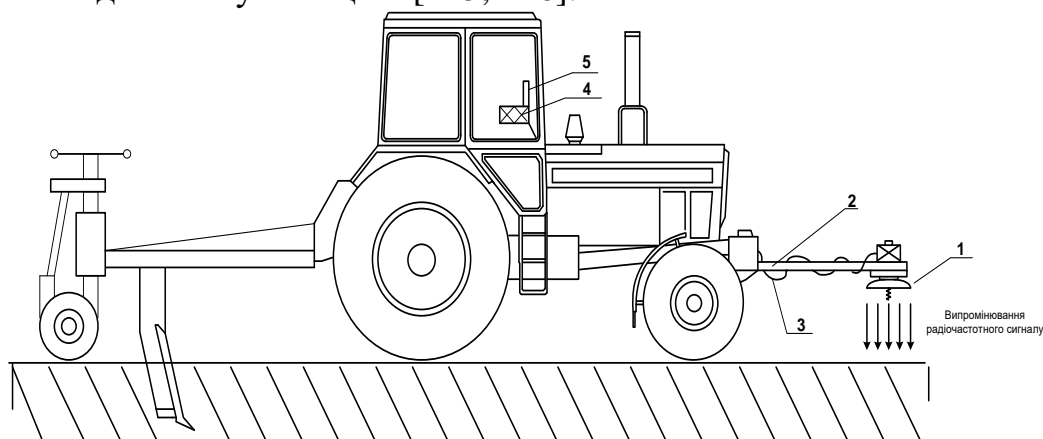
Цілеспрямоване керування якістю виконання технологічних операцій (насамперед – розущільнення ґрунту) сприяє підвищенню ефективності рослинництва та збільшенню врожайності сільськогосподарських культур.

Найбільш оптимальним на даний час для вирішення проблеми ефективного розущільнення ґрунту є застосування пристроїв, які базуються на взаємодії ультразвукових коливань з ґрунтом.

Розробка автоматизованої системи виявлення глибини залягання ущільненого шару ґрунту (плужної підшви) (рис. 1), яка спроектована на основі ультразвукового методу, дозволить вирішити два надзвичайно важливих для аграрного виробника питання: збільшення врожайності сільськогосподарських культур та економія палива.

Застосування автоматизованої системи ґрунторозпушення з основним елементом – експериментальним радіофізичним пристроєм, дія якого базується на методі ультразвукового випромінювання, дозволяє досить оперативно виявити ущільнені ділянки поля, що обробляється. Уникати поверхневого розпушення ґрунту, а як результат – покращення живлення кореневої системи і підвищення врожайності, а також мінімізація негативного впливу техніки на структуру родючих прошарків ґрунту. Принцип роботи даної автоматизованої системи вже

описаний в деяких публікаціях [215, 216].



1 – ультразвуковий датчик-випромінювач; 2 – рама пристрою; 3 – система кабелів живлення та передачі інформації, які з'єднують ультразвуковий датчик-випромінювач з блоком формування, прийому та обробки сигналів; 4 – блок формування, прийому та обробки сигналів; 5 – блок індикації та керування

**Рис. 1. Схема МТА з автоматизованою системою ґрунторозпушування**

Джерело: авторська розробка

Поширення звукових коливань в будь-якому середовищі залежить від його властивостей. Як відомо в газах та в повітрі ультразвук поширюється з великим згасанням, саме тому рихлі ґрунти: піщані та супіщані, які мають великі повітряні фази, поглинають і розсіюють ультразвуковий сигнал, тобто через такі ґрунти звукова хвиля проходить і наражається на жорстку перепону, якщо така є (такою перепону може бути ущільнений шар ґрунту) та відбивається у зворотному напрямку, якщо ж такої перепони немає, тоді хвиля розсіюється і затухає.

Лабораторні дослідження, які були проведені на фізичній моделі різних типів ґрунту з ущільненими його прошарками на різній глибині, вказують на те, що пісок, глина та чорнозем мають різну ультразвукову пропускну здатність (рис. 2). Інша справа з щільними ґрунтами. Під час ущільнення ґрунту вміст у ньому повітряної фази та води зменшується за рахунок зростання твердої фази, а як відомо з теорії акустики, ультразвуковий сигнал добре відображається від твердих предметів (поверхонь).

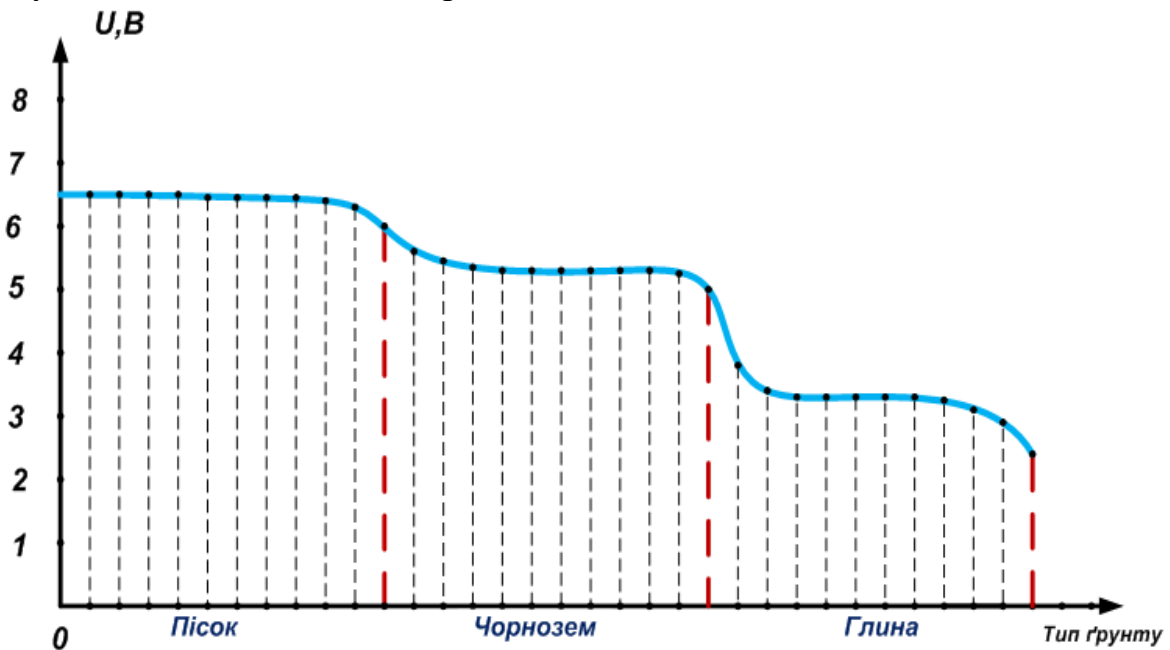
Отже, в роботі даної автоматизованої системи прийнято до уваги основну фізичну властивість надущільненого шару ґрунту – це нездатність пропускати звук, і, як наслідок – провокується швидке відбиття звукової хвилі, про що свідчить час повернення хвилі з відповідним зображенням на дисплеї пристрою.

Інформативні параметри, які беруться до уваги при роботі основного елемента даної автоматизованої системи: ультразвукового

<sup>215</sup> Антипчук Б.О. Ультразвуковий експериментальний пристрій – основний елемент автоматизованої системи керування положенням ґрунторозпушувача [Текст] / Б.О. Антипчук // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : загальнодерж. міжвідомч. наук.-техн. зб. – 2017. – Вип. 47, Ч. 1. – С. 47–51.

<sup>216</sup> Мироненко В.Г. Пристрій оперативного визначення глибини залягання плужної підшви в процесі її розущільнення [Текст] / В.Г. Мироненко, Б.О. Антипчук // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Главаха : ІМЕСГ, 2017. – Вип. 5 (104). – С. 28–34.

пристрою – це акустичний опір ущільненого шару ґрунту, швидкість звукової хвилі та час її повернення до датчика.



**Рис. 2. Залежність сигналу датчика (U) від типу ґрунту**

Джерело: авторська розробка

Саме на вимірі проміжку часу з моменту випромінювання ультразвукового імпульсу до моменту його прийому після відбиття від ущільненого шару ґрунту базується принцип роботи ультразвукового датчика – перетворювача визначення глибини залягання плужної підшви. Даний проміжок часу визначається за формулою:

$$t = \frac{2H}{c}, \quad (1)$$

де  $H$  – глибина залягання ущільненого шару ґрунту (м);  $c$  – швидкість розповсюдження звуку в ґрунті;  $t$  – час проходження звукового сигналу з моменту випромінювання до прийому після відбиття.

Беручи до уваги закони і основні положення акустики, розглянемо питання ефективності практичного застосування ультразвукового методу в роботі автоматизованої системи розущільнення ґрунту в процесі його обробки. Саме завдяки певним властивостям середовища можливе проходження в ньому звукової хвилі; чи мають такі властивості ґрунти?

Виявляється, що ультразвукові коливання з ґрунтом практично не досліджуються в ехолокації через неможливість застосування ультразвуку для підповерхневого зондування землі на велику глибину, проте ультразвук вже давно застосовують для хімічного та механічного аналізу ґрунтів. Також чимало є досліджень відносно швидкості звукової хвилі в ґрунтах з метою визначення їх міцності [217].

<sup>217</sup> Нерпин С.В. Физика почвы [Текст] / С.В. Нерпин, А.Ф. Чудновский. – М. : Наука, 1967. – С. 18–22, 77–86.

Враховуючи власні проведені дослідження та основні закони акустики можна стверджувати про наявність ефекту не проходження звуку крізь надущільнений шар ґрунту через його механічні та фізичні властивості. Саме з урахуванням такого ефекту та часового проміжку повернення хвилі, ультразвуковий метод безперечно можна використати в роботі даної автоматизованої системи, тим паче, що глибина сканування не є надто великою, так як плужна підшва залягає приблизно на глибині 25–50 см.

Хвиля, яка віддаляється по середовищу від місця виникнення з великою швидкістю, залежить виключно від властивостей самого середовища, а саме: чим більша пружність середовища, тим більші пружні збудження, які виникають в середовищі при деформації, тим більше збудження передається від частинки до частинки – тим більша швидкість звуку; чим більша щільність, тим повільніше частинки набирають швидкість під дією пружних збуджень – тим швидкість звуку менша. Отже, у всіх питаннях акустики потрібно враховувати як пружність і щільність, так і інерційні властивості середовища. Від інших властивостей середовища його акустична поведінка не залежить [218].

Властивість середовища проводити акустичну енергію, в тому числі і ультразвуку, характеризується акустичним (хвильовим) опором. Хвильовий опір (імпеданс) залежить від щільності середовища та швидкості розповсюдження пружної хвилі. Акустичний опір середовища визначається поглинанням, заломленням і відбиттям ультразвукових хвиль.

Для розрахунку імпедансу ґрунтів можна скористатись наступною формулою:

$$Z = \rho c, \quad (2)$$

де  $Z$  – хвильовий опір, кг/(м<sup>2</sup>с);  $\rho$  – щільність, кг/м<sup>3</sup>;  $c$  – швидкість звуку, м/с.

Або за іншою формулою:

$$Z = \sqrt{E\rho}, \quad (3)$$

де  $E$  – модуль пружності, Н/м<sup>2</sup>;  $\rho$  – щільність, кг/м<sup>3</sup>.

В свою чергу модуль пружності визначається із закону Гука як коефіцієнт співвідношення між напруженням навантаження  $\sigma$  на ґрунт і відповідною його деформацією  $\varepsilon$ :

$$\varepsilon = \frac{1}{E} \sigma. \quad (4)$$

Від модуля пружності залежить швидкість звуку в середовищі, яку можна визначати за формулою для пружного середовища: за модулем

$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}}. \quad (5)$$

<sup>218</sup> Исакович М.А. Общая акустика [Текст] : учеб. пособие / М.А. Исакович. – М. : Наука, 1973. – С. 386–392.

Хоча пружність є загальною властивістю природних тіл, але ґрунти, як дисперсні утворення, можуть бути пружними лише за певних умов. Наприклад, при стисненні в піщаних ґрунтах пружні сили виникають, але при цьому піщинки розтягуються і відходять одна від одної, тобто в такому ґрунті рух звукової хвилі неможливий, тому що відсутня інерція піщинок, яка б передавалась від одного об'єму піску до іншого, тобто в такому середовищі хвиля затухає, якщо на її шляху немає жорсткої перепони. В надущільненому ж ґрунті спостерігається ефект опору твердих частинок деформаційним процесам, і чим щільніший ґрунт, тим цей опір є сильнішим, тим швидше відбивається хвиля.

Ґрунт є шаруватим середовищем, і його ущільнений пласт залягає, як вказувалось раніше, на глибині 25–50 см, тобто є нижнім шаром. При падінні звукової хвилі на межу розділу шарів ґрунту частина енергії буде відбиватися в першому шарі, а інша буде проходити в інший. Співвідношення між відбитою енергією та енергією, що проходить в інший шар, визначається хвильовим опором першого і другого шару:

$$Z' = \frac{\rho'c'}{\rho c} . \quad (6)$$

Відношення  $Z'$  називається відносним хвильовим опором;  $\rho$  – щільність ( $\text{кг/м}^3$ ) та  $c$  – швидкість звуку ( $\text{м/с}$ ) хвилі, що проходить в інший шар ґрунту;  $\rho'$  – щільність ( $\text{кг/м}^3$ ) та  $c'$  – швидкість звуку ( $\text{м/с}$ ) відбитої хвилі.

Коефіцієнт пропускання енергії  $\tau_{\text{проп}}$  із одного шару ґрунту в інший визначається відношенням інтенсивності хвилі, що проходить в другий шар, до інтенсивності падаючої хвилі:

$$\tau_{\text{проп}} = \frac{4z_1z_2}{(z_1 + z_2)^2} . \quad (7)$$

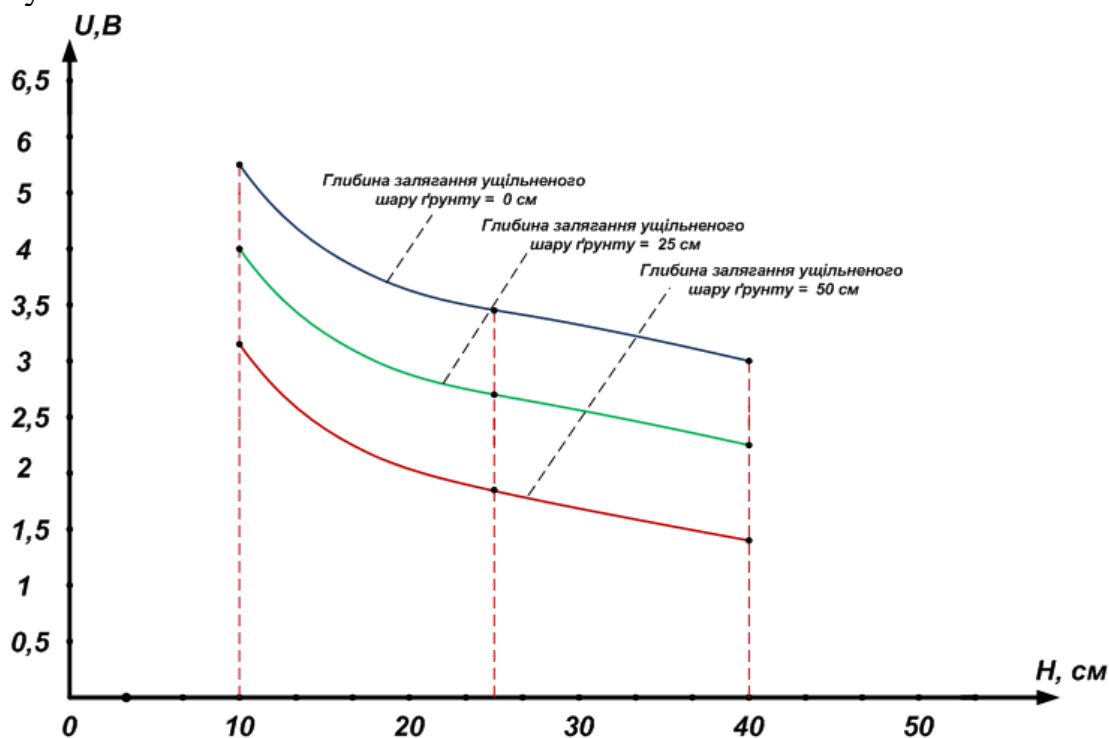
Плужна підшва, яка являє собою збитий, без повітряних фаз і рідини пласт, і є абсолютно жорстким середовищем, на яке наражається хвиля, що проходить з верхнього шару, і миттєво відбивається. Проте енергетичні втрати та швидкість падаючої хвилі та хвилі, що повертається до датчика, залежать виключно від типу ґрунту та його пропускну здатності (рис. 2).

В акустиці більш жорстким середовищем називають середовище, яке менше піддається стисканню. Поведінка таких середовищ близька до поведінки абсолютно жорсткого тіла, проте здатність стискатись ще не дає точної відповіді на те, як поведе себе середовище по відношенню до падаючої хвилі: буде пропускати хвилю чи стане жорсткою перепорою. В акустиці слід порівнювати лише хвильовий опір середовищ, тобто відношення щільності до здатності стискатись. Жорсткішим буде той пласт, для якого це відношення більше.

Більшість ґрунтів, як відомо, мають щільність від 1000 до 1500 кг/м<sup>3</sup>. Швидкість розповсюдження звуку в ґрунтах змінюється від 85 до 180 м/с [219]. Це все показники для ґрунтів у природному стані. Ущільнений шар ґрунту, який утворюється внаслідок господарської діяльності людини, має значно більшу щільність і через свої механічні та фізичні властивості чинить досить суттєвий хвильовий опір.

Ґрунт, особливо в польових, а не в лабораторних умовах – середовище з неоднорідною поверхнею: рослинний покрив, нерівності, також присутність повітряних ям. Все це спричинює ефект дифракції – розсіювання звукових пучків при віддаленні від випромінювача та спотворення сигналу. Наприклад, при розповсюдженні звуку над травою його рівень може додатково зменшитись на 5–6 дБ. Проте компенсацію таких спотворень можна здійснити за допомогою певного математичного алгоритму.

На проходження звукової хвилі сильно впливає повітря та вітер. Якщо звукова хвиля рухається за напрямком вітру, то її швидкість збільшується (відбувається концентрація звукової енергії), а якщо проти – то зменшується, тобто спостерігається у цьому випадку явище «звукової тіні».



**Рис. 3. Залежність сигналу датчика (U) від висоти встановлення над поверхнею ґрунту**

Джерело: авторська розробка

Отже, величина затухання залежить від стану поверхні ґрунту так від висоти розміщення датчика над поверхнею землі, тому для уникнення спотворення прийнятого сигналу слід забезпечити безповітряний контакт

<sup>219</sup> Нецветов М.В. Скорость звука и модуль упругости почвы: измерение и роль в передаче вибраций дерева на почву [Текст] / М.В. Нецветов // Ґрунтознавство. – Донецьк : Донецьк. ботан. сад, 2010. – Т. 11. – С. 48–52.

датчика з ґрунтом, тобто максимально зменшити відстань від датчика до ґрунту. Проведені лабораторні дослідження показали, що чим вище над поверхнею ґрунту розміщено ультразвуковий датчик, тим гірший сигнал, що реєструється (рис. 3), тобто збільшується похибка вимірювання (для глибини залягання ущільненого шару ґрунту 25 см похибка становила від 4 % до 14 %). Найбільш точні вимірювання були досягнуті при установці датчика на висоті 20 см (похибка становила 4–6 %), а із збільшенням висоти установки похибка збільшувалась.

Технічне забезпечення ефективного розуцільнення плужної підосви в сучасних технологіях обробки ґрунту потребує застосування сучасних, більш ефективних методів, які дозволили б оперативно проводити моніторинг щільності ґрунту всього поля, яке обробляється, під час безперервного руху машинно-тракторного агрегату. Звичайно, щільноміри ґрунту вже давно застосовуються, проте вони мало ефективні, тому що можуть застосовуватись лише місцево, тобто на зовсім невеликій ділянці поля, а обігати все поле із щільноміром у руках просто неможливо, тому і виникає необхідність пошуку більш прогресивних методів виявлення плужної підосви.

Що стосується ущільненого ґрунту, то застосування ультразвукового методу для його виявлення є цілком можливим, про що свідчать проведені лабораторні та польові дослідження, а розроблений ультразвуковий пристрій забезпечить ефективне визначення глибини залягання ущільненого прошарку ґрунту в сучасних технологіях рослинництва.

### **3.2. Застосування кавітаційних технологій для вирішення проблеми раціонального використання водних ресурсів на підприємствах харчової промисловості**

*Бернацька Н.Л., Тупіло І.В.*

*Національний університет «Львівська політехніка»*

Розвиток підприємств харчової промисловості в Україні в сучасних умовах супроводжується ростом їх екологічної небезпеки. Підприємства харчової промисловості створюють складну екологічну ситуацію адже, як правило, не впроваджують безвідходні та маловідходні технології, мають низькі ступені очищення стічних вод, викидів забруднювальних речовин в атмосферу та значну кількість відходів виробництва [220, 221,

---

<sup>220</sup> Starchevskyy V. The Effectiveness of Food Industry Wastewater Treatment by means of Different Kinds of Cavitation Generators / V. Starchevskyy, N. Bernatska, I. Tupilko, I. Khomyshyn // Chemistry & Chemical Technology. – 2017 - No. 3, P. 358–364.

<sup>221</sup> Starchevskyy V. Establishing the Optimal Frequency of the Sewage Water Processing by Means of Different Kinds of Cavitation Generators / V. Starchevskyy, V. Pohrebennyk, N. Bernatska // Water Security: Monograph. – Mykolaiv: PMBSNU – Bristol: UWE. - 2016. – 308 p.

222, 223]. Водночас від підприємств харчової галузі очікують якісних, екологічно безпечних продуктів харчування, що потребує вирощування екологічно-чистої сільськогосподарської сировини [222]. Тому на підприємствах харчової галузі в першу чергу необхідно створювати сучасні надійні системи екологічного управління, які дозволять захистити довкілля від шкідливого впливу виробництва [221, 222].

Для харчової промисловості велике значення має екологізація технологій. Це передбачає систему заходів щодо запобігання негативному впливу виробничих процесів на природне середовище. Екологізації технологій досягають завдяки впровадженню маловідходних технологій чи технологічних зв'язків, що забезпечують мінімум шкідливих викидів [220]. Проблема екологізації виробництва стосується всього комплексу економічних, соціальних проблем функціонування господарського механізму і характеру використання виробничого потенціалу галузі, територіальної раціональності та екологічної безпеки розміщення продуктивних сил, створення умов для забезпечення соціально-екологічної стабільності території [223]. Екологізації виробництва досягають завдяки раціональному переробленню сировини і впровадженню безвідходних і маловідходних технологій, які характеризуються мінімумом розсіюваних та неутилізовуваних відходів, що не забруднюють навколишнє природне середовище. З цією метою впроваджують технології комплексного перероблення сировини, оптимізують технологічні параметри технологій та здійснюють їх автоматизацію, розробляють ефективні системи очищення газо-димових викидів в атмосферне повітря, стічних вод з використанням останніх у циклах замкненого водообороту, утилізують відходи виробництва, розробляють систему заходів щодо збереження паливно-енергетичних та інших природних ресурсів. Усе це в кінцевому підсумку сприяє виготовленню високоякісної екологічно безпечної харчової продукції за мінімальних витрат природних ресурсів та збереженню стійкої динамічної рівноваги в природному середовищі біосфери Землі [220-222].

Збереження стабільного позитивного приросту продукції у харчовій промисловості потребує постійного техніко-технологічного оновлення підприємств, тому що недостатній рівень розвитку технологічної бази, притаманний багатьом структурним підрозділам цього виду діяльності, становить проблему, яка вимагає активізації інноваційної діяльності, задіяння важелів, які сприяють підвищенню ефективності виробництва [223].

У результаті аналізу роботи очисних споруд підприємств харчової промисловості підтверджено низьку ефективність класичної

---

<sup>222</sup> Starchevsky V. Ultrasonic Destruction Of Yeast Cells In Water Dispersion / V. Starchevsky, N. Bernatska, I. Typilo // International Journal of Engineering Inventions. – 2016. - №5. - P: 49-54.

<sup>223</sup> Pohrebennyk V. Establishment of Optimal Conditions For Yeast Containing Sewage Waters Clearing by Means of Ultrasound / V. Pohrebennyk, N. Bernatska, P. Falat, A. Klos-Witkowska, K. Janisz, K. Sułkowski // The 9<sup>th</sup> IEEE International Conference on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications 21-23 September, 2017, Bucharest, Romania.



біотехнології, що пояснюється непристосованістю конструкцій та біоценозів біологічних очисних споруд до складу стічних вод [223, 224]. Так, для аеротенків характерним є спухання та спінювання активного мулу, що пояснюють інтенсивним розвитком нитчастих бактерій (нокардіоформних актиноміцетів), а це в подальшому веде до спливання активного мулу і виносу значної його кількості з очищеною стічною водою [223]. Для біофільтрів характерним недоліком є замулення фільтрувального завантаження [224]. Також підтверджено недоцільність первинного відстоювання стічних вод (ефект затримки завислих речовин у кращому випадку становить 30 %; часто спостерігається загнивання осаду у відстійниках) [224]. Крім того, воду після біологічного очищення промислових чи побутових стоків можна використовувати без подальшої обробки лише для небагатьох цілей і за неодмінної умови відсутності контакту води з людьми [225]. У більшості ж випадків біологічно очищені стічні води є лише вихідною сировиною для підготовки технічної води на установках, в яких використовуються в різних поєднаннях фізико-хімічні методи видалення з води органічних речовин, коригування сольового складу [225, 226].

Із поміж різноманітних методів фізичних впливів на процеси водопідготовки та водоочищення, у тому числі і від біологічного забруднення, широкого застосування набули методи кавітаційної обробки води, в основу яких покладено ультразвукове та гідродинамічне [222] збурення кавітації в рідинах. Поєднуючи доволі високі ступені хімічного очищення та біологічного знезараження завдяки ініціюванню та активації окисних реакцій у збуреному в рідинах кавітаційному полі ці методи, поряд з тим, не піддають оброблювані рідини подеколи шкідливим потужним високоенергетичним впливам, не передбачають потреби у спеціальних підготівельних та заключних операціях, крім очищення рідин від механічних домішок, можуть органічно поєднуватись із подачею в зону кавітації додаткових газових активаторів та каталізаторів тощо [227, 228]. Однак і цим методам притаманні певні недоліки, зокрема дискретність обробки, незначна продуктивність та висока енергоємність для ультразвукового методу, недостатні ступінь очищення та рівномірності обробки тощо для

---

<sup>224</sup> Старчевський В.Л. Вплив співвідношення концентрацій органічного і бактеріального забруднення води на зміну величини хімічного споживання кисню / В.Л. Старчевський, Н.Л. Максимів // Вопросы химии и химической технологии. – 2008. – № 6. – С. 177–179.

<sup>225</sup> Старчевський В.Л. Кинетика изменения химических и бактериальных загрязнений воды, содержащей клетки дрожжей / В.Л. Старчевский, В.М. Кисленко, Н.Л. Максимив, И.З. Коваль // Химия и технология воды. – 2009. – № 4. – С. 469–477.

<sup>226</sup> Старчевський В.Л. Руйнування бактеріальних агломератів і водорозчинних продуктів їх розпаду за допомогою ультразвуку / В.Л. Старчевский, В.М. Кисленко, Н.Л. Максимив // Вопросы химии и химической технологии. – 2009. – № 5. – С. 125–129.

<sup>227</sup> Kondratovych O. Whey disinfection and its properties changed under ultrasonic treatment / O. Kondratovych, I. Koval, V. Kislenco, L. Shevchuk, L. Predzumirska, N. Maksymiv // Chemistry and Chemical Technology. – 2013. – № 2. – P. 185–190.

<sup>228</sup> Старчевський В.Л. Изучение кинетики распада клеточных агломератов микроорганизмов в условиях акустической кавитации / В.Л. Старчевский, В.М. Кисленко, Н.Л. Максимив, Л.П. Олийнык // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 67 – С. 8–11.

гідродинамічного [229]. Тому актуальними залишаються дослідження, спрямовані на створення сучасних новітніх технологій водопідготовки та водоочищення, спроможних поєднувати високу ступінь очищення води із значною продуктивністю, та обладнання для їх реалізації [230].

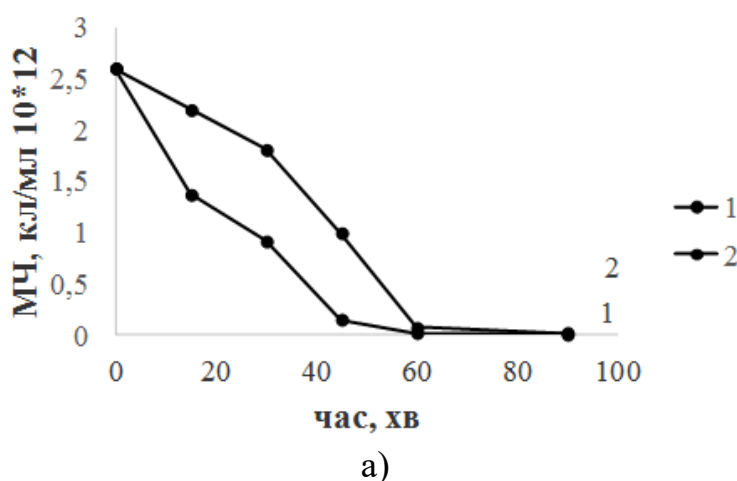
Були проведені дослідження впливу кавітації на стічну воду пивоварні, дріжджового виробництва (ЗАТ «Ензим»), дріжджових лізатів з різними початковими значеннями мікробного числа (МЧ<sub>0</sub>) та різноманітними типами органічних та біологічних забруднень. Застосовувався ультразвуковий генератор УЗДН-2Т потужністю 40 Вхв<sup>-1</sup> та низькочастотний віброрезонансний кавітатор. Величину мікробного числа (МЧ) визначали до і після обробки з допомогою поверхневого висівання на м'ясопептонному агарі. Досліди проводили при T=298 К і p=1·10<sup>5</sup> Па, підбираючи однакові умови експерименту для проведення процесу як в ультразвуковому полі, так і при застосування віброкавітації.

З отриманих результатів видно (рис. 1 а, б, в), що зменшення величини мікробного числа стічних вод пивоварні, дріжджового виробництва, дріжджових лізатів задовільно описується рівнянням реакції першого порядку як і у випадку модельних сумішей і відрізняється тільки константами розкладу (рис. 1, табл. 1).

**1. Константи розкладу клітин дріжджів у розчинах отриманих чистої культури, стоків дріжджзаводу і пивоварні при застосуванні віброкавітації та при обробці ультразвуком, віднесені на 100 Вт електричної потужності. Температура 20<sup>0</sup>С, частота 37 Гц**

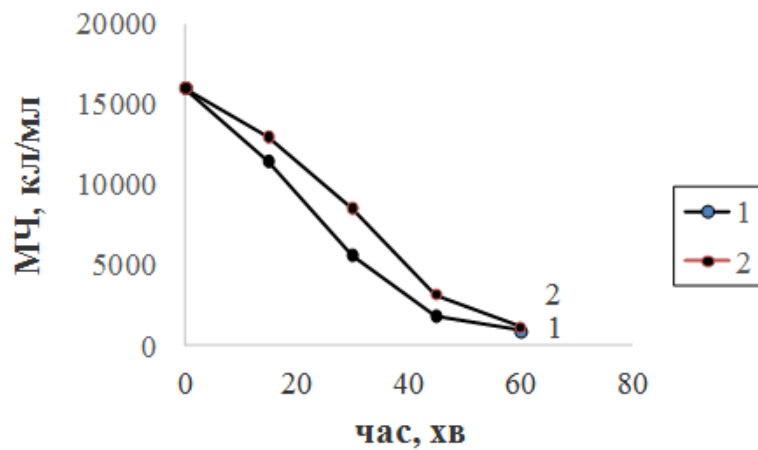
МЧ, кл/мл	Віброкавітація	УЗ кавітація
600	0,0342	0,0343
16000	0,0594	0,0563
2,6*10 <sup>12</sup>	0,0878	0,0819

Джерело: авторські дослідження

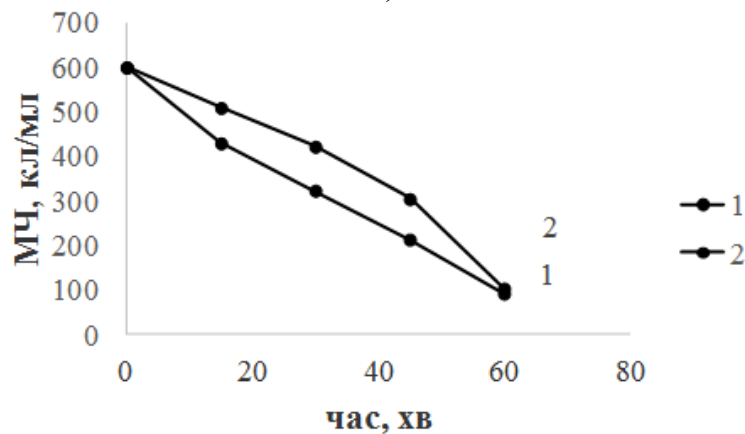


<sup>229</sup> Бернацкая Н.Л. Кинетика окисления органических продуктов разрушения дрожжей в условиях кавитации / Н.Л. Бернацкая, В.Л. Старчевский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2014. – № 70 – С. 63–66.

<sup>230</sup> Бернацкая Н.Л. Встановлення оптимальних умов проведення процесу очищення води за допомогою ультразвуку / Н.Л. Бернацкая // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2015. – № 76. – С. 8–13.



б)

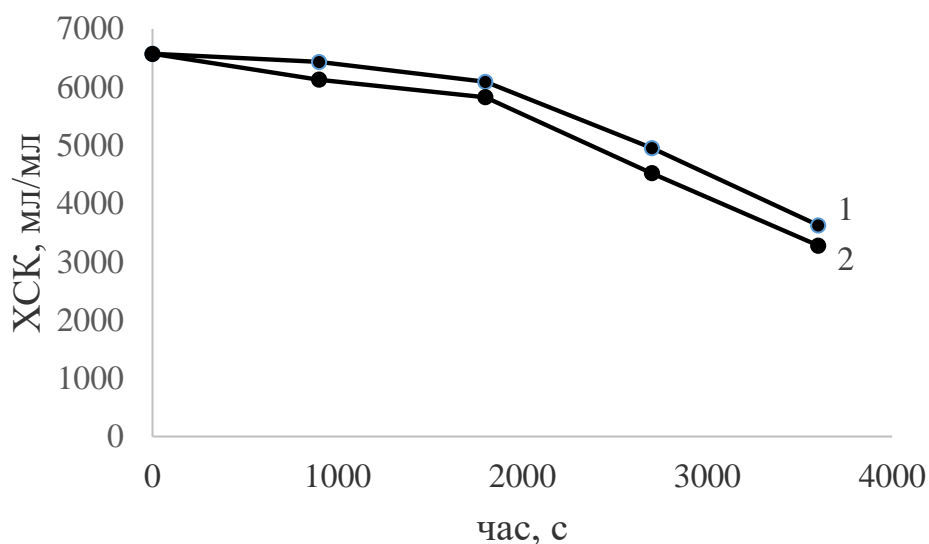


в)

**Рис. 1. (а, б, в) Кінетичні криві зміни МЧ дріжджових розчинів, отриманих з чистої культури а), стоків дріжджзаводу б) і пивоварні в) під час застосування віброкавітації (1) та під час обробки УЗ (2)**  
Джерело: авторські дослідження

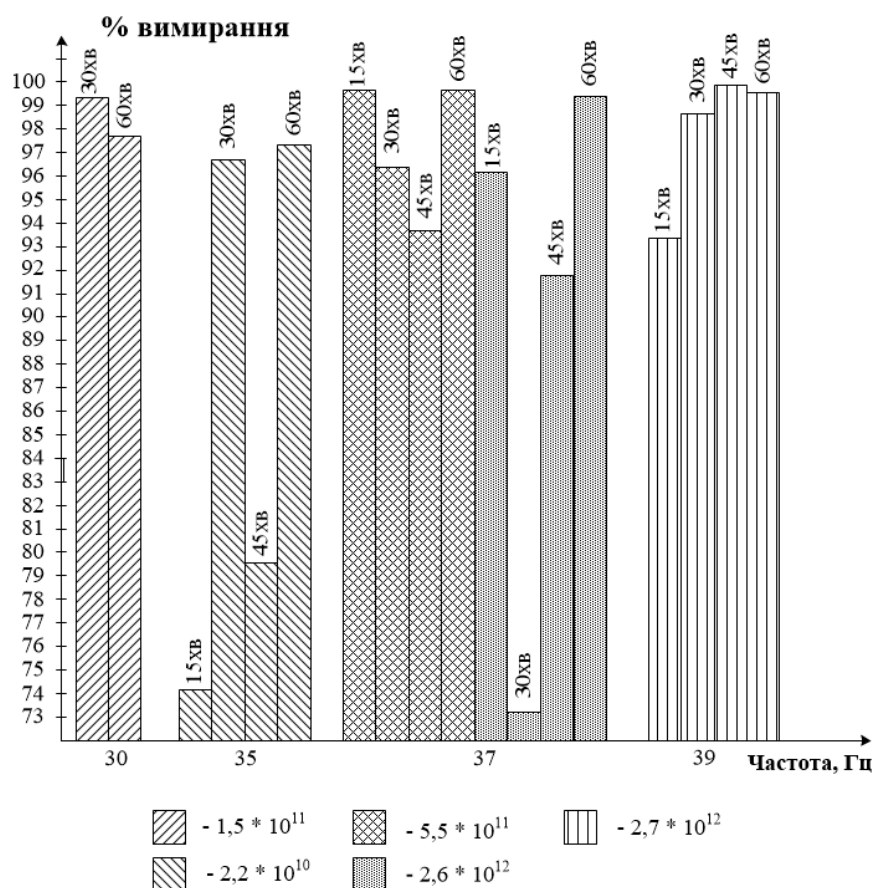
Встановлено, що вже за 1 годину обробки ступінь руйнування живих клітин дріжджів сягає 99,8 %, зменшення показника хімічного споживання кисню (ХСК) складає 45 %, що є задовільним для технологічного впровадження (рис. 2).

На рис. 1 (а, б, в) показано, що застосування віброкавітаційного пристрою дає аналогічний ефект як і при УЗ кавітації. Але якщо проаналізувати затрати електричної енергії на створення процесу кавітації, то УЗ генератор споживає 1,4 кВт, а випромінює тільки 100 Вт, що пов'язано із втратами енергії під час перетворення електричної енергії в магнітне поле, а його – у механічні коливання магнітостріктора. Віброкавітатор споживає 800 Вт і випромінює також близько 800 Вт (к.к.д. приблизно 98 %). Тому економічно доцільно для збурення кавітації використовувати віброрезонансні низькочастотні кавітатори.



**Рис. 2** Зміна в часі величини ХСК дріжджового розчину, отриманого з чистої культури дріжджів при обробці ультразвуком (1) та при застосуванні віброкавітації (2), віднесені на 100 Вт електричної потужності

Джерело: авторські дослідження



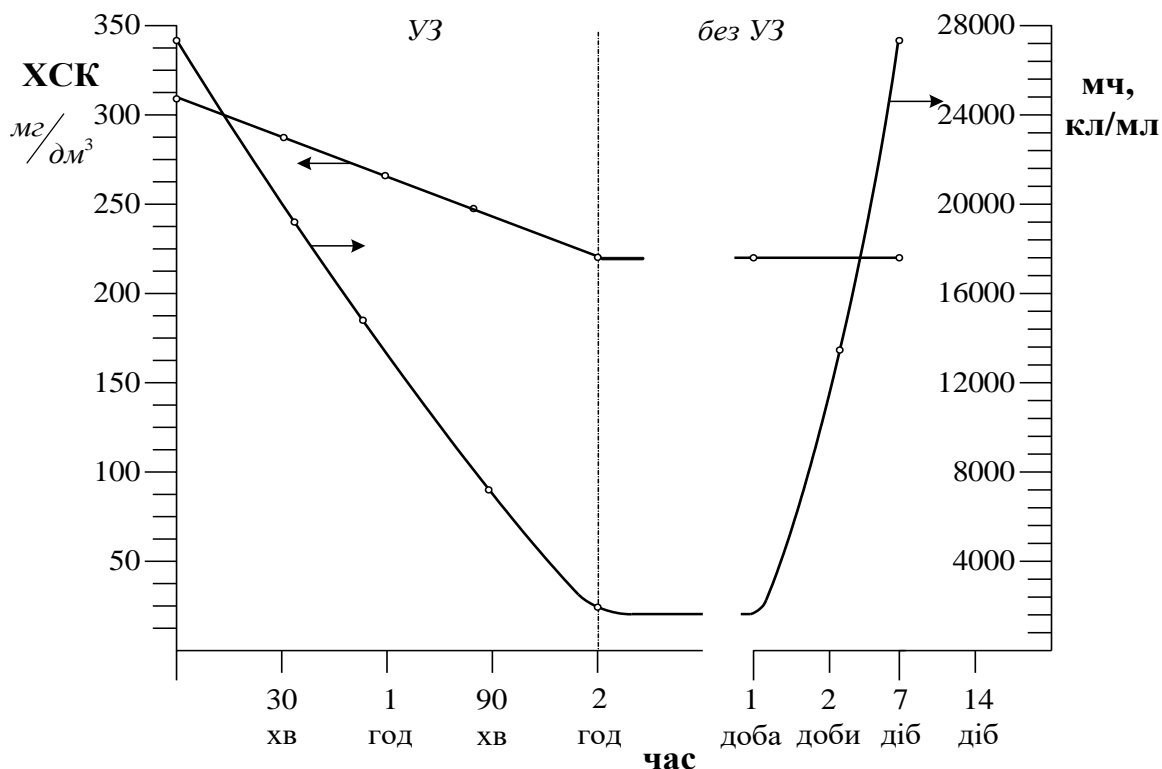
**Рис. 3.** Залежність ступеня відмирання клітин дріжджів від частоти коливань дек-збудувачів кавітації та початкової концентрації клітин мікроорганізмів

Джерело: авторські дослідження

Ефективність кавітаційної обробки рідин суттєво залежить не тільки від фізичних характеристик середовища (температури, тиску, в'язкості, густини, природи барботованого газу), але й від частоти коливання дек деквіброкавітатора, яка є визначальною. Оскільки всі вище перераховані характеристики досліджуваних стічних вод пивоварні «Кумпель», дріжджового виробництва (ПрАТ «Компанія Ензим»), дріжджових лізатів знаходяться в одних межах і відрізняються тільки вмістом живих клітин і органічних речовин, то для встановлення оптимальних умов обробки оцінено тільки вплив частоти. На рис. 3 наведено залежність ступеня відмирання клітин дріжджів від частоти коливань дек-збурювачів кавітації і видно, що найбільшого ефекту досягнуто за частоти 37 Гц.

Частота 37 Гц є резонансною, оскільки досягається максимальний результат за мінімальної витрати енергії, що потрібна для збурення кавітації, тобто частота коливань дек кратна або рівна частоті коливань зародків кавітації.

Кавітаційна обробка води, що містить органічні та біологічні забруднення, показала, що після двох годин обробки в умовах кавітації ступінь перетворення органічної складової становила 32%, а біологічної – 91%. Після припинення дії ультразвуку воду залишали у відкритій системі і спостерігали за значеннями ХСК і МЧ протягом двох тижнів (рис. 4).



**Рис. 4. Залежність зміни ХСК та МЧ стічної води пивоварні під час її обробки в умовах кавітації та подальшому двотижневому зберіганні.**

Джерело: авторські дослідження

Як видно з рис. 4, впродовж двотижневого зберігання значення ХСК води практично не змінюється, а мікробне число починає зростати,

починаючи з другої доби зберігання і досягає початкового значення на кінець 7 дня, тобто спостерігається пост-ефект дії акустичної кавітації.

#### Висновки

Показано ефективність застосування кавітації для знезараження та очищення води після очисних споруд ЗАТ «Ензим» та «Кумпель». Після обробки забрудненої води в умовах кавітації відбулось зменшення величини хімічного та біологічного забруднення води. Необхідні показники якості води отримуються вже через годину дії кавітації в присутності кисню. Відбувається значне зменшення мікробного числа вже на перших хвилинах кавітаційної обробки води.

Досліджено вплив частоти кавітаційної обробки забрудненої води. Встановлено оптимальну частоту (37 Гц) проведення процесу.

Показано, що після кавітаційної обробки забрудненої води спостерігається пост-ефект дії кавітації, який полягає в зменшенні кількості мікроорганізмів в одиниці об'єму та показника ХСК. В обробленій воді ріст мікроорганізмів починається тільки через 24 години, тоді як підчас фотохімічного знезараження ріст мікроорганізмів спостерігався уже через 2 год.

Отримані результати дають змогу вибрати оптимальні умови проведення процесу очищення води і використовувати кавітаційні установки для очищення стічних вод підприємств харчової промисловості.

### **3.3. Використання нетрадиційної рослинної сировини в технологіях м'ясних продуктів**

*Кайнаш А.П., Будник Н.В.*

*Полтавська державна аграрна академія*

Одним із шляхів підвищення якості продуктів харчування й вдосконалення структури харчування населення є введення в раціон нових нетрадиційних видів рослинної сировини, що містять у своєму складі збалансований комплекс білків, жирів, мінеральних речовин, вітамінів і володіють високими поживними, смаковими та лікувально-профілактичними властивостями.

Використання сировини рослинного походження при виробництві м'ясних продуктів є предметом багатьох досліджень. Основний напрямок досліджень у цій області – збагачення м'ясних виробів біологічно активними речовинами рослинного походження і зниження їх калорійності. Крім того, застосування рослинної сировини дозволяє поліпшити якісні характеристики готової продукції за рахунок зменшення впливу на них функціонально-технологічних властивостей

м'ясної сировини з високим вмістом жирової й сполучної тканини [231].

Нова ідеологія розвитку світової м'ясної промисловості полягає у виробництві комбінованих м'ясопродуктів, за умови використання рослинних білків не тільки в якості технологічних наповнювачів, що сприяють підвищенню виходу традиційних м'ясних виробів, але і як рецептурні компоненти комбінованих м'ясопродуктів, що підвищують біологічну цінність, поліпшують органолептичні показники готової продукції, знижують її собівартість. М'ясо та м'ясні продукти є найціннішими в харчовому відношенні й користуються попитом у населення, тому що постачають людський організм необхідними для його функціонування білками. Зараз усе більше уваги звертають на склад, якість і безпечність харчових продуктів. З появою нових видів нетрадиційної сировини, змінюються й вимоги до неї. Всі ці фактори сприяють появі нових технологій і нових видів продукції.

До найбільш перспективних видів нетрадиційної рослинної сировини, яка є джерелом рослинного білка, відноситься амарант.

Порівняння поживної цінності насіння амаранту з пріоритетними харчовими культурами виявило більш високий вміст білка в амаранті, при цьому він добре збалансований за амінокислотним складом. Зерно амаранту містить до 8 % олії, в ньому виявлено близько 10 % сквалену, вуглеводню, який запобігає дефіциту кисню в організмі людини. Слід підкреслити, що лімітуючими амінокислотами зернобобових рослин є лізин і метіонін, яких в насінні амаранту міститься в два рази більше порівняно з пшеницею. Ці властивості надають особливу цінність амаранту в сучасному світі, коли населення більшості країн відчуває гострий дефіцит білкової їжі, збалансованої за амінокислотним складом. Якщо взяти ідеальний білок за 100 %, то в: амаранті – 75 %, сої – 68 %, горохові – 45 %, кукурудзі – 44 %, пшениці – 57 % і т.д. Білки насіння амаранту мають високий ступінь засвоєння та збалансований амінокислотний склад: альбуміни і глобуліни складають більше 50 %.

Враховуючи високу харчову цінність, унікальний амінокислотний склад білка амаранту, перспективним напрямком його використання є технологія виробництва ліверних ковбасних виробів. В класичній рецептурі ліверних ковбас передбачено використання бланшованих субпродуктів II категорії, мозку великої рогатої худоби, на який останнім часом діє заборона та дефіцитної високовартісної печінки.

Удосконалена технологія передбачає заміну м'ясної сировини, а саме частини печінки та мозку на амарант.

Найбільш перспективним продуктом переробки зерна амаранту білозерного Галицького сорту – є борошно або шрот. Розробка науково-практичних основ комплексної, глибокої технології переробка зерна амаранту спрямована на істотне зниження дефіциту білка та інших цінних речовин в раціоні харчування населення, на активне заміщення

---

<sup>231</sup> Пасичный В.Н. Технология производства гидратированных белокосодержащих наполнителей фаршевых систем / В.Н. Пасичный // Мясной бизнес. – 2004. – № 7. – С. 18–21; 2004. – № 8. – С. 12–15.

імпортних зернових продуктів, розробку й розвиток потенціалу вітчизняного агропромислового комплексу.

При розробці технології переробки зерна амаранту з метою отримання анатомічних частин, а також окремих фракцій борошна з підвищеним вмістом білка, жиру, вуглеводів вже встановлені режими й технологічні параметри підготовки зерна амаранту до помелу. Розробці технологій переробки зернопродуктів із амаранту різного призначення присвячені роботи Мартинюк І.О., Ромашко Н.Л., Чалова І.А., Шмалько Н.А. [232, 233].

Також розроблена технологія виробництва борошна з амаранту та апробовано її використання в хлібопекарському виробництві. Цим дослідженням присвячені роботи Бочкового Л.К., Матвєєвої І.В., Паради Д., Пісковець В.В., Пучкової Л.І. та інших [234].

Таким чином, на сьогоднішній день випускають достатньо якісне амарантове борошно та шрот, використовують його в технології хлібобулочних виробів.

Можливість використання продуктів переробки амаранту в м'ясній промисловості досліджена не достатньо, а в технології ліверних ковбас не досліджена взагалі.

В процесі розробки й модифікації рецептури комбінованих ліверних ковбас амарант розглядали в якості основного компонента, призначеного для заміни м'ясної сировини, підвищення стабільності емульсій, регулювання складу й властивостей готової продукції.

Метою модифікації рецептур ковбасних виробів було зниження собівартості продукції, заміна м'ясної сировини (зокрема яловичого мозку й печінки), створення низькокалорійного продукту. За контроль обрано ковбасу ліверну «Ячна» вищого ґатунку за РСТ УССР 1825-84 «Ковбаси ліверні, паштети, сальтисони, холодці. Загальні технічні умови» та ліверну ковбасу «Київську» першого ґатунку.

В якості джерела рослинного білка використовували амарантове борошно та шрот, що отримали з амаранту білозерного сорту Галицький, вирощеного в Полтавському регіоні.

З метою встановлення переваг амарантового борошна чи шроту проведено порівняльний аналіз експериментально отриманих даних (хімічного складу продуктів переробки амаранту й субпродуктової сировини) та літературних даних (хімічного складу соєвого та пшеничного борошна). Результати досліджень наведено в табл. 1.

З наведених даних (табл. 1) встановлено, що за вмістом харчового білка амарант наближається до м'ясної сировини. В амарантовому

---

<sup>232</sup> Мартинюк І.О. Вплив амаранту на показники харчової та біологічної цінності комбінованих ковбасних виробів / І.О. Мартинюк // Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. Серія: Технічні науки. – Вип. 1. – Вінниця: ВДАУ. – 2006. – С. 235–239.

<sup>233</sup> Ромашко Н.Л. Хлебобулочные изделия с амарантовой мукой / Н.Л. Ромашко, И.А. Чалова, Н.А. Шмалько // Хранение и переработка зерна. – 2011. – Вип. 2.(140). – С. 53–54.

<sup>234</sup> Амарантовое масло с высоким содержанием сквалена [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.roznet.ru/prod\\_amarant2.php3/](http://www.roznet.ru/prod_amarant2.php3/)



борошні вміст білка на 4,33 % більше порівняно з мозком, в шроті – на 7,98 %. В печінці на 1,88 % менше білка порівняно зі шротом і на 1,77 % більше ніж в амарантовому борошні. Вміст жиру в шроті на 3,67 % менший порівняно з печінкою і на 5 % порівняно з мозком, а в борошні спостерігається зворотна тенденція.

### 1. Порівняльна характеристика хімічного складу рослинної і тваринної сировини

Показники, %	Печінка яловича	Мозок яловичий	Соєве борошно	Пшеничне борошно	Амарантове борошно	Амарантовий шрот
Волога	71,8±1,14	77,6±0,22	8,18±0,22	13,40±0,53	11,35±0,12	12,67±0,45
Сухі речовини	28,2±1,14	22,4±0,8	91,82±0,22	86,60±0,53	88,65±0,12	87,33±0,45
Білки	17,9±0,61	11,8±0,14	51,04±0,44	9,72±0,70	16,13±0,14	19,78±0,39
Жири	4,42±0,9	5,7±0,09	1,62±0,06	1,09±0,08	6,72±0,09	0,75±0,04
Мінеральні речовини	1,4±0,04	1,3±0,26	6,19±0,26	0,70±0,04	4,83±0,17	4,97±0,20
Загальні вуглеводи,	-	-	32,96±0,49	75,09±0,67	60,97±0,21	61,83±0,67
в тому числі клітковина	-	-	3,65±0,15	0,23±0,09	4,37±0,38	5,35±0,26
Екстрактивні речовини	4,48±0,9	3,6	-	-	-	-

Джерело: авторська розробка, дані [231]

Порівняльний аналіз мінерального складу показав, що в амарантовому борошні та шроті вміст мінеральних речовин на 4..4,5 % більше, порівняно з мозком і печінкою. За цим показником продукти переробки амаранту поступають в незначній кількості лише соєвому борошну. Значно менший вміст мінеральних речовин має пшеничне борошно. Крім того, в продуктах переробки амаранту міститься значна частина вуглеводів (60,97...61,83 %), які взагалі відсутні в м'ясній сировині. При додаванні до фаршу ліверних ковбас продуктів переробки амаранту високий вміст вуглеводів, і зокрема клітковини, забезпечить стабілізацію функціонально-технологічних властивостей (вологозв'язуючої, вологопоглинаючої та емульгуючої здатностей). Як наслідок, збільшиться вихід готового продукту, знизиться собівартість.

Досягнення певного співвідношення харчових речовин у продукті та отримання збалансованого амінокислотного складу білка потребує врахування не тільки хімічного, а й амінокислотного складу, який представлений у табл. 2.

Таким чином, аналіз літературних та експериментальних даних показав, що заміна мозку та печінки в рецептурі ліверних ковбас є доцільною з технологічної та економічної точки зору.

В рецептурі модельних ліверних ковбасних виробів здійснено заміну яловичої печінки на добавку амаранту в кількості 5...11 %.

Ковбасні фарші вироблені традиційним гарячим способом.

## 2. Порівняльна характеристика амінокислотного складу сировини ( $M \pm m$ , $n=5$ )

Компоненти	Шкала ФАО/ ВООЗ	Печінка яловича	Соче борошно	Пшенич- не борошно	Амаран- тове борошно	Амаран- товий шрот
Незамінні амінокислоти, г/100 г білка:						
Ізолейцин	4,2	4,91	5,19	4,12	3,70±0,07	4,00±0,13
Лейцин	7,00	7,42	7,65	8,21	5,19±0,23	5,58±0,03
Лізин	5,1	8,58	5,99	2,37	4,75±0,12	5,13±0,06
Метіонін	2,6	2,36	1,60	0,92	4,44±0,50	3,74±0,12
Фенілаланін	7,3	4,01	4,61	4,81	4,20±0,16	4,68±0,38
Треонін	3,5	4,53	3,98	2,57	3,54±0,08	3,69±0,15
Валін	4,8	5,76	5,99	3,71	4,78±0,27	5,46±0,06
Триптофан	1,1	1,30	1,29	0,92	3,82±0,28	3,91±0,17
Сума:	34,0	38,89	36,30	27,63	34,42	36,19
Замінні амінокислоти, г/100 г білка:						
Цистин		1,24	1,78	1,89	3,71±0,36	3,57±0,06
Тирозин		3,57	3,04	2,39	3,41±0,43	3,22±0,39
Гістидин		3,97	2,81	1,87	3,42±0,41	3,82±0,32
Аланін		5,36	4,21	3,16	4,35±0,27	4,60±0,37
Аргінін		6,11	6,70	4,13	10,59±0,36	9,59±0,43
Аспарагінова кислота		9,19	10,95	3,25	8,96±0,19	8,32±0,27
Гліцин		4,82	4,07	3,36	8,83±0,56	8,97±0,48
Глютамінова кислота		15,50	17,34	28,85	14,99±0,55	15,81±0,68
Пролін		4,49	5,33	8,36	4,04±0,57	4,12±0,18
Серин		4,21	5,93	4,78	4,41±0,17	4,11±0,23
Сума:		58,46	62,16	71,35	66,71	65,73
Співвідноше- ння незамінних до замінних амінокислот		0,67	0,58	0,39	0,49	0,53

Джерело: авторська розробка, дані [230]

В ковбасі «Київській» яловичий мозок повністю замінено на амарант, тобто амаранту було внесено 7 % до маси сировини.

Моделювання та оцінку різних співвідношень рецептурних компонентів дослідних ковбас здійснено за допомогою комп'ютерної програми, що дозволяє оптимізувати склад отриманої рецептури, згідно з переліком вимог, які висуває споживач. В процесі моделювання виходили з хімічного складу та збалансованості амінокислотного складу всіх складових компонентів рецептур, керуючись технологічним принципом, який передбачає заміну м'яса композицією, що містить білковий препарат та воду і, як результат – стабільний хімічний склад при збереженні співвідношення жир : білок : вода.

Встановлено, що внесення амаранту понад 9...10 % погіршує

органолептичні показники ліверних ковбас. А якщо кількість амаранту становить менше 3..5 % – не забезпечує необхідного збагачення ковбас біологічно-активними речовинами. За допомогою моделювання, за максимальним значенням коефіцієнта утилітарності амінокислот і амінокислотного скору, співвідношенням білок : жир були обрані рецептури, які покладені в основу фаршів ліверних ковбас.

В результаті моделювання одержали оптимальні рецептури ковбас, різниця між якими обумовлена різницею хімічного складу амарантового борошна та шроту.

На початковому етапі роботи проведено дослідження, де використовували амарантові добавки як в сухому, так і гідратованому станах. Так, в окремій дослідній партії зразків до фаршу були внесені добавки: в сухому вигляді та в гідратованому стані з різними гідромодулями; попередньо замочені при 20 °С протягом 1 години у воді з гідромодулем 1:0,5; 1:1; 1:2; 1:3 (амарантова добавка : вода).

Зразки фаршів оцінювали за функціонально-технологічними показниками. Потім проводили шприцювання в оболонку, варіння до готовності й здійснювали дослідження органолептичних та функціонально-технологічних показників готових виробів .

Встановлено, що краще використовувати добавку в гідратованому вигляді. Було доведено, що шрот, порівняно з борошном, має більшу вологопоглинаючу здатність, а фарш з його додаванням – більшу вологозв'язуючу здатність (ВЗЗ) при практично однаковому гідромодулі.

З метою остаточного вибору амарантової добавки, на прикладі ковбаси «Київської», було досліджено функціональні властивості амарантового борошна та шроту в гідратованому вигляді та їх вплив на функціональні показники фаршу з добавками.

Встановлено, що оптимальним гідромодулем для амарантового шроту є співвідношення 1:1,5 (шрот : вода), а для борошна 1:1. При більшому гідратуванні ВЗЗ фаршу починає стрімко зменшуватися. Найнижчі показники ВЗЗ зафіксовані при додаванні амаранту в сухому вигляді й становлять 61,59...62,16 %.

Аналіз зміни вмісту вологи у фаршах з гідратованим шротом та борошном, свідчить про те, що для шроту оптимальним є гідромодуль 1:1,5, а для борошна 1:1. При збільшенні гідромодулів зростає загальний вміст вологи у фарші, що призводить до інтенсифікації розвитку мікроорганізмів.

Проаналізувавши всі функціональні властивості фаршу з амарантовим добавками, дійшли до висновку, що модельні фарші з амарантовим шротом мають кращі функціонально-технологічні властивості порівняно з борошном. Слід відмітити, що при введенні амаранту до складу фаршу в гідратованому вигляді, він у більшій мірі проявляє комплекс своїх гідрофільних властивостей, ніж у сухому вигляді, враховуючи значний прояв комплексу емульгуючих властивостей.

На наступному етапі досліджено повний спектр функціонально-технологічних властивостей (ФТВ) сухого шроту та відновленого до пасти. До найбільш важливих функціонально-технологічних властивостей виробництва комбінованих м'ясних виробів на фаршевій основі, відносяться: коефіцієнти волого- і жиропоглинання, волого- та жируотримувальна здатність (ВУЗ і ЖУЗ відповідно), активна кислотність і інші. На них впливають власні характеристики м'ясних фаршів і характеристики білоквмісної рослинної сировини, що використовується для досягнення поставленої мети досліджень.

У зв'язку з вище викладеним, було досліджено функціональні властивості сухого та відновленого до пасти амарантового шроту. Результати досліджень представлені в табл. 3.

### 3. Функціональні властивості амарантового шроту

Назва показника	Амарантовий шрот			
	сухий	гідромодуль 1:1	гідромодуль 1:1,5	гідромодуль 1:2
ВУЗ, г води / г продукту	1,21±0,02	0,42±0,01	0,27±0,01	0,08±0,002
ЖУЗ, мл жиру / г продукту	1,24±0,02	0,32±0,01	0,18±0,01	0,10±0,002
Коефіцієнт вологопоглинання	1,37±0,03	0,45±0,02	0,31±0,01	0,16±0,003
Коефіцієнт жиропоглинання	1,27±0,03	0,38±0,01	0,20±0,01	0,17±0,003
pH	6,28±0,12	6,28±0,10	6,29±0,10	6,28±0,13

Джерело: авторська розробка

Отримані результати досліджень ВУЗ і ЖУЗ свідчать про те, що шрот має достатньо високу ВУЗ (1,2 г води/г) і ЖУЗ (1,24 мл жиру/г). Високий рівень утримання вологи й жиру забезпечується вмістом полісахаридів та клітковини, наявність яких характерна для рослинної сировини. Однак при високій гідратації зразки не володіють необхідними технологічними показниками, характерними для м'ясних систем. Це потребує пошуку шляхів підвищення технологічних та реологічних показників гідратованого шроту. Таким чином було встановлено, що амарантовий шрот може бути використаний в технології ліверних ковбас.

Ліверні ковбаси, що виготовлені за РСТ УССР 1825-84 «Ковбаси ліверні, паштети, сальтисони, холодці. Загальні технічні умови» були контрольними зразками, а у фарш дослідних зразків на стадії приготування вносили гідратований шрот в кількості 3, 5, 7, 9 % від маси сирі сировини.

Дослідження органолептичних та фізико-хімічних показників ліверних ковбас з додаванням амарантового шроту проводили за загальноприйнятими методами: органолептичним, баловим – за п'ятибальною шкалою, лабораторним (фізико-хімічні показники).

Встановлено, що експериментальні зразки ліверних ковбас із додаванням амарантового шроту мали приємніший смак і запах у порівнянні з контролем, що обумовлене введенням до їх складу білоквмісного наповнювача. Готові ліверні ковбаси мали рівномірний колір, відповідну мазеподібну консистенцію, що характерно для даної групи виробів.

Результати балової оцінки контрольного та дослідних зразків ліверної ковбаси показали, що вищу оцінку отримала ліверна ковбаса з амарантовим шротом, незалежно від рецептури. Хоча при внесенні шроту більше 7 % консистенція ковбас різко погіршується, стає крихкою; зразок набуває яскраво вираженого присмаку амарантового шроту, який не перебивається навіть спеціями; погіршується й зовнішній вигляд ковбасних виробів. При внесенні шроту в кількості 3..7 % органолептичні показники є задовільними, в деяких зразках навіть кращими за контроль.

З метою визначення раціональної масової частки амарантового шроту проведено ряд досліджень функціонально-технологічних властивостей та фізико-хімічних показників модельних фаршів і готових ковбасних виробів. Результати досліджень представлені в табл. 4.

#### 4. Функціонально-технологічні властивості модельних ковбасних фаршів ( $p \geq 0,9$ )

Назва показника	Контроль	Досліджувані зразки з амарантовим шротом			
		3%	5%	7%	9%
Вміст вологи, %	69,54	67,90	66,90	66,40	65,70
Величина рН, од.	5,96	6,05	6,09	6,18	6,33
ВЗЗ, % до маси сировини	65,9	68,6	69,5	70,5	70,9
ВЗЗ, % до загальної вологи	94,5	96,2	96,90	97,32	97,6
Жирутримувальна здатність, г олії / г продукту	0,28	0,29	0,31	0,42	0,52
Жиропоглинаюча здатність %	0,50	0,53	0,56	0,65	0,75
Емульгуюча здатність, %	82,0	83,0	84,29	85,6	87,5

Джерело: авторська розробка

Результати досліджень ФТВ фаршу дослідних зразків ковбаси «Ячної» з різним вмістом амарантового шроту показали, що додавання шроту понад 7 % зменшує вміст вологи у дослідному фарші практично на 8 % у порівнянні з контролем. При внесенні 7 % шроту вміст вологи зменшується на 3,1 %, але при цьому вологозв'язуюча здатність до маси фаршу збільшується практично на 4,5%, а до маси загальної вологи практично на 3 %, жиропоглинаюча та жирутримуюча здатність також змінюється у бік зростання. З внесенням у фарш амарантового шроту покращується і стабільність емульсії фаршевої системи, що дозволить в свою чергу збільшити вихід готового продукту.

Після проведення термічного оброблення, аналогічні дослідження проведені з готовими ковбасними виробами. Результати досліджень наведені в табл. 5.

### 5. Функціонально-технологічні властивості досліджуваних ковбасних виробів ( $p \geq 0,9; n=3$ )

Назва показника	Контроль	Досліджувані зразки з амарантовим шротом			
		3 %	5 %	7 %	9 %
Вміст води, %	67,54	65,90	64,90	64,40	63,70
Величина рН, од.	6,10	6,20	6,25	6,32	6,48
Вологоутримуюча здатність, % до маси сировини	56,92	58,80	62,62	64,25	64,95
Вологоутримуюча здатність, % до загальної води	78,44	82,92	84,25	86,25	99,25
Вихід, % до маси сировини	114,0	114,5	115,2	115,5	115,8

Джерело: авторська розробка

Аналізуючи дані (табл. 5), можна зробити висновок, що в готових ковбасних виробках спостерігається аналогічна тенденція як і у модельних фаршах. Із внесенням амарантового шроту збільшується вологоутримуюча здатність готових ковбасних виробів. У зразку, який містить 7 % шроту, ВУЗ практично на 8 % більша, порівняно з контрольним зразком, як наслідок вихід збільшується на 1,5 %. Величина рН при внесенні амарантового шроту в незначній кількості зміщується в лужний бік. При внесенні шроту понад 9 % вологозв'язуюча та вологопоглинаюча властивості дещо зростають, а вміст води стрімко падає, в результаті чого консистенція і стає крихкою.

Таким чином, за функціонально-технологічними властивостями, органолептичними та фізико-хімічними показниками, визначена раціональна масова частка гідратованого амарантового шроту – 7 % з метою заміни яловичої печінки або мозку. Доведено, що гідратований амарантовий шрот необхідно вводити наприкінці кутерування сировини ліверних ковбас.

Отже, результати наведених досліджень підтверджують доцільність і необхідність заміни печінки й мозку на гідратований амарантовий шрот. Така заміна дозволила збагатити ковбасні вироби біологічно-активними речовинами й вирішити проблему заборони використання мозку. Перспективою подальших досліджень є визначення харчової цінності ліверних ковбас з амарантовим шротом, їх терміну зберігання та мікробіологічних показників.

### 3.4. Вивчення показників безпечності хліба пшеничного у контексті вимог системи НАССР

*Калашник О.В.*

*Полтавська державна аграрна академія*

*Юдічева О.П.*

*Київський національний університет будівництва і архітектури*

*Ткаченко А.С., Молчанова Н.Ю.*

*Вищий навчальний заклад Укоопспілки*

*«Полтавський університет економіки і торгівлі»*

В Україні найвища соціальна цінність, що визнана на конституційному рівні – це життя і здоров'я людини. До основних чинників добробуту населення відносять якість та безпечність харчових продуктів. Державна політика щодо регулювання безпечності та якості харчових продуктів повинна забезпечувати інтереси людини як споживача харчових продуктів, її життя та здоров'я [235].

Для розв'язання глобальної соціально-економічної проблеми щодо поліпшення продовольчого забезпечення та якості харчування населення України відповідно до Концепції [236] потрібна консолідація зусиль на світовому, національному і регіональному рівнях. На вітчизняному рівні метою зазначеної концепції є забезпечення та збереження здоров'я населення, здійснення профілактики захворювань, що пов'язані з порушенням харчування, поліпшення демографічної ситуації. Щоб досягти зазначеної мети необхідно виконати певні завдання у різних соціально-економічних сферах. Зокрема, необхідне функціонування дієвої системи контролю і нагляду за показниками якості та безпечності харчових продуктів і продовольчої сировини на всіх етапах виробництва і контролю.

Україна, як і більшість країн світу, усвідомлює глобальність проблеми якості і безпечності харчових продуктів і вважає її пріоритетним напрямком. Велика кількість різних захворювань виникає внаслідок споживання неякісних і небезпечних харчових продуктів, спалахи харчових отруєнь із певною періодичністю фіксуються у різних країнах, а це свідчить про необхідність змін у підходах до безпечності. Перевереним і надійним способом для захисту споживачів є застосування системи НАССР як системи керування безпекою харчових продуктів, що передбачає аналіз ризиків і контроль критичних точок. Ця система гарантує безпечність продукції на всіх етапах харчового ланцюжка, вона допомагає виявити усі ті критичні точки, що можуть

---

<sup>235</sup> Брулевич В.В. Безпечність харчових продуктів за законодавством України та Європейського союзу [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Suap\\_2016\\_2\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Suap_2016_2_11) (дата звернення 13.09.2018 р.). – Назва з екрана.

<sup>236</sup> Про затвердження Концепції поліпшення продовольчого забезпечення та якості харчування населення: Розпорядження кабінетів Міністрів України від 26.05.2004 р. №332-р. База даних «Законодавство України» [Електронний ресурс] / ВР України. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/332-2004-%D1%80>.

негативно вплинути на безпечність готового продукту, а також усунути ці критичні точки і постійно їх моніторити.

Угода про асоціацію з Європейським Союзом створила передумови до підвищення якості та безпечності харчових продуктів вітчизняного виробництва та сприяє приведенню законодавчої бази у цій сфері відповідно до законодавчої бази ЄС, а саме використання Регламентів ЄС для нормування показників безпечності у харчових продуктах, використання харчових добавок, розроблення гармонізованих національних стандартів з міжнародними. Окрім того, в Україні законодавства у сфері санітарних заходів адаптується до вимог Європейського Союзу. Це стосується реформування системи державного контролю і нагляду за безпечністю харчових продуктів. Встановлення зрозумілого механізму надання державних гарантій безпечності та якості харчових продуктів, а також запровадження державного контролю в сфері санітарних та фітосанітарних заходів «від лану – до столу» забезпечує реалізація основних положень Закону України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» [237] Для того, щоб виробники України перейшли до використання процедур НАССР (системи аналізу небезпечних факторів та контролю у критичних точках аналізу) цим Законом визначено перехідний період [238].

Погіршення екологічних і кліматичних умов у світі, порушення технологій вирощування сировини як рослинного, так і тваринного походження (безконтрольне внесення мінеральних добрив, використання гормонів та антибіотиків, генетично модифікованих організмів) та технологічних процесів виробництва харчових продуктів створюють небезпеку зниження їх якості, а також забруднення шкідливими речовинами хімічного та біологічного походження: важкими металами, пестицидами, радіонуклідами, забороненими харчовими добавками, патогенними мікроорганізмами та мікроскопічними грибами тощо.

Забезпечення населення високоякісними та безпечними харчовими продуктами є однією з найважливіших складових національної безпеки України. Наразі це є одним з головних завдань виробників хліба та хлібобулочних виробів, підприємств торговельної мережі, спеціалістів в галузі науки і техніки й держави в цілому [239].

Традиційним продуктом харчування, який вживається щоденно є хліб. Сучасний ринок хліба характеризується великою кількістю його видів з високими смаковими властивостями за рахунок використання

---

<sup>237</sup> Закон України Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/771/97-%D0%B2%D1%80> (дата звернення 08.06.2018 р.). – Назва з екрана.

<sup>238</sup> Часу залишилось обмаль для впровадження операторами ринку системи НАССР [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://consumer.gov.ua/newsContents.aspx?HID=1833> (дата звернення 08.06.2018 р.). – Назва з екрана.

<sup>239</sup> Якість і безпека харчових продуктів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://old.nuft.edu.ua/page/51adaed39c2a2/files/2017\\_Якіс...рчових продуктів.pdf](http://old.nuft.edu.ua/page/51adaed39c2a2/files/2017_Якіс...рчових продуктів.pdf). (дата звернення 08.06.2018 р.). – Назва з екрана.



різноманітної сировини, технології виготовлення тощо. Найбільшою популярністю користується хліб, виготовлений із пшеничного борошна. Для встановлення рівня якості та безпечності харчових продуктів, і хліба зокрема, в Україні розроблена низка нормативно-правових актів та нормативних документів:

– Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» [240];

– ДСТУ 7517:2014 «Хліб із пшеничного борошна. Загальні технічні умови» [241];

– СанПиН 2.3.2.1078-01 «Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов» [242];

– Державні санітарні норми та правила (ДСНП) «Медичні вимоги до якості та безпечності харчових продуктів та продовольчої сировини» [243];

– Державні гігієнічні правила і норми (ДГПН) «Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах» [244];

– Державні санітарні правила і норми (ДСанПиН) 8.8.1.2.3.4-000-2001 «Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водоймищ, ґрунті» [245].

– Гігієнічні нормативи (ГН) 6.6.1.1-130-2006 «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування та питній воді» [246];

– Постанова Кабінету Міністрів України від 04.01.99 р. №12 «Про затвердження переліку харчових добавок, дозволених для використання у харчових продуктах» [247], а також інших методичних та нормативних документів.

---

<sup>240</sup> Закон України Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/771/97-%D0%B2%D1%80> (дата звернення 08.06.2018 р.). – Назва з екрана

<sup>241</sup> ДСТУ 7517:2014 Хліб із пшеничного борошна. Загальні технічні умови [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=77546](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=77546) (дата звернення 22.07.2018 р.). – Назва з екрана

<sup>242</sup> СанПиН 2.3.2.1078-01 Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://docs.cntd.ru/document/901806306> (дата звернення 09.06.2018 р.). – Назва з екрана]

<sup>243</sup> Державні санітарні норми та правила (ДСНП) Медичні вимоги до якості та безпечності харчових продуктів та продовольчої сировини [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0088-13> (дата звернення 13.06.2018 р.). – Назва з екрана.];

<sup>244</sup> Державні гігієнічні правила і норми (ДГПН) Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0774-13> (дата звернення 09.06.2018 р.). – Назва з екрана

<sup>245</sup> Державні санітарні правила і норми (ДСанПиН) 8.8.1.2.3.4-000-2001 Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водоймищ, ґрунті [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0137588-01> (дата звернення 13.06.2018 р.). – Назва з екрана

<sup>246</sup> Гігієнічні нормативи (ГН) 6.6.1.1-130-2006 Допустимі рівні вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування та питній воді [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0845-06> (дата звернення 13.07.2018 р.). – Назва з екрана.

<sup>247</sup> Постанова Кабінету Міністрів України від 04.01.99 р. №12 «Про затвердження переліку харчових добавок, дозволених для використання у харчових продуктах» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://pronut.medved.kiev.ua/index.php/ua/issues/2013/1/item/459-security-and-quality-of-bakery-products> (дата звернення 24.06.2018 р.). – Назва з екрана.

Закон України «Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів» [248] встановлює, що безпечний харчовий продукт – харчовий продукт, який не справляє шкідливого впливу на здоров'я людини та є придатним для споживання. Даний нормативно-правовий акт здійснює державне регулювання у сфері безпечності харчових продуктів, регулює відносини між органами виконавчої влади, операторами ринку харчових продуктів та споживачами харчових продуктів і визначає порядок забезпечення безпечності та окремих показників якості харчових продуктів, що виробляються, перебувають в обігу, ввозяться (пересилаються) на митну територію України та/або вивозяться (пересилаються) з неї.

У 2015 р. в Україні розроблений та введений у дію ДСТУ 7517:2014 [249], відповідно до якого на хліб пшеничний встановлені такі вимоги до:

- органолептичних показників – зовнішній вигляд (форма, поверхня, колір), стан м'якушки, смак, запах;
- фізико-хімічні показників – вологість, кислотність, пористість м'якушки, масова частка цукру у перерахунку на суху речовину, масова частка жиру у перерахунку на суху речовину,
- рівень токсичних елементів (свинець – 0,3 мг/кг; кадмій – 0,05 мг/кг; миш'як – 0,1 мг/кг; ртуть – 0,01 мг/кг; мідь – 5,0 мг/кг; цинк – 25,0 мг/кг);
- рівень мікотоксинів – афлатоксин В1 – 0,005 мг / кг; дезоксиніваленон – 0,5 мг / кг; зеараленон – 1,0 мг / кг);
- допустимий вміст радіонуклідів не більше ніж: 137 Cs – 20,0 Бк/кг; 90Sr – 5,0 Бк/кг;
- вимоги до сировини; пакування та маркування хліба; щодо безпеки та охорони довкілля; правила приймання та методи контролювання; правила транспортування та зберігання; гарантії виробника.

Для встановлення гігієнічних нормативів безпеки і харчової цінності харчових продуктів, вимог щодо дотримання зазначених нормативів під час виготовлення, ввезення та обігу харчових продуктів розроблений СанПиН 2.3.2.1078-01 [250]. За цим НД харчові продукти повинні:

- задовольняти фізіологічні потреби людини в необхідних речовинах і енергії,
- відповідати звичайно ставляться до харчових продуктів вимогам в частині органолептичних та фізико-хімічних показників;
- відповідати встановленим нормативними документами вимогам до допустимого вмісту хімічних, радіоактивних, біологічно активних

<sup>248</sup> Закон України Про основні принципи та вимоги до безпечності та якості харчових продуктів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/771/97-%D0%B2%D1%80> (дата звернення 08.06.2018 р.). – Назва з екрана.

<sup>249</sup> ДСТУ 7517:2014 Хліб із пшеничного борошна. Загальні технічні умови [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=77546](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=77546) (дата звернення 22.07.2018 р.). – Назва з екрана.

<sup>250</sup> СанПиН 2.3.2.1078-01 Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://docs.cntd.ru/document/901806306> (дата звернення 09.06.2018 р.). – Назва з екрана.

речовин та їхніх сполук, мікроорганізмів і інших біологічних організмів, які становлять небезпеку для здоров'я нинішніх і майбутніх поколінь.

Одним з основоположних документів у сфері якості та безпечності харчових продуктів є ДСНП Медичні вимоги до якості та безпечності харчових продуктів та продовольчої сировини [251], які визначають медичні вимоги до якості та безпечності харчових продуктів та продовольчої сировини і не включають гігієнічні нормативи і регламенти щодо вмісту в харчових продуктах та продовольчій сировині хімічних, біологічних, фізичних факторів. Цей НД включає загальні вимоги до харчових продуктів, вимоги до маркування харчових продуктів; гігієнічні вимоги безпечності та поживної цінності харчових продуктів.

ДГПН Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах [252] встановлюють максимальні рівні окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах. Для хліба встановлюються максимальні рівні окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах, а саме:

– рівень мікотоксинів – афлатоксин В1 – 5 мкг/кг; зеараленон – 50 мкг/кг;

– рівень токсичних елементів – свинець – 0,3 мкг/кг; кадмій – 0,05 мкг/кг; ртуть – 0,01 мкг/кг.

Відповідно до ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001 [253] у харчових продуктах не допускаються – вінклозолін; 2,4-Д амінна сіль, 2,4-ДА; 2,4-Д диметиламінна сіль; 2,4-Д ДМА 2,4-Д бутиловий ефір; 2,4-ДБ 2,4-Д малолеткі ефіри; динітроортокрезол, ДНОК; 1,3-дифтор-пропанол-2; дихлораль-сечовина; паратіонметил; піразофос; тирам, ТМТД; хлорталдиметил тощо. Суворий контроль за умовами зберігання та застосування мають – есбіотрин; куматетраліл; Лінурон, 1-(1-нафтил) - 2-тіосечо-вина; сумітрин; цинк фосфід тощо.

Нормативи ГН 6.6.1.1-130-2006 [254] встановлюють гігієнічні нормативи вмісту  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування та питній воді, а також вимоги з дотримання вказаних допустимих рівнів під час виготовлення, імпорту, експорту та обігу харчових продуктів. Допустимий рівень вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  – 20 Бк/кг і  $^{90}\text{Sr}$  – 5 Бк/кг.

Таким чином, аналіз нормативних документів, дав змогу встановити гранично-допустимий рівень забруднювачів хімічної та біологічної

---

<sup>251</sup> Державні санітарні норми та правила (ДСНП) Медичні вимоги до якості та безпечності харчових продуктів та продовольчої сировини [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0088-13> (дата звернення 13.06.2018 р.). – Назва з екрана.

<sup>252</sup> Державні гігієнічні правила і норми (ДГПН) Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0774-13> (дата звернення 09.06.2018 р.). – Назва з екрана.

<sup>253</sup> Державні санітарні правила і норми (ДСанПіН) 8.8.1.2.3.4-000-2001 Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водоймищ, ґрунті [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL : <http://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0137588-01> (дата звернення 13.06.2018 р.). – Назва з екрана.

<sup>254</sup> Гігієнічні нормативи (ГН) 6.6.1.1-130-2006 Допустимі рівні вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування та питній воді [Електронний ресурс]. – Режим доступу: URL : <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0845-06> (дата звернення 13.07.2018 р.). – Назва з екрана.

природи для хліба пшеничного. Варто зазначити, що відповідно до системи управління харчовими продуктами НАССР, основними видами небезпек є біологічні, хімічні та фізичні фактори. Найсуттєвішими для здоров'я людини є біологічні фактори, проте найбільшу накопичувальну дію мають хімічні фактори небезпеки. Саме тому контроль токсичних сполук, які надходять в організм разом з продуктами харчуванням має дуже важливе значення

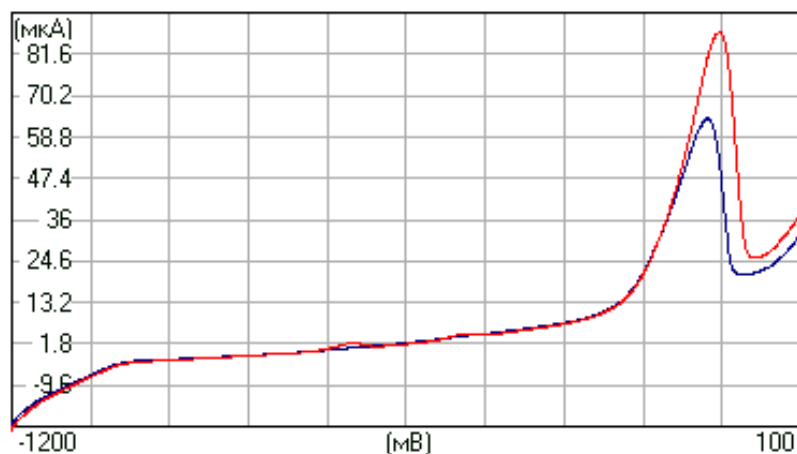
Особливого значення вміст цих сполук набуває у продуктах щоденного вживання, у тому числі у хлібі. Свинець і кадмій відносяться до найбільш небезпечних токсичних металів, цинк і мідь стають небезпечними, коли їх кількість у харчовому раціоні перевищує допустиму добову дозу. Небезпека свинцю полягає у негативному впливі на діяльність нервової системи людини в цілому. Нині до основних джерел надходження цього мікроелемента відносять небезпечні відходи багатьох промислових підприємств, продукти згоряння бензину, деякі пестициди. Токсичність кадмію перевищує шкідливу дію свинцю, що обумовлено його здатністю до поступового накопичення в різних тканинах організму. За надмірної кількості кадмію негативно впливає на метаболізм заліза і кальцію, а також є причиною складних отруєнь та небезпечних захворювань. Токсичність кадмію найчастіше пов'язують з негативною дією на сірковмісні амінокислоти, що призводить до порушення білкового обміну. Він уражує нервову систему і може сприяти вимиванню кальцію з кісток. Дуже швидко накопичується у нирках і печінці, а виводиться – дуже повільно, інколи, навіть протягом декількох десятків років. У випадку, коли харчові продукти містять підвищену кількість кадмію, вони можуть подразнювати шлунок і стати причиною виникнення нудоти, блювання, діареї. Інколи отруєння кадмієм викликає симптоми, що нагадують грип, він викликає набрякання гортані.

У лабораторних умовах Полтавської аграрної академії були виготовлені зразки хліба пшеничного за традиційною рецептурою. Для визначення вмісту цинку, кадмію, свинцю і міді використаний метод інверсійної вольтамперометрії, який ґрунтується на реєстрації та вивченні залежності струму, що протікає через електролітичний осередок, від зовнішньої накладеної напруги [255].

Проведення вольтамперометричного аналізу дало можливість визначити рівні токсичних елементів в зразках хліба пшеничного. Графічне зображення цієї залежності (вольтамперограма) показує піки струму, місцезнаходження яких по осі потенціалів слугують якісною характеристикою, а висота піків пропорційна концентрації іонів у розчині слугують кількісною характеристикою (рис. 1).

---

<sup>255</sup> Бончак І. В., Усатюк С. І., Адаменко О. В. Розроблення системи НАССР для виробництва хліба пшеничного [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/22932/1/3.pdf>. (дата звернення 13.06.2018 р.). – Назва з екрана



**Рис. 1. Вольтамперограма токсичних елементів у зразках хліба пшеничного**

Джерело: авторські дослідження

Проведення вольтамперометричного аналізу дало змогу визначити рівні токсичних елементів у зразках хліба пшеничного (табл. 1).

**1. Результати аналізу рівня токсичних елементів у зразках хліба пшеничного, мг/кг**

Показник	Значення	
	ГДР	виміряне
Вміст Zn	25,0	4,49
Вміст Cd	0,05	0,01
Вміст Cu	5,0	2,83
Вміст Pb	0,3	0,04

Джерело: авторські дослідження

Досліджувані зразки хліба пшеничного мали рівень токсичних елементів (Zn, Cd, Cu, Pb) в межах граничнодопустимих нормативних значень. Тобто він за цими показниками є безпечним для споживання.

Як зазначає Всесвітня організація охорони здоров'я найнебезпечнішими серед важких металів вважає кадмій, ртуть і свинець. Отже, визначення вмісту ртуті та інших токсичних елементів у зразках хліба пшеничного є перспективами подальших досліджень.

Окрім того цікавим напрямом подальших досліджень є визначення рівнів окремих забруднюючих речовин, наприклад рівень мікотоксинів.

### 3.5. Перспективи використання геотекстильних матеріалів для захисту земельних ресурсів

*Кириченко О.В., Бірта Г.О.*

*Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі»*

*Пелик Л.В.*

*Львівський торговельно-економічний університет*

Структура земельного фонду (сільськогосподарські, лісові та інші землі) залежить від таких факторів як опустелювання, ерозія, заболочування, в результаті чого погіршуються характеристики земель, відбувається зменшення саме сільськогосподарських угідь. Ще одним чинником, що негативно впливає на обіг земель, є розширення площ під промислові забудови, видобуток корисних копалин [256]. Так, в Україні щорічно 0,6–0,7 % орних земель піддаються водній ерозії [257].

Для запобігання ерозії часто застосовують висадку рослин, що підсилюють ґрунт за допомогою кореневої системи горизонтального і вертикального проростання, а також зміцнення схилів геосинтетичними матеріалами. Вибір того чи іншого способу залежить від природного ухилу землі, загальної рухливості ґрунтів (зсуви, ерозія, підмиви), рівня залягання ґрунтових вод тощо. Геотекстиль також використовується для спорудження штучних земляних терас, для обмежування росту коренів рослин, підсилення несучої здатності ґрунту в складних ландшафтних умовах, опорядження доріжок, будівництва водойм, дренажних і фільтрувальних конструкцій, гідротехнічних споруд узагалі [258]. На думку авторів [259] найоптимальнішими умовами для використання геосинтетиків є значення ухилу ділянок 15–60 %.

Геотекстильні полотна застосовуються для розділення шарів земляних конструкцій із матеріалів відмінних за сировиною, розмірами та формою часток; для утворення природних фільтрів, оскільки геотекстиль запобігає замулюванню (закольматованості) крупнозернистого шару, зберігаючи дренажну та пропускну здатність системи «крупнозернистий матеріал – геотекстиль – ґрунт/дрібнозернистий матеріал» [260]. Активно геотекстильні матеріали використовуються для нарощування родючого шару на

---

<sup>256</sup> Павліха Н.В., Хомюк Н.Л. Трансформація системи платежів за користування землями сільськогосподарського призначення : монографія / Н.В. Павліха, Н.Л. Хомюк. – Луцьк, 2017. – 242 с.

<sup>257</sup> Стойко Н. Є. Захист сільськогосподарських земель від ерозії ґрунтів – важлива складова землеустрою / Н. Є. Стойко, Н. І. Кришеник // Вісник Львівського національного аграрного університету : економіка АПК. – 2015. – № 22 (2). – С. 58–61.

<sup>258</sup> Кириченко О.В. Геотекстиль нетканий: вибір показників властивостей для оцінки рівня якості та формування асортименту / О.В. Кириченко // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2015. – № 4. – С. 67-72.

<sup>259</sup> Кухнюк Н.О. Поверхнева ерозія схилів і засоби боротьби з нею / Н.О. Кухнюк, С.В. Мишко, Л.С. Чебанов // Нові технології в будівництві. – 2016. – № 31. – С. 119–122.

<sup>260</sup> Тіхосова Г.А. Аналіз властивостей геотекстилю, що застосовується у сільському господарстві в Україні та США / Г.А. Тіхосова, О.В. Князев, Н.В. Тулущенко // Пр. Тавр. держ. агротехнол. ун-ту. – 2015. – Вип. 15, т. 1. – С. 38–47.

ділянках з виснаженим ґрунтовим покривом. Технологія облаштування для відновлення пошкодженого ґрунту може включати як просто насип шару родючого ґрунту поверх виснаженого, так і зняття верхнього шару на глибину 25–30 см з повним оновленням.

Крім розділення, важливою є функція фільтрування, оскільки геотекстильні матеріали укладаються у ґрунт, що характеризується процесами інтенсивного вологонакопичення, капілярного підйому ґрунтових вод, випаровування вологи. Геотекстиль як пористий водопроникний матеріал пропускає воду, затримуючи частки ґрунту на поверхні.

Внаслідок використання геотекстильних матеріалів спостерігаються зміни у поверхневому ґрунтовому шарі (переорієнтація частинок), змінюється пористість внаслідок колювання пор полотнами частинками малого діаметру, а також формуванням прифільтрової зони з частинок більшого діаметру [261].

Вибір конкретного виду геосинтетичного матеріалу здійснюють на основі результатів досліджень, що проводяться підприємствами-виробниками, випробувальними лабораторіями, науково-дослідними центрами, науковцями тощо. Натурні випробування або повномасштабний експеримент використовується для отримання значень показників в умовах реальної експлуатації, що дає можливість уникнути необхідності розрахунку перевідних коефіцієнтів; проектування спеціальних стендів, дослідних установок; заміни матеріалів конструкцій на більш доступні і дешевші з нижчими значеннями показників [262].

Разом з цим, недоліками методу натурних випробувань є висока вартість досліджуваних матеріалів, власне будівництва об'єктів, ризику, що пов'язані з ефективністю роботи геотекстилю, тривалий терміном експлуатації. Застосуванню натурних випробувань передують:

- оцінювання стану навколишнього середовища, ландшафтних особливостей;
- визначення рівня залягання ґрунтових вод;
- вибір місць закладання геотекстильних матеріалів залежно від функції (розділення, армування, фільтрування, захист), що вони повинні виконувати;
- урахування факторів, що впливатимуть на ділянки з геотекстилем (мінералогічний склад шарів, величина тиску, температура тощо);
- дослідження геотекстильних нетканих матеріалів у лабораторних умовах.

---

<sup>261</sup> Кириченко О.В. Гідравлічні властивості геотекстильних нетканих матеріалів / О.В. Кириченко, Ю.І. Ковальчук, Л.В. Пелик // Актуальні проблеми теорії і практики експертизи товарів : матеріали III міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції (м. Полтава, 16-18 березня 2016 р.). – Полтава, ПУЕТ, 2016. – С. 89–91.

<sup>262</sup> Пелик Л.В. Методи дослідження геотекстильних нетканих матеріалів / Л.В. Пелик, О.В. Кириченко // Інновації в управлінні асортиментом, якістю та безпекою товарів і послуг : матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції (м. Львів, 7 грудня 2017 р.). – Львів, ЛТЕУ, 2017. – С. 52–54.

Найменш витратним способом оцінювання результатів роботи геотекстильних матеріалів є порівняння зовнішнього стану об'єкту будівництва у місцях із закладанням геотекстилю та без нього. Насипи та схили характеризуються різними типами руйнування: просідання основи (фундаменту) насипу, кругове обвалення ґрунтової маси (часткове чи повне) та розщеплення верхівки рельєфного елементу техногенного ландшафту. Тому часто для контролю виконання заданої функції геотекстильних матеріалів відмічають наявність і розмір дефектів (місць руйнування схилів) [263].

Після руйнування конструкції та виймання досліджуваних матеріалів подальші дослідження проводять у лабораторних умовах та застосовують кількісні методи прогнозування шляхом моделювання за допомогою програмного забезпечення. Так, різні варіанти поведінки матеріалів, їх складну структуру та характер зовнішніх впливів отримують внаслідок використання методу кінцевих елементів (Finite element method) [264].

Під час проведення натурних випробувань у об'єктах будівництва поряд з геотекстильними матеріалами також розміщують передавальні пристрої, датчики, що фіксують значення тиску температури на обраних ділянках. Отримані дані обробляються за допомогою програмного забезпечення, за результатами моделювання роблять висновок про можливість вкладання досліджуваних матеріалів у конструкції та ефективність виконання ними заданих функцій.

Для захисту від ерозії серед, геосинтетиків активно застосовують геомати, георешітки, геосітки, габіони, геотекстильні неткані матеріали із вкладанням натуральних волокон [265].

Геомати є надійним матеріалом на схилах з нахилом від 45° до 70°, однак непридатним для відновлення неродючих ґрунтів. Протиерозійний геомат Trinter складається з системи трьох георешіток, що добре закріплюються на поверхні, виконують функцію армування та утримують ґрунтові частинки, запобігаючи водній та вітровій ерозії.

Георешітки використовуються для укріплення схилів з кутом нахилу до 60°, у середньому експлуатується протягом 50 років, стабілізує ґрунтовий покрив [266]. Полотно виробляється із поліетилену високої щільності (HDPE).

Поряд із геотекстильними матеріалами, що виробляються із синтетичних волокон, також використовують полотна, які отримують із натуральних волокон або їх поєднання із хімічними. Найчастіше такий геотекстиль застосовують для запобігання утворення ярів, зміцнення укосів, берегів, каналів тощо. Поширеною натуральною сировиною є волокна джуту, лляні, кокосові, бавовняні, конопляні, пальмові,

---

<sup>263</sup> Annand S. Designer natural fiber geotextiles – a new concept / S. Annand // Indian Journal of Fibre and Textile Reseach. – 2008, №33. – С. 339–344.

<sup>264</sup> Milad Saghebfar. Performance of geotextile-reinforced bases for paved roads. Manhattan, Kansas, 2014, 116 p.

<sup>265</sup> ГЕОМАТ s.r.o. [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.geomat.eu>.

<sup>266</sup> Укріплення схилів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://kiev-bereg.com>.



бамбукові, сизаль, а також солома.

Для укріплення схилів з метою уникнення зсувів використовуються геотекстильні матеріали із джуту [267]. Джут є перспективним волокном для виробництва геотекстилю, оскільки є дешевим, у порівнянні з іншими переліченими натуральними волокнами. Перевагами волокна є проста і швидка технологія отримання із рослин роду *Corchorus*, екологічність виробництва, антистатичні властивості, можливість повторної переробки [268]. Однак джутове волокно розчиняється під дією концентрованих мінеральних кислот, вплив неконцентрованих кислот ініціює процес гниття. Матеріали із джуту добре поглинають вологу, не жорсткі, гарно драпіруються, тобто можуть укладатися на нерівні поверхні без додаткової підготовки та оброблення. Волокна джуту піддаються біодеградації і розкладаються у ґрунті протягом 1–2 років, однак застосовуючи різноманітні методи оброблення можна збільшити період ефективного використання геотекстильних матеріалів із джуту від 5 до 20 років [269].

Для армування геотекстильних матеріалів також застосовують лляні волокна. В Україні урожайність соломи льону олійного становить близько 2 т з 1 га і під час використання передових технологій отримують до 11 % волокна, що може вкладатися у геотекстиль [270]. У Канаді прибуток від застосування льону у виробництві геотекстильних матеріалів становить до 2 тис. дол. США на 1 т волокна. Крім Канади, лідерські позиції у даному сегменті технічного текстилю займає Німеччина [270, 271].

Із кокосових волокон отримують геосітки або матраци, що використовуються для озеленення насипів, однак тривалість експлуатації становить близько 5 років. Поширеним варіантом є укріплення матраців сіткою із поліпропіленових волокон, таке рішення забезпечує швидкий захист ґрунтів, відновлює рослинність на облаштованих ділянках, наявність натуральних складових допомагає регулювати мікроклімат верхніх шарів покриву, продукти біорозкладання (протягом 3–5 років) кокосових волокон стають поживним середовищем.

Для геотекстильних матеріалів, що отримують із натуральних волокон та композицій синтетичних і натуральних волокон у різних співвідношеннях, а також із додаванням насіння багаторічних трав, також застосовують префікс біо- у назві матеріалів. Так, нетканий матеріал із насінням рослин у волокнистому настилі називають

---

<sup>267</sup> Haghı A K: *Experimental Analysis of Geotextiles & Geofibres Composites*, WSEAS Book Press Publishers, 2007, 15 p.

<sup>268</sup> Вироби з джуту [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://len.net.ua/virobi-z-dzhutu>.

<sup>269</sup> Khan A.J. Laboratory Assessment of Soil-Jute Geotextile Interaction Behavior / A.J. Khan, M.S. Islam, S.S. Islam // *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*. – 2014, vol. 19. – pp. 3949–3962.

<sup>270</sup> Тулученко Н. В. Проблеми використання льону олійного в технічному текстилі / Н. В. Тулученко // *Вестник ХНТУ*. – 2015. – № 2(53). – С. 94–99.

<sup>271</sup> Технология получения геотекстиля из природных материалов [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://kntu.pp.ua/ru/tehnologiya-polucheniya-geotekstilya-iz-prirodnux-materialov/>.

біогеотекстильним матеріалом.

Під торговою маркою В-nTerra виробляються біогеотекстильні матеріали, до складу яких входять кокосові волокна та солома. Із настилу 100% кокосового волокна отримують полотно В-nTerra К, що з обох сторін обмежується сіткою з джутової або пропіленою нитки. У матеріалі В-nTerra SK використовується поєднання 50 % соломи і 50 % кокосових волокон. Матеріал В-nTerra S на 100 % складається із соломи. Перераховані матеріали, крім волокнистого складу, відрізняються особливостями застосування (довжиною схилу, на який укладаються, – максимально до 40 м) [272].

Поєднання 20–30 % синтетичних волокон і 70–80 % волокон джуту і льону дає можливість отримувати біогеотекстиль з поверхневою щільністю 250–300 г/м<sup>2</sup> і товщиною 2–3 мм.

З насінням багаторічних трав реалізуються матеріали «Пинема-агро». «Пинема-агро-С» і «Пинема-агро-СУ» представляють полотна, що у складі містять лише синтетичні волокна у поєднанні і насінням, а для «Пинема-агро-СЛ» і «Пинема-агро-СЛУ» характерним є вкладання суміші як синтетичних, так і натуральних волокон рослинного походження (джуту, кокосових, лляних) [ 273 ]. Менш поширеним варіантом геотекстильних матеріалів, що виробляються із сумішей волокон, є полотна із 20–30 % поліестерових та 70–80 % віскозних волокон і шару з насіння рослин.

Рослинні волокна характеризуються різним періодом розкладання, що визначає терміни експлуатації геотекстилю. Внаслідок розкладання формується шар, що містить поживні речовини, підвищується родючість ґрунту, його стабільність [274]. Так, для соломи фіксують період 1–2 роки, тому такі геотекстильні матеріали використовують для утворення родючого шару. Матеріали з кокосових волокон за рахунок тривалішого розкладання застосовуються в основному для армування.

Вкладення у геотекстильні полотна насіння багаторічних трав дозволяє відновлювати території після їх інтенсивної експлуатації без застосування родючих ґрунтів. Біогеотекстильні матеріали ефективні для нерівних поверхонь, оскільки є більш гнучкими та повторюють усі рельєфні особливості. Крім сільськогосподарських угідь, дані матеріали також застосовуються для поліпшення об'єктів у міській зоні (газони в парках, майданчики для гольфу, прибудинкові території тощо) [275].

Виходячи з вищевикладеного, можна зробити висновок, що вкладення натуральних волокон та насіння багаторічних трав у

---

<sup>272</sup> Біогеотекстиль – в помощь строителям [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://edinros.spb.ru/articles/3165>.

<sup>273</sup> Предприятие «ПинеМа» (Пинские Нетканые Материалы) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://geo-way.ru/geotekstil-pinema/>.

<sup>274</sup> Selection of Fiber for Geotextiles [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://textilelearner.blogspot.com/2012/12/selection-of-fiber-for-geotextiles.html>.

<sup>275</sup> Кириченко О.В. Ассортимент геотекстилю із вкладенням натуральних сировинних компонентів / О.В. Кириченко // Інновації в управлінні асортиментом, якістю та безпекою товарів і послуг: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції (м. Львів, 24 листопада 2016 р.). – Львів, ЛТЕУ, 2016. – С. 157–159.

геотекстильні матеріали частково вирішує проблеми ерозії (водної, вітрової) ґрунтових покривів, утворення родючого шару ґрунту, озеленення територій. Біогеотекстильні матеріали сприяють швидкому росту рослин, утворенню щільного шару з корневих систем у досить короткий термін. Полотна із натуральних рослинних волокон утримують тепло і вологу, підтримуючи мікроклімат ґрунту.

### **3.6. Сучасні композитні матеріали на основі вуглецевих волокон: види, властивості, застосування**

*Кобищан Г.Д., Басова Ю.О.*

*Вищий навчальний заклад Укоопспілки*

*«Полтавський університет економіки і торгівлі»*

Композитний матеріал (композит) – штучно створений неоднорідний матеріал, що складається із двох компонентів із чіткою межею поділу між ними, які не взаємодіють між собою аж до температури плавлення фаз [276].

Збільшення обсягів виробництва і розширення областей застосування композитних матеріалів, армованих волокнами, є загальносвітовою тенденцією. Композитні матеріали, замінюючи традиційні метали, все більш широко застосовуються в різних галузях промисловості, – в авіації, автомобілебудуванні, вітроенергетиці, суднобудуванні, індустрії спортивних товарів і широкого спектру товарів народного споживання.

До основних переваг композитних матеріалів відносяться властивості, завдяки яким вони мають більш високу міцність і стійкість до деформацій, розривів, стискання, зрізів і скручування. Окрім цього, вони є легшими за масою, зручними для транспортування і монтажу. Композити стійкі до хімічного впливу агресивного середовища, атмосферних опадів, здатні ефективно використовуватися в різних температурних режимах за несприятливих умов. Водночас вони цілком безпечні для навколишнього середовища і відповідають сучасним екологічним вимогам, що стимулює збільшення обсягів їх виробництва [277, 278].

Широке використання композитів на основі різних волокон дозволяє не тільки отримати унікальні за своїми властивостями матеріали, але і знизити викиди в атмосферу діоксиду вуглецю й економити паливо [279].

---

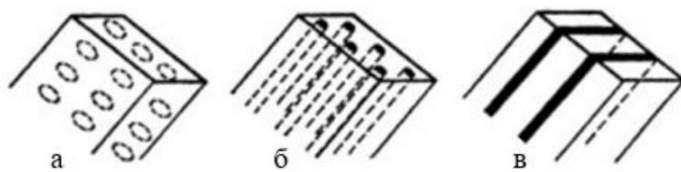
<sup>276</sup> Бовсуновський А.П. Матеріалознавство : конспект лекцій з напрямку Хімічна технологія для студ. ден. форми навч. / А.П. Бовсуновський. – К. : НУХТ, 2012. – 54 с.

<sup>277</sup> Композитные материалы. их отличии от других, традиционных изделий [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://ezkm.ru/kompozitnyie-materialyi-i-technologii>.

<sup>278</sup> Тялина Л.Н. Новые композиционные материалы : учебное пособие / Л.Н. Тялина, А.М. Минаев, В.А. Пручкин. – Тамбов : ГОУ ВПО ТГТУ, 2011. – 80 с.

<sup>279</sup> Ким С. Сырье – композиты-волокно / С. Ким // Октябрь 2014. – The Chemical Journal [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://tcj.ru/wp-content/uploads/2014/11/2014\\_10\\_63-73\\_PLAST-Syre.pdf](http://tcj.ru/wp-content/uploads/2014/11/2014_10_63-73_PLAST-Syre.pdf).

За структурою композит є поєднанням двох складових: сполучної речовини (матриці) і армуючого матеріалу (рис. 1).



**Рис. 1. Структура композитних матеріалів**

Примітки: а – наповнених, б – волокнистих; в – шаруватих

Джерело: дані [276]

Армуючі елементи зазвичай зумовлюють необхідні механічні властивості матеріалу (міцність, жорсткість і т. д.), а матриця забезпечує спільну роботу армуючих елементів і захист їх від механічних ушкоджень та агресивного хімічного середовища. У композиті можливо поєднувати різні властивості: високу питому міцність і жорсткість, жароміцність, зносостійкість, необхідні термічні властивості та ін. Механічні властивості композитів визначаються трьома основними параметрами: міцністю армуючого волокна, жорсткістю матриці та міцності зв'язку на межі матриця-волокно [276, 277].

За видом армуючих матеріалів композити поділяють на:

- наповнені (рис. 1, а);
- волокнисті (рис. 1, б);
- шаруваті (рис. 1, в).

У *наповнені* композити штучно вводять дрібні рівномірно розподілені тугоплавкі частки карбідів, оксидів, нітридів та ін. Наповнені пластики відрізняються високою термостійкістю і опором плинності.

Арматурою у *волокнистих* композитах є волокна, нитки, стрічки, сітки, текстиль. Міцність і жорсткість таких матеріалів визначаються властивостями армуючих волокон, що сприймають навантаження.

*Шаруваті* пластики мають вигляд шарів листового наповнювача у матриці. Шари наповнювача в таких композитах можуть мати різну орієнтацію. Можливе почергове використання шарів наповнювача із матеріалів з різними механічними властивостями. Для шаруватих композицій зазвичай використовують неметалічні матеріали [276].

Як сполучні речовини для волокнистих композитів використовують скловолокно, базальтове, вуглецеве та арамідне волокна. Вуглецеві волокна мають ряд унікальних властивостей (міцність, довговічність, температурний діапазон застосування), що виділяє їх серед інших армуючих волокон. При цьому вуглецеві волокна є і найдорожчими (табл. 1).

Вуглецеві волокна переважають всі відомі волокнисті наповнювачі композитів за значеннями міцності та модуля пружності. Як видно з табл. 1, міцність на розтягування вуглеволокна у два рази, а модуль пружності майже у 10 разів вищі за аналогічні показники інших волокон.

При цьому питома вага вуглеволокон не перевищує 2 г/см<sup>3</sup>, що дозволяє отримувати конструкції удвічі легші за алюмінієві та уп'ятеро легші за сталеві [280].

### 1. Порівняльна характеристика армуючих волокон

Показник	Базальтове волокно	Скло-волокно	Арамідне волокно	Вуглецеве волокно
Міцність на розтягування, ГПа	2,5-3,0	3,1-4,3	2,9-3,4	3,5-7,0
Модуль пружності, ГПа	84-87	87-90	70-140	230-900
Відносне подовження при розриванні, %	3,1	5,3	2,8-3,6	1,5-2,0
Діаметр волокна, мкм	6-21	6-21	6-15	5-15
Текс	60-4200	400-4200	600-1800	600-2400
Температура застосування, °С	-260 – +600	-50 – +300	-50 – +290	-50 – +700
Вартість, \$/кг	2,5–3,0	2,5–3,5	25	15–500

Джерело: дані [281]

Вуглецеве волокно (міжнародна назва Carbon Fiber) [282, 283] – наноструктурований органічний матеріал, що складається з найтонших ниток діаметром 6–8 мікрон, утворених переважно атомами вуглецю, із вмістом вуглецю у волокнах 92–99,9 % [276]. У структурі волокна атоми вуглецю об'єднані в мікроскопічні кристали, вирівняні паралельно один одному (рис. 2).

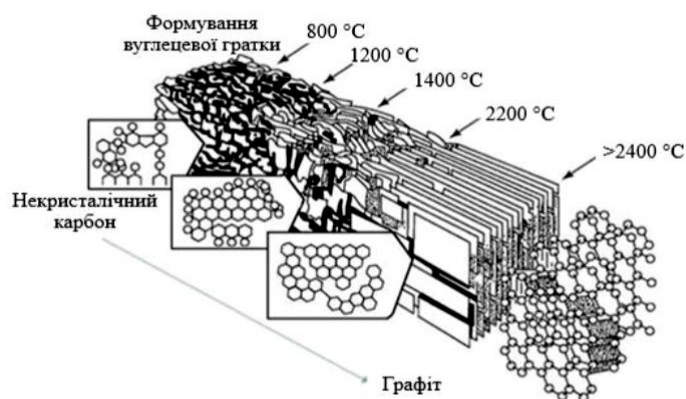


Рис. 2. Структура вуглецевого волокна

Джерело: дані [284]

Цей матеріал був вперше виготовлений і запатентований Томасом Едісоном в кінці 19 століття, є надміцним елементом, який можна

<sup>280</sup> Состояние и перспективы производства и потребления углеродных волокон из нефтяных пеков [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://docplayer.ru/32877295-Sostoyanie-i-perspektivy-proizvodstva-i-potrebleniya-uglerodnyh-volokon-iz-neftyanyh-pekov-a-t.html>.

<sup>281</sup> Обзор рынка углеволокна в мире и СНГ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.infomine.ru/files/catalog/536/file\\_536\\_eng.pdf](http://www.infomine.ru/files/catalog/536/file_536_eng.pdf).

<sup>282</sup> Дорожная карта «Использование нанотехнологий в производстве углеродных волокон и продуктов на их основе» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.rusnano.com/upload/OldNews/Files/33652/current.pdf>.

<sup>283</sup> Що таке карбон або вуглепластик, загальна інформація [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://akumulatory.com/shho-take-karbon-abo-vugleplastik-zagalna-informatsiya/>

<sup>284</sup> Композиты ч. 2 (Углеволокно) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.drive2.ru/b/1072027/>

отримати за допомогою методу обробки органічного волокна високими температурами [279].

Вуглецеві волокна отримують шляхом високотемпературних перетворювань без доступу повітря (процес гідролізу) з полімерних волокон (прекурсорів), що дають найбільший вихід вуглеводневого залишку при гідролізі. Їх структурно-хімічні особливості визначають повною мірою застосовувану технологію. Температурна обробка складається з декількох етапів. Перший з них представляє собою окислення вихідного (поліакрилонітрильного, вискозного) волокна у повітрі при температурі 250 °С протягом 24 годин. В результаті окислення утворюються сходинкові структури. Наступним етапом є карбонізація – нагрівання волокна у середовищі азоту або аргону за температури від 800 до 1500 °С. У результаті карбонізації відбувається утворення графітоподібних структур. Процес термічної обробки закінчується графітизацією при поступовому нагріванні від 1600 до 3000 °С, яка також проходить в інертному середовищі в електричній дузі. В результаті графітизації кількість чистого вуглецю у вуглецевому волокні доводиться до 99 % із уже встановленою кристалічною ґраткою [277, 285].

Як прекурсори для отримання вуглеволокна застосовують поліакрилонітрил (ПАН), віскозні нитки, гідратцелюлозу, звичайні або рідкокристалічні пеки та ін. [286].

## 2. Порівняльна характеристика показників механічних властивостей армуючих матеріалів

Волокно (дріт)	Густина, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Температура плавлення, $T_{пл}$ , °С	Міцність, $\sigma_B$ , МПа	Питома міцність $\sigma_B/\rho$ , МПа/кг*м <sup>-3</sup>
Алюміній	2 687	660	620	2 300
Азбест	2 493	1 521	1 380	5 500
Берилій	1 856	1 284	1 310	7 100
Карбід берилію	2 438	2 093	1 030	4 200
Вуглець	1 413	3 700	2 760	157
Скло Е	2 548	1 316	3 450	136
Скло S	2 493	1 650	4 820	194
Графіт	1 496	3 650	2 760	184
Молібден	0 166	2 610	1 380	14
Поліамід	1 136	249	827	73
Поліефір	1 385	248	689	49
Сталь	7 811	1 621	4 130	53
Титан	4 709	1 668	1 930	41
Вольфрам	19 252	3 410	4 270	22

Джерело: дані [287]

<sup>285</sup> Попов А.Ю. Классификация, состав, достоинства и недостатки многокомпонентных композитных материалов [Електронний ресурс] / А.Ю. Попов, К.К. Госина, И.В. Петров та ін. – Режим доступу : <https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-sostav-dostoinstva-i-nedostatki-mnogokomponentnyh-kompozitnyh-materialov>.

<sup>286</sup> Армирующие волокна: виды углеродных волокон и углеродных волокнистых материалов [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://plastinfo.ru/information/articles/261/>

<sup>287</sup> Углепластик – виды полотна [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://engitime.ru/statyi1/raznoe/ugleplastik-vidy-polotna.html>.

Основними механічними показниками вуглецевих волокон є межа міцності на розтягування стінки та межа міцності на одиницю об'єму, а також модуль еластичності, що визначає еластичність та здатність працювати на згині. Показники механічних властивостей суттєво залежать від орієнтації волокон, тобто вони є анізотропними. Композити на основі вуглецевих волокон мають наступні показники у порівнянні з іншими матеріалами (табл. 2).

Слід зазначити, що залежно від вихідної сировини (прекурсор) властивості отриманих вуглецевих волокон значно різняться (табл. 3).

### 3. Порівняльна характеристика властивостей вуглецевих волокон на основі різних прекурсорів

Прекурсор	Модуль пружності, ГПа	Міцність, ГПа	Густина, г/м <sup>3</sup>	Діаметр, мкм
ПАН волокно	210-600	2,4-7,0	1,75-1,9	4-8
Пекове волокно	140-960	1,0-3,8	1,9-2,2	7-11
Віскозна нитка	20-60	0,35-0,7	1,4-1,5	6-10

Джерело: дані [280]

В даний час у світовій практиці найбільш широко в якості сировини для отримання вуглецевих волокон використовуються поліакрилонітрильні (ПАН) волокна або джгути, в значно менших обсягах виробляється вуглеволокно на основі мезофазних пеків і гідратцелюлози (віскози).

Завдяки унікальним властивостям вуглецевого волокна, композитні матеріали на його основі переважають всі відомі волокнисті композити за значеннями міцності, модулем пружності, опором втоми, хімічною, радіаційною і корозійною стійкістю. Пружно-міцнісні показники композитів на основі вуглецевого волокна значно перевищують аналогічні для алюмінію та сталі (табл. 3).

### 3. Порівняльна характеристика конструкційних матеріалів

Конструкційний матеріал	Міцність, МПа	Модуль пружності, ГПа	Густина, г/см <sup>3</sup>
Композит на основі вуглеволокна	1900-3700	120-300	1,5
Композит на основі скловолокна	870	40	2,2
Алюмінієвий сплав	450	73	2,7
Титан	950	110	4,5
Сталь	200-980	205	7,8

Джерело: дані [280]

Вуглецеве волокно на основі гідратцелюлози за своїми властивостями і галузями застосування дуже близьке до графітових волокон. Якщо волокно на основі ПАН застосовується як конструкційний композит, де важлива висока міцність, то віскозне вуглеволокно доповнює і замінює графіт у високотемпературних процесах. Вуглецеві волокна на основі гідратцелюлози використовуються для виготовлення термопар, конденсаторів, екранів,

поглинаючих електромагнітне випромінювання, виробів для електро- і радіотехніки. Окрім того, тільки цей вид вуглецевого волокна має біологічну сумісність. Це дозволяє застосовувати його для очищення крові та виготовлення спеціальних ранозаживляючих матеріалів.

Особливістю волокна із мезофазних пеків є гранично висока орієнтація графітових кристалів у напрямку довжини волокна, що наближає пекові волокно за властивостями до графіту і надає йому надзвичайно високий модуль пружності (теоретично досяжна величина в 1000 ГПа). Також волокна на основі пеків мають високу теплопровідність (до 900 Вт/ м\*К) і достатні трибологічні і абляційні властивості. На цих властивостях і ґрунтується більшість областей застосування пекових волокон [280].

Таким чином, найбільш прогресивними конструкційними матеріали ХХІ століття слід назвати вуглецеві волокнисті матеріали (ВВМ) та композитні матеріали на їх основі (карбоволокніти, вуглекомполіти). Володіння сучасними технологіями серійного виробництва цих матеріалів і ступінь їх застосування в промисловості є критерієм розвиненості науково-промислового потенціалу будь-якої держави [280].

Згідно із [281] розрізняють чотири основних види вуглеволоконних композитів, що мають необхідні показники для широкого практичного застосування у довгостроковій перспективі:

- композити з полімерною матрицею (вуглепластики);
- вуглець-вуглецеві композити;
- композити з металевою матрицею;
- композити з керамічною матрицею.

Основними речовинами, які використовуються як матриця для вуглецевих композитних матеріалів, є епоксидна, поліамідна, поліефірна, фенол-формальдегідна, вуглецева та ціанат-ефірна смоли.

Найчастіше застосовують епоксидну смолу. Вона характеризується тривимірною структурою, стійкістю до впливу лужних, кислотних і галогенних розчинів. Застосовується з метою склеювання різних типів армуючих елементів, для герметизації плат електронних приладів, в будівництві та побуті.

Не менш відомою і популярною є матриця із поліаміду. Поліаміди відносять до класу термостійких матеріалів, які мають складну структуру із великою кількістю хімічних зв'язків. Завдяки теплостійкості, цей матеріал використовується як сполучна в системах теплозахисту космічних апаратів, в ракетобудуванні, для виготовлення виробів, які використовуються в умовах високих температур. Серед недоліків поліамідів слід зазначити токсичність, високий рівень в'язкості за звичайних температур, високу вартість.

Матриця на основі поліефірних смол утворюється в ході поліконденсації багатоатомних спиртів, ангідридів та рослинних масел. При цьому високий вміст стиролу зумовлює можливу пористість структури та токсичність композитного матеріалу на її основі. Однак,



така матриця дешевша за епоксидну і має меншу в'язкість, тому легше формується у виробі.

Матриці на основі фенолформальдегіду характеризуються високим рівнем робочої температури. Цей матеріал є доступним, дешевим, має високу плинність, що дозволяє отримувати виробі складної конфігурації.

Вуглецева матриця забезпечує композиту дуже високі фізичні, механічні, електротехнічні властивості та високу хімічну інертність. Застосовується в процесі виготовлення соплових блоків моторів, термостійкої плитки, в елементах електротехніки.

Ціанат-ефірна матриця характеризується високою радіаційною стійкістю, змінюваними механічними властивостями, які залежать від часу обробки, а також низьким вологопоглинанням і низькою діелектричною константою. Окрім того, сполучні із ціанат-ефіру є дуже стійкими до змін температур, які в інших матеріалах можуть викликати мікротріщини з подальшим розпадом речовини. Завдяки таким властивостям, ціанат-ефір широко використовують в композитних матеріалах для космічної промисловості, виготовлення рефлекторів, антен, відбивачів, а також розміростабільних просторових структур.

Найбільшого поширення сьогодні набули саме композитні матеріали на основі вуглецевого волокна із полімерною матрицею – вуглепластики. Армуючий наповнювач може мати вигляд нитки, джгутів, стрічок, тканини, трикотажних або нетканих полотен, рубаних волокон.

Вуглетканини виготовляють із ниток вуглецевого волокна діаметром 0,005–0,010 мм [288] різними ткацькими переплетеннями (полотняне, ламана саржа, рогожка та ін.). Вид переплетення зумовлює не лише зовнішній вигляд матеріалу, але і його міцність та технологічні властивості (табл. 4).

Основними параметрами вуглетканини є:

- вид (тип) волокна по основі і по утку;
- лінійна густина (кількістю ниток, що містяться в 10 мм вуглетканини по основі і по утку);
- кількість філаментів в 1 нитці тканини (кількість елементарних ниток в 1 текстильній нитці);
- вид переплетення тканини;
- поверхнева густина (маса 1 м<sup>2</sup> тканини), яка варіюється від 90 г/м<sup>2</sup> до 640 г/м<sup>2</sup>;
- товщина тканини (0,1–0,65 мм);
- ширина тканини (10–1500 мм) [285, 287].

Найбільш популярні види вуглетканини наведено в табл. 4.

Вуглепластики виготовляють такими методами, як пресування, контактне формування та намотування [289].

---

<sup>288</sup> Углеткани и их производители [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://mastermodel.ru/articles/ugletkani-i-ih-proizvoditeli>.

<sup>289</sup> Суберляк О.В. Технологія переробки полімерних та композиційних матеріалів / О.В. Суберляк, П.І. Баштанник. – К., 2006. – 270 с.

#### 4. Види тканини із вуглепластика

Вид полотна	Вид переплетення	Схема переплетення	Характеристика полотна
Plane Weave, P	Полотняне, рогожка		Найбільш щільне та міцне
Twill, T	Ламана саржа		Універсальне
Satin WEAVE, R	Сатинове		Найбільш пластичне та найменш щільне
Leno, Basket Weave	Репсове		Найменш розповсюжене

Джерело: авторська розробка

*Пресування.* Вуглетканина вистилається у формі, попередньо змащеній антиадгезивом (наприклад, мило, віск, віск в бензині, кремнійорганічні мастила), просочується смолою, надлишки смоли видаляються у вакуумі (вакуум-формування) або під тиском. Смола полімеризується, іноді при нагріванні. Після полімеризації смоли виріб готовий.

*Контактне формування.* Вихідна металева деталь змащується розділовим шаром, на нього напилюється монтажна піна (гіпс, алебастр), яка після затвердіння знімається і отримується матриця. Її знову змащують розділовим шаром і викладають тканину. Тканина може бути попередньо просоченою, а може просочуватися пензлем або поливом безпосередньо у матриці. Далі тканина ущільнюється та звільняється від бульбашок повітря валиками. Після гарячої (із затверджувачем, у печі) або холодної (при кімнатній температурі, 20 °С) полімеризації отримана деталь знімається, шліфується і фарбується.

*Намотування.* Труби та інші циліндричні вироби виробляють намотуванням ниток, стрічок або тканин на заготовку із подальшим їх просочуванням епоксидною або поліефірною смолою.

На основі вищевикладеного слід відзначити, що механічні властивості карбонових композитів формуються наступними чинниками:

- вид карбонового волокна та смоли (матриці);
- вид переплетення та орієнтація волокон;
- співвідношення об'ємів волокна та смоли в композиції;
- густина, однорідність, пористість матеріалу та ін.

Таким чином, унікальні властивості композитів на основі вуглеволокон визначають даний матеріал як стратегічний. Аналіз ринку показує, що останні два десятиріччя світове виробництво вуглеволоконна зосереджене головним чином на десяти великих компаніях: японських Toray, Toho Tenax і Mitsubishi Rayon; американських Cytec, Hexcel, Zoltek і Amoco, німецької SGL; південнокорейської Taekwang Industrial Co., Ltd. і тайванської Formosa Plastics (табл. 5) [290, 291, 292].

#### 5. Світові виробники вуглеволоконна та композитів на його основі

Назва, країна	Продукція
Toray Carbon Magic Co., Ltd., Японія	композитний матеріал CFRP
Formax, Великобританія	саржа з біаксіального/тріаксіального/ квадраксіального (2/3/4 вісі) вуглецевого волокна
Porcher Industries, Франція	Збалансовані вуглетканини, гібридні тканини на основі вуглецевих та арамідних (кевларових) волокон, гібридні матеріали із вуглецевих волокон та фібергласу
Seal SpA, Італія	композитні матеріали (вуглетканини, арамідні волокна, фіберглас)
SGL Group Німеччина	вуглецеві і графітові повсть і вуглетканина для теплоізоляції; армований вуглецевим волокном композит і графіт; вуглецеві нитки
Nippon Graphite Fiber Corporation, Японія	вуглецеве волокно "Granos" на основі мезофазних пеків
Saertex, Німеччина	прошивні (NCF, Non Crimp Fabrics) багатовісні вуглецеві тканини під брендами SAERTEX и SAERTOW
Ballard Power Systems, Канада	вуглетканини під маркою AvCarb
Hexcel Corporation, США	вуглецеві волокна, препреги, комірчасті матеріали
Mapei, Італія	вуглетканина марки MapeWrap C UNI-AX HM
Taiwan Electric Insulator, Тайвань	вуглецеві волокна і вуглетканини (односпрямовані і багатовісні прошивні (NCF))
A & P Technology, США	саржа із вуглецевого волокна (2/3/4 вісі) лінійки Vimax, Zero і QISO
FTS SpA, Італія	гібридні тканини на основі вуглецевих та арамідних (кевларових) волокон, односпрямовані вуглетканини
Erotech Composite Corporation	матриці з епоксидних смол, збалансовані вуглетканини
Zyvex Technologies, США	препреги, епоксидні смоли та адгезиви
Isovolta AG, Австралія	препреги на основі фенольних, ціанатно-ефірних та епоксидних матриць

Джерело: авторська розробка

<sup>290</sup> Кобищан Г.Д. Огляд основних виробників композитних матеріалів на основі вуглеволоконна / Г.Д. Кобищан // Сучасне матеріалознавство та товарознавство: теорія, практика, освіта : матеріали V Міжнар. Наук.-практ. інт.-конф. (м. Полтава, 14–15 бер. 2018 р.). – Полтава : ПУЕТ, 2018. – С. 71–75.

<sup>291</sup> Дегтярев О.В. Про забезпечення ракетно-космічної галузі сучасними конструкційними та спеціальними матеріалами / О.В. Дегтярев // Космічна наука і технологія, 2013. – Т. 19. – № 6. – С. 3–11.

<sup>292</sup> Глобальный рынок углепластиков достигнет \$35,75 млрд к 2020 году [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://mplast.by/novosti/2016-01-20-globalniyu-ryinok-ugleplastikov-dostignet-35-75-mlrd-k-2020-godu/>

Слід зазначити, що на пострадянському просторі до 2007 р. вуглецеві волокна виготовляли на двох підприємствах: «Аргон» (м Балаково, Росія, виробництво на основі ПАН волокон) і РУП «Світлогірське ВО Хімволокно» (м. Світлогорськ, Білорусь, виробництво на основі віскозних волокон). Обидва підприємства мали власні потужності з виробництва прекурсорів. Ті виробництва, що існували за часів СРСР на території України (м. Бровари, Казенний завод порошкової металургії; м. Дніпропетровськ, державний завод «Вуглекомполит») в даний час втрачено. Вітчизняного виробництва вуглецевих волокон в Україні немає [293]. За рекомендацією [291], на сьогодні реальною видається пропозиція щодо організації такого виробництва на площах заводів хімічного комплексу і машинобудівної галузі. Виробництво ПАН волокон як прекурсорів вуглецевого волокна рекомендується створити на базі ПАТ «Чернігівське хімволокно». Розглядається також питання щодо створення виробництва вуглецевих волокон, препрегів та вуглецевих композитних матеріалів на потужностях Державного підприємства «Конструкторське бюро «Південне». Продукція цих підприємств задовольнить потреби стратегічних галузей промисловості України незалежно від зарубіжних країн-постачальників вуглеволокон, а також дозволить здійснювати експортні поставки вуглецевих волокон.

### **3.7. Період зберігання зерна – як чинник підвищення його екологічної безпеки**

*Мазур В.А., Ткачук О.П., Яковець Л.А.  
Вінницький національний аграрний університет*

Розвитку виробництва зерна, як складової зернопродуктового підкомплексу України, приділяється першочергове значення. Це зумовлено низкою причин: по-перше, потужне зернове господарство – це основа розвитку всіх інших галузей сільського господарства; по-друге, зерно як цінний і незамінний продукт харчування є основним продовольчим ресурсом, а також сировиною для переробної промисловості; по-третє, виробництво зерна забезпечує значну частину доходів сільськогосподарських підприємств і є важливим експортним потенціалом для України.

Ведення інтенсивного сільськогосподарського виробництва за сучасних аграрних технологій неможливе без застосування добрив. Практика їх використання розширюється і постійно вдосконалюється. Поряд з мінеральними, розширюються масштаби використання

---

<sup>293</sup> Мухамедзянов А.Т. Состояние и перспективы производства и потребления углеродных волокон из нефтяных пеков [Електронний ресурс]/ А.Т. Мухамедзянов, А.А. Мухамедзянова, Р.Н. Гимаев, Р.Н. Галиахметов. – Режим доступу : [http://bulletin-bsu.com/archive/files/2015/4/16\\_5003\\_Muhamedzianova\\_2v\\_1218-1222.pdf](http://bulletin-bsu.com/archive/files/2015/4/16_5003_Muhamedzianova_2v_1218-1222.pdf).

мікродобрив та стимуляторів росту. Однак, інтенсивна хімізація землеробства має бути науково-обґрунтованою [294].

Вплив добрив на довкілля є багатобічним і за дотримання всіх технологічних рекомендацій має позитивний характер. Проте їх тривале і систематичне застосування у дозах, що значно перевищують винос поживних речовин сільськогосподарськими культурами, може призвести до низки негативних змін властивостей ґрунту, порушення природних циклів і режимів та до накопичення у рослинах важких металів, нітратів, залишків пестицидів [295].

Реакція зернових культур на забруднення ґрунтів важкими металами неоднакова. Найбільш толерантні до них озиме жито, озима пшениця, овес, ячмінь. Найбільш високий адаптивний потенціал має жито, найбільш низький – ячмінь. Екологічно безпечний урожай зернових колосових культур формується при вмісті у ґрунті важких металів на рівні 1–2 кларків або меншому вдвічі від максимально-допустимого рівня (МДР) у ґрунті. Лише на фоні 5–6 кларків спостерігається пригнічення росту рослин, знижується їх продуктивність і якість продукції. Характерно, що найбільша кількість важких металів у цієї групи культур накопичується в кореневій системі та вегетативних органах. Соняшник і кукурудза витримують забруднення ґрунту важкими металами до 4 кларків або 1,0–1,5 максимально-допустимого рівня [296].

Встановлено, що близько 70 % свинцю людина отримує з продуктами харчування. Вміст свинцю залежить від регіону і складає в середньому 0,01–1 мг/кг продукту. Кадмій, акумулюючись у рослинах, легко потрапляє у харчові продукти, а через них в організм людини. Миш'як присутній у більшості харчових продуктів, оскільки широко розповсюджений в оточуючому середовищі.

Важкі метали, потрапляючи у живі організми, накопичуються у певних тканинах, внаслідок чого виникає ціла низка порушень на клітинному рівні. Зокрема, вступаючи у взаємодію з тіоловими групами різних макромолекул організму, відбувається їх блокування, що в подальшому призводить до втрати протеїнами багатьох реакцій та порушення обміну речовин. У крові важкі метали з'єднуються з альбумінами, що сприяє підвищенню їх доступності клітинам організму.

Ведення інтенсивного сільського господарства за сучасних аграрних технологій неможливе без застосування мінеральних добрив.

Основними видами мінеральних добрив, що використовуються

---

<sup>294</sup> Дегодюк Е.Г. Екологічні основи використання добрив / Е.Г. Дегодюк, В.Т. Мамонтов, В.І. Гамалей. – К. : Урожай, 1988. – 232 с.

<sup>295</sup> Назаренко І.І. Ґрунтознавство / І.І. Назаренко, С.М. Польчина, В.А. Нікорич. – Чернівці : Книги 21 століття, 2004. – 400 с.

<sup>296</sup> Балюк С.А. Рекомендації щодо запобігання забрудненню важкими металами ґрунтів та рослинної продукції в умовах зрошуваного землеробства / С.А. Балюк, В.Я. Ладних, А.І. Фадеев, М.А. Захарова, Л.І. Мошник // Аграрна наука – виробництво. – К., 2000. – С. 5–9.

рослинництві та можуть містити важкі метали, є азотне добриво – аміачна селітра, а також комплексне – нітроамофоска. При вирощуванні зернових та кормових культур найбільше використовують аміачнуселітру, а при вирощуванні технічних культур застосовують поєднання аміачної селітри з нітроамофоскою. Проте, як правило, норма внесеної аміачної селітри вища, ніж нітроамофоски [297, 298, 299].

Інтенсивні технології вирощування зернових передбачають систему агротехнічних заходів, які дають змогу максимально реалізувати генетичний потенціал сортів сільськогосподарських рослин за рахунок застосування сучасних досягнень селекції, землеробства, хімізації та механізації виробничих процесів. Нині спостерігаються істотні відхилення від дотримання основних складових інтенсивних технологій, зокрема, спостерігається тенденція до збільшення обсягів використання пестицидів та мінеральних добрив, що є наслідком обмеженого набору культур у сівозмінах та погіршенням їх чергування [300].

У господарствах Вінницької області, що застосовують заходи інтенсивного землеробства при вирощуванні основних сільськогосподарських культур застосовують такі види і норми мінеральних добрив (табл. 1, 2).

### 1. Норми внесення мінеральних речовин при удобренні основних сільськогосподарських культур у господарствах Вінниччини за інтенсивного землеробства, кг/га діючої речовини

Культура	Обсяг внесення мінеральних речовин		
	N	P	K
Пшениця озима	175	35	35
Ріпак озимий	200	40	40
Ячмінь ярий	90	35	35
Кукурудза	200	45	45
Соняшник	150	45	45

Джерело: власні дослідження

Виявлено, що при вирощуванні кукурудзи та ріпаку озимого застосовують найбільші норми мінеральних добрив, обсяг внесення яких становить, відповідно  $N_{200}P_{45}K_{45}$  та  $N_{200}P_{40}K_{40}$ .

При вирощуванні пшениці озимої та соняшнику застосовують менші обсяги внесення мінеральних речовин, що складають відповідно  $N_{175}P_{35}K_{35}$  та  $N_{150}P_{45}K_{45}$ . Найменший обсяг внесення мінеральних речовин при вирощуванні ячменю ярого –  $N_{90}P_{35}K_{35}$ .

Найбільший обсяг мінеральних добрив вносять під ріпак озимий – 734 кг/га, під кукурудзу – на 11,4 % менше, пшеницю озиму – на 16,7 %

<sup>297</sup> Грабовський М.Б. Удобрення кукурудзи: на часі економія [Електронний ресурс] / М.Б. Грабовський // The Ukrainian Farmer. – 2016. – № 1. – Режим доступу : <http://www.agro-times.net>. – Назва з екрану.

<sup>298</sup> Паламарчук В.Д. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві / В.Д. Паламарчук, І.С. Поліщук, О.М. Венедіктов. – Вінниця : ФОП Данилюк В.Г., 2011. – С. 19–20.

<sup>299</sup> Лихочвор В. Система удобрення кукурудзи [Електронний ресурс] / В. Лихочвор // Агробізнес сьогодні, 2014. – № 8. – Режим доступу : <http://www.agro-business.com.ua>. – Назва з екрану.

<sup>300</sup> Лихочвор В.В. Рослинництво. Технологія вирощування сільськогосподарських культур / В.В. Лихочвор. – К. : ЦНЛ, 2004. – 808 с.

менше, соняшник – на 22,6 % менше, а під ячмінь ярий вносять лише 393 кг/га, що на 46,5 % менше, ніж під ріпак озимий.

## 2. Обсяги внесення фізичної ваги мінеральних добрив при вирощуванні основних сільськогосподарських культур у господарствах Вінниччини за інтенсивного землеробства

Культура	Використовувані мінеральні добрива	Фактичний обсяг внесення мінеральних добрив у фізичній вазі, кг
Пшениця озима	нітроамофоска	206
	аміачна селітра	405
	<b>Всього</b>	<b>611</b>
Ріпак озимий	нітроамофоска	235
	аміачна селітра	404
	сульфат амонію	95
	<b>Всього</b>	<b>734</b>
Ячмінь ярий	нітроамофоска	206
	аміачна селітра	187
	<b>Всього</b>	<b>393</b>
Кукурудза	нітроамофоска	265
	аміачна селітра	188
	карбамід	197
	<b>Всього</b>	<b>650</b>
Соняшник	нітроамофоска	265
	аміачна селітра	303
	<b>Всього</b>	<b>568</b>

Джерело: власні дослідження

За даними наукових досліджень, чорноземи страждають від наслідків забруднення важкими металами значно в меншій мірі, ніж підзолисті піщані і супіщані ґрунти. Однак нагромадження важких металів у ґрунтах небезпечно лише до певної межі. Навіть у чорноземних ґрунтах при високому рівні забруднення відбуваються негативні процеси. Дослідженнями встановлено, що під впливом важких металів ґрунти підкислюються, втрачають структуру й ущільнюються. В забруднених важкими металами ґрунтах, у порівнянні з незабрудненими, знижується мікробіологічна активність, значно погіршуються водяний і газовий режими. Високий їх вміст в ґрунтах підвищує рухливість органічної речовини і обумовлює бактеріостатичний ефект.

Забруднення важкими металами зернової продукції є надзвичайно важливою та актуальною проблемою сьогодення. Серед усього різноманіття важких металів найбільші обсяги їх надходження із засобами хімізації припадають на свинець, кадмій, мідь та цинк [301].

Фактична концентрація свинцю у зерні озимої пшениці на період збирання, вирощеного в умовах хімізації землеробства, становила

<sup>301</sup> Флоря Л.В. Оцінка рівня забруднення ґрунтів важкими металами та їх вплив на урожайність сільськогосподарських культур у північно-західному Причорномор'ї / Л.В. Флоря // Вісник Одеського державного екологічного університету. — 2012. — Вип. 13. — С. 131–141.

1,03 мг/кг, що у 2,1 рази більше ГДК (0,5 мг/кг), у насінні ріпаку озимого – 1,24 мг/кг, що у 2,5 рази більше ГДК (0,5 мг/кг), у зерні ячменю ярого – 1,05 мг/кг, що у 2,1 рази більше ГДК (0,5 мг/кг), у вологому зерні кукурудзи – 1,25 мг/кг, що у 2,5 рази більше ГДК (0,5 мг/кг), у висушеному зерні кукурудзи – 0,22 мг/кг, що у 0,4 рази більше ГДК (0,5 мг/кг), у насінні соняшнику – 0,45 мг/кг, що у 0,9 раз більше ГДК (0,5 мг/кг) (табл. 3).

### 3. Концентрація важких металів у зерні та насінні польових культур у господарствах Вінниччини, за інтенсивного землеробства, мг/кг на період збирання культур

Зерно, насіння	Важкі метали							
	свинець		кадмій		мідь		цинк	
	фак.	ГДК	фак.	ГДК	фак.	ГДК	фак.	ГДК
Пшениця озима	1,03	0,5	0,04	0,1	17,44	10,0	26,50	50,0
Ріпак озимий	1,24	0,5	0,13	0,1	19,80	10,0	24,99	50,0
Ячмінь ярий	1,05	0,5	0,25	0,1	13,65	10,0	23,70	50,0
Кукурудза (волога)	1,25	0,5	0,02	0,1	0,95	10,0	0,02	50,0
Кукурудза (висушена)	0,22	0,5	0,04	0,1	1,00	10,0	23,20	50,0
Соняшник	0,45	0,5	0,35	0,1	10,00	10,0	24,90	50,0

Джерело: власні дослідження

Серед досліджуваного зерна та насіння, найвищу концентрацію свинцю було виявлено у вологому зерні кукурудзи – 1,25 мг/кг та насінні ріпаку озимого. Концентрація свинцю у зерні ячменю ярого була на 16,0 % менша, у зерні пшениці озимої – на 17,6 %, насінні соняшнику – на 64,0 % та висушеному насінні кукурудзи – на 82,4 % менша, ніж у вологому зерні кукурудзи та насінні ріпаку озимого.

Фактична концентрація кадмію у зерні пшениці озимої вирощеного в умовах хімізації землеробства на період збирання, становила 0,04 мг/кг, що у 2,5 рази менше ГДК (0,1 мг/кг), у насінні ріпаку озимого – 0,13 мг/кг, що у 1,3 рази більше ГДК (0,1 мг/кг), у зерні ячменю ярого – 0,25 мг/кг, що у 2,5 рази більше ГДК (0,1 мг/кг), у вологому зерні кукурудзи – 0,02 мг/кг, що у 5,0 разів менше ГДК (0,1 мг/кг), у висушеному зерні кукурудзи – 0,04 мг/кг, що у 2,5 рази менше ГДК (0,1 мг/кг), у насінні соняшнику – 0,35 мг/кг, що у 3,5 рази більше ГДК (0,1 мг/кг).

Найвища концентрація кадмію була виявлена у насінні соняшнику – 0,35 мг/кг. Концентрація кадмію у зерні ячменю ярого була на 28,5 % менша, насінні ріпаку озимого – на 62,8 %, у зерні пшениці озимої та висушеному насінні кукурудзи – на 88,5 %, у вологому зерні кукурудзи – на 94,2 % менша, ніж у насінні соняшнику.

Фактична концентрація міді у зерні пшениці озимої вирощеного в умовах хімізації землеробства на період збирання, становила 17,44 мг/кг, що у 1,7 рази більше ГДК (10,0 мг/кг), у насінні ріпаку озимого – 19,80 мг/кг, що у 1,9 рази більше ГДК (10,0 мг/кг), у зерні ячменю ярого – 13,65 мг/кг, що у 1,4 рази більше ГДК (10,0 мг/кг), у вологому зерні кукурудзи – 0,95 мг/кг, що у 10,5 разів менше ГДК (10,0 мг/кг), у



висушеному зерні кукурудзи – 1,00 мг/кг, що у 10 разів менше ГДК (10,0 мг/кг), у насінні сояшнику – 10,00 мг/кг, що є гранично допустимою концентрацією для продовольчої сировини (10,0 мг/кг).

Найвища концентрація міді була виявлена у насінні ріпаку озимого – 19,80 мг/кг. Концентрація міді у зерні пшениці озимої була на 11,9 % менша, у зерні ячменю ярого – на 31,1 %, насінні сояшнику – на 49,5 %, у висушеному насінні кукурудзи – на 94,9 % та вологому зерні кукурудзи – на 95,2 % менша, ніж у насінні ріпаку озимого.

Фактична концентрація цинку у зерні пшениці озимої вирощеного в умовах хімізації землеробства на період збирання, становила 26,50 мг/кг, що у 1,9 разів менше ГДК (50,0 мг/кг), у насінні ріпаку озимого – 24,99 мг/кг, що у 2,0 рази менше ГДК (50,0 мг/кг), у зерні ячменю ярого – 23,70 мг/кг, що у 2,1 рази менше ГДК (50,0 мг/кг), у вологому зерні кукурудзи – 0,02 мг/кг, що у 2500 рази менше ГДК (50,0 мг/кг), у висушеному зерні кукурудзи – 23,20 мг/кг, що у 2,2 рази менше ГДК (50,0 мг/кг), у насінні сояшнику – 24,90 мг/кг, що у 2,0 рази менше ГДК (50,0 мг/кг).

Серед досліджуваного зерна та насіння, найвищу концентрацію цинку було виявлено у зерні пшениці озимої – 26,50 мг/кг. Концентрація цинку у насінні ріпаку озимого була на 5,7 % менша, у насінні сояшнику на 6,0 % менша, у висушеному насінні кукурудзи на 12,56 % менша, у вологому зерні кукурудзи – на 99,9 % менша, ніж у зерні пшениці озимої.

Через 6 місяців після збирання зерна та насіння польових культур у господарствах Вінниччини, порівняно з періодом збирання, концентрація свинцю зменшилась – у зерні пшениці озимої – на 77,7 %, насінні ріпаку озимого – на 49,2 %, ячмені ярого – на 66,6 %, вологому зерні кукурудзи – на 92,0 %, висушеному зерні кукурудзи – на 36,4 %, насінні сояшнику – на 11,1% (табл. 4).

**4. Динаміка зміни концентрації свинцю у зерні та насінні польових культур у господарствах Вінниччини, за інтенсивного землеробства, залежно від періоду очікування, мг/кг**

Зерно, насіння	Період очікування від збирання зерна і насіння, міс.		
	Після збирання	Через 6 міс.	ГДК
Пшениця озима	1,03	0,23	0,5
Ріпак озимий	1,24	0,63	0,5
Ячмінь ярий	1,05	0,35	0,5
Кукурудза (волога)	1,25	0,10	0,5
Кукурудза (висушена)	0,22	0,14	0,5
Сояшник	0,45	0,40	0,5

Джерело: власні дослідження

Через 6 місяців після збирання зерна та насіння польових культур у господарствах Вінниччини, порівняно з періодом збирання, концентрація кадмію зменшилась – у зерні пшениці озимої – на 75,0 %, насінні ріпаку озимого – на 46,2 %, ячмені ярого – на 96,0 %, вологому

зерні кукурудзи – на 50,0 %, висушеному зерні кукурудзи – на 75,0 % насінні сояшнику – на 77,1 % (табл. 5).

**5. Динаміка зміни концентрації кадмію у зерні та насінні польових культур у господарствах Вінниччини, за інтенсивного землеробства, залежно від періоду очікування, мг/кг**

Зерно, насіння	Період очікування від збирання зерна і насіння, міс.		
	Після збирання	Через 6 міс.	ГДК
Пшениця озима	0,04	0,01	0,1
Ріпак озимий	0,13	0,07	0,1
Ячмінь ярий	0,25	0,01	0,1
Кукурудза (волога)	0,02	0,01	0,1
Кукурудза (висушена)	0,04	0,01	0,1
Сояшник	0,35	0,08	0,1

Джерело: власні дослідження

Через 6 місяці після збирання зерна та насіння польових культур у господарствах Вінниччини, порівняно з періодом збирання, концентрація міді зменшилась – у зерні пшениці озимої – на 74,5 %, насінні ріпаку озимого – на 87,8 %, ячмені ярому – на 82,1 %, вологому зерні кукурудзи – на 86,3 %, висушеному зерні кукурудзи – на 40,0 %, насінні сояшнику – на 70,6 % (табл. 6).

**6. Динаміка зміни концентрації міді у зерні та насінні польових культур у господарствах Вінниччини, за інтенсивного землеробства, залежно від періоду очікування, мг/кг**

Зерно, насіння	Період очікування від збирання зерна і насіння, міс.		
	Після збирання	Через 6 міс.	ГДК
Пшениця озима	17,44	3,93	10,0
Ріпак озимий	19,80	2,42	10,0
Ячмінь ярий	13,65	2,44	10,0
Кукурудза (волога)	0,95	0,13	10,0
Кукурудза (висушена)	1,00	0,60	10,0
Сояшник	10,0	2,94	10,0

Джерело: власні дослідження

Через 6 місяців після збирання зерна та насіння польових культур у господарствах Вінниччини, порівняно з періодом збирання, концентрація цинку зменшилась – у зерні пшениці озимої – на 19,2 %, насінні ріпаку озимого – на 45,2 %, ячмені ярому – на 43,5 %, вологому зерні кукурудзи – на 41,3 %, висушеному зерні кукурудзи – на 57,7 %, насінні сояшнику – на 57,8 % (табл. 7).

Отже, між концентрацією свинцю, кадмію, міді та цинку у зерні і насінні польових культур та періодом очікування спостерігається обернена прямолінійна залежність: чим довший період очікування – тим менша концентрація свинцю, кадмію, міді та цинку у зерні.

**7. Динаміка зміни концентрації цинку у зерні та насінні польових культур у господарствах Вінниччини, за інтенсивного землеробства, залежно від періоду очікування, мг/кг**

Зерно, насіння	Період очікування від збирання зерна і насіння, міс.		
	Після збирання	Через 6 міс.	ГДК
Пшениця озима	26,50	21,40	50,0
Ріпак озимий	24,99	13,70	50,0
Ячмінь ярий	23,70	13,40	50,0
Кукурудза (волога)	17,90	10,50	50,0
Кукурудза (висушена)	23,20	9,80	50,0
Соняшник	24,90	10,50	50,0

Джерело: власні дослідження

Під час зберігання зерна і насіння воно зазнавало активного впливу: підсушування на сонці в літньо-осінній період, перекидання транспортерною машиною ЗМ-60 з періодичністю 1 раз в тиждень, активне вентилявання сухим і підігрітим повітрям з допомогою вентиляторів з періодичністю 1 раз в тиждень. Ці заходи сприяли зниженню вологості зерна і відповідно зменшенню вмісту у ньому важких металів. Крім того частина важких металів знаходиться на поверхні насінини у вигляді часточок пилу. При постійному його перекиданні, продуванні та переміщенні, пил спадає з насіння та зменшується концентрація важких металів у зерні.

**3.8. Методи та моделі інтелектуального аналізу змінюваних у часі сільськогосподарських даних**

*Мегель Ю.Є., Міхнова О.Д., Рибалка А.І.  
Харківський національний технічний університет  
сільського господарства ім. Петра Василенка*

Сталий розвиток сільськогосподарського сектору та мінімізація витратків на працю людини є запорукою для забезпечення харчуванням зростаюче населення планети. Вивчаючи тенденції ринку харчування, можна сміливо твердити, що молочне та м'ясне скотарство являють собою важливі складові сільськогосподарського виробництва, адже це невід'ємні його частини. Щороку проводиться продаж та закупівля значної кількості поголів'я великої рогатої худоби для збільшення загальної вигоди від виробництва молока та м'яса, зважаючи на відповідні характеристики тварин та їх племінну цінність з огляду на це. Слід також брати до уваги, що корови мають найвищу молочну працездатність лише протягом трьох років від народження теля, далі

після відбору вони переробляються в основному на м'ясо [302].

З огляду на те, що молочне скотарство є важливою складовою сільського господарства, власникам ферм необхідні потужні інструменти прогнозування щорічного прибутку, оцінювання ефективності своєї праці та винагороди. Це дозволило би взяти до уваги усі суттєві показники функціонування ферми. Одним із таких сукупних показників є економічний індекс відтворення, ЕІВ (від англ. EVI, Economic Breeding Index), мета якого полягає у виявленні найбільш працездатної одиниці молочного скотарства для підтримки видової та промислової якості й різноманіття отари. ЕІВ допомагає визначити та відтворити високоякісних корів, що зможуть давати найбільшу кількість молока протягом найдовшого періоду часу. До уваги беруть наступні характеристики [303]:

- продуктивність видобування (молока, жирів та білків);
- плідність (інтервал народження телят, живучість);
- отелення (складність народження телят, тривалість гестації, смертність телят);
- м'ясо (вага відбракованих корів, забійна вага загальна, забійна вага жиру, забійна вага кісток);
- управління (тривалість доїння, температура доїння);
- здоров'я (мастит, кульгавість, показники активності, відповідність племінним вимогам).

Створюючи нову отару або змінюючи існуючу, слід корегувати спарювання перспективних за видовими характеристиками осіб, адже відбір та вирощування гарних за ознаками тварин є запорукою збільшення прибутків. Окрім вищенаведених ознак, проводять аналіз даних ландшафтної ділянки, яка використовується під пасовище.

У наступному розділі автори пропонують провести огляд існуючих методів та моделей інтелектуального аналізу даних сільськогосподарського типу, які мають тенденцію до змін у часі. Це, насамперед, дані про економічний розвиток ферми, кількісні характеристики тварин, а також дані стосовно продуктивності виробництва. Усі ці показники можуть спостерігатись у динаміці та змінюватись в залежності від сезону або року. Окрім того, для фермера має ключове значення змога прогнозування важливих показників для коректного складання бізнес планів. Незважаючи на те, що методи регресійного аналізу з'явилися досить давно, вони продовжують широко та ефективно використовуватись для аналізу багатомірних векторів ознак, наприклад, сільськогосподарських даних. Наведено процедури переходу від нелінійних регресійних моделей до лінійних. Також позначені границі застосування цих методів.

---

<sup>302</sup> Nevens W.B., Kuhlman A.F. Selecting Dairy Cattle. – Urbana : University of Illinois College of Agriculture and Agricultural Experiment Station. – 1935. – 48 p.

<sup>303</sup> Peng L., Fang L., Yu P. Design of evaluation index system of ecological livestock breeding industry based on sustainable development // E-Product E-Service and E-Entertainment : proc. of 2010 intern. conf., Henan, 7-9 Nov. 2010. – Henan : IEEE, 2010. – P. 1-4.

Для прогнозування щорічного прибутку ферми, розташованої у селі Харківської області, побудована регресійна модель. У цій моделі враховано видатки на корм, ветеринарію, оплату праці персоналу, що обслуговує тварин, та інше. Для зменшення кількості змінних застосовано кореляційний аналіз. На відміну від складних обчислювальних відходів (наприклад, аналіз часових рядів, експоненційне згладжування, кластеризація, нейромережі, ланцюги Маркова, котрі також можуть бути застосовані для вищенаведених потреб), ефективність запропонованого підходу досягається головним чином завдяки зменшенню вихідної кількості змінних із подальшим переходом до лінійної моделі. Запропонована модель також може бути використана на об'єкті, де є необхідність перетворення кількох вхідних змінних та їх подання у більш простій формі рівняння лінійної регресії з багатомірним вектором ознак.

Останній розділ має практичну значущість та демонструє застосування обраної авторами математичної моделі інтелектуального аналізу для видобування знань із сільськогосподарських даних. Інформація, отримана після обробки даних використовується для прогнозування прибутків фермера на основі ЕІВ. Експериментальні дослідження проводились на фермі молочного скотарства, яка знаходиться у селищі Геніївка, Харківської області, Зміївського району, що розташоване за 4 км від залізничної станції Занки та 12 км від райцентру.

Методи та моделі інтелектуального аналізу змінюваних у часі даних. У цьому розділі коротко наведено відомості стосовно математичних методів та моделей, які можуть бути застосовані для видобування цінної інформації із сільськогосподарських або інших даних, які змінюються у часі. Видобування знань із значної кількості даних з багатьма змінними, подальше використання цих знань експертами для прийняття рішень, або як наступний етап – прогнозування, є основною метою інтелектуального аналізу даних. Нестационарні дані, що змінюються у часі, становлять окрему групу, методи обробки якої удосконалюються дотепер, адже для деяких задач важливим є швидкість обробки у реальному часі та величезний об'єм вибірки.

Прихована марківська модель, ПММ, є одним із методів, що використовуються для обробки нестационарних даних різної природи – від біоінформації до обробки мови (письмової або усної) [304]. У структурному типі моделей залежність майбутніх значень від попередніх задається у вигляді структури та правил. Нейронні мережі, ПММ, класифікація та кластеризація – усе це приклади структурних моделей даних. Окрім традиційно використовуваних моделей прогнозування, значну популярність нещодавно завоювали методи опорних векторів, генетичні алгоритми (ГА) та багато інших методів.

Насправді кажучи, наведені вище підходи до вирішення проблем

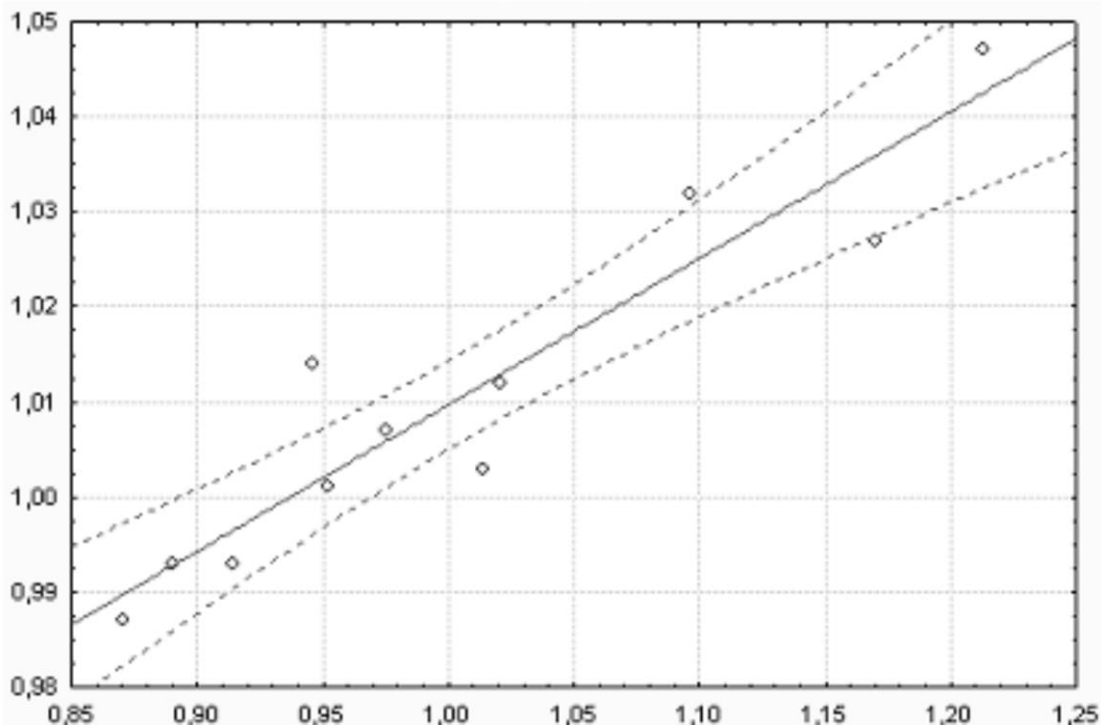
---

<sup>304</sup> D. Jurafsky, J.H. Martin, *Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition*, 2-nd edition, Prentice Hall, New Jersey, 2008, 1032 p.

аналізу нестационарних даних характеризуються значною обчислювальною завантаженістю та точністю, як наслідок, або навпаки, призначені для задач реального або близького до реального часу, що не є дуже суттєвим у нашому випадку, тому можна звернути увагу на статистичні моделі регресійного аналізу. Однак, слід зазначити необхідність зменшення розмірності, що може бути досягнуто кількома способами [305, 306].

У статистичних моделях обробки даних залежність майбутніх значень від попередніх задається у вигляді рівняння. У цьому випадку, насамперед, використовують регресійні моделі (лінійну, множинну, нелінійну або узагальнену лінійну регресію) поряд із авторегресією (ARIMAX, GARCH, ARDLM). Прогнозування випадкових значень параметрів також може бути виконано за допомогою статистичних методів регресії. Аналіз часових рядів, експоненційне згладжування, кластеризація та інші структурні моделі також можуть бути використані для вирішення наведених вище питань [307, 308].

На рис. 1 наведено приклад графіка, який побудовано на основі спрощеної регресійної моделі аналізу сільськогосподарських даних.



**Рис. 1. Регресійна модель для прогнозування винагороди фермера**

Джерело: авторська розробка

Масштаб цього графіка збільшено навмисне для того, щоб показати найбільш значиму його частину та уклін. Саме тому, не всі значення атрибутів є у полі зору. Цю модель регресійного аналізу було

<sup>305</sup> P 37-60 in C.C. Aggarwal, Data Mining: The textbook, Springer, New York, 2015, 734 p.

<sup>306</sup> C. Cassisi, P. Montalto, M.A. Aliotta, A. Pulvirenti, Similarity Measures and Dimensionality Reduction Techniques for Time Series Data Mining, in: A. Karahoca (Ed.), Advances in Data Mining Knowledge Discovery and Applications, Chapter 3, IntechOpen, London, 2012, pp. 71-96.

<sup>307</sup> Megel Y.E. et al. Matematichni modeli funktsionuvannya yekonomiko-virobnichikh i tekhnichnikh sistem ta metodi ikh doslidzhennya. – Kharkiv : Miskdruk. – 2013. – 389 p.

<sup>308</sup> Megel Y.E. et al. Operations research. – Kharkiv : Miskdruk. – 2015. – 386 p.

застосовано для прогнозування винагороди фермера, використовуючи вхідні сільськогосподарські дані. Серед них насамперед треба відмітити: видатки на корм, ветеринарію, оплату праці персоналу, що обслуговує тварин, показники ефективності функціонування ферми.

Значну кількість нелінійних регресійних задач можна перетворити до лінійної форми шляхом трансформації змінних, що мають вплив на модель. Наступне рівняння нелінійної регресії можна конвертувати до лінійної форми за допомогою метода найменших квадратів:

$$Y = \alpha X^\beta \quad (1)$$

Дані у моделі лінійної регресії представлені у вигляді прямої лінії. Лінійна регресія – це найпростіша форма регресії. Залежна від двох змінних лінійна регресія дозволяє створити модель для довільної змінної  $Y$  в якості лінійної функції іншої довільної змінної  $X$ :

$$Y = \alpha + \beta X, \text{ де } \alpha = \bar{y} - \beta \bar{x}, \beta = \frac{\sum_{i=1}^s (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^s (x_i - \bar{x})^2}. \quad (2)$$

Дисперсія  $Y$  у цьому рівнянні вважається сталою, а  $\alpha$  і  $\beta$  – це коефіцієнти регресії, що зумовлюють координати перетину з віссю  $Y$  та уклін лінії графіка відповідно. Значення  $\alpha$  і  $\beta$  можна знайти за допомогою методу найменших квадратів, що мінімізує похибку між фактичними даними та оцінкою лінії графіка.

Множинна регресія – це розвиток лінійної регресії з двома або більше прогнозованими змінними. Множинну регресію також можна трансформувати до лінійної функції багатовимірного вектору ознак. Тут також можна застосувати метод найменших квадратів. У наступному рівнянні наведено приклад множинної регресії з двома прогнозованими змінними,  $X_1$  і  $X_2$ :

$$Y = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2. \quad (3)$$

При моделюванні даних без лінійної залежності використовується нелінійна регресія. У такій моделі нелінійної регресії вводять поліноми до лінійної моделі. Перетворення змінних призведе до лінеаризації нелінійної моделі, де можна запровадити рішення методом найменших квадратів:

$$Y = \alpha + \beta_1 X + \beta_2 X^2 + \beta_3 X^3. \quad (4)$$

Для того, щоб перетворити це рівняння до лінійного вигляду, назначимо нові змінні:  $X_1 = X$ ;  $X_2 = X^2$ ;  $X_3 = X^3$ . Тепер рівняння (4) можна трансформувати до лінійної форми, що призведе до отримання наступної формули:

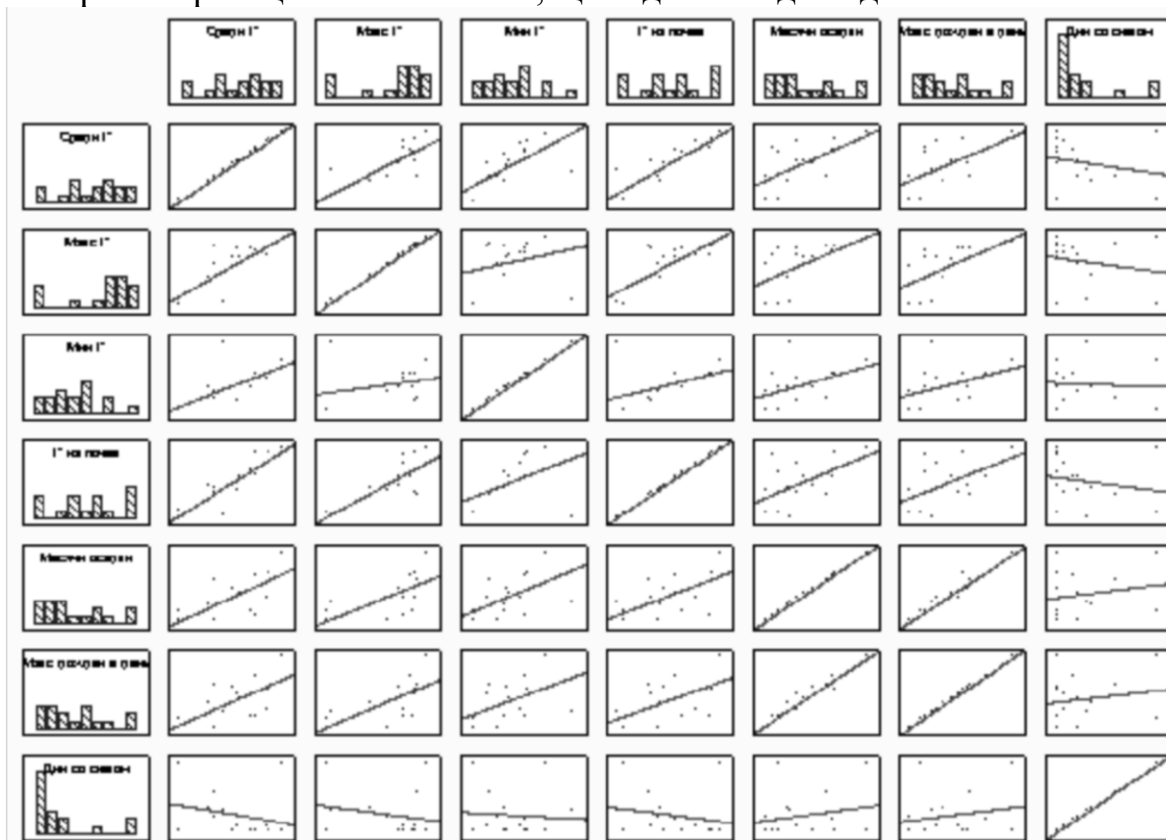
$$Y = \alpha + \beta_1 X + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3. \quad (5)$$

Хоча деякі нелінійні моделі трансформувати до лінійних не вийде.

У таких випадках оцінки методу найменших квадратів можна отримати із застосуванням більш складної формули.

На відміну від лінійної регресії, в узагальнених лінійних моделях зі сталою дисперсією  $Y$ , дисперсія залежної змінної представляється у вигляді функції середнього значення  $Y$ . Узагальнені лінійні моделі можуть бути двох типів: логістична лінійна регресія та Пуассонівська лінійна регресія. Окрім прогнозування, логарифмічно-лінійну модель можна застосовувати для стиснення та згладжування даних. Дані, що підпадають під Пуассонівський розподіл, можна моделювати за допомогою Пуассонівської регресії [309, 310].

Експериментальні дослідження та висновок. Молочна ферма, що підлягає аналізу, виробляє за рік 21 826 л молока, 770 кг масла, що складає 3,5 %, та 829,2 кг білків, що складає 4 %. Для того, щоб прогнозувати економічні показники (і як наслідок, фермерську винагороду) у майбутньому для цієї конкретної ферми, створено імітаційну модель вирощування отари, де враховані витрати на споживання їжі, ветеринарію, оплату праці робітників та інші показники. Для виконання первинного аналізу даних, нормалізовано значення вхідних параметрів. Щоб скоротити кількість змінних, проведено кореляційний аналіз даних. На рис. 2 наведено фрагмент графіків попарної кореляції між змінними, що підлягали дослідженню.



**Рис. 2. Кореляція досліджуваних атрибутів**

Джерело: авторські дослідження

<sup>309</sup> Han J., Kamber M., Pei J. Data Mining: Concepts and Techniques (third edition). – San Francisco : Morgan Kaufmann. – 2011. – 744 p.

<sup>310</sup> Hill T., Lewicki P. Statistics: Methods and Applications (first edition). Tulsa : Dell. – 2005. – 800 p.



Проаналізовано економічний індекс відтворення (ЕІВ), який являє комбінацію ознак та допоміжних індексів. Ціль ЕІВ полягає у вирощуванні високопродуктивних корів із гарними показниками надою впродовж максимально довгого періоду. У кінцевому рахунку це допомагає розрахувати прибуток фермера.

Незважаючи на те, що регресійні методи виникли досить давно, вони продовжують широко та ефективно використовуватись для аналізу багатомірних векторів ознак, таких як сільськогосподарські дані у нашому випадку. На відміну від складних обчислювальних підходів, що коротко описані на початку статті, ефективність запропонованої моделі досягається завдяки зменшенню кількості вихідних атрибутів та зведенню моделі до лінійного типу. На рис. 3 наведено приклад прогнозованих значень.

Raw Predicted Values							Raw Predicted Values (var15) Dependent variable: Y		
Case	,869	.	.	.	.	1,23	Observed Value	Predicted Value	Residual
1	.	*	.	.	.	.	0,871000	0,915646	-0,044646
2	.	.	.	.	.	*	1,220000	1,225222	-0,005222
3	.	.	.	*	.	.	0,975000	1,016257	-0,041257
4	.	.	*	.	.	.	1,021000	0,974785	0,046215
5	.	.	.	.	*	.	1,002000	1,084899	-0,082899
6	.	*	.	.	.	.	0,890000	0,882164	0,007836
7	.	.	.	.	.	*	1,213000	1,166124	0,046876
8	.	.	*	.	.	.	0,918000	0,986326	-0,068326
9	.	.	*	.	.	.	1,014000	0,950736	0,063264
10	.	*	.	.	.	.	0,914000	0,868769	0,045231
11	.	.	.	.	*	.	1,170000	1,092214	0,077786
12	.	.	*	.	.	.	0,952000	0,965893	-0,013893
13	.	.	*	.	.	.	0,946000	0,969054	-0,023054
14	.	.	.	.	*	.	1,096000	1,103910	-0,007910
Minimum	.	*	.	.	.	.	0,871000	0,868769	-0,082899
Maximum	.	.	.	.	.	*	1,220000	1,225222	0,077786
Mean	.	.	.	*	.	.	1,014429	1,014429	-0,000000
Median	.	.	*	.	.	.	0,988500	0,980556	-0,006566

**Рис. 3. Приклад прогнозованих значень**

Джерело: авторські дослідження

У моделі, яка досліджувалась, було вивчено близько 15 вхідних параметрів. Кореляційний аналіз показав, що лише 9 з них мають значимий вклад до побудови моделі. Приймаючи до уваги ці дані, що відображають економічні та біологічні взаємодії ферми, запропонована математична модель поряд із індексом відтворення можуть бути використані у подальшому для прогнозування річного прибутку на фермі.

### 3.9. Теоретические основы оценки качества кормовых смесей

Омелян А.Н.<sup>1</sup>, Крикунова В.Е.<sup>2</sup>, Самойлик М.С.<sup>2</sup>, Шиян Н.И.<sup>3</sup>,  
Крикунов О.А.<sup>1</sup>, Сахно Т.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Полтавское отделение Академии наук технологической кибернетики  
Украины

<sup>2</sup>Полтавская государственная аграрная академия

<sup>3</sup>Полтавский национальный педагогический университет  
имени В.Г. Короленка

Проблеме определения качества смешивания кормовых материалов посвящён ряд наших работ [311, 312, 313, 314].

В то же время, как видно из некоторых современных публикаций, посвящённых этой тематике ряда как отечественных [315, 316], так и зарубежных [317] авторов, на данный момент не существует единой общепринятой методики оценивания качества смешивания кормовых материалов. Существует несколько более-менее часто применяющихся подходов относительно этой проблемы, в применении которых разные авторы имеют свои отдельные точки зрения на ряд принципиальных моментов, существенно влияющих на результаты тестирования продукции. В наших предыдущих работах мы в основном придерживаемся методики определения качества смешивания кормовых материалов с помощью микроскопических частиц – микротрейсеров, интенсивно внедряемой компанией MicroTracers Inc [318]. В этой работе мы приводим некоторые теоретические рассуждения, которые позволяют обосновать отдельные этапы процесса тестирования кормовых материалов на основе оценки распределения добавленных частиц-трейсеров [319, 320, 321].

---

<sup>311</sup> Sakhno T.V. The application of statistical methods of quality management by GMP+ standards using ferromagnetic microtracers / T.V. Sakhno, P.V. Pisarenko, I.V. Korotkova, O.M. Omelian, N.N. Barashkov // *Зернові продукти і комбікорми*. – 2018. – V. 18, (3). – С. 39–44 DOI <https://doi.org/10.15673/gpmf.v18i3.1078>.

<sup>312</sup> Барашков Н.Н. Ферромагнитные микротрейсеры как индикаторы качества однородности комбикормов для животноводства и птицеводства / Н.Н. Барашков, П.В. Писаренко, В.Ю. Крикунова, Т.В. Сахно, О.А. Крикунов // *Зернові продукти і комбікорми*. – 2016. – V. 63(3). – С. 34–40.

<sup>313</sup> Писаренко П.В. Применение ферромагнитных микротрейсеров как индикаторов качества однородности комбикормов в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] / П.В. Писаренко, В.Е. Крикунова, Т.В. Сахно, О.А. Крикунов, Н.Н. Барашков // *Вестник Курганской ГСХА*. – 2016. – Т. № 4. – С. 50–54. – Режим доступа : [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_27682256\\_29575936.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_27682256_29575936.pdf).

<sup>314</sup> Іргібаєва І.С. Застосування статистичних методів для підвищення контролю якості змішування інгредієнтів при виробництві кормів / І.С. Іргібаєва, Т.В. Сахно, О.М. Омелян, В.Ю. Крикунова, О.О. Крикунов, П.В. Писаренко // *Людина, природа, техніка: VII Міжнародна науково-практична конференція (16–17 листопада 2017 року) : Збірник матеріалів*. – Полтава : ФОП О.І. Кека, 2017. – С.61–63.

<sup>315</sup> Макарянская А.В. Теоретические и практические основы оценки однородности комбинированных смесей [Электронный ресурс] / А.В. Макарянская // *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі. Серія : Технічні науки*. – 2016. – № 1. – С. 68–76. – Режим доступу : [http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvpuettn\\_2016\\_1\\_11](http://nbuv.gov.ua/UJRN/nvpuettn_2016_1_11).

<sup>316</sup> Егоров Б.В. К вопросу об оптимизации структуры комбикормовых технологических систем / Б. В. Егоров, А.В. Макарянская // *Зернові продукти і комбікорми*. – 2009. – № 3 (35). – С. 40–44.

<sup>317</sup> Rocha A.G., Montanini R.N., Dilkin P., Tamiasso C.D., Mallmann C.A. Comparison of different indicators for the evaluation of feed mixing efficiency *Animal Feed Science and Technology*. – 2015. – V. 209. – P. 249–256.

<sup>318</sup> MICRO-TRACERS [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://microtracers.com>.

<sup>319</sup> Сахно Т.В. Застосування статистичних методів стандарту GMP+ при виробництві кормів / Т.В. Сахно, О.М. Омелян, П.В. Писаренко, В.Ю. Крикунова // *Сучасне матеріалознавство та товарознавство: теорія, практика*,

## 1. О Распределении Пуассона

В работах Д. Эйзенберга [322, 323, 324], выдвинута гипотеза, что распределение Пуассона в сочетании с критерием Пирсона хи-квадрат можно использовать для оценки однородности смеси.

Как известно, распределение Пуассона подходит для моделирования распределения отдельных дискретных событий, которые происходят на протяжении некоторого периода времени, в некоторой ограниченной плоской или пространственной области [ 325 ]. Классическими примерами такого распределения является количество телефонных звонков в интервале времени, количество мутаций на нитке ДНК и кластеризации галактик во Вселенной (в объеме) (см. например, Hammersly [326], Saslaw [327] и Hope [328, 329]).

Ключевым моментом рассматриваемой здесь методики оценки качества кормовой смеси является предположение о том, что частицы неизбежно получают Пуассоновское распределение в смеси, если перемешивание достаточно тщательное. Это свойство природы.

Из этих соображений следует, что расположение частиц в однородной кормовой смеси будет иметь распределение Пуассона, которое определяется следующей формулой:

$$P(X = \kappa) = \frac{\lambda^{\kappa} e^{-\lambda}}{\kappa!}, \quad (1)$$

где  $\kappa$  – количество наблюдаемых частиц, а  $\lambda$  – одновременно и ожидаемое число частиц (генеральное среднее) и дисперсия. Отсюда следует, что коэффициент вариации ( $C_v$ ), который связывает выборочное стандартное отклонение наблюдений со средним значением распределения, определяется следующим образом [330]:

---

освіта: матеріали IV Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції (м. Полтава, 14–15 березня 2018 року). – Полтава : ПУЕТ, 2018. – С. 202–207.

<sup>320</sup> Барашков Н. Н., Иргибасва И.С., Мантель А. И., Писаренко П.В., Омелян О.М., Крикунова В.Ю., Сахно Т.В. Применение статистических методов стандарта GMP+BA2 при использовании ферромагнитных микротрейсеров для оценки качества перемешивания кормов в птицеводстве и животноводстве // Хімія, екологія та освіта: Збірник наукових праць II Міжнародної науковопрактичної інтернет-конференції (м. Полтава, 15-16 травня 2018 року). – Полтава, 2018. – 220 с. – С.191-197.

<sup>321</sup> Крикунова В.Ю., Сахно Т.В. Чуб О П., Крикунов О.О., Барашков М.М., Писаренко П.В.. Особливості статистичних методів при визначенні якості однорідності комбікормів // Людина, природа, техніка: VI Міжнародна науково-практична конференція (20-21 листопада 2016 року) : Збірник матеріалів. – Полтава : ФОП О.І.Кека., 2016. – С.94-95.

<sup>322</sup> Eisenberg D.A., The use of Microtracers™ F (colored uniformly sized iron particles) in coding the presence of coccidiostats in poultry feeds practical implications, Zootechn. Int., No. 12, 1998, p.p. 46–50.

<sup>323</sup> Eisenberg D., Measuring mixer variation - performance and cross-contamination validation, 16th Annual ASA-IM SEA Feed Technology and Nutrition Workshop, Singapour, 2008.

<sup>324</sup> Barashkov N., Eisenberg D., Eisenberg S., Mohnke J. Ferromagnetic microtracers and their use in feed applications (www.microtracers.com)

<sup>325</sup> Jonathan Marchini. Lecture 5 : The Poisson Distribution. <http://www.stats.ox.ac.uk/~marchini/teaching/L5/L5.notes.pdf>, November 10, 2008. [Online; accessed 1-May-2017].

<sup>326</sup> Hammersley J. M. A few seedlings of research. P.345–394, 1972.

<sup>327</sup> Saslaw W.C. Some properties of a statistical distribution function for galaxy clustering. Astrophysical Journal, Part 1. – 1989. - v. 341(15). - P. 588-598.

<sup>328</sup> Hope Simpson R.E. Epidemic mechanisms of type A influenza, J.Hyg(Camb.). -1979. V.83. – P.11-26.

<sup>329</sup> Roy L. Streit. Poisson point processes. Springer, New York, 2010. Imaging, tracking, and sensing.

<sup>330</sup> Левин, Дэвид М., Стефан, Дэвид, Кребель, Тимоти С., Беренсон, Марк Л. Статистика для менеджеров с использованием Microsoft Excel, 4-е изд. — М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. — 1312 с.

$$Cv = \frac{\sqrt{\lambda}}{\lambda} = \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \approx \frac{1}{\sqrt{X}}. \quad (2)$$

Параметр  $\lambda$  также полностью определяет асимметрию и эксцесс (островершинность) распределения Пуассона.

$$k_{as} = \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \quad (3)$$

$$k_{ex} = 3 + \frac{1}{\lambda}.$$

Из формулы (3) следует, что  $\lambda \geq 0$ , а значения *асимметрии* всегда положительны (распределение лежит справа от начала координат), а значения *эксцесса* всегда  $\geq 3$  ( график функции распределения расположен выше, чем график функции нормального распределения).

Поскольку все характеристики распределения частиц: среднее, дисперсия, асимметрия и эксцесс в распределении Пуассона определяются значением  $\lambda$ , то этот параметр содержит всю информацию, которую нужно знать о форме и расположении распределения Пуассона [331, 332]. Если  $\lambda$  достаточно велико ( $\lambda \approx 1000$ ), то форма распределения Пуассона очень хорошо аппроксимируется с помощью нормального распределения. Для значительно меньших значений  $\lambda$  ( $\lambda \approx 10$ ) Пуассоновское распределение все еще может быть аппроксимировано нормальным распределением, если производится определенная корректировка при вычислении среднего значения и дисперсии. Эта корректировка называется «коррекцией Йейтса» [333, 334], которая на самом деле означает выравнивание, например, вправо, поскольку как известно, малые  $\lambda$  приводят к перекосу влево.

Закон больших чисел утверждает, что *выборочное среднее* будет сходиться к *генеральному среднему*, при достаточно большом количестве проб. Из этого же закона следует, что при достаточно большом значении количества проб случайная величина количества обнаруженных в пробах частиц распределена по нормальному закону, поскольку зависит от большого числа случайных величин.

Отметим, что отличие экспериментальной кривой от распределения Пуассона может быть вызвано двумя аспектами: 1) недостаточным уровнем смешивания смеси; 2) недостаточным количеством проб, чтобы этот уровень определить.

Визуально, процедура определения уровня смешанности корма заключается в сравнении графиков экспериментальной кривой и кривой распределения Пуассона, которая соответствует полностью смешанному корму. Так, мы можем построить график по значениям наших измерений

<sup>331</sup> Sachs L. Applied statistics. A handbook of techniques. Springer Verlag, 1984. – P. 186–189.

<sup>332</sup> The COM-Poisson model for count data: a survey of methods and applications Kimberly F. Sellersa, Sharad Borle and Galit Shmuelic\* Appl. Stochastic Models Bus. Ind. 2012, 28 104–116

<sup>333</sup> Hitchcock D.B. Yates and Contingency Tables: 75 Years Later University of South Carolina March 23, 2009

<sup>334</sup> Yates F. (1984), “Tests of Significance for  $2 \times 2$  Contingency Tables,” Journal of the Royal Statistical Society, Series A, 147, 426-463

поверх теоретического графика распределения Пуассона и смотреть, как эти графики проходят. Если наблюдаемые количества частиц в пробах размещаются таким образом, что образуют линию, близкую к графику распределения Пуассона, то это обозначает, что частицы, имеют Пуассоновское распределение и смешивание выполнено. Если они не выстраиваются в такую линию, то для корма требуется дальнейшее смешивание.

Построим рассуждения следующим образом: в примере конкретной смеси есть два распределения, которые нужно рассмотреть. Первое – это истинное распределение Пуассона, которое получит количество частиц трейсера в конечном итоге, при полном смешивании. Форма этого истинного распределения определяется истинным  $\lambda$  (генеральным средним); которое определяется, как функция количества добавленных частиц-трейсеров и количества кормов в смесителе (4).

Второе распределение – это фактическое распределение частиц в смесителе. В определенные моменты во время процесса смешивания (особенно на раннем этапе), мы можем не иметь представления о том, как выглядит это фактическое распределение. Чтобы оценить его, нам необходимо делать пробы. Приведенные ниже тесты будут использовать пробы для определения момента времени, когда фактическое распределение достаточно близко к истинному распределению.

Контекст кормовой смеси в этом смысле уникален для статистического моделирования, потому что мы знаем, какое фактическое значение  $\lambda$ . Как правило, это неизвестно. (Сколько галактик есть во Вселенной?) Это знание позволяет нам использовать слово «истинное» для описания теоретического распределения частиц. Вычисление истинного  $\lambda$  просто:

$$\lambda = \frac{k_t}{V_k}, \quad (4)$$

где  $V_k$  – общий объем корма,  $k_t$  – количество добавленных частиц трейсера.

Конечно, есть некоторая неточность в обоих этих значениях. Для количества частиц, мы знаем добавленный объем (или добавленную массу), и мы можем использовать это для вычисления количества частиц трейсера, но, очевидно, существует некоторая ошибка измерения.

Заметим, что под выражением «однородная» смесь мы подразумеваем, что частицы, наконец, достигли своего распределения Пуассона и дальнейшее перемешивание не увеличит равномерность расположения частиц в смеси. При этом, форма распределения Пуассона полностью описывается параметром  $\lambda$ . Критерий Пуассона, применяемый здесь, предназначен для оценки значения этого параметра для наблюдаемого распределения, и таким образом он будет определять

«форму» наблюдаемого распределения. Поскольку  $\lambda$  также является генеральным средним, этот критерий также оценивает и положение наблюдаемого распределения, но особо обратим внимание на его форму, чтобы оценить разницу между этим критерием и критерием хи-квадрат. Итак, предположим, что критерий Пуассона для формы – это ответ на такой вопрос: «Имеет ли график точек данных, полученных из проб, форму подобную распределению Пуассона?»

Каждая проба, отобранная из смесителя, должна соответствовать распределению Пуассона с известным параметром  $\lambda$ , если смесь однородна. Чтобы проверить это для одной пробы, выполним следующее вычисление, используя количество частиц трейсера  $X$  и известное значение для  $\lambda$ :

$$P(X = X_i) = \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{X_i}. \quad (5)$$

Формула (5) даёт нам вероятность обнаружить в пробе ровно  $X_i$  частиц при условии, что известно генеральное среднее  $\lambda$ . Например, пусть  $\lambda=100$  и предположим, что мы насчитали 90 частиц из пробы. Формула (5) даёт вероятность 0,025, а это значит, что вероятность того, что мы обнаружим 90 частиц по формуле Пуассона при  $\lambda=100$  составляет всего 2,5 %. Это может показаться небольшой вероятностью, но в виду того, что имеются миллионы возможных результатов для каждой пробы – мы могли бы получить частицы где-нибудь между нулем и общим количеством частиц, добавленных в смеситель. В самом деле, наибольшая вероятность, полученная только для одной пробы при  $\lambda=100$ , равна около 4 % (получается при  $X=100$ ).

Чтобы сделать наш тест более надёжным, мы строим вариационный ряд и определяем вероятность того, что  $X$  попадает в некоторый интервал. Например, при  $\lambda=100$ , какова вероятность того, что значение  $X$  будет находиться в интервале  $90 \leq X \leq 110$ ? Оказывается, вероятность этого события составляет около 70,6 % (определяется суммированием отдельных вероятностей, найденных по формуле (5) при  $X=90, X=91, \dots$ ). Расширение этого интервала будет увеличивать соответствующую вероятность. Например, если мы хотим получить 90 % шансов, что  $X$  будет находиться в определенном интервале (при условии  $\lambda=100$ ), интервал вокруг  $X$  должен быть  $84 \leq X \leq 116$ . Дальнейшее улучшение будет заключаться в использовании нескольких проб, для определения их выборочного среднего и использовании это среднее значение вместо единичной пробы.

В контексте кормовых смесей формула (4) гарантирует, что у нас будет довольно обоснована гипотеза, о том, каково значение  $\lambda$ , если мы знаем количество добавленных частиц, и знаем количество корма, который смешивают. Очевидно, неопределенность в любом из них будет увеличивать неопределенность в значении  $\lambda$ . Точное знание  $\lambda$  может

привести нас к критерию, который позволяет построить доверительный интервал вокруг выборочного значения  $X_v$  или  $\bar{X}$ . С другой стороны, если у нас есть большая уверенность в точности подсчета количества трейсеров в пробах, но возможно, мы не уверены, сколько частиц мы добавили (или что случилось с ними после того, как мы их добавили), тогда мы можем вместо этого попробовать построить доверительный интервал вокруг  $\lambda$ , используя наши известные значение  $X_v$  или  $\bar{X}$ .

В статистике мы обычно вынуждены предсказывать истинное (генеральное) значение некоторой случайной величины, на основании его выборочного значения, потому что истинное обычно неизвестно. В задаче о кормовой смеси мы имеем уникальную ситуацию, когда известно, какое  $\lambda$  на самом деле, так как мы добавляем известное количество частиц-индикаторов, поэтому мы можем сделать любую оценку. Вероятность того, что наблюдаемое значение  $X$  попадет в промежуток  $[\alpha; \beta]$  при заданном  $\lambda$  определяется следующим образом:

$$P(\alpha \leq X \leq \beta) = \sum_{X=\alpha}^{X=\beta} \frac{\lambda^x e^{-\lambda}}{x!} \quad (6)$$

Общая формула для доверительного интервала вокруг  $\lambda$  имеет вид:

$$\frac{\chi^2\left(\frac{\alpha}{2}; 2k\right)}{2} \leq \lambda \leq \frac{\chi^2\left(1 - \frac{\alpha}{2}; 2k + 2\right)}{2} \quad (7)$$

где  $\chi^2(p; n)$  – значение  $\chi^2$  для уровня значимости  $p$  (например, 5 % или 1 %) и степени свободы  $n$ .

## 2. Статистика Пирсона Хи-квадрат ( $\chi^2$ ) для определения положения наблюдаемого распределения

Поскольку наши наблюдения, вероятно, будут независимыми и случайными, то целесообразно для определения, соответствует ли наблюдаемое распределение частиц-индикатора теоретическому распределению Пуассона, использовать критерий Пирсона хи-квадрат. Это называется «проверкой статистической гипотезы» - насколько хорошо наблюдения «соответствуют» нашей теории. Хотя распределение Пуассона не является непрерывным распределением, но принято считать в случаях при  $\lambda$  достаточно больших, что не требуется регулировки стандартного статистического критерия хи-квадрат. Для значения  $\lambda > 5$  справедлива формула (8) [335]. Проверка критерия хи-квадрат Пирсона проста. Если верно предположение о независимости результатов взятия проб, то статистика

$$\sum_{i=1}^N \frac{(X_i - \lambda)^2}{\lambda} \quad (8)$$

удовлетворяет распределению хи-квадрат. Процедура состоит в том,

<sup>335</sup> Box G.E.P., Hunter J.S., Hunter W.G. Statistics for Experimenters: Design, Innovation, and Discovery, 2nd Edition. – 2005. – 664 p.

чтобы просто подсчитать частицы в каждой пробе, использовать известное значение  $\lambda$  для вычисления суммы, и по таблице критических значений хи-квадрат определить вероятность появления значения, которое мы получили, подставляя в формулу Пуассона характеристики обнаруженные в наших наблюдаемых данных.

Низкие вероятности (низкие значения  $p$ ) подразумевают, что точки данных не «выстраиваются» в график распределения Пуассона, как мы предполагали. Это значит, что смесь ещё не однородная. Низкие значения  $p$  не подразумевают, что теория о распределении частиц в смеси, как пуассоновском процессе, неверна – они в конечном итоге будут распределены по закону Пуассона, и мы нисколько не сомневаемся в этом. Мы просто проверяем, достаточно ли времени прошло для того чтобы это обнаружить.

Существует альтернативная форма критерия хи-квадрат, она использует следующую статистику:

$$\sum_{i=1}^N \frac{(X_i - \bar{X})^2}{\bar{X}}, \quad (9)$$

которая также удовлетворяет распределению хи-квадрат. Процедура проверки гипотезы такая же, но там имеется несколько особенностей, которые заслуживают внимания.

Во-первых, интерпретация результатов. Проверка гипотезы, проведенная по формуле (8), устанавливает, согласуются ли наши наблюдения с истинным средним  $\lambda$ , тогда как критерий на основе формулы (9) проверяет, согласуются ли наблюдения друг с другом. Второе отличие связано со степенью свободы, та статистика, которая рассматривается ниже согласно формулы (9) будет иметь на одну степень свободы меньше, так как мы используем для ее оценки  $\bar{X}$ . Оба критерия имеют свои достоинства, но необходимо соблюдать осторожность при определении того, какой использовать. Это правда, что оба будут проверять вероятность того, что набор проб был составлен из одной и той же популяции, что может означать однородность смеси (существование различных популяций в смеси явно означает, что она не является однородной). Однако, возможно, все наши пробы, происходят из одной и той же популяции, хотя смесь не однородна. Возможно, мы повторили отбор пробы несколько раз из тихой области в миксере, или, возможно, в миксере есть места, которые идентичны друг другу, но очень отличаются от любого другого месторасположения. Формула (8) будет лучше работать, улавливая это, чем формула (9), поскольку (8) требует не только того, чтобы пробы были взяты из идентичных групп, но каждая из этих групп имела бы точное генеральное среднее. Формула (9) требует только, чтобы пробы были взяты из групп с тем же средним. Если мы уверены, что знаем точное значение  $\lambda$ , следует использовать формулу (8).



### 3. Степени свободы

Правило для определения степеней свободы при проверке верности гипотезы по критерию хи-квадрат такое:  $k=N-r-1$ ; где  $N$  – количество проб, а  $r$  – количество параметров, которые нам необходимо оценить, чтобы узнать форму теоретического распределение. Для закона распределения Пуассона единственный параметр, необходимый для полного описания формы графика это  $\lambda$ , поэтому количество степеней свободы должно быть либо  $N-1$  (если мы используем известное  $\lambda$ ) или  $N-2$  (если мы используем  $\bar{X}$  вместо  $\lambda$ ). Заметим, что уменьшение количества проб  $N$  уменьшит нашу способность правильно определить, момент, когда смесь все еще неоднородна, поскольку  $N$  влияет на степени свободы, что, в свою очередь, влияет на критическое значение критерия хи-квадрат.

### 4. Ошибки I рода и II рода, и определение «хорошего смешивания»

В предыдущем параграфе было сделано предположение, которое следует указать явно: *нулевая гипотеза*  $H_0$ , которую мы тестируем, состоит в том, что либо «смесь является однородной», либо «смешивание завершённым». Это означает, что ошибка I рода (отклонение истинной гипотезы  $H_0$ ) приводит к продолжению перемешивания тогда, когда уже можно бы остановиться [336]. Ошибка II рода (принятие ложного  $H_0$ ) означает, что мы завершаем смешивание, даже если смесь далеко не однородна [337]. Вероятность ошибки II рода обратно пропорциональна «мощности» статистического критерия, с помощью которого мы проверяем  $H_0$ . Если нам нужен мощный критерий (чтобы мы могли отклонить больше неверных значений  $H_0$ ), мы будем чаще делать ошибки II рода. Мощность статистического критерия также связана с оптимальным размером выборки, необходимым для выполнения статистического анализа. Как уже упоминалось выше, меньшее количество проб (меньшие  $N$ ) означает меньшую мощность критерия [338].

Это подчеркивает фундаментальный вопрос при определении результата смешивания – как мы описываем разные степени неоднородности [339]. Что значит сказать что-то вроде «продукция только на 80 % смешанная»? Это то же самое, что сказать «вероятность ошибки II рода составляет 20 %»? Оказывается, что нет. Первое утверждение имеет дело с уровнем однородности в смеси, последнее утверждение имеет дело только с критическим значением. Будут оцениваться по существу «смешанные хорошо» и «смешанные очень»,

---

<sup>336</sup> Schneider J.W. Null hypothesis significance tests: A mix-up of two different theories – the basis for widespread confusion and numerous misinterpretations. *Scientometrics*. – 2015. V.102(1). – P.411–432.

<sup>337</sup> Hypothesis testing, type I and type II errors. / Amitav Banerjee, U.B. Chitnis, S.L. Jadhav, J.S. Bhawalkar, S. Chaudhury // *Ind Psychiatry J.* – 2009. – V.18 (2). – P. 127–131.

<sup>338</sup> Amitav Banerjee, U. B. Chitnis, S. L. Jadhav, J. S. Bhawalkar, and S. Chaudhury<sup>1</sup> Hypothesis testing, type I and type II errors *Ind Psychiatry J.* 2009. – 18(2): 127–131.

<sup>339</sup> Berger J.O. Could Fisher, Jeffreys and Neyman Have Agreed on Testing? // *Statistical Science*. – 2003. – V. 18, №.1. – P. 1–32.

очень хорошо» по-разному в первом, но идентично в последнем. Если вы хотите сказать: «Я правильно идентифицирую хорошее смешивание в 80 % случаев», это может быть выполнено регулируя мощность критерия, но это ничего не говорит о том, какие эти 80 % (они могут быть смешаны за два раза по мере необходимости) [340]. Аналогичный вывод может быть сделан в отношении выбора критического значения для отклонения  $H_0$  (мы называем это «мощность» критерия). Как 5 %, так и 1 % можно задать для проверки этой гипотезы, где меньший размер означает, что  $H_0$  отклоняется реже. Это не то же самое, что сказать, что мы определяем только очень плохое смешивание. Размер критерия определяет, насколько тщательно мы можем разделить смеси на две группы: «хорошая смесь» и «плохая смесь». В каждой группе будут различные уровни смешивания – плохие смеси и абсолютно ужасные смеси будут в одной и той же группе – и мощность критерия не может ничего сделать, чтобы различать эти два результата. Оба будут отклонены с одинаковой вероятностью. Так в чем тут мощность критерия? Определение уровня значимости применения критерия с помощью ошибки I рода и II рода является ключевым. Нужно иметь в виду, что статистики, используемые здесь, дают нам только ответы «да» или «нет» – они не говорят нам «насколько хорошо это смешано». Для задания уровня значимости проверки гипотез, то есть вероятности получить ошибку I рода или ошибку II рода первостепенное значение имеет тщательное рассмотрение ущерба от последствий каждого типа ошибки. Можно уточнять статистический критерий до тех пор, пока он не подберет выбранное вами критическое значение с неизмеримой точностью, но этот критерий будет бесполезен, если вы выберете несоответствующее последствиям ошибок критическое значение.

##### *5. Особенности проверки гипотезы о завершённости смешивания*

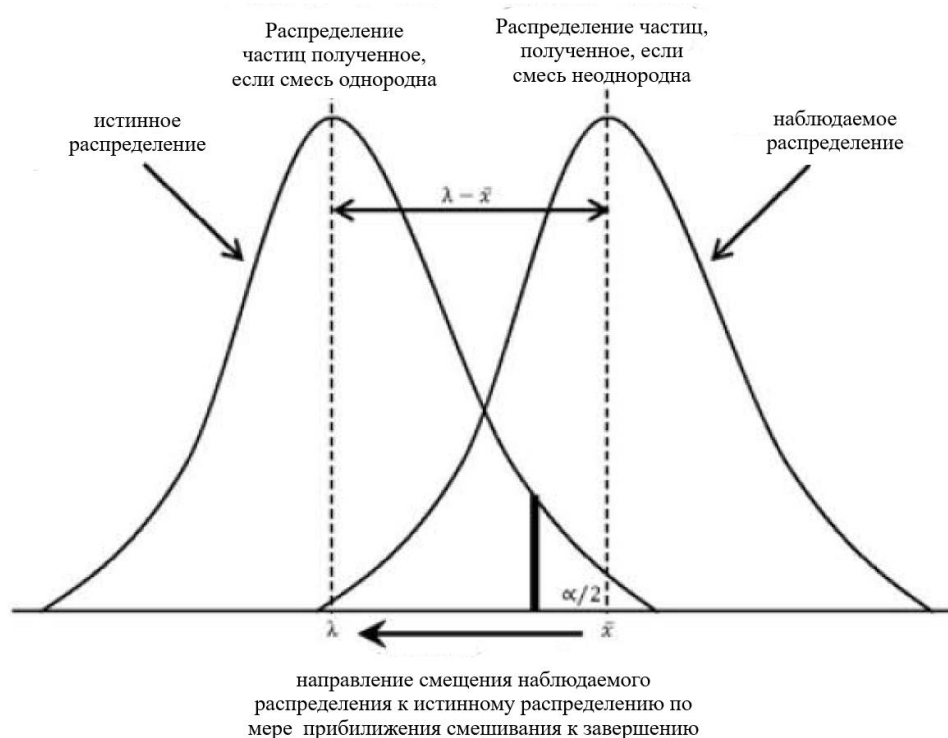
Как уже описано ранее, при взятии проб из смесителя мы, по сути, определяем точки наблюдаемых данных и смотрим, соответствует ли полученный график графику истинного (теоретического) распределения. Поэтому работу статистических критериев, описанных выше, можно проиллюстрировать с помощью простой диаграммы на рис. 1. По мере выполнения смешивания среднее число наблюдаемых частиц в пробе должно приближаться к ожидаемому (истинному) среднему значению. По сути, наблюдаемое распределение движется к истинному распределению, как показано на рисунке ниже, где истинное (генеральное) среднее –  $\lambda$ , а наблюдаемое среднее –  $\bar{X}$ .

Хотя рис. 1 подразумевает нормально распределенные переменные, заметим, что истинное (теоретическое) распределение – это распределение Пуассона (хотя для больших  $\lambda$  оба распределения выглядят очень похоже). Кроме того, хотя нарисовано наблюдаемое распределение плавным, это должен быть в действительности набор

---

<sup>340</sup> Nuzzo R. Scientific method: statistical errors. Nature. 2014;506:150-2

точек. Наконец, дисперсия каждого распределения на рис. 1 идентичны – деталь, которая может не выполняться в действительности (наблюдаемое распределение может быть шире, чем истинное распределение, например). Однако, эти предположения сделаны только для наглядности рисунка. Ослабление этих предположений не подрывает результаты или гипотезу в силу следующих соображений. Исходя из ситуации, изображенной на рис. 1, мы бы отклонили нулевую гипотезу  $H_0$ , что смешивание закончено (или смесь однородна), потому что наблюдаемое среднее  $\bar{X}$  лежит правее по оси  $OX$  от критического значения (темная линия, отделяющая  $\lambda$  от области, помеченной  $\frac{\alpha}{2}$ ). Если  $\bar{X}$  находится дальше от  $\lambda$ , чем критическое значение, то есть уверенность, что  $\bar{X}$  будет настолько редким при истинном  $H_0$ , что мы отклоним  $H_0$ .



**Рис. 1. Графическая иллюстрация проверки однородности кормовой смеси с помощью статистического критерия Пирсона  $\chi^2$**

Как ошибки I рода и II рода влияют на эту гипотезу? Рассмотрим следующие четыре возможных результата проверки статистической гипотезы, основанной на приведенном выше рисунке [341]:

1. Распределения разные, и получаем значение для  $\bar{X}$ , которое находится справа от критического значения, и в этом случае отклоняем  $H_0$  (правильно).

2. Распределения разные, и получаем значение для  $\bar{X}$ , которое находится слева от критического значения, и в этом случае принимаем

<sup>341</sup> Харин А. Оценивание вероятностей ошибок последовательного критерия отношения вероятностей / А. Харин, С. Чернов // Вестник БГУ. – Минск, 2011. – С. 96–100.

значение  $H_0$  (неверно). Ошибка II рода.

3. Распределения одинаковы, и получаем значение для  $\bar{X}$ , которое находится справа от критического значения, и в этом случае отклоняем  $H_0$  (неверно). Ошибка I рода.

4. Распределения одинаковы, и получаем значение для  $\bar{X}$ , которое находится слева критического значения, и в этом случае принимаем  $H_0$  (правильно).

Очевидно, что корректировка критического значения повлияет на вероятность ошибок в п. 2. и п. 3, а также на фактическое положение каждого распределения. Если мы выберем очень маленькое  $\alpha$ , чтобы быть уверенными, прежде чем отклонить  $H_0$ , тогда критическое значение (темная линия) перемещается вправо, что будет значить, что группа смесей, которую мы считаем хорошей, начнёт включать все больше и больше плохих смесей. Можно изобразить перемещение темной линии, определяющей критическое значение вправо на этой диаграмме, пока она не окажется правее от  $\bar{X}$ , а в этом случае мы бы приняли вышеуказанную гипотезу  $H_0$ , что статистически то же самое, что и истинное (теоретическое) распределение, и, таким образом, сделав вывод, что смесь хорошая, хотя это не так.

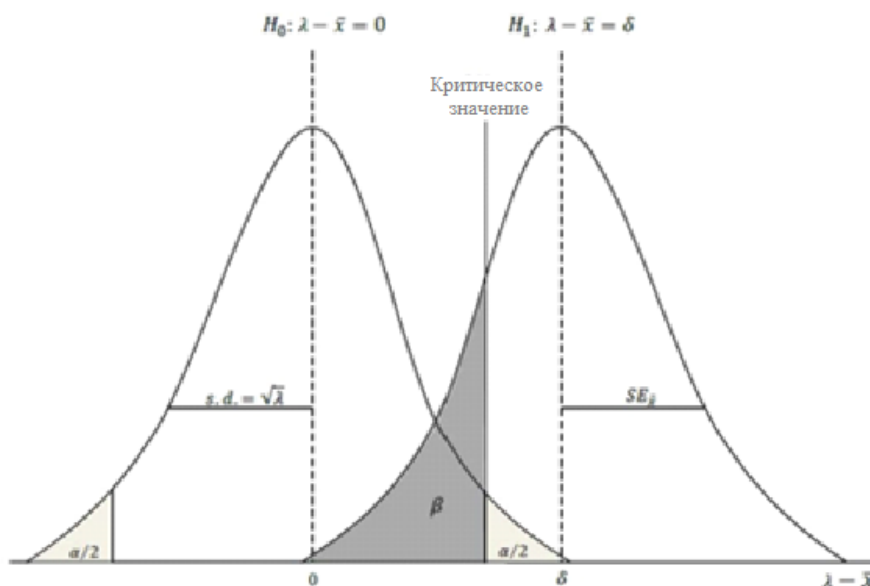
Этот рисунок и понимание взаимосвязи между формой и положением распределений относительно друг друга, позволяет также определить оптимальные размер выборки и количество частиц. Из проведённых рассуждений можно сделать вывод, о том, как важно иметь глубокое понимание того, что ошибки I рода и II рода в действительности означают с точки зрения процесса смешивания корма.

Дополнительную информацию для понимания процесса проверки статистических гипотез может дать анализ баланса между ошибками I и II рода. Как правило, вследствие выполнения таких условий, как Закон больших чисел (выборочное среднее приближается к истинному (генеральному) среднему значению популяции при достаточно большом числе наблюдений) и Центральная предельная теорема (выборочные средние будут нормально распределены для больших размеров выборки), для проверки статистических гипотез всегда желательны как можно большие размеры выборки.

Используемые нами статистические критерии аналогичны сопоставлению графика данных с графиком истинного распределения Пуассона и сравнения их формы.

Следующий рисунок иллюстрирует баланс между ошибками I и II рода. Обратите внимание: хотя приведенный ниже рисунок выглядит очень похоже с рис. 1, они совершенно разные. Рис. 1 отображает среднее значение на оси  $x$ . На рис. 2 на оси  $x$  показана разность в значениях.

Как и на рис. 1, графики распределений статистики  $(\lambda - \bar{X})$  выглядят как нормальные распределения, но они стремятся к графикам Пуассоновского распределения.



**Рис. 2. Графики распределения статистики  $(\lambda - \bar{X})$**

Распределение справа – это наблюдаемые данные, а распределение слева – истинное (теоретическое) распределение. Используемые обозначения являются стандартными.  $SE_{\bar{x}}$  – стандартное отклонение для наблюдаемого распределения и, поскольку это распределение Пуассона,  $\sqrt{\lambda}$  – стандартное отклонение для истинного распределения (они кажутся равным на рисунке, но они не обязательно должны быть такими),  $\bar{X}$  указывает выборочное среднее,  $\lambda$  является истинным (теоретическим) средним значением. В нижнем индексе 0 обозначает основную гипотезу, 1 обозначает альтернативную и  $H_0$  – нулевая гипотеза (однородная смесь), которая требует, чтобы выборочное среднее значение было таким же, как истинное среднее,  $\lambda - \bar{X} = 0$ . (Мы изображаем это так, что наблюдаемое распределение находится справа от нулевого ( $\bar{X} > \lambda$ ), но обратное также может быть верным). Вероятность ошибки I рода равна  $\alpha$  (размер критерия), а вероятность ошибки II рода равна  $\beta$  (темная область). Мощность критерия, таким образом, равна  $1 - \beta$ . Обратите внимание, что здесь мы предполагаем двухстороннюю критическую область, поэтому каждый хвост помечен  $\frac{\alpha}{2}$ .

На рис. 2 приведена диаграмма проверки нулевой гипотезы  $H_0$  о том, что различие в средних нуль. Это согласуется с критерием, который мы используем при смешивании корма – мы хотим знать совпадает ли фактическое среднее число частиц с предсказанным теоретическим средним значением. Отметим, что нулевое распределение определяет размер критерия  $\alpha$ , а альтернативное распределение определяет мощность критерия  $(1 - \beta)$ . Если мы выберем  $\alpha$  таким, чтобы быть очень уверенными, прежде чем отклонить  $H_0$  ( $\alpha$  будет небольшим – 1 % или 0,1 %, например), то критическое значение (помеченное на рисунке 2)

переходит вправо и  $\beta$  возрастает, что означает, что наша способность правильно идентифицировать неполное смешивание падает. Мы будем принимать более неоднородные смеси, поскольку  $\alpha$  приближается к нулю. Таким образом, более низкая вероятность ошибки I рода (малая  $\alpha$ ) подразумевает более высокую вероятность ошибки II рода (большое  $\beta$ ).

### **3.10. Вивчення впливу хітозану на реологічні властивості гелів з білково-вуглеводно-мінеральною добавкою «Рекорд75»**

*Пешук Л.В., Горбач О.Я., Галенко О.О.  
Національний університет харчових технологій*

У харчовій промисловості в якості структуроутворювачів використовують речовини як хімічної природи, так і натуральні: тваринного, рослинного і мікробіологічного походження. Серед них широко застосування набули природні біополімери, які мають вуглеводну або білкову основу. Вивчення їх функціонально-технологічних властивостей дозволить переглянути традиційні принципи їх технологічного застосування, виявити нові аспекти взаємодії в гетерогенних системах, оптимізувати параметри і норми введення, створити науково обґрунтовані технології високоякісних харчових продуктів. Серед структуроутворювачів значне місце посідають карагінани, найчастіше каппа-, йота- і лямбда-карагінан, зокрема в м'ясній галузі каппа-карагінан. Одним з основних параметрів ефективного їх використання є ступінь розчинності в воді з утворенням в'язких розчинів. Широке застосування в м'ясній промисловості знайшов каппа-карагінан. Використання карагінанів в м'ясних продуктах пов'язано з їх здатністю реагувати з білками, гуаровою камідю, камідю ріжкового дерева. Між сульфатними групами карагінану і зарядженими групами протеїнів існує іонний зв'язок. При цьому виникають різні ефекти, наприклад, збільшення в'язкості, драглеутворення, стабілізація й осадження. Така особливість карагінану успішно використовується для моделювання властивостей кінцевого продукту. Карагінан широко використовується при виробництві консервів, ковбас, шинок. Експертним комітетом з харчових добавок ФАО/ВООЗ встановлена допустима добова доза карагінану – до 75 мг на 1 кг маси тіла. В даний час асортимент натуральних структуроутворювачів на основі полісахаридів тваринного походження невеликий. Особливий інтерес представляє хітозан, що є похідним природного целюлозоподібного біополімера, що відноситься до класу полісахаридів – хітину. Хітин широко поширений в природі, зокрема він входить до складу опорних тканин і зовнішнього скелета ракоподібних, комах і мікроорганізмів. Отримують хітин шляхом обробки сировини – подрібнених в порошок

висушених панцирів ракоподібних – розведеними розчинами кислот і лугів для видалення білкових речовин, мінеральних домішок [342]. Широке використання хітозану при виробництві харчових продуктів пов'язано з його нетоксичністю і біологічною активністю. Об'єднаним комітетом експертів ФАО/ВООЗ з харчових добавок уточнюється допустима добова доза хітозану.

Нині немає єдиної точки зору щодо механізму гелеутворення в хітозанових розчинах, так К.С. Купріна, І.Ю. Козлова вважають, що хітозанові гелі утворюються завдяки пересічним зв'язкам між подвійними спіралями, а В.Д. Богданов – що хітозан утворює гелі внаслідок гідрофобної взаємодії між послідовно розташованими N-ацильними залишками. Здатність хітозану розчинятися в розведених органічних або мінеральних кислотах з утворенням безбарвних в'язких розчинів дозволяє використовувати його в різних галузях промисловості в якості структуроутворювача. Хітозан має властивості емульгатора, згущувача і дозволяє отримувати на його основі стійкі, густі, яскраво білого кольору емульсії прямого типу.

Розгляд властивостей структуроутворювачів полісахаридної природи як рослинного так і тваринного походження свідчить про специфічні технологічні властивості, завдяки яким їх можна використовувати за конкретним призначенням. Тому стає доцільним проведення подальших досліджень по вивченню механізму утворення структури харчових систем за допомогою розробки композиційних сумішей структуроутворювачів з регульованою функціональною спрямованістю.

Для встановлення перспективи по використанню білкових добавок у технології м'ясних продуктів нами було досліджено зміни реологічних властивостей водних розчинів колагенового білкового препарату PreGel 95 за різних концентрацій як хітозану так і різних гідромодулів.

На першому етапі було вивчено вплив масової частки хітозану (С, %) на реологічні властивості водно-білкової емульсії. Водорозчинний хітозан (ТУ ВУ 291075215.002-2014 Добавка пищевая комплексная «Хитозан») додавали в сухому вигляді в діапазоні від 0,5 до 4% до маси тваринного білка «PreGel 95». Гідратацію білка проводили, відповідно до рекомендацій виробника, у співвідношенні 1:10 на кутері при швидкості обертання ножового вала 1500 об / хв., за контроль було взято зразок водно-білкової емульсії без додавання хітозану.

Отримані гелі витримували при температурі 6–8 °С і через 1, 2, 4, 8 і 24 год. вимірювали величину пенетрації зразків, глибину занурення конуса Консистометра Гепплера, дія якого заснована на вимірюванні величини переміщення конуса або насадки з голками певної маси в досліджуваному продукті протягом фіксованого часу. Величину граничного напруження зсуву (ГНЗ) розраховували за формулою П.А. Ребіндера для в'язко-пластичних тіл. Отримані результати наведені в табл. 1.

---

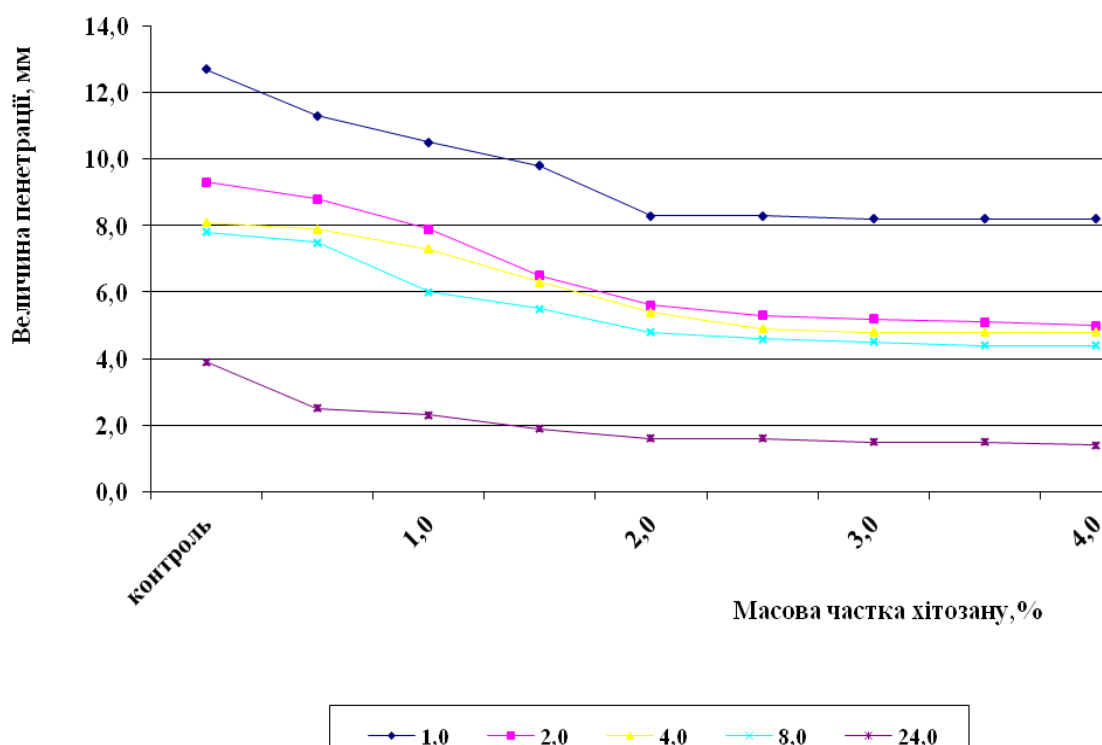
<sup>342</sup> Губайдулина А.А. Микрочастицы хитозана для получения формы альфа-интерферона пролонгированого действия / А.А. Губайдулина, Г.И. Смагина, А.И. Мелентьев, М.М. Алсынбаев // Биотехнология. — 2010. — № 5. — С. 45—50.

## 1. Реологічні властивості водно-білкової емульсії з хітозаном

Час, год.	Показники	Масова частка хітозану, %								
		Конт-роль	0,5	1	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
1	Пенетрація, мм	12,7	11,3	10,5	9,8	8,3	8,3	8,2	8,2	8,2
	ГНС, Па	1014,5	1021,3	1034,8	1058,3	1067,5	1084,2	1096,5	1112,5	1127,2
2	Пенетрація, мм	9,3	8,8	7,9	6,5	5,6	5,3	5,2	5,1	5,0
	ГНС, Па	2011	2018,4	2022	2028,7	2035,4	2043,2	2056,3	2068,5	2075,3
4	Пенетрація, мм	8,1	7,9	7,3	6,3	5,4	4,9	4,8	4,8	4,8
	ГНС, Па	4635,5	4750,5	4823,3	4950,5	5218,4	5250,2	5290,4	5315,8	5343,2
8	Пенетрація, мм	7,8	7,5	6,0	5,5	4,8	4,6	4,5	4,4	4,4
	ГНС, Па	4832,1	4961,3	5230,4	5790,2	6532,7	6580,5	6328,4	6343,8	6351,2
24	Пенетрація, мм	3,9	2,5	2,3	1,9	1,6	1,6	1,5	1,5	1,4
	ГНС, Па	4950,2	5183,0	5765,5	6282,3	6750,7	6801,3	6825,3	6863,5	6891,2

Джерело: авторські дослідження

З табл. 1 видно, що хітозан, при внесенні в водно-білкову емульсію, взаємодіючи з білковою основою, покращує гелеутворюючі властивості системи, в результаті чого гідратація препарату призводить до отримання щільних стабільних гелів навіть без подальшої термічної обробки [343].



**Рис. 1. Залежність величини пенетрації водно-білкових емульсій від масової частки хітозану витриманих протягом 1..24 год.**

Джерело: авторські дослідження

<sup>343</sup> Jull A. B. et al. Chitosan for overweight or obesity / Cochrane Database of Systematic Reviews. — 2008. — Issue 3. — P. 6—32.



Результати експерименту (див. табл. 1) показали, що наростання міцності гелів відбувається прямо пропорційно збільшенню часу їх витримки. При витримці водно-білкової емульсії протягом 24 год показники penetрації і ГНЗ збільшилися в 3–6 разів. У порівнянні з контрольним зразком внесення хітозану в межах від 0,5 до 3 % призводило до значної зміни цих показників, а додавання хітозану понад 3 % до маси тваринного білка «PreGel95» не призводило до значного зростання показників penetрації і ГНС водно-білкової емульсії.

На наступному етапі нами були вивчені структурно-механічні показники гелів водно-білкової емульсії після термічної обробки. Для цього зразки після гідратації на кутері при співвідношенні 1:10 витримували від 1 до 24 год. і проводили термічну обробку при температурі 75–85 °С до досягнення температури 70–72 °С в геометричному центрі зразка. Потім отримані зразки охолоджували до температури 6±2 °С і визначали величину penetрації. Результати досліджень наведено в табл. 2. з якої видно, що після витримки зразків протягом 8–24 год. і наступної термообробки міцність їх збільшилась в 2,0–2,7 рази у порівнянні зі зразком який витримували всього 1 год.

**2. Ступінь penetрації водно-білкової емульсії з рівнем гідратації 1:10 до та після термообробки**

Тривалість витримки водно-білкової емульсії, год	Penetraція, мм n= 3	
	До термообробки	Після термообробки
1	8,2	3,8
2	5,2	3,3
4	4,8	2,8
8	4,5	1,9
24	1,5	1,4

Джерело: авторські дослідження

Отримані дані дозволяють зробити висновок, що використання водорозчинного хітозану в складі комплексної білоквмісної добавки є доцільним з метою покращення реологічних властивостей гелів та емульсій в кількості 3 % до маси білкового препарату, оскільки більша кількість є недоцільною із-за відсутності значного впливу на реологічні властивості емульсій та високу вартість препарату.

Розширення фундаментальних досліджень хітозану, як гелеутворювача, його властивостей, очевидно, дозволить застосовувати в продуктах харчування більш зручні форми полімеру, що володіють диференційованими властивостями щодо розчинності, сорбції, бактерицидного і антиокислювального впливу як фактора підвищення біологічної цінності їжі та лікувальних властивостей.

Нами була розроблена білково-вуглеводно-мінеральна добавка «Рекорд-75» до складу якої і увійшов хітозан.

Заміна частини м'ясної сировини в рецептурах ковбасних виробів гідратованими білковими препаратами призводить до зміни структурно-механічних характеристик фаршів і готового продукту. У літературному огляді розглянуті питання використання препаратів тваринних білків і гідроколоїдів, що володіють структуроутворюючими властивостями. До таких препаратів відноситься і розроблена харчова білково-вуглеводно-мінеральна добавка «Рекорд-75». Вона являє собою систему, основу якої складає колагеновий білок, отриманий з сполучної тканини свинини. «Нейтральність» розробленої харчової добавки обумовлена тим, що вона не містить барвників, спецій та смакових добавок. Особливістю даного препарату є те, що до його складу входить хітозан та хлорид кальцію, які, взаємодіючи з білковою основою, в значній мірі покращують гелеутворюючі властивості системи.

Специфікація білково-вуглеводно-мінеральної добавки «Рекорд-75» наведена в табл. 3.

### 3. Специфікація білково-вуглеводно-мінеральної добавки «Рекорд75»

Опис:	БВМД «Рекорд 75» – суміш тваринних білків з яскраво вираженими термостабільними якостями, емульгатор
Склад :	Свинний білок, сироватковий білок, хітозан, кальцій хлористий
Дозування:	1–3% до маси несоленої сировини
Сфера застосування:	Охолоджені та заморожені напівфабрикати, сосиски, сардельки, варені та напівкопчені ковбасні вироби, білково-жирові емульсії, реструктуровані шинкові вироби, розсоли для ін'єктування
Функціональність:	Зв'язування жиру, зв'язування води
Зовнішній вигляд:	Неоднорідна порошкоподібна суміш, дозволено грудочки, що нещільно злежалися та розсипаються у разі легкого надавлювання. Колір – різних відтінків, властивий компонентам, що відповідно до рецептури входять до складу добавки. Запах – властивий компонентам, що відповідно до рецептури входять до складу добавки. Не дозволено присутність стороннього запаху та присмаку
Хімічний склад	Білок, % Nх6,25 – не менше 80 Жир, % – не більше 11 Волога, % – не більше 8 Зола, % – не більше 2
Мікробіологічний аналіз:	Загальна кількість мікроорганізмів: <10000/г Дріжджі та плісняві гриби: <100/г Сальмонели на 25 грам: відсутні

Джерело: авторські дослідження

З урахуванням вмісту білка в добавці – не менше 80 % і вмісту білка в м'ясопродуктах є можливість використання БВМД «Рекорд-75» в гідратованому вигляді. Ми пропонуємо проводити гідратацію при співвідношенні препарат:вода - 1:7÷1:10, що відповідає вмісту білка в

ковбасних виробів 1 сорту згідно ДСТУ 4529:2006 «Ковбаси варені з м'яса птиці та м'яса кролів. Загальні технічні умови».

З метою розробки практичних рекомендацій що до використання БВМД «Рекорд-75» в технології м'ясопродуктів були проведені дослідження з вивчення його реологічних властивостей. Гідратацію препарату проводили відповідно до рекомендацій від 1:7 до 1:10 на кутері при швидкості обертання ножового вала 1500 об./хв.

Отримані гелі витримували при температурі 6–8 °С і через 1, 2, 4, 8 і 24 год. вимірювали величину penetрації зразків, глибину занурення конуса Консистометра Гепплера, дія якого заснована на вимірюванні величини переміщення конуса або насадки з голками певної маси в досліджуваному продукті протягом фіксованого часу. Отримані результати представлені в табл. 4.

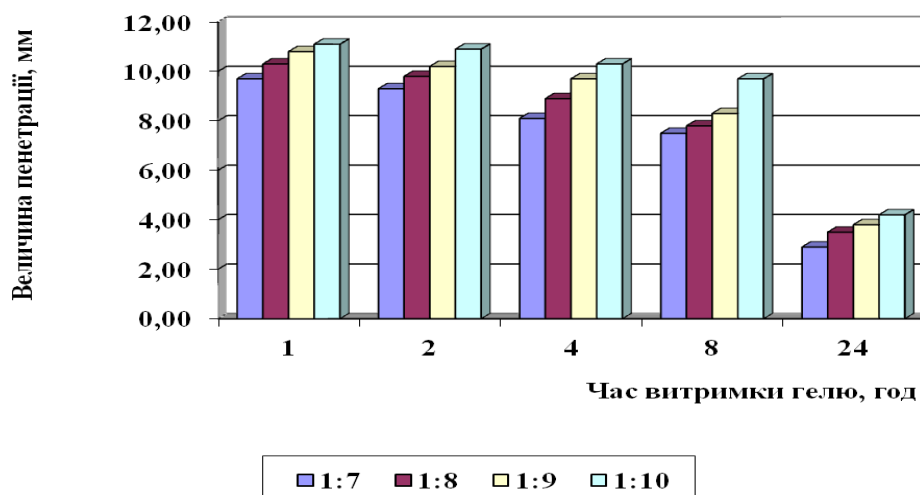
#### 4. Реологічні властивості БВМД «Рекорд-75» n = 3, V < 18

Час витримки, годин	Показники	Рівень гідратації БВМД «Рекорд-75»			
		1:7	1:8	1:9	1:10
1	Пенетрація, мм	9,7	10,3	10,8	11,1
	ГНС, Па	1214,5	1021,3	984,4	937,2
2	Пенетрація, мм	9,3	9,8	10,2	10,9
	ГНС, Па	2159	2011,4	1083,1	1605,1
4	Пенетрація, мм	8,1	8,9	9,7	10,3
	ГНС, Па	5395,5	4901,5	4445,0	4214,5
8	Пенетрація, мм	7,5	7,8	8,3	9,7
	ГНС, Па	6858,5	5858,0	5359,4	4845,3
24	Пенетрація, мм	2,9	3,5	3,8	4,2
	ГНС, Па	6995,5	6835,2	6759,4	6559,2

Джерело: авторські дослідження

Як було зазначено вище, тваринні колагенові білки після термічної обробки утворюють щільні гелі, однак, отриманий гель нетермостабільний і при вторинній тепловій обробці може плавитися. Хлорид кальцію та хітозан, що входять до складу розробленої БВМД «Рекорд-75» взаємодіючи з білковою основою, покращують гелеутворюючі властивості системи, в результаті чого гідратація препарату призводить до отримання щільних стабільних гелів навіть без подальшої термічної обробки.

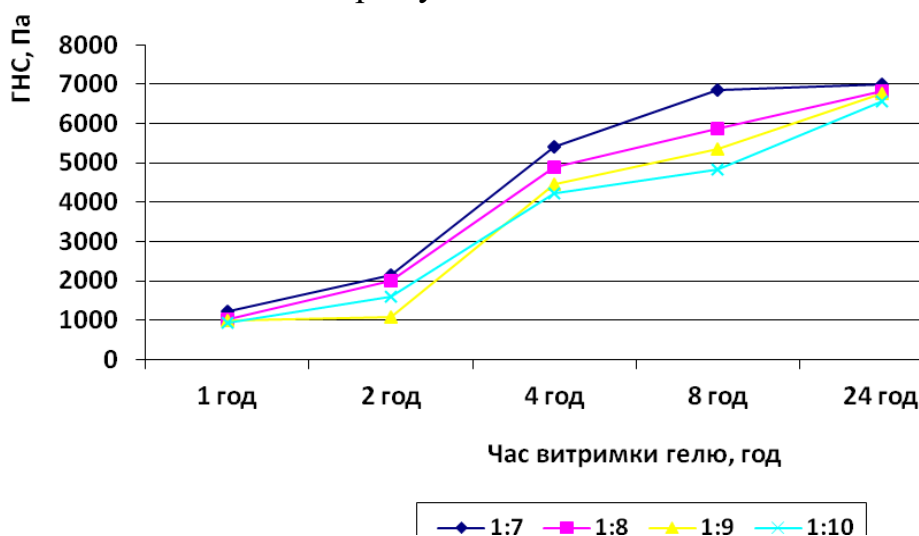
З огляду на те, що хлорид кальцію добре розчиняється у воді і є дуже гігроскопічним, отримані високі показники реологічних характеристик можуть бути обумовлені хімічною здатністю кальцієвого компонента вступати в реакції ущільнення зі структурними елементами БВМД, а саме молекулами тваринних білків. Отримані результати експерименту, показали, що зі збільшенням часу витримки відбувається наростання міцності гелів. При витримці протягом 24 год. показники penetрації і ГНС збільшилися в 3–6 разів. Найкращі значення показників структурно-механічних властивостей мали гелі з рівнем гідратації 1:7.



**Рис. 2. Залежність величини penetрації від ступеня гідратації і часу витримки гелю**

Джерело: авторські дослідження

На наступному етапі були проведені дослідження щодо вивчення структурно-механічних показники гелів препарату «Рекорд-75» після термічної обробки. Для цього зразки після гідратації на кутері при співвідношенні 1:7 витримували від 1 до 24 год.



**Рис. 3. Зміна граничної напруги зсуву гідратованих гелів протягом 1-24 год.**

Джерело: авторські дослідження

Далі варили при температурі 75–85 °С до температури 70–72 °С в центрі. Потім гель охолоджували до температури 6±2 °С і визначали величину penetрації. Результати досліджень показали, що після витримки гелів протягом 8–24 год. і наступної термообробки міцність їх збільшується в 2,2–2,7 рази в порівнянні з витримкою гелю протягом 1 год. Високі міцнісні властивості як сирих, так і термооброблених гелів дозволяють рекомендувати використання БВМД «Рекорд-75» в технології варених ковбасних виробів з метою поліпшення їх структурно-механічних характеристик.

### **3.11. Використання вторинної рослинної сировини в технології м'ясних продуктів з антиоксидантними властивостями**

*Пешук Л.В., Іванова Т.М.*

*Національний університет харчових технологій*

*Будник Н.В.*

*Полтавська державна аграрна академія*

Одним з пріоритетних напрямків державної політики індустріально розвинутих країн є забезпечення продовольчої безпеки та формування системи здорового харчування. Максимальне збереження виготовленої харчової продукції є ключовою проблемою людства протягом всієї історії його існування. Тим не менше, щорічно у світі в результаті псування втрачається до 30 % продуктів харчування: за рахунок мікробіологічного псування, окиснювальних процесів. Тому вивчення механізмів окиснювального псування та методів запобігання окисних процесів є надзвичайно актуальним завданням.

Зростання впливу окиснювального стресу на організм людини викликане погіршенням екології, опроміненням, забрудненою їжею, деякими ліками, палінням, алкоголем, психоемоційними стресами та інше. Тривале посилення стану окисного стресу неминуче призводить до формування небезпечних соціально значущих хвороб (серцево-судинних, онкологічних, діабету) і передчасного старіння. Серцево-судинні захворювання є серйозною медико-соціальною проблемою сучасного суспільства через значну поширеність та високу смертність населення.

На механізми перебігу хімічних процесів при окисненні жирів можна впливати, використовуючи різні види антиоксидантів, як синтетичних так і натуральних. Проте в світі склалося негативне ставлення до синтетичних антиоксидантів, оскільки вони можуть викликати харчові інтоксикації, алергічні захворювання, що зумовлено їх хімічною природою. Тому значна увага приділяється натуральним антиоксидантам і джерелам їх отримання. Одним із потужних антиоксидантів природного походження є біофлаваноїд кверцетин, а також кверцетинвмісна сировина – лушпиння цибулі.

Відповідно даним І.В. Ковалевської кверцетин в лушпинні цибулі 40000 мг/кг [344]. В світі об'єми виробництва цибулі ріпчастої за рік складають близько 55 млн тонн, в тому числі в Україні за минулий рік склало 11413, 0 тис. ц частка відходів 10–30 % в залежності від виду цибулі і умов вирощування [345].

Рекомендовано вносити кверцетинвмісну сировину у вигляді екстракту, оскільки їх застосування в харчовій промисловості

---

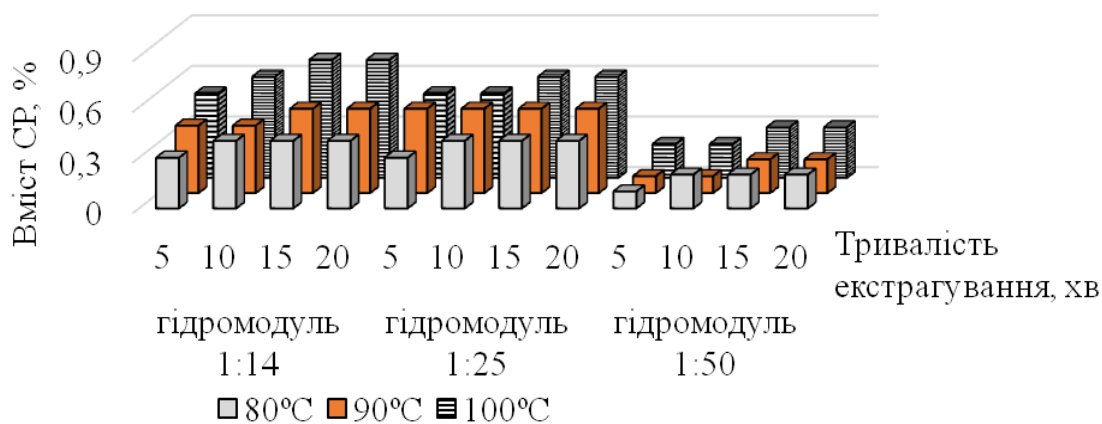
<sup>344</sup> Ковалевська І.В. Визначення фізико-хімічних характеристик кверцетину / І.В. Ковалевська // Фармакогнозія та хімія природних сполук.. –2014. – С. 65–68.

<sup>345</sup> Завадська О.В. Підбір для сушіння сортів цибулі ріпчастої, вирощеної в умовах лісостепу України / О.В. Завадська // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. – 2012. – 176. – С. 247–252.

розширюється не тільки за рахунок принципово нових видів рослинної сировини, але й шляхом створення оригінальних за смако-ароматичними властивостями фітокомпозицій. Крім того, рослинні екстракти сприяють значному покращенню органолептичних показників харчових продуктів за рахунок вмісту природних барвників і ефірних олій, мають здатність подовжувати терміни зберігання продуктів [346].

Параметри екстрагування кверцетинвмісної сировини варіювали в межах: гідромодуль – від 1:10 до 1:50, температура – від 80 до 100 °С, тривалість процесу – від 5 до 20 хв. Концентрацію сухих речовин (СР) визначали кожні 5 хв. Процес вважали завершеним, коли вміст сухих речовин не змінювався впродовж наступних 5–10 хв. Екстракти охолоджували до кімнатної температури, відфільтровували та досліджували.

Експериментально були встановлені оптимальні параметри екстрагування СР із лушпиння цибулі (рис. 1): гідромодуль 1:25, тривалість екстрагування 15 хв. за температури 100 °С. В отриманому екстракті вміст сухих речовин склав 0,6 %. Проте, рецептури м'ясних продуктів обумовлюють лімітовану кількість рідини (води чи екстракту). Враховуючи, що кверцетин є термостійкою речовиною, рекомендовано упарювати отриманий екстракт (за температури 90...100 °С, в 10 разів). Після упарювання теж було визначено концентрації сухих речовин в екстракті, який склав 10,7 % і кількість кверцетину – 1 г/дм<sup>3</sup>.



**Рис. 1. Залежність вмісту СР, % в екстракті лушпиння цибулі в системі вода, залежно від температури, гідромодуля і тривалості екстрагування**

Джерело: авторська розробка

Враховуючи деякі особливості умов збирання та зберігання кверцетинвмісної сировини, складаються сприятливі умови для розвитку мікрофлори в екстрактах з неї. Тому необхідним було проведення мікробіологічної оцінки стабільності технологічних властивостей даних екстрактів у виробничих умовах. Так, мікробіологічний аналіз екстрактів

<sup>346</sup> Толкунова Н.Н., Чуева Е.Н., Бидюк А.Л. Влияние экстрактов лекарственных растений на развитие микроорганизмов / Н.Н. Толкунова, Е.Н. Чуева, А.Л. Бидюк // Пищевая промышленность. – 2002. – № 8. – С. 70–71.

показав, що протягом 72 год. зберігання при 0...6 °С, вони відповідають встановленим санітарно-мікробіологічним нормативам та є безпечними для подальшого використання в рецептурі м'ясних продуктів. Бактерій групи кишкової палички та золотистого стафілокока в досліджених екстрактах не виявлено. Водний екстракт лушпиння цибулі мав також бактеріостатичну дію, оскільки спостерігалась затримка росту деяких мікроорганізмів (*B. subtilis* БТ-2, *Pseudomonas sp.* МІ-2).

Значним попитом серед м'ясних продуктів користуються група варених ковбас, сосисок і сарделенок, а також м'ясні напівфабрикати, зокрема посічені (котлети). Тому ці види м'ясних продуктів було обрано для удосконалення з включенням яловичини, свинини, м'яса птиці, м'яса птиці механічного обвалювання та з додаванням в рецептурі кверцетину хімічно чистого виробництва німецької компанія Merk (для порівняння), водного екстракту з лушпиння цибулі (ЕЛЦ). Технологічна схема виробництва м'ясних виробів є класичною, але на стадії кутерування замість води вносили отриманий екстракт – 20 дм<sup>3</sup> упареного екстракта лушпиння цибулі на 100 кг несоленої сировини, що відповідає рекомендаціям ФАО/ВООЗ по використанню антиокиснювачів. За контроль було взято м'ясні вироби по ДСТУ 4529:26 «Ковбаси варені з м'яса птиці та м'яса кролів. Загальні технічні умови» та ДСТУ 4437:2005 «Напівфабрикати м'ясні та м'ясо-рослинні посічені. Технічні умови».

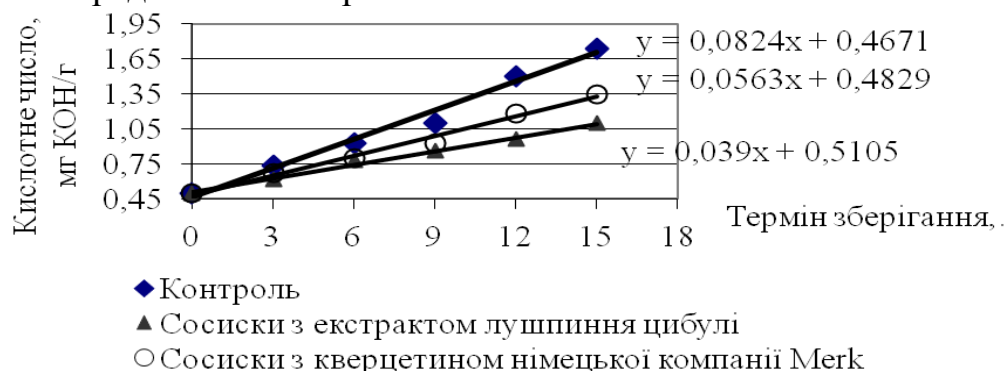
Встановлено, що принципової різниці по фізико-хімічним показникам розроблених м'ясопродуктів з додаванням кверцетинвмісної сировини в порівнянні з контрольними зразками немає, лише незначно змінюється вміст мінеральних речовин. Аналіз функціонально-технологічних (табл. 1) показників розроблених м'ясних продуктів показав, що додавання кверцетинвмісної сировини суттєво не впливає на вологозв'язуючу здатність, пластичність, рН.

### 1. Функціонально-технологічні показники м'ясних продуктів після термічного оброблення

Назва зразка	рН	Вміст вологи до загальної вологи, % (ВЗЗ <sub>до заг.вол.</sub> )	Пластичність, см <sup>2</sup> /Г
Сосиски			
Контроль (Сосиски згідно ДСТУ 4529:2006 )	6,1±0,1	69,2±0,1	8,4±0,11
з кверцетином німецької компанії Merk	6,1±0,01	69,6±0,1	7,9±0,12
з екстрактом лушпиння цибулі	6,1±0,03	69,1±0,1	8,0±0,13
Котлети			
Контроль (Котлети згідно ДСТУ 4437:2005)	6,2±0,18	78,9±0,18	13,1±0,11
з кверцетином німецької компанії Merk	6,2±0,03	72,9±0,26	10,5±0,10
з екстрактом лушпиння цибулі	6,2±0,08	71,5±0,19	10,3±0,12

Джерело: авторські розрахунки

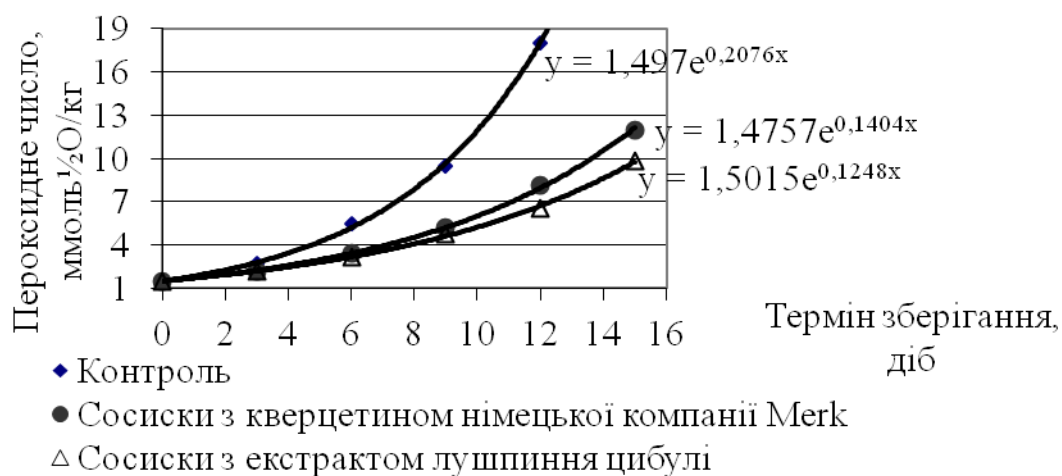
Під час зберігання м'ясних продуктів проходять процеси псування, що виражаються в зміні кислотного (КЧ) та пероксидного (ПЧ) чисел. Оскільки ступінь окиснення м'ясних продуктів не нормується діючою документацією, тому при визначенні динаміки окиснювальних процесів розроблених м'ясо-продуктів граничні значення для ПЧ і КЧ, обрано на основі встановлених норм на топлені жири: до досягнення показника КЧ більше 1,1 мг КОН/г та ПЧ – більше 10,0 ммоль $\frac{1}{2}$ O/кг. Згідно ДСТУ 4529:26 термін зберігання сосисок не більше 8 діб ( $t_{\text{зберіг.}} 0...6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) в поліамідній оболонці, напівфабрикатів заморожених ( $t_{\text{зберіг.}} -12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) згідно ДСТУ 4437:2005 – не більше 30 діб. Результати проведених досліджень представлено на рис. 2–5.



**Рис. 2. Динаміка змін кислотного числа в процесі зберігання сосисок, мг КОН/г ( $t_{\text{зберіг.}} 0...6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $p \leq 0,05$ )**

Джерело: авторські розрахунки

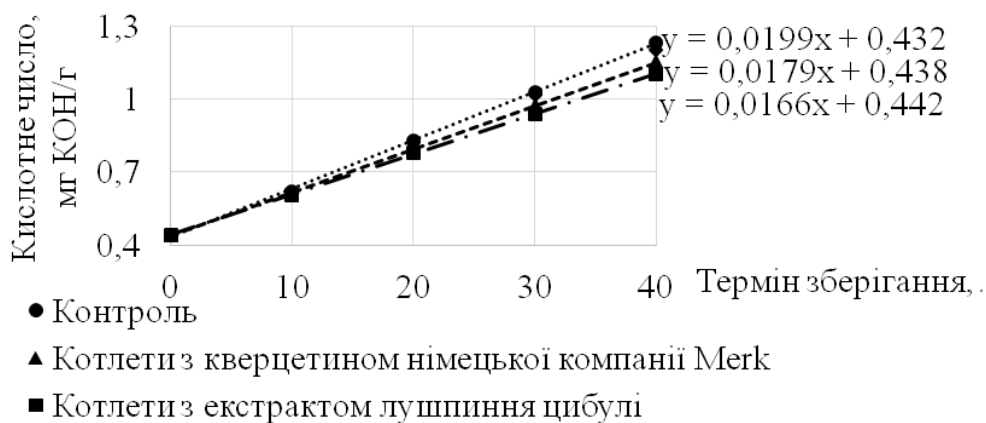
Дані рис. 2–5 вказують на більш інтенсивне зростання показників КЧ і ПЧ контрольних зразків. Сосиски (рис. 2) з внесенням екстракту лушпиння цибулі мали граничне значення КЧ – 1,07 мг КОН/г лише на 15 добу, КЧ контрольного зразку вже на 8 добу – 1,12 мг КОН/г; в котлетах (рис. 4) з ЕЛЦ на 40 добу зберігання значення КЧ становило 1,10 мг КОН/г, в контролі – 1,22 мг КОН/г.



**Рис. 3. Динаміка змін пероксидного числа в процесі зберігання сосисок, ммоль $\frac{1}{2}$ O/кг ( $t_{\text{зберіг.}} 0...6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $p \leq 0,05$ )**

Джерело: авторські розрахунки





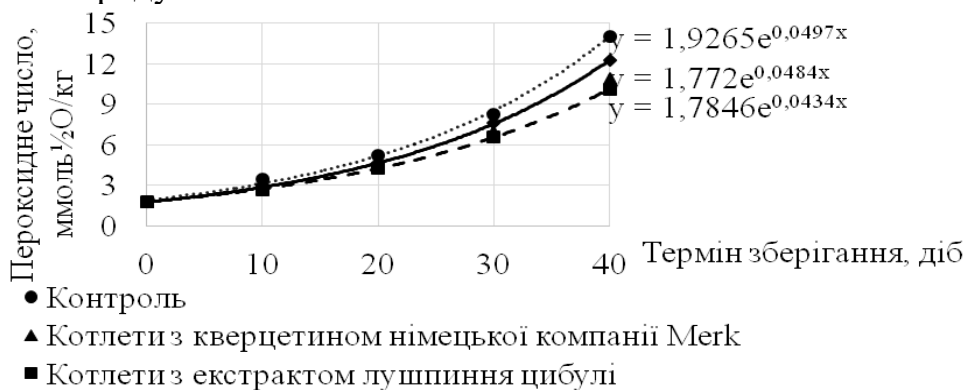
**Рис. 4. Динаміка змін кислотного числа напівфабрикатів, мг КОН/г ( $t_{\text{зберіг.}} -12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $p \leq 0,05$ )**

Джерело: авторські розрахунки

Внесення кверцетину німецької компанії Merck, екстрактів лушпиння цибулі, мати-й-мачухи сповільнювали окисні процеси – так сосиски на 15 добу зберігання мали допустимі значення ПЧ (9,8–9,9 ммоль $^{1/2}$ О/кг), котлети – 10,0 ммоль $^{1/2}$ О/кг на 40 добу зберігання, в той час коли в контрольному зразку цей показник становив 14,0 ммоль $^{1/2}$ О/кг.

Тобто, внесення екстракту лушпиння цибулі в м'ясні продукти дало можливість подовжити термін зберігання сосисок на 7 діб і напівфабрикатів на 10 діб в порівнянні з контрольними зразками.

Відповідно до отриманих даних динаміки зміни кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів (КМАФАнМ) та спороутворювальних бактерій (СУБ) в процесі зберігання сосисок та котлет представлена нативна кверцетинвмісна сировина краще пригнічує патогенну мікрофлору в порівнянні з хімічно чистим кверцетином. В розроблених продуктах протягом 15 (для сосисок) та 40 діб (для напівфабрикатів) не було виявлено бактерій групи кишкової палички, сульфитредукуючих кластридій і золотистого стафілокока. Тобто, результати досліджень мікробіологічних показників підтверджують отримані дані щодо змін КЧ і ПЧ під час зберігання розроблених продуктів.



**Рис. 5. Динаміка змін пероксидного числа напівфабрикатів, ммоль $^{1/2}$ О/кг ( $t_{\text{зберіг.}} -12\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $p \leq 0,05$ )**

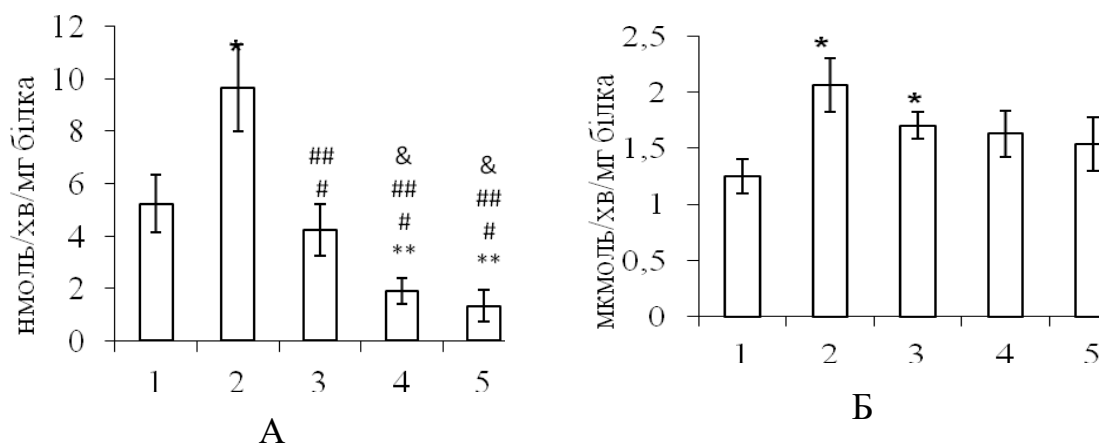
Джерело: авторські розрахунки

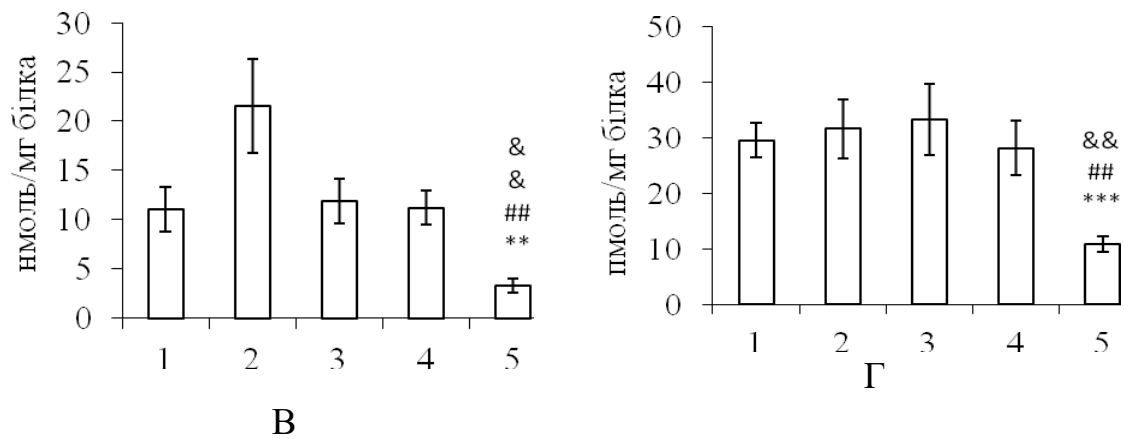
Досліджено вплив екстракту лушпиння цибулі в рецептурах м'ясного продукту на ряд фізіологічних і біохімічних параметрів у тварин з експериментальною моделлю стану наближеного до метаболічного синдрому. Наслідком метаболічного синдрому є надлишкова маса тіла, порушення вуглеводного та ліпідного обміну, серцево-судинні захворювання та їх ускладнення, які призводять до прискореного старіння та є основною причиною смертності працездатного населення, зокрема чоловіків середнього віку в Україні. Важливим є пошук нових технологічних підходів до профілактики та харчової корекції метаболічних порушень.

Стан, наближений до метаболічного синдрому, моделювали протягом 3 місяців у спонтанно гіпертензивних щурів (SHR), оскільки артеріальна гіпертензія широко поширена в країні та є ключовим компонентом метаболічного синдрому. Досліди проводили в два етапи по 3 місяці кожний, загальна тривалість дослідження 6 місяців. Було сформовано п'ять груп щурів самців 6-місячного віку: I група контрольна, без артеріальної гіпертензії (щери лінії Wistar); II–V групи – щери лінії SHR. Щури усіх груп отримували звичайний корм. Щури III–V груп замість питної води отримували 25 %-ий розчин фруктози, для формування метаболічних розладів. Щурам IV групи до корму додавали м'ясний продукт з кверцетином німецької компанії Merk; щурам V групи – м'ясний продукт з екстрактом лушпиння цибулі.

В результаті експерименту встановлено, що вживання щурами м'ясного продукту з екстрактом лушпиння цибулі сприяло захисту серцевого м'язу від пошкоджуючої дії окисного стресу, що є складовою серцево-судинних захворювань, порушень вуглеводного та ліпідного обміну (рис. 5).

Як видно з рис. 6 швидкість генерації супероксид аніонного радикалу знижувалась в 7,5 разів ( $p < 0,001$ ) порівняно з SHR, а швидкість генерації перекису водню – відповідала показнику здорових щурів. Важливо, що ці зміни були співставні зі змінами в групі, де використовували хімічно чистий кверцетин (Merk, Німеччина), що підтверджує потужний антиоксидантний ефект кверцетинвмісної сировини (екстракту лушпиння цибулі).





**В**  
 1 – контроль; 2 – SHR; 3 – SHR (з фруктозою); 4 – SHR (з фруктозою та м'ясним продуктом з включенням кверцетину); 5 – SHR (з фруктозою та м'ясним продуктом з включенням екстракту лушпиння цибулі); А – швидкість генерації супероксид аніонного радикалу; Б – швидкість генерації перекису водню; В – вміст дієнових кон'югатів; Г – вміст лейкотрієну С4.

Примітка. \* – в порівнянні з контролем, # – в порівнянні з SHR, & – в порівнянні з SHR (з фруктозою).

### Рис. 6. Показники окисного стресу в клітинній фракції гомогенатів серця щурів

Джерело: авторські розрахунки

Особливо вираженим було зниження дієнових кон'югатів (продуктів перекисного окиснення ліпідів) – в 6,6 разів ( $p < 0,01$ ) і лейкотрієну С4 – в 3 рази ( $p < 0,01$ ) проти групи SHR, на які синтетичний кверцетин достовірно не впливав. Зниження в серцевому м'язі вмісту окисних продуктів та лейкотрієну С4, який погіршує коронарний кровоплин, також підтверджує кардіопротекторний вплив продукту.

Встановлено також кардіопротекторні властивості розробленого м'ясного продукту з екстрактом лушпиння цибулі – в серіях дослідів на ізольованому серці, виявлено кращу здатність серцевого м'язу до розслаблення ( $dP/dt \text{ min}$  становив  $-259085 \pm 11559,0$  Па у SHR та становив  $-199607 \pm 8745,9$  Па у щурів, які отримували розроблений м'ясний продукт).

Таким чином, розроблений м'ясний продукт із екстрактом лушпиння цибулі має кардіопротекторні і зокрема антиоксидантні властивості за умов моделювання стану, наближеного до метаболічного синдрому. Така властивість продукту може бути використана для харчової профілактики та корекції метаболічних розладів і пов'язаного з ними прискореного старіння, що має важливе значення для збереження здоров'я населення.

### **3.12. Проблеми та перспективи технологічних та технічних рішень щодо раціонального використання природних ресурсів**

*Руденко О.М.*

*Полтавська державна аграрна академія*

Природні ресурси є матеріальною базою виробництва, постійно споживаються ним і вимагають свого відновлення, а їх масштаби та способи використання визначаються суспільними потребами.

Охорона і раціональне використання природних ресурсів в Україні регулюються чинним законодавством, де визначено, що – це земля, у тому числі ґрунт, ліси та інша рослинність; надра; води, у тому числі підземні; тваринний та рослинний світ; ландшафти; атмосферне повітря; сонячна енергія, екосистеми; території, що особливо охороняються та інші природні комплекси [347].

Охорона та використання природних ресурсів є однією з найважливіших проблем, які вирішують на своїх територіях органи місцевої влади. Це пов'язано насамперед зі збільшенням кількості і масштабністю самих екологічних проблем, усвідомленням їх впливу на стан здоров'я людей, з негативними змінами у водному та повітряному басейнах та іншими несприятливими процесами, що відбуваються в довкіллі й негативно позначаються на якості життя населення.

В Основних засадах державної екологічної політики України на період до 2020 року передбачено впровадження систем екологічного управління та підготовка державних цільових програм з екологізації деяких галузей національної економіки, що передбачають технічне переоснащення, запровадження енергоефективних і ресурсозберігаючих технологій, маловідходних, безвідходних та екологічно безпечних технологічних процесів [348].

Перспектива подальшого розвитку спрямована на взаємодію механізмів державного регулювання екологічного розвитку, що ґрунтується на принципах, які забезпечують взаємоузгодженість економічних інтересів органів державної влади та суб'єктів господарювання.

Децентралізація управління природними ресурсами повинна зорієнтуватися на вирішення низки питань, а саме:

- посилення ключових компетенцій регіонів у розвитку високоефективного виробництва на місцевій природно-ресурсній базі;
- організацію відповідних управлінських структур корпоративного типу;
- прискорення розвитку прогресивних галузей економічної діяльності із застосуванням проектного підходу, а також упровадження

---

<sup>347</sup> Закон України про охорону навколишнього природного середовища: прийнятий 25 чер. 1991 р. № 1264-ХІІ // Відом. Верхов. Ради України. – 1991. – № 41. – Ст. 546.

<sup>348</sup> Закон України про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року // Офіц. вісн. України. – 2011. – № 3. – Ст. 158.

методів фінансування природокористування, спеціальних режимів організації господарської діяльності та механізмів фінансування сталого розвитку територій за типом суверенних фондів.

Механізм децентралізованого управління природними ресурсами включатиме такі складові:

- законодавчо-нормативну базу, що орієнтує на: розвиток ринкових відносин у природокористуванні; визначення оновлених організаційних структур управління соціально-економічними процесами; формування дієвого інституціонального середовища, пов'язаного з розвитком територіальних природно-господарських кластерів; створення інноваційних взаємовідносин центру й територій на основі договорів про поділ повноважень і партнерство;

- структуру бюджетно-фінансового регулювання регіонального розвитку із забезпечення селективної диференційованої підтримки проблемних регіонів з боку держави; створення спеціальних господарських режимів, включаючи територіально-диференційовані фіскальні механізми та регіональні фонди сталого розвитку за схемою суверенних фондів з акумуляцією в них доходів від природокористування; подальше упорядкування переліку місцевих податків і зборів з наданням прав регіонам вводити в межах даного переліку нові фіскальні елементи, зокрема, муніципальні податки;

- упровадження ефективних методів і форм державного корегування господарської діяльності на засадах проектного управління і фінансування, а також прогнозування і програмування природокористування з метою стимулювання розробки й реалізації регіональних програм сталого розвитку територій на основі корпоративних форм державно-приватного партнерства;

- розвиток інноваційних форм територіальної організації виробництва – кластерів, технопарків, технополісів та агрополісів тощо із залученням приватного вітчизняного та закордонного фінансового капіталу;

- створення і розвиток спеціальних економічних зон на територіях пріоритетного розвитку та у прикордонних регіонах на засадах поглиблення внутрідержавного міжрегіонального і прикордонного співробітництва в рамках двосторонніх та багатосторонніх відносин з країнами Східної Європи в питаннях використання природного капіталу, зокрема, у курортно-туристичних напрямках [349, 350].

Основними напрямками законодавчого забезпечення функціонування ринку земель сільськогосподарського призначення мають бути наступні.

1. Посилення державного регулювання земельних відносин і землекористування через систему урядових органів; заснування

---

<sup>349</sup> Бистряков І.К. Децентралізація управління природними ресурсами України / І.К. Бистряков, Д.В. Клиновий, В.В.Матюха [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.concordia.edu.ua/uk/detsentralizatsiya-upravlinnya/>

<sup>350</sup> Концепція Державної цільової програми розвитку аграрного сектору економіки на період до 2020 року : проект [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://minagro.gov.ua/node/16822>

регіональних (територіальних) недержавних органів земельного ринку (які частково можуть фінансуватись коштами Держбюджету і місцевих бюджетів), до складу яких мають увійти представники власників землі і землекористувачів, посередницькі структури, професійні установи у сфері земельних відносин, місцеві державні адміністрації й органи місцевого самоврядування.

2. Визначення ключовими завданнями Закону України «Про ринковий обіг земель сільськогосподарського призначення» попередження подрібнення землеволодінь фермерських та особистих селянських господарств у випадках купівлі-продажу земельних ділянок внаслідок їх спадкування та при зміні власників господарств; упорядкування державного стимулювання консолідації земель сільськогосподарського призначення шляхом купівлі-продажу земельних ділянок; унормування особливостей реалізації переважного права придбання земельної ділянки сільськогосподарського призначення.

3. При принциповій безперспективності заборони ринкового обігу земель доцільним є законодавче визначення обмеження обігу земель у товарному виробництві на певний перехідний період [351].

У Законі України «Про ринковий обіг земель сільськогосподарського призначення» доцільно передбачити наступні норми:

- мінімальний строк обробітку земель сільськогосподарського призначення має бути 5 років з обмеженням на цей термін реалізації прав власності, крім передачі її у спадщину або органу місцевого самоврядування чи органу виконавчої влади на тих же умовах, за якими ця земельна ділянка була придбана у власність;

- повернення іпотечного кредиту повинно бути обов'язковим;
- першочергове право викупу земельної ділянки у разі виявлення недобросовісних угод, пов'язаних із купівлею-продажем за заниженими цінами, слід надати державі або відповідній територіальній громаді;

- суб'єкти, яким дозволяється придбавати у власність землі сільськогосподарського призначення, повинні бути у працездатному віці, мати освіту, що дозволяє здійснювати сільськогосподарську працю, а також бути спроможні вчиняти правові дії, необхідні в аграрно-правових відносинах.

4. Визначення обмежень мінімальних розмірів та конфігурації земельних ділянок зі складу сільськогосподарських угідь, зважаючи на імовірність загрози парцеляції земель сільськогосподарського призначення.

5. Передбачення особливих вимог щодо обороту меліорованих земель – допущення поділу земельних ділянок із розташованими на них меліоративними системами лише у випадках, якщо це негативно не вплине на ефективність використання меліорованих земель. Дієвим інструментом є також встановлення спеціально уповноваженим органом

---

<sup>351</sup> Мірошніченко А.М. Соціально-економічні та правові аспекти мораторію на відчуження приватних земель сільськогосподарського призначення / А.М. Мірошніченко, А.Д. Юрченко // Бюлетень Міністерства юстиції України. – 2006. – № 12. – С. 59–75.

виконавчої влади з питань аграрної політики правил щодо забезпечення технологічної єдності використання земельних ділянок, на яких розташовані меліоративні системи.

6. Удосконалення порядку та системи ведення державного земельного кадастру й моніторингу земель з метою забезпечення сільськогосподарських землевласників та землекористувачів своєчасною інформацією про якісний стан земельних угідь.

7. Стимулювання раціонального використання та охорони земельних угідь землекористувачами шляхом надання податкових і кредитних пільг особам, які здійснюють за власні кошти заходи щодо захисту земель і підвищення родючості ґрунтів; звільнення землекористувачів і землевласників від плати за земельні ділянки, на яких ведуться роботи щодо поліпшення їх стану; компенсації сільськогосподарським товаровиробникам недоодержаної частки доходу внаслідок консервації деградованих, малопродуктивних і забруднених земель.

Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції створення Загальнодержавної автоматизованої системи (ЗАС) «Відкрите довкілля», обговорення якого відбулося з 1 березня по 1 квітня 2018 р., дають згоду реалізації Концепції проекту. Шляхи вирішення проблем та перспективи:

- створити ЗАС «Відкрите довкілля», інтегровану в мережу розподілених ситуаційних центрів для забезпечення ефективного державного кризового реагування з метою посилення національної безпеки України;

- модернізувати роботу органів державної влади та органів місцевого самоврядування шляхом уніфікації та стандартизації державних управлінських і ділових процесів;

- досягти якісно нового рівня державного управління у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів на принципах результативності, ефективності, прозорості, відкритості, доступності, довіри та підзвітності;

- надати громадянам вільний доступ до інформації про стан довкілля в електронному вигляді;

- підвищити ефективність діяльності органів державної влади та оперативність прийняття рішень з питань екологічної безпеки та управління екологічними ризиками/загрозами на території України та у транскордонному контексті;

- стимулювати зменшення забруднення навколишнього природного середовища шляхом впровадження стимулів та екологічних механізмів господарювання, удосконалення системи екологічного оподаткування;

- раціоналізувати використання природних ресурсів шляхом розвитку та посилення ефективності економічних механізмів регулювання природокористування;

- забезпечити виконання пріоритетів Національної програми

інформатизації та стратегії розвитку цифрової економіки та суспільства України, впровадити механізми електронного урядування та електронної демократії у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів;

- оприлюднити державні реєстри відкритих даних у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів; забезпечити їх інтеграцію у національну систему електронної взаємодії державних інформаційних ресурсів;

- модернізувати процедуру та підвищити якість надання державних адміністративних послуг у сфері охорони навколишнього природного середовища шляхом трансформації у цифровий формат (цифровізації);

- впровадити механізми превентивного запобігання корупції та мінімізувати корупційні ризики під час виконання владних повноважень у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів;

- реалізувати проекти з мережевої та інформаційної безпеки, захисту даних, кібербезпеки та кіберзахисту;

- забезпечити системне наукове, методологічне та освітянське супроводження всіх етапів створення та функціонування ЗАС «Відкрите довкілля»;

- сприяти розвитку загальнодоступних соціальних, громадських, медійних та комерційних проектів на базі відкритих даних у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів;

- забезпечити дотримання міжнародних зобов'язань України у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів, у тому числі, Орхуської конвенції та Протоколу РВПЗ;

- підвищити освітній і професійний рівень управлінських кадрів з питань електронного урядування; поглибити цифрові компетенції державних службовців, їх готовність до використання цифрових можливостей у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів;

- створити умови та платформу для прозорого діалогу влади з громадськістю; підвищити цифрову компетентність, рівень участі, ініціативності та залучення громадян, інститутів громадянського суспільства, суб'єктів господарювання на загальнодержавному, регіональному та місцевому рівні до процесу прийняття управлінських рішень у сфері охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів;

- забезпечити необхідну мобільність і конкурентоспроможність громадян та суб'єктів господарювання в сучасних економічних умовах внаслідок функціонування ЗАС «Відкрите довкілля»;

- мобілізувати додаткові ресурси для створення та забезпечення



функціонування ЗАС «Відкрите довкілля» у рамках державно-приватного партнерства, зокрема за рахунок внутрішніх і зовнішніх інвестицій;

- покращити інвестиційну привабливість, діловий клімат і конкурентоспроможність сфери охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів шляхом впровадження та забезпечення функціонування ЗАС «Відкрите довкілля»;

- покращити імідж та підвищити роль України у міжнародних переговорах з питань охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання, відтворення і охорони природних ресурсів, Орхуської конвенції, Протоколу РВПЗ, цифрової економіки та суспільства, електронного урядування та електронної демократії [352, 353].

### 3.13. ГІС-технології оцінки стану довкілля у сучасному землеустрою

*Русіна Н.Г., Люльчик В.О.*

*ВСП «Рівненський коледж НУБіП України»*

Найактуальнішою проблемою для довкілля є ерозія ґрунтів. Найбільш технічно поширеною є водна ерозія, під якою розуміють сукупність процесів руйнування ґрунту, формування наносів – під впливом води і деградації ландшафту. Адже в Україні водній ерозії піддається 29 % ріллі, а поверхнєве змивання досягає 15 т/га і більше, струминне викликає утворення канав глибиною 15 см і завширшки 55 см. Аналіз сучасного стану земельних ресурсів Рівненщини свідчить про глибоку деградацію, що виявляється насамперед, у значному збільшенні площ еродованих земель. За останні 30 років площа цих земель зросла на 15 % за рахунок збільшення розмитих та сильно змитих ґрунтів, а також середньозмитих орних земель на схилах. Загальна площа сільськогосподарських угідь, що зазнають впливу водної ерозії, становить 159,6 тис. га.

Для запобігання наслідків ерозії необхідно зробити акцент на застосування сучасних методів аналізу причинно-наслідкових взаємодій, що відбуваються у системі рельєф–ґрунт–вода. Практично єдиний засіб розв'язання вказаних завдань – геоінформаційні системи, до яких входять і певні інструменти моделювання. Актуальною вимогою до моделі є відносна простота та швидкість опрацювання даних, що надзвичайно важливо для практики землевпорядкування [354, с. 12].

Сьогодні широко використовують ГІС для вивчення ерозійних процесів.

<sup>352</sup> Концепція створення Загальнодержавної автоматизованої системи «Відкрите довкілля» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://menr.gov.ua/projects/125/>

<sup>353</sup> Міністерство аграрної політики та продовольства України : довідковий інформаційний ресурс [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://minagro.gov.ua/uk/>

<sup>354</sup> Дмитрук Ю.М. Використання моделей водної ерозії при розв'язанні прикладних завдань землеустрою: геоінформаційний підхід / Ю.М. Дмитрук, В.Р. Черлінка // Землеустрій і кадастр. – 2012. – № 2. – С. 12–18.

Так М. Підлипна стверджує, що програмні засоби ГІС є сукупністю більшою чи меншою мірою інтегрованих програмних модулів, які забезпечують реалізацію всіх основних функцій ГІС. На основі базових модулів реалізуються функції, а саме [355, с. 9]: 1) введення і верифікації даних; 2) зберігання і маніпулювання даними; 3) перетворення систем координат і трансформації картографічних проєкцій; 4) аналізу і моделювання; 5) виведення і подання даних; 6) взаємодії з користувачем.

Зокрема науковці С. Булакевич та С. Черняга у своїй роботі «Геоінформаційне моделювання природно-ландшафтних елементів сільськогосподарських угідь у проєктах землеустрою» запропонували методику розроблення моделей, які використовуються в проєктах землеустрою, а саме: модель рельєфу, модель крутості схилів, модель експозиції схилів, модель розподілу сонячної енергії за поверхнею території (терморезим території), модель агровиробничих груп ґрунтів, модель глибин залягання ґрунтових вод, агрохімічна модель території, модель ерозійної небезпечності території, модель забруднення території, інтегрована модель території [356].

О. Мельничук та В. Волошин виділяють найважливіші елементи у складі системи внутрішніх компонентів (умов) території, які впливають на землеустрій певної території, а саме: людські, природні, екологічні та геометричні умови (відповідно  $L$ ,  $N$ ,  $E$ ,  $G$ ); правове поле  $P$  та цільове використання  $C$ , що діють на певному проміжку часу [357].

Вчені П. Черняга, В. Нікулішин, М. Приймак, Т. Блянюк запропонували методику створення картографічних моделей, таких як:

3D-модель території із нанесенням векторів напрямку руху зсуву, модель зміщення земної поверхні та на основі таких моделей і їх модифікації визначити поверхню ковзання зсуву. Така методика дає можливість створити комплексну картографічну модель оцінки стану зсувного тіла [358].

Науковці Чернівецького національного університету ім. Ю. Федьковича стверджують, що сучасна система протиерозійних заходів потребує процесо-орієнтовних моделей, які враховують ландшафтно-екологічні й антропогенні фактори та умови. Вчені пропонують використовувати окремі модулі геоінформаційної системи ArcGIS для автоматизації створення фрагментів картографічної моделі,

---

<sup>355</sup> Підлипна М.П. Використання ГІС-технологій для здійснення зонування земель / М.П. Підлипна // Молодий вчений. – 2015. – № 2 (17). – С. 8–10.

<sup>356</sup> Булакевич С. Геоінформаційне моделювання природно-ландшафтних елементів сільськогосподарських угідь у проєктах землеустрою / С. Булакевич, С. Черняга // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2012. – Вип. I (23). – С. 201–204.

<sup>357</sup> Мельничук О. Моделювання ефективного використання території для землеустрою / О. Мельничук, В. Волошин // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2009. – Вип. I (17). – С. 289–295.

<sup>358</sup> Експериментально-картографічне моделювання динаміки зсувонебезпечних територій за даними геодезичних спостережень / П.Г. Черняга, В.І. Нікулішин, М.А. Приймак, Т.В. Блянюк // Геодезія, картографія і аерофотознімання : міжвідомчий науково-технічний збірник / Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Національний університет «Львівська політехніка» ; відповідальний редактор К.Р. Третяк. – Львів : Видавництво Львівської політехніки. – 2014. – Випуск 80. – С. 69–78.

які вміщують функції та візуалізації просторової інформації. Основним і найбільш об'ємним етапом роботи з програмою є нагромадження інформації та створення бази геоданих, яка містить три основні типи наборів даних: класи просторових об'єктів (таблиці, що містять точкову, лінійну чи полігональну геометрію для географічних об'єктів), набір растрових даних, таблиці [352].

Застосування геоінформаційних систем на основі матеріалів дистанційного зондування Землі (супутникової системи Sentinel-2) у сучасному землеустрої представили В. Люльчик, О. Качановський та С. Булакевич [359].

Саме реалізація підходу моделювання території дає можливість оцінити небезпеку ерозії в просторових умовах на різних типах ґрунтах, рослинного покриву, мінливою кількістю опадів.

Тому проектування протиерозійних заходів як складової системи охорони земель від водної ерозії є необхідною умовою формування екологічно збалансованих ландшафтів.

Термін «модель» походить від латинського слова «modulus», що означає міра. Моделювання базується на існуванні аналогії (подібності) між об'єктами чи явищами, що часто мають різну природу. Модель містить у собі найбільш характерні для задачі риси або параметри досліджуваного об'єкта. Вона абстрагується від неістотного, другорядного [360, с. 76–80]. Моделювання відкрило широкі можливості для візуалізації різноманітних ерозійних явищ і процесів. Створення їх аналогів полегшує проведення екологічного-географічного аналізу території та проектування комплексу протиерозійної організації території.

Еколого-географічний аналіз і оцінювання території – це комплексне дослідження екологічного стану інтеграційної системи «суспільство–природа» з метою її оптимізації та базуються на системному картографічному моделюванні, під яким розуміють створення, аналіз і перетворення картографічних творів як моделей реальної дійсності.

Вихідною основою картографічного моделювання при екологічних дослідженнях є вчення про єдність та взаємозв'язок предметів й явищ дійсності та закономірностей їх розвитку. Процес моделювання включає такі поєднані між собою стадії: вивчення параметрів реально існуючої геосистеми та побудова на цій основі її моделі; дослідження моделі та екстраполяція одержаних результатів на його оригінал – геосистему. Основні напрями моделювання геосистем: відтворення структури, взаємозв'язків та динаміки їх розвитку.

Моделювання структури геосистем пов'язане з відтворенням територіальних і галузевих аспектів структури [361]. На сьогодні

---

<sup>359</sup> Люльчик В.О. Застосування геоінформаційних систем у сучасному землеустрої / В.О. Люльчик, О.І. Качановський, С.В. Булакевич // Український журнал прикладної економіки. – 2017. – Том 2. – № 2. – С. 129–137.

<sup>360</sup> Економіко-математичне моделювання в АПК / З.С. Кадюк, В.Т. Черняк, Я.І. Сибаль, І.Є. Іваницький. – Львів : Вид-во Львівського національного аграрного університету, 2007. – 144 с.

<sup>361</sup> Ратушняк Г.С. Топографія з основми картографії / Г.С. Ратушняк. – Вінниця : ВДТУ, 2002. – 179 с.

найпопулярнішими програмними продуктами для тривимірного представлення середовища є ArcScena, 3ds Max, SketchUp, Maya, ArcGIS.

Сучасним програмним пакетом для створення тривимірних моделей земної поверхні є Surfer, яка створена невеликою американською компанією Golden Software, що знаходиться в штаті Колорадо. Основний напрямок роботи компанії – розробка пакетів наукової графіки. Перший програмний продукт Golden Graphics System випущений у 1983 р. та призначався для обробки і виведення зображень наборів даних, описуваних двовірною функцією типу  $z = f(y, x)$ . Згодом цей пакет отримав назву «Surfer». Автором Surfer і засновником компанії був аспірант-гідрогеолог одного з американських університетів. Незважаючи на досить гостру конкуренцію, програми фірми Golden Software (в першу чергу Surfer) продовжують залишатися дуже популярними як в США, так і в інших країнах. Посилання на них є майже в кожному науковому виданні або програмному продукті, пов'язаному з чисельним моделюванням і обробкою експериментальних даних [362].

Логіку роботи з пакетом можна представити у вигляді трьох основних функціональних блоків: 1) побудова цифрової моделі поверхні (рельєфу); 2) допоміжні операції з цифровими моделями поверхні (рельєфу); 3) візуалізація поверхні.

Цифрова модель поверхні традиційно представляється у вигляді значень у вузлах прямокутної регулярної сітки, дискретність якої визначається в залежності від конкретної розв'язуваної задачі.

Для зберігання таких значень Surfer використовує власні файли типу GRD (двійкового або текстового формату), які вже давно стали стандартом для пакетів математичного моделювання.

Можливо три варіанти отримання значень у вузлах сітки: 1) за вихідними даними, заданим в довільних точках області (у вузлах нерегулярної сітки), з використанням алгоритмів інтерполяції двовимірних функцій; 2) обчислення значень функції, заданої користувачем в явному вигляді. До складу програми Surfer входить досить широкий набір функцій тригонометричних, Бесселя, експоненціальних, статистичних та деяких інших; 3) перехід від однієї регулярної сітки до іншої, наприклад при зміні дискретності сітки (тут, як правило, використовуються досить прості алгоритми інтерполяції і згладжування, так як вважається, що перехід виконується від однієї гладкої поверхні до іншої) [363].

Крім того, можна використовувати готову цифрову модель поверхні, отриману користувачем, наприклад, у результаті чисельного моделювання.

Пакет Surfer пропонує своїм користувачам кілька алгоритмів

---

<sup>362</sup> Решение геологических задач с применением программного пакета Surfer: практикум для выполнения учебно-научных работ студентами направления «Прикладная геология» / сост. И.А. Иванова, В.А. Чеканцев. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 92 с.

<sup>363</sup> Програмні засоби для роботи з просторовими даними [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://buksis.nethouse.ua/static/doc/0000/0000/0031/31531.kdmks50i30.pdf>.

інтерполяції: Кріге (Kriging), Зваженої зворотної відстані (Inverse Distance to a Power), Мінімізація кривизни (Minimum Curvature), Радіальні базові функції (Radial Basis Functions), Поліноміальна регресія (Polynomial Regression), Модифікований метод Шепарда (Modified Shepard's Method), Тріангуляція (Triangulation) і ін. Розрахунок регулярної сітки може виконуватися для файлів наборів даних X, Y, Z будь-якого розміру, а сама сітка може мати розміри 10 000 на 10 000 вузлів. При цьому забезпечені широкі можливості по управлінню методами інтерполяції з боку користувача.

Зокрема, найбільш популярний в обробці експериментальних даних геостатистичного моделювання – метод Кріге (крикінгу) включає можливість застосування різних моделей варіограм, використання різновиди алгоритму зі знесенням, а також обліку анізотропії. При розрахунку поверхні і її зображення можна також задавати кордон території довільної конфігурації [364, с. 58].

Surfer реалізує великий набір додаткових можливостей перетворень поверхонь і різних операцій з ними: обчислення об'єму між двома поверхнями; перехід від однієї регулярної сітки до іншої; перетворення поверхні за допомогою математичних операцій з матрицями; розріз поверхні (розрахунок профілю); обчислення площі поверхні; згладжування поверхонь з використанням матричних або сплайн-методів; перетворення форматів файлів; цілий ряд інших функцій. Оцінку якості інтерполяції можна здійснити за допомогою статистичної оцінки відхилень вихідних точкових значень від результуючої поверхні. Крім того, для будь-якої підмножини даних можна зробити статистичні або математичні розрахунки [361].

При побудові поверхонь в Surfer забезпечуються принципи: 1) отримання зображення шляхом накладення декількох прозорих і непрозорих графічних шарів; 2) імпорт готових зображень, в тому числі отриманих в інших додатках; 3) використання спеціальних інструментів малювання, а також нанесення текстової інформації і формул для створення нових і редагування старих зображень.

За допомогою різноманітних варіантів накладення карт, їх різного розміщення на одній сторінці можна отримати найрізноманітніші варіанти представлення складних об'єктів і процесів.

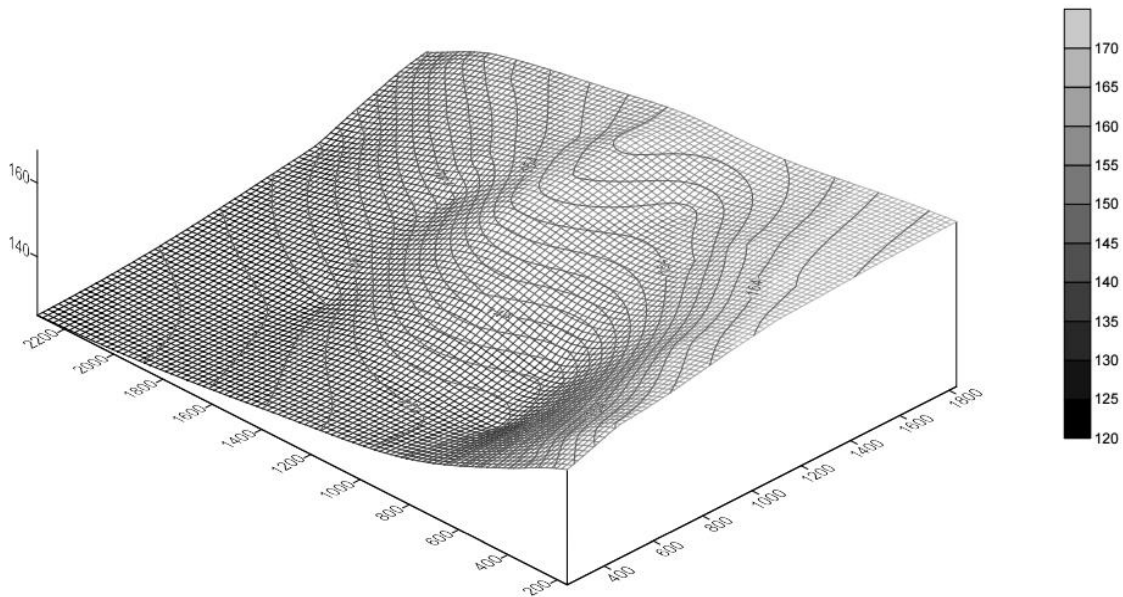
Зокрема, дуже просто отримати різноманітні варіанти комплексних карт з поєднаним зображенням розподілу відразу декількох параметрів. Всі типи карт користувач може відредагувати за допомогою вбудованих інструментів малювання самого Surfer.

Типографія земної поверхні – це надійна інформація про активність ерозійних процесів у минулому та наявну потенційну небезпеку. Для вивчення проявів водної ерозії необхідно мати найширшу деталізацію

---

<sup>364</sup> Паламар А. Використання програмного комплексу Surfer у кадастровій оцінці земель, розташованих у зоні впливу гірничо-металургійних підприємств / А. Паламар // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2014. – Випуск II (28). – С. 58–59

рельєфу обстежуваної території. Використання нових технологій дає змогу спостерігати за ерозією ґрунтів у тривимірному просторі. На рис. 1 показано цифрову модель рельєфу 3D-модель території з нанесеними горизонталями, виконану за допомогою програми Surfer.



**Рис. 1. 3D-модель території з нанесеними горизонталями, виконану за допомогою програми Surfer**

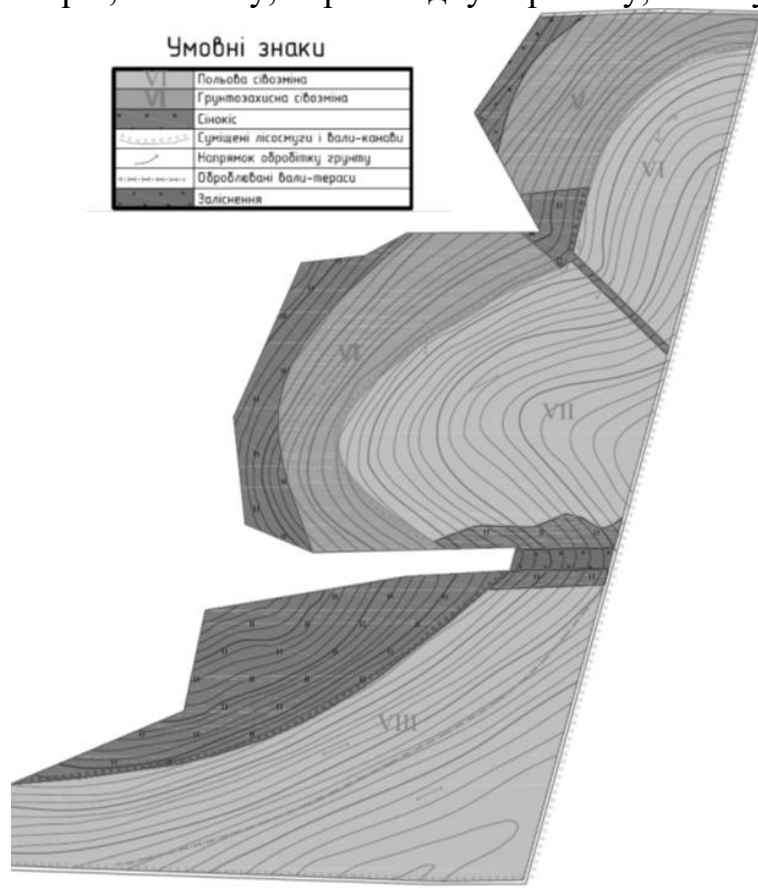
Джерело: авторська розробка

Цифрова 3D-модель рельєфу дозволяє визначити розміщення основних елементів протиерозійної організації території в системі контурно-меліоративної організації землекористування

Дослідженнями доведено, що найповніше і найефективніше можна запобігти ерозії в системі ґрунтозахисного обробітку з контурно-меліоративною організацією землекористування. Суть цієї системи насамперед полягає в диференційному підході до використання орних земель, які поділяють на три технологічні групи.

Перша група: рівнинні землі, а також схили крутістю до  $3^\circ$ , які технологічно придатні для вирощування просапних культур (у тому числі буряків) уперек схилу. Згідно з рекомендаціями Інституту землеробства УААН, концентрують усі просапні культури та посіви озимої пшениці, вирощуваної за інтенсивною технологією з обов'язковими технологічними коліями вперек схилів або контурно. Розміщення колії навіть на незначних схилах уздовж призведе до різкого посилення розмиву ґрунту, втрат елементів живлення, замулювання водойм. До другої технологічної групи належать оброблювані землі на схилах крутістю від  $3$  до  $7^\circ$ , де розміщують інтенсивні зерно-трав'яні сівозміни (1–2 – багаторічні трави; 3 – озима пшениця; 4 – озиме жито; 5 – ячмінь з підсівом багаторічних трав). Третя технологічна група – це землі на схилах крутістю понад  $7^\circ$ , на яких передбачають постійне

залуження з коротким польовим періодом. Схили крутістю понад 20° після терасування використовують під плодові та лікарські деревні насадження – горіх, обліпиху, чорноплідну горобину, калину, липу [365].



**Рис. 2. Контурно-меліоративна організація території**

Джерело: авторська розробка

Таким чином, контурно-меліоративна організація території передбачає виділення меж контурів технологічних груп земель, за якими проектується водорегулювальні лісосмуги, посилені найпростішими гідротехнічними спорудами (канави в нижньому міжрядді і вал або вал-дорога внизу узлісся – рубежі першого порядку). Зв'язок у системі еколого-технологічних груп земель виконує свою основну функцію безпечного відведення незатриманої у середині полів агротехнічними заходами частини стікаючої води в залужені водотоки, вони є спрямовувачими лініями для контурного виконання окремих технологічних організацій і насамперед основної обробки ґрунту.

Відповідно до представленого зображення 3D-моделі розроблено контурно-меліоративну організацію території, що показано на рис. 2.

Отже, 3D-моделювання території є зручним ілюстративним і розрахунковим матеріалом для подальшого його використання з метою оцінки ерозійної небезпеки та розроблення запобіжних заходів. Застосування програмного пакету Surfer є потужним інструментом для

<sup>365</sup> Корнілов Л.В. Землепорядне проектування. Реформування земельних відносин в Україні : навчальний посібник / Л.В. Корнілов. – Рівне : РДГУ, 2000. – 124 с.

створення цифрової моделі рельєфу місцевості. Її переваги – різноманітні методи інтерполяції, засоби оцінки точності й достовірності побудованої поверхні, уточнення отриманих результатів, надають можливість візуалізації поширення ерозії та її наслідків і відповідно – спроектувати систему протиерозійних заходів.

### **3.14. Інноваційні способи обробки вторинної сировини дикорослих ягід для отримання функціональних напоїв**

*Суткович Т.Ю., Чоні І.В.*

*Вищий навчальний заклад Укоопспілки  
«Полтавський університет економіки і торгівлі»*

Випуск нових видів функціональних харчових продуктів високої якості, харчової та біологічної цінності є досить актуальним. Це можливо за рахунок використання біологічно активних речовин, які містяться як в рослинній, так і в тваринній сировині.

Природою створено так, що саме у шкірочці рослинної сировини міститься максимум всього поживного для людського організму. Традиційні технології виготовлення готової продукції були спрямовані на те, щоб видалити її, у зв'язку з тим, що надає продукту не привабливих органолептичних властивостей.

На сьогоднішній день у галузях харчової промисловості щорічно створюється близько 40 млн т вторинних ресурсів [366]. При цьому використовуються вони лише на 15...30 %. Важливі есенціальні речовини, якими багата ця сировина, залишаються поза увагою. Тому розроблення інноваційних методів використання вторинної сировини у харчуванні людини та безвідходне використання природних ресурсів є досить актуальною проблемою сьогодення.

Напої – найбільш вживані харчові продукти, тому розробка і застосування технології, яка б давала змогу підвищити вміст БАР за рахунок екстракції їх із вторинної рослинної дикорослої сировини є саме та ніша, яку необхідно відкрити і висвітлити в науковій роботі.

Найкращим представником сировини, яка має підвищений вміст БАР, є плоди дикорослих ягід (ПДЯ).

Відомо, що ПДЯ володіють лікувальними властивостями, причому одні рослини діють на обмінні процеси в організмі при вживанні протягом тривалого часу, інші – багаті на фізіологічно активні речовини. Деякі з цих рослин володіють капіляррозміцнюючими, антисклеротичними, гіпотензивними, гормональними та протипухлинними властивостями [367].

---

<sup>366</sup> Товарознавство вторинної сировини : навч. посіб. / А.А. Дубініна, З.П. Карпенко, С.О. Дубініна. – К. : ВД «Професіонал», 2009. – 336 с.

<sup>367</sup> Хомич Г.П. Використання дикорослої сировини для забезпечення харчових продуктів БАР : монографія / Г.П. Хомич, Н.І. Ткач. – Полтава : РВВ ПУСКУ, 2009. – 159 с.



Дикорослі ягоди містять також і значну кількість пектину, що унеможливорює отримання великої кількості соку. Саме з цієї точки зору було б актуальним застосувати такі інноваційні способи попередньої обробки рослинної сировини, щоб збільшити вихід соку і пришвидшити процес екстракції БАР вторинної сировини та насичення ними соків з низьким вмістом нутрієнтів.

Метою роботи є наукове обґрунтування можливості використання вакууму та ультразвукової обробки дикорослих ягід для збільшення виходу соку, прискорення процесу екстракції БАР із вторинної сировини та забезпечення безвідходного використання природних ресурсів. Як бачимо із поставленої мети – завдання, які стоять перед нами, вирізняються комплексним підходом до вирішення даної проблеми: науково обґрунтувати можливість застосування інноваційних методів попередньої обробки сировини, щоб збільшити вихід соку; застосувати такі технологічні прийоми, щоб екстрагувати із вичавок БАР, які там залишились та збагатити ними сік, який не характеризується різноманіттям нутрієнтів; максимально забезпечити безвідходне використання природних ресурсів.

Об'єкт дослідження – способи обробки вторинної сировини дикорослих ягід для розробки функціональних напоїв.

Предмет дослідження – плоди та ягоди шипшини, обліпихи і калини.

Для проведення досліджень обраного напрямку необхідно визначити основні характеристики нативної сировини (табл. 1).

Провівши елементарні дослідження встановлено, що дикорослі ягоди містять значну кількість L-аскорбінової кислоти. Вона є антиоксидантом, має лікувальні, атисклеротичні, дезінтоксикацій та інші властивості.

### 1. Фізико-хімічні показники дикорослої сировини

Найменування показників	Сировина		
	Калина	Аронія	Обліпиха
1. Вихід соку, %	37,0	23,5	30,7
2. Сухі речовини, %	16,0	19,0	17,0
3. Титрована кислотність, %	0,42	0,38	1,43
4. Масова частка L-аскорбінової кислоти, мг/100 г	82,0	70,0	119,0
5. рН	3,2	3,40	3,25

Джерело: авторські дослідження

Дослідження впливу гіпобаричних умов на вихід та основні характеристики отриманого соку, було першим етапом досліджень.

На сьогоднішній день існує багато технологій, що поліпшують властивості продукції. Серед тих, що забезпечують високу якість харчових продуктів, значний інтерес представляє вакуумування

(вакуумна обробка) та ультразвукова обробка (УЗ-обробка).

Досвід багатьох галузей харчової та переробної промисловості свідчить про ефективність використання вакууму для прискорення технологічних процесів і зменшення їхнього негативного впливу на якість і біологічну цінність кінцевої продукції [368].

Науковими дослідженнями та виробничою практикою переконливо доведено, що вакуумна обробка сировини дозволяє оптимізувати температурні режими, тривалість і швидкість перебігу технологічних процесів, регулювати газовий склад в зоні обробки, уповільнювати або повністю припиняти окислювальні процеси руйнування природного комплексу біологічно активних речовин сировини [368].

Відомо, що оптимальними режимами обробки рослинної сировини в умовах вакууму є тиск 20 кПа [368]. Саме тому для визначення впливу вакуумної обробки досліджуваної сировини на процес екстракції БАР і вихід соку її обробляли за вказаним режимом протягом певного часу (табл. 2). Перед вакуумною обробкою дикоросла сировина була попередньо відсортована, помита та відокремлена від неїстівних частин.

Значення досліджуваних показників відображені в табл. 2.

## 2. Зміни фізико-хімічних показників в залежності від тривалості вакуумування

№ зразка	Тривалість обробки, хв	Вихід соку, %	Масова частка, %		Активна кислотність (рН)	Масова частка L-аскорбінової кислоти, мг/100 г
			сухих речовин	титрованих кислот		
<b>КАЛИНА</b>						
1	0	37,0	16,0	0,42	3,2	82,0
2	30	39,0	16,0	0,42	3,2	82,4
3	60	41,2	16,2	0,44	3,17	83,1
4	90	43,4	16,6	0,45	3,15	84,6
<b>АРОНІЯ</b>						
1	0	23,5	19,0	0,38	3,40	70,0
2	30	24,8	19,0	0,39	3,40	70,8
3	60	26,9	19,2	0,40	3,38	71,3
4	90	31,7	19,4	0,42	3,36	71,8
<b>ОБЛІПІХА</b>						
1	0	30,7	17,0	1,43	3,25	119,0
2	30	32,1	17,2	1,43	3,25	119,6
3	60	34,8	17,4	1,44	3,24	120,8
4	90	36,9	17,5	1,46	3,22	122,1

Джерело: авторські дослідження

<sup>368</sup> Використання вакууму в харчових технологіях при попередній обробці сировини: монографія / за ред. В.Я. Плахотіна. – Полтава: РВВ ПУСКУ, 2009. – 149 с.

Кількість сухих речовин в плодах зі збільшенням тривалості обробки зростає в усіх представлених зразках (табл. 2). Це можна пояснити тим, що за рахунок мікротравмування цитоплазматичної мембрани вуглеводи, органічні кислоти й інші речовини, які входять до складу клітини, мають змогу вивільнитися з неї та збагачувати отриманий сік. Саме цим феноменом можна пояснити збільшення вмісту L-аскорбінової кислоти зменшення активної та збільшення титрованої кислотності отриманого соку.

Вакуумна обробка позитивно впливає і на збільшення виходу соку. Цей показник зростає на 6,2...8,2 % в залежності від виду сировини у порівнянні з контрольним зразком (сировиною, яка попередньо не витримувалась у вакуумі)

Проведені дослідження дають підставу зробити висновок, що витримку цілих плодів у розрідженій атмосфері можна рекомендувати як метод попередньої обробки плодів для збільшення виходу соку, збереження в ньому БАР та покращення органолептичних показників.

Наступним етапом наукової роботи було дослідження впливу ультразвукової обробки на вихід та основні фізико-хімічні показники отриманих соків.

Сучасні технології харчових виробництв спрямовані на застосування високоефективних методів обробки сировини та матеріалів з метою підвищення якості готового продукту, зменшення тривалості проходження різних технологічних процесів і операцій, що сприяє зниженню собівартості продукції. До таких методів, безумовно, відноситься ультразвукова обробка [369].

На теперішній час доведена ефективність і виявлені перспективні напрями її застосування у багатьох галузях харчової промисловості. Зокрема, це – інтенсифікація процесів екстракції біологічно активних, дубильних та інших цінних компонентів рослинної сировини. При цьому використовують руйнівну дію вібрації низькочастотних коливань на тканини плодів та ягід. Ультразвукова обробка сировини є найбільш прогресивним методом попередньої обробки дикорослих плодів з метою вилучення соку [370].

Оптимальна тривалість обробки складає 20 хвилин і дозволяє досягти збільшення виходу соку на 5–10 % в залежності від виду сировини [371].

Плоди калини, горобини та обліпихи завантажують в ультразвукову камеру і здійснюють обробку при частоті коливань 30 кГц, протягом 5...20 хв. Така обробка збільшує вміст сухих речовин на 1,4...1,7 %, приріст титрованої кислотності становить 0,21...0,25 %; масова частка L-аскорбінової кислоти зі збільшенням тривалості УЗ-обробки зростає

---

<sup>369</sup> Акоюн В.Б. Ультразвук в производстве пищевых продуктов / В.Б. Акоюн. – Полтава: РВВ ПУСКУ, 2009. – 149 с.

<sup>370</sup> Луговской А.В. Ультразвуковая кавитация в современных технологиях / А.В. Луговский, Ф.Н. Чухравев. – К. : ВПЦ Киев. ун-т, 2007. – 244 с.

<sup>371</sup> Нечипоренко И.А. Экстрагирование биологически активных веществ из тонкоизмельченного растительного сырья : автореф. дис. на присвоение науч. степени канд. техн. наук / И.А. Нечипоренко. – К., 1985. – 23 с.

на 2,6...5,5 %, вихід соку – на 9,7...11,2 % в залежності від виду сировини в порівнянні з контролем.

Позитивний приріст досліджуваних показників підтверджує правильність вибору способу обробки сировини.

Наукове обґрунтування безвідходного використання природних ресурсів було наступним етапом наукових досліджень.

Одним із найбільш розповсюджених способів вилучення корисних речовин із вичавок плодово-ягідної сировини є екстрагування.

У загальному вигляді процес екстрагування рослинної сировини можна розбити на чотири стадії: проникнення екстрагенту в пори рослинної сировини; розчинення речовини, що вилучається екстрагентом; дифузійне перенесення речовини, що вилучається до поверхні частки сировини; перенесення вилученої сировини з поверхні сировини в рідку фазу – екстрагент [371].

Проаналізувавши основні фактори інтенсифікації процесу екстрагування видно, що найбільш вагомими є підвищення ступеню подрібнення сировини, використання оптимального співвідношення екстрагенту та сировини, а також застосування УЗ-обробки та вакууму [372].

### 3. Фізико-хімічні показники готових напоїв

№ зразка	Тривалість обробки, хв.	Масова частка, %		Активна кислотність (рН)	Масова частка L-аскорбінової кислоти, мг /100 г			
		сухих речовин	титрованих кислот		у сировині	у вичавках	у яблучному сокові	у напої
<b>№ 1 «Яблучно-калиновий напій»</b>								
1	5	14,0	0,30	3,20	84,6	27,3	3,0	9,1
2	10	14,3	0,31	3,19	-	-	-	10,4
3	15	14,7	0,34	3,18	-	-	-	11,0
4	20	14,9	0,36	3,16	-	-	-	11,5
<b>№ 2 «Яблучно-аронієвий напій»</b>								
1	5	14,2	0,62	3,30	71,8	25,6	3,0	8,4
2	10	14,5	0,63	3,28	-	-	-	9,2
3	15	14,9	0,66	3,26	-	-	-	10,0
4	20	15,1	0,68	3,24	-	-	-	10,8
<b>№ 3 «Яблучно-обліпиховий напій»</b>								
1	5	14,4	0,90	3,30	121,0	45,0	3,0	12,0
2	10	14,7	0,99	3,25	-	-	-	12,8
3	15	14,3	1,0	3,23	-	-	-	14,0
4	20	15,5	1,2	3,21	-	-	-	15,5

Джерело: авторські дослідження

<sup>372</sup> Орлова Е.И. Исследование процесса экстрагирования из растительных материалов : автореф. дис на присвоение науч. степени канд. техн. наук / Е.И. Орлова. – Харьков, 2006. – 24 с.

Саме ці фактори необхідно дослідити на обраній нами сировині. В якості екстрагенту обрано яблучний сік (з такими фізико-хімічними показниками: масова частка сухих речовин – 14 %; титрованих кислот – 0,69 %; рН – 3,3 %; масова частка L-аскорбінової кислоти – 3,08 мг/100 г) з метою збагачення його усім спектром БАР, що містяться у ПДЯ.

Вичавки являють собою подрібнені часточки шкірочки, насіння та м'якоти. Співвідношення вичавок до екстрагенту – 1:3. Тривалість УЗ-обробки становить 5...20 хв. Основні фізико-хімічні показники отриманих напоїв наведені в табл. 3.

Насиченість напоїв нутрієнтами зростає: масова частка L-аскорбінової кислоти в залежності від тривалості УЗ-обробки в усіх напоях зростає в 2,8...4 рази у порівнянні з її вмістом у яблучному соку, збільшується вміст сухих речовин, що надає більш повного гармонійного смаку отриманим напоям (табл. 3).

Комплекс досліджень з обраного напрямку підводить нас до висновку, що на сьогоднішній день науково-обґрунтовані можливості застосування вакуумної та УЗ-обробки для збільшення виходу соку з дикорослих ягід; використання вторинної сировини після вилучення соку; збагачення БАР вторинної сировини соків, які містять незначну їх кількість. Отже, запропонована технологія дає можливість безвідходного використання ягід дикорослої сировини.

### **3.15. Теоретичне обґрунтування вибору поліетиленової тари для тривалого зберігання плодоовочевої продукції**

*Хмельницька Є.В.*

*Вищий навчальний заклад Укоопспілки*

*«Полтавський університет економіки і торгівлі»*

Процеси, які відбуваються у плодоовочевій продукції при її зберіганні, за своїм характером, можуть бути поділені на 4 взаємопов'язані групи: фізіологічні, біофізичні, біохімічні та мікробіологічні. Активність протікання вказаних процесів відображається на інтенсивності дихання, яке є джерелом енергії. Зовнішньою ознакою дихання являється поглинання з оточуючого повітря кисню і виділення вуглекислоти. На дихання витрачаються вуглеводи, органічні кислоти, жири, дубильні, азотисті та інші речовини, а сам процес дихання зводиться до повільного окиснення складних органічних речовин які розпадаються на більш прості з виділенням енергії. Дихання складається із ланцюга взаємопов'язаних процесів окиснення і відновлення. Енергія, що накопичилася під час вегетації, вивільнюється в процесі дихання, частково використовується на внутрішні процеси, або запасується клітинами у хімічних зв'язках і виділяється в оточуюче середовище у вигляді тепла.

Інтенсивність дихання залежить від виду соковитої продукції, її фізіологічного стану, сорту, умов вирощування і виражається кількістю міліграмів  $\text{CO}_2$ , яку виділяє 1 кг плодоовочевої продукції за годину ( $\text{mg/kg}^{-1}$ ).

При зберіганні інтенсивність дихання залежить від температури, з підвищенням якої від оптимальних параметрів, інтенсивність дихання зростає. Другий важливий фактор, який впливає на інтенсивність дихання – це склад газового середовища, у якому основна регулююча роль належить кисню. Зменшення його вмісту у газовому середовищі значно знижує інтенсивність дихання, а підвищення – активізує цей процес. Знижує інтенсивність дихання і підвищена концентрація у газовому середовищі вуглекислого газу.

Залежно від сорту плодів і овочів, їх фізіологічного стану може змінюватись виділення в процесі дихання кількості  $\text{CO}_2$ , тому відбувається зміна співвідношення кисню і вуглекислоти, яке називається коефіцієнтом дихання ( $\text{DK}=\text{CO}_2/\text{O}_2$ ). Таким чином, існує пряма кореляційна залежність між коефіцієнтом дихання і фізіологічною активністю об'єктів зберігання. Коефіцієнт дихання являється одним із основних якісних показників режимів зберігання, а тому його можна використовувати в якості критерію для оцінки поточного стану об'єкту зберігання.

Міжклітинники і внутрішній простір свіжої плодоовочевої продукції заповнені газом, невелика кількість якого розчинена і у клітинному соку. Кількість газу залежить будови м'якуша і розміру порожнин. Дифузія газів відбувається через шкірку, гирлиці, травмовані місця, у плодівих овочів, фруктів і ягід – через плодоніжку. Швидкість дифузії залежить від сорту, стиглості, фізіологічного стану овочів і плодів. В процесі старіння соковитого об'єкту, відкладення воску на поверхні шкірки і заповнення повітряних просторів тканин соком, проникливість тканин для повітря знижується, кількість і структура газів змінюється.

Газовий склад у середині тканин безумовно впливає на протікання біохімічних і фізіологічних процесів об'єкту зберігання. Його кількісний і якісний склад залежить не тільки від життєдіяльності самого рослинного організму, а і від складу зовнішньої атмосфери, температури зберігання та інших впливових факторів. Внутрішньотканинна концентрація газів являє собою динамічну рівновагу між утворенням тканинами, в процесі дихання і втратою внаслідок дифузії, вуглекислого газу та між споживанням і надходженням кисню [373].

Картопля, овочі і плоди помітно вирізняються між собою по вмісту внутрішньотканинних газів, а кожен вид продукції має великі відмінності між сортами. Газів у середині тканин накопичується більше у процесі зберігання у яблуках, грушах, цитрусових, особливо у мандаринах, цибулі (26–43 % від загального об'єму об'єктів), а у редиски, огірків, картоплі – у межах 5,5–7,5 % [373].

Гази, що утворюються у тканинках рослинних організмів

---

<sup>373</sup> Колесник А.А. Хранение плодов в регулируемой атмосфере / А.А. Колесник, М.А. Федорова, Е.Х. Осенова. – М. : Московский ордена Трудового Красного Знамени институт им. Плеханова, 1971. – 121 с.

виділяються з цитрусових через місце прикріплення плодоніжки, з яблук – через чашечку і плодоніжку, із бульб картоплі – через бруньки, редиски – через залишки листових черешків тощо.

У складі внутрішньотканних газів стиглих овочів і плодів, а також картоплі, яка закладена на зберігання, на відміну від зовнішньої атмосфери, міститься порівняно мало кисню і багато  $\text{CO}_2$ , а вміст азоту буває звичайно значно нижчим, ніж у оточуючому середовищі.

У зв'язку з вищевикладеним стає зрозумілим, що співвідношення  $\text{CO}_2/\text{O}_2$  у внутрішньотканній атмосфері відрізняється від відношення цих газів у повітрі. Найбільш високе відношення  $\text{CO}_2/\text{O}_2$ , тобто в тканинах накопичується велика кількість вуглекислоти по відношенню до кисню, у цитрусових плодів (2,5–5,5), у картоплі (2,0–2,3), а менше всього у коренеплодах редиски (0,20–0,25), за рахунок низького накопичення  $\text{CO}_2$  (біля 5 %) і високого (15–16 %) вмісту  $\text{O}_2$  у тканинах. Чим більша інтенсивність дихання об'єкту зберігання, тим більше у її тканинах вуглекислоти. Низька інтенсивність дихання пояснюється нестачею  $\text{O}_2$  в тканинах і послабленням окислювальних процесів. На послаблення окислювальних процесів у плодоовочевій продукції і картоплі вказує факт зниження енергії дихання. Вказані процеси накопичення вмісту  $\text{CO}_2$  і  $\text{O}_2$  у тканинах плодів, овочів і картоплі відбуваються при їх зберіганні у природній зовнішній атмосфері.

Але підвищення кількості вуглекислого газу у зовнішній атмосфері до певних меж призводить до значного погіршення якості багатьох соковитих об'єктів зберігання.

Дослідженнями А.А. Колесника [373] встановлено, що в процесі зберігання у соковитих об'єктах змінюється склад газів у тканинах. На початку зберігання у них збільшується загальний об'єм газів, але при перезріванні і старінні кількість газів у тканинах поступово зменшується. Одночасно в тканинах накопичується  $\text{CO}_2$  і зменшується вміст  $\text{O}_2$ , при цьому поступово знижується інтенсивність дихання і тому зменшується потреба тканин у притоці великих кількостей кисню. Все це призводить до зниження у тканинах загального об'єму вуглекислого газу і підвищенню об'єму кисню. Проникливість тканин для газів у нестиглих овочів і плодів вище, ніж у стиглих.

З підвищенням температури зберігання посилюється інтенсивність дихання, внаслідок цього накопичується в тканинах  $\text{CO}_2$  і знижується вміст  $\text{O}_2$ , вуглекислий газ краще розчиняється у сокові ніж кисень, що сприяє підвищенню питомої маси  $\text{CO}_2$  в тканинах і призводить до збільшення потреби овочів і плодів в кисні і до його нестачі в тканинах. В результаті вказаних процесів, у продукції, що зберігається, посилюються процеси інтрамолекулярного дихання, про що свідчить підвищення коефіцієнту дихання більше одиниці ( $\text{ДК} > 1$ ), утворюються недоокислені продукти анаеробного дихання такі, як етиловий спирт, оцтовий альдегід, оцтова і молочна кислоти, що в кінцевому рахунку, призводить до фізіологічних розладів у вигляді різного роду потемнінь, плям, некрозів.

Такі явища спостерігаються і під час прогресуючого старіння органів і тканин, коли втрачається стійкість до подібного роду розладів.

Свіжозібрана плодоовочева продукція більш стійка до ураження хворобами і фізіологічних розладів під час зберігання її у сховищах, а тому треба під час зберігання уповільнювати процес її дозрівання і старіння.

Це досягається, звичайно, за допомогою низької температури, концентрації  $O_2$  і  $CO_2$  при зберіганні у сховищах з регульованою атмосферою або при створенні модифікованого газового середовища (МГС). Затримка процесів дозрівання і старіння соковитої продукції у сховищах з регульованим газовим середовищем (РГС) і МГС пояснюється, в основному, уповільненням процесів засвоєння кисню тканинами об'єктів зберігання детермінуючою дією підвищених концентрацій  $CO_2$  на ферментативні процеси або нестачею кисню.

Наприклад, фермент цитохромоксидаза активується при низькому вмісті в атмосфері кисню, а активність поліфенолоксидази зростає тільки з підвищенням вмісту кисню. Вуглекислий газ блокує дихання, загальмовує інтенсивність окислювальних ферментів. Високі концентрації вуглекислого газу пригнічують активність таких ферментів, як цитохромоксидаза, малатдегідрогеназа, піруватдегідрогеназа та ін. [374, 375].

Плоди і овочі не тільки виділяють вуглекислий газ, але й поглинають його під час зберігання із оточуючого середовища. Фіксований  $CO_2$  приймає участь у синтезі амінокислот, вуглеводів, органічних сполук, в обміні навіть таких стійких сполучень як пектинові речовини і клітковина [374, 375]. Гальмуюча дія збідненої киснем атмосфери сильніше впливає на інтенсивність дихання соковитої продукції, ніж зниження температури [376].

Вплив концентрації кисню в оточуючій атмосфері на інтенсивність дихання змінюється залежно від ступеня стиглості плодоовочевої продукції під час зберігання. У стиглих плодах і овочах роль в активуванні кисню належить ферменту поліфенолоксидазі, яка вимагає високої концентрації кисню [373–375]. Якщо в атмосфері мало кисню, або він недосяжний до засвоєння, то продукція, яка зберігається в умовах РГС або МГС в цей період погано засвоює кисень з газових середовищ, і дихання протікає слабо. Недостиглі плоди і овочі відрізняються високою активністю цитохром оксидази, яка активується при низькому вмісті в атмосфері кисню [377].

Таким чином, основними регуляторами збереженості нативної

---

<sup>374</sup> Колесник А.А. Хранение плодов и овощей в регулируемой газовой среде. Ч. 1 / А.А. Колесник, Е.Х. Осенова, Л.Ф. Мелешкова. – М. : Министерство торговли СССР. Центральное бюро научно-технической информации, 1971. – 215 с.

<sup>375</sup> Fuhrman H. Qualitätsuntersuchungen an Radieschen und Möhren / H. Fuhrman, M. Schon // Gemüse. – 1986. – № 8. – S. 328–331.

<sup>376</sup> Ulrich R. Traitemens des fruits et des legumes après recolte a L' aide d'atmospheres specials / R. Ulrich, P. Marcellin. – Paris : Centre national de la recherche scientifique, 1968. – 267 p.

<sup>377</sup> Рубин Б.А. Биохимические основы хранения овощей / Б.А. Рубин. – М.-Л. : Издательство АН СССР, 1945. – 156 с.



якості плодоовочевої продукції є температура і газова атмосфера з підвищеним вмістом CO<sub>2</sub> і пониженим вмістом O<sub>2</sub>.

Сховища з РГС дороговартісні і їх в Україні обмаль, тим більше безпосередньо при супермаркетах та інших торговельних підприємствах. Для них більш доступно зберігати плодоовочеву продукцію у МГС, яку можна створити за допомогою поліетиленових упаковок, а зберігання в них плодоовочевої продукції, слід розглядати як особливий вид зберігання у газовому середовищі.

У поліетиленових упаковках, також, в результаті життєдіяльності продукції створюється газове середовище з підвищеним вмістом CO<sub>2</sub> і пониженим – O<sub>2</sub>. У поліетиленових пакетах зберігали редис П.Ф. Сокол і М.О. Скляревський [378], у мішках – В.А. Колтунов [379].

Поліетиленові плівки найбільш придатні для зберігання овочів і плодів, зокрема, редиски, так як вони має вибірково проникливість до CO<sub>2</sub> і O<sub>2</sub> і незначну пароводопропускність, але різні за товщиною поліетиленові плівки мають різні вищевказані властивості. На думку А.А. Колесника [373] використання плівки товщиною 60 мкм і вище викликає ураження яблук фізіологічними розладами.

Згідно багаточисленних досліджень для зберігання в плівках придатні види і сорти овочів і плодів, які спроможні переносити підвищену концентрацію CO<sub>2</sub> і понижену – O<sub>2</sub>. Концентрації CO<sub>2</sub> і O<sub>2</sub> у кожному конкретному випадку повинні відповідати окремим видам і сортам і не перевищувати меж, при яких настає глибоке анаеробне дихання [373].

Газообмін соковитої продукції з оточуючим їх повітрям відбувається через міжклітинний простір і шкірку. Через внутрішні порожнини овочів, плодів, бульб картоплі у клітини постачається кисень і через них же відводиться двоокис вуглецю, який утворився у клітинах при диханні. Об'єм цього міжклітинного простору поряд з інтенсивністю дихання свіжої плодоовочевої продукції має вирішальне значення для концентрації газів в об'єкті зберігання. Чим щільніше розташовані клітини, тим менше повітря у відповідного об'єкту зберігання і тим вище їх питома маса.

Концентрація окремих газових компонентів у середовищі соковитого об'єкту визначається по закону дифузії Фіка [380], оскільки газообмін визначається різницею між внутрішньою (C<sub>в</sub>) і зовнішньою (C<sub>з</sub>) концентрацією газових компонентів і підпорядкований константі (К), яка служить мірилом опору тканин:

$$\text{Дифузія газу} = K (C_{\text{в}} - C_{\text{з}}). \quad (1)$$

---

<sup>378</sup> Сокол П.Ф. О длительном хранении редиса / П.Ф. Сокол, М.А. Скляревський // Хранение и переработка картофеля, овощей, плодов и винограда / П. Ф. Сокол, М. А. Скляревський. – М. : Колос, 1973. – С. 112–116.

<sup>379</sup> Колтунов В.А. Совершенствование методов хранения овощей / В.А. Колтунов // Хранение и переработка картофеля, овощей, плодов и винограда : научные труды. – М. : Колос, 1973. – С. 117–120.

<sup>380</sup> Yac A., Les pertes massiques de denrees en enteposage frifigifue / A. Yac // Bull L. F. – 1970. – № 3. – P. 21–28.

Коефіцієнт  $K$  в основному залежить від газопроникливості шкірки і дифузії газів у міжклітинниках. Так як дифузія газів у міжклітинному просторі в діапазоні температур  $0-20$  °C коливається у межах 2,5 %, газообмін у найбільшому ступені визначається структурою шкірки соковитого об'єкту зберігання. Внутрішня концентрація газів залежить в числі інших факторів (структури і хімічного складу шкірки тощо) також і від температури та інтенсивності дихання об'єкту зберігання.

В процесі дихання навколо коренеплодів у поліетиленовому мішку наповнюється вуглекислий газ. Наповнення вуглекислого газу навколо об'єктів зберігання дещо менше ніж поглинання ним кисню. Ця невідповідність за поясненням П. Марселена [381] відбувається через те, що проникливість поліетилену по відношенню до вуглекислого газу більше, ніж до кисню, а також тим, що величина коефіцієнта дихання недостатньо велика. Через поглинання кисню, який знаходиться у поліетиленовому мішку, останній скорочується, якщо мішок запаяний або міцно зав'язаний, парціальний тиск азоту підвищується. Поліетилен проникливий для азоту, тому він поступово виходить із поліетиленового мішка, а плівка все більше притискається до продукції.

Багато синтетичних плівок селективно-проникливі, тому газообмін між продукцією і зовнішнім середовищем постійно відбувається, але коефіцієнт проникливості для кисню і вуглекислого газу у різних плівок різний. Треба підбирати такі плівки, щоб створювати в середовищі мішка потрібну конденсацію вуглекислого газу і кисню, таким чином в середині поліетиленового мішка створюється модифіковане газове середовище, яке потрібне для збереження продукції. Для забезпечення потрібної інтенсивності газообміну ізольованої ємкості з оточуючим середовищем поверхня її селективно-проникливого матеріалу розраховується у відповідності з рівнянням газового балансу.

Рівнянням газового балансу розраховується за наступним формулам [382]:

$$F = \frac{R_t (0,355 + 2,774C_{O_2}^B - 0,883C_{CO_2}^B) * m}{\alpha_{CO_2} (C_{CO_2}^B p^B - C_{CO_2}^H p^H)} \quad (2)$$

$$\text{або } F = \frac{R_t (0,365 + 2,774C_{O_2}^B - 0,883C_{CO_2}^B) * m}{\alpha_{O_2} (C_{O_2}^H p^H - C_{O_2}^B p^B)} \quad (3)$$

де  $C_{O_2}^H$ ,  $C_{CO_2}^H$  – об'ємна концентрація кисню і вуглекислого газу у середовищі, яке оточує ємність, у долях від сумарної концентрації, що

<sup>381</sup> Marcellin, P. 1971. La conservation des fruits en atmosphère contrôlée au moyen d'emballage de matière plastique. Chim. Ind. - Génie Chim. 104: 2141-2148.

<sup>382</sup> Хранение плодов в регулируемой газовой среде / [Л.В. Метлицкий, Е.Г. Салькова, И.Л. Волкинд и др.]. – М. : Экономика, 1972. – 183 с.

приймається за одиницю;  $C_{O_2}^B$ ,  $C_{CO_2}^B$  – об’ємна концентрація кисню і вуглекислого газу в газовій суміші, яка подається в ємність у долях від сумарної концентрації, що приймається за одиницю;  $F$  – площа селективно-проникливої для компонентів газового середовища поверхні оточень ємності або окремо стоячих фільтрів, БМ;  ${}^{\alpha}O_2$ ,  ${}^{\alpha}CO_2$  – коефіцієнти газопроникливості селективно-проникливої поверхні для кисню, вуглекислого газу, м/ата·г;  $R_i$  – поглинання кисню і виділення вуглекислого газу об’єктами зберігання в акті дихання при фактичній концентрації компонентів середовища на даний момент часу. Величина  $R$  – перемінна, вона залежить при постійній температурі від концентрації кисню та вуглекислого газу, м<sup>3</sup>/т·г;  $p^B, p^H$  – тиск середовища відповідно в середині і зовні ємності, атм;  $m$  – маса продукції завантаженої в ємність, т.

На думку авторів [382] необхідне співвідношення газопроникливості плівки по вуглекислому газу і кисню у цьому випадку виражається формулою:

$$\frac{{}^{\alpha}CO_2}{{}^{\alpha}O_2} = \frac{C_{O_2}^H - C_{O_2}^e}{C_{CO_2}^e - C_{CO_2}^H} \quad (4)$$

Коли оточуючим поліетиленові пакети або ящики середовищем являється повітря, для якого  $C_{O_2}^H = 0,21$ ,  $C_{CO_2}^H = 0$ , ця формула приймає вигляд:

$$\frac{{}^{\alpha}CO_2}{{}^{\alpha}O_2} = \frac{0,21 - C_{O_2}^e}{C_{CO_2}^e} \quad (4)$$

При однакових значеннях  ${}^{\alpha}O_2$  і  ${}^{\alpha}CO_2$  сума величин концентрації кисню і вуглекислого газу в ізольованій поліетиленовій ємності  $C_{O_2} + C_{CO_2} = 0,21$ , т.т. вмісту кисню в повітрі. При різних значеннях  ${}^{\alpha}O_2$  і  ${}^{\alpha}CO_2$  якими володіють селективно-проникливі плівки, ця сума менша концентрації кисню у повітрі. В ізольованій від зовнішнього середовища поліетиленовій ємності утворюється газова суміш з концентрацією азоту вище, ніж у повітрі внаслідок чого азот виходить з поліетиленового мішка або пакета, загальна кількість газової суміші в ньому поступово зменшується і створюється вакуум.

Якщо поліетиленові мішки або пакети не запаяні, а тільки зав’язані або мають перфорацію для вирівнювання внутрішнього і зовнішнього тисків, у наведених формулах, крім дифузії компонентів газового середовища через селективно-проникливий матеріал, якщо вони цим обладнані, враховують проходження газів через отвори в упаковці.

Для створення ємності із селективно-проникливих матеріалів газового середовища з вмістом кисню 3 % і вуглекислого газу 5 %

необхідно, щоб:  $\frac{^{\alpha}O_2}{^{\alpha}CO_2} = 0,28$ . Коефіцієнт селективної проникливості плівки для вуглекислого газу  $^{\alpha}CO_2$ , повинен дорівнювати при зберіганні продукції в поліетиленових пакетах на 1–3 кг –  $0,003 \div 0,005$ , в стаціонарних ящиках з поліетиленовими вкладишами –  $0,010 \div 0,013$  і для газових фільтрів (дифузійних вставок) –  $0,6–0,8$  м/добу·ата

При зберіганні соковитої продукції використовують у більшості випадків поліетиленові плівки низької густини (ГОСТ 10354), для яких співвідношення  $\frac{^{\alpha}O_2}{^{\alpha}CO_2} = 0,24$ . При товщині плівки 30, 40 і 70 мкм

коефіцієнти її проникливості для вуглекислого газу мають бути прийнятними рівними відповідно  $2,65 \cdot 10^{-3}$ ;  $3,5 \cdot 10^{-3}$ ;  $4,4 \cdot 10^{-3}$  і  $6,2 \cdot 10^{-3}$  м/доба·ата. Модифікація атмосфери в середовищі упаковки лише доповнює дію температури, а не замінює її.

Таким чином, в результаті дихання соковитої продукції в упаковці з плівки зростає кількість вуглекислого газу і зменшується вміст кисню. Поліетилен володіє порівняно високою газопроникливістю, причому до вуглекислого газу в декілька разів більше, ніж до кисню, низькою водо- і паро проникливістю, високою еластичністю.

## РОЗДІЛ 4

### НАПРЯМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СУЧАСНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ З МЕТОЮ ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ТА ЕНЕРГЕТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛІВ

#### 4.1. Інноваційна технологія комплексної переробки торфу на композиційне паливо й гумінові добрива

*Корінчук Д.М., Дахненко В.Л.  
Інститут технічної теплофізики НАН України*

В Україні торф має значний енергетичний й агрохімічний потенціал, його запаси перевищують 2,2 млрд т, при цьому більше 90 % торфу низинного типу. В усьому світі торф використовується як комунально-побутове місцеве паливо, як сировина для виробництва живильних ґрунтів й інших видів продукції.

В Україні торф видобувають крупні торфопереробні заводи, орієнтовані винятково на переробку торфу на паливо. Але саме низинний торф може виступати сировиною для одержання гумінових добрив. Препарати з торфу останнім часом знаходять широке застосування у тваринництві й ветеринарній медицині, оскільки проявляють високу біологічну активність, є екологічно чистими, стимулюють приріст живої ваги тварин і птахів, чим сприяють поліпшенню якості продукції.

Потреба аграрного сектору в постійному відновленні гумусового шару для збільшення врожайності в рослинництві та підвищенні продуктивності у тваринницькій галузі робить актуальним напрямок виробництва з торфу гумінових добрив і стимуляторів росту рослин і тварин. В теперішній час існує складність створення потужних спеціалізованих виробництв, тому розглядається можливість створення комплексної технології переробки торфу на базі торфобрикетного виробництва.

Технологія одержання гуматів з торфу включає стадії сушіння й дроблення фрезерного торфу, екстракції, центрифугування з відділенням від розчину торф'яного залишку й упарюванням екстракту. Торф'яний залишок слід використовувати в технології виготовлення пресованого палива [383].

Існуючі енергозберігаючі технології виготовлення пресованого палива у вигляді гранул і брикетів передбачають використання в'язучих речовин. Відзначене робить обґрунтованим пошук ефективного методу

---

<sup>383</sup> Снежкін Ю.Ф. Залишок після екстракції гумінових речовин з торфу як сировина для виготовлення біопалива [Текст] / Ю.Ф. Снежкін, Д.М., Корінчук // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2015. – №. 47. – С. 204–208.

попередньої обробки торфу, що забезпечує високі фізико-механічні характеристики пресованого палива при низькому рівні енергетичних витрат, пошук умов організації технології, розробки принципової схеми виробництва брикетів і гранул з підвищеними міцністю й теплофізичними властивостями. Сутність технологічних рішень, спрямованих на виробництво пресованого палива з покращеними характеристиками полягає в різних методах попередньої обробки торфу з метою утворення на його основі активних з'єднань із високою в'язучою або клеючою здатністю, яка виникає під дією механічного, теплового, термовологісного або інших видів впливу [384].

Аналіз групового хімічного складу торфу, дозволяє зробити висновок, що вміст бітумних речовин і лігніну, які виступають основними в'язучими для всіх типів торфу невелике: залежно від типу торфу, середнє значення бітумів змінюється від 4,2 до 7,4 %, наявність лігніну варіюється від 7,4 до 12,3 %. Найбільший вміст у всіх типах торфу характерний для гумінових кислот, середнє значення яких змінюється від 24,7 % для верхового, і до 40,2 % для низинного торфу. При цьому, необхідно відзначити, що гумінові кислоти і їхні солі – це колоїдні системи, які за певних умов, мають властивості клею [385].

Гумінові кислоти мають сильно виражений полярний характер завдяки наявності карбоксильних і карбонільних груп, а також гідроксилів. Вони є високореакційно-здатними й активними іонообмінними речовинами, які утворюють міцні зв'язки з багатьма іонами й молекулами речовин, елементами, що перебувають у розчині, а також включеними в кристалічну структуру мінералами. Клеючі властивості гумінових кислот як структуроутворювачів ґрунту відомі в агротехнічних науках і застосовуються в сільському господарстві.

Практика застосування гумата натрію для стабілізації властивостей водовугільних суспензій показала, що відзначені з'єднання виступають як активні центри реакції горіння, поліпшують кінетичні характеристики палива, забезпечують зниження емісійних викидів. Відзначене дозволило сформулювати принципи організації технології виробництва торф'яного палива, при якому процес одержання в'язучого базується на змішуванні залишку після екстрагування гумінових кислот з торфу в результаті лужного гідролізу із частиною торфу, що йде на гранулювання. Одна тонна торф'яного залишку після екстракції гумінових кислот при вологості 80 % містить відповідно близько 800 кг гумінових кислот низької концентрації. При змішуванні із торфом залишок може робити пластифікуючий вплив на суміш активуючи гумінові кислоти в торфі, при цьому знижуючи кислотність торфу. Слід відзначити, що зниження вологості торф'яного залишку можливо лише

---

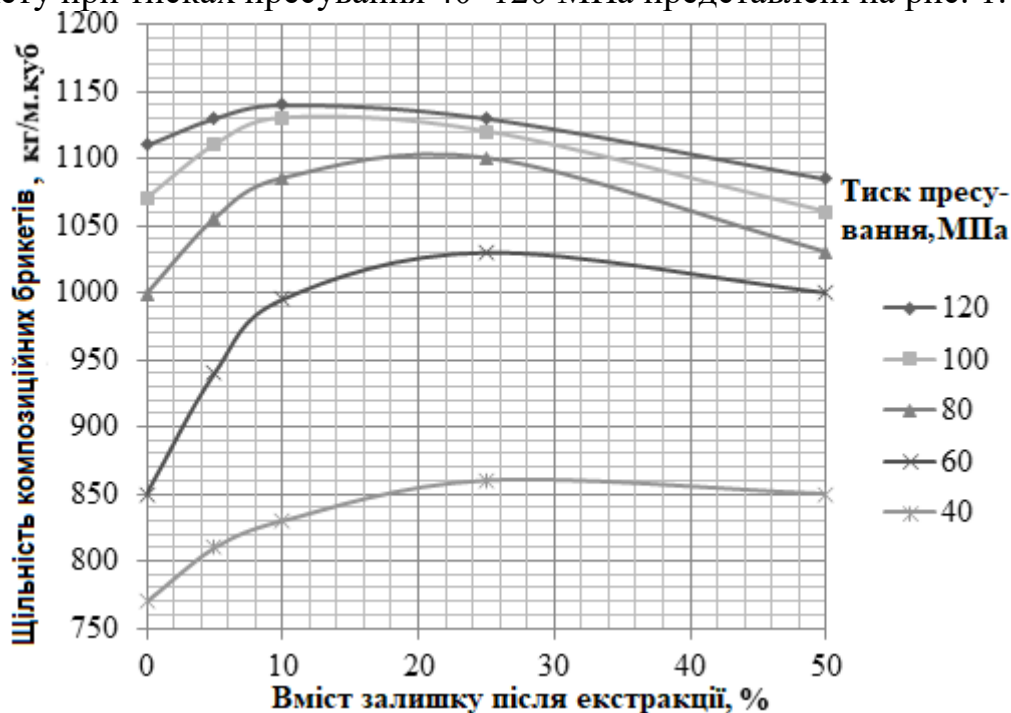
<sup>384</sup> Снежкін Ю.Ф., Дослідження температурної обробки біосировини в технології виробництва твердого біопалива [Текст] / Ю.Ф. Снежкін, Д.М., Корінчук, М.М. Безгін // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій 2015. – № 47 (2). – С. 209 – 213.

<sup>385</sup> Михайлов А.С. Разработка способа стабилизации горения твёрдого пылевидного топлива в ограниченном закрученном потоке: диссертация ... кандидата технических наук: 01.04.14 / Михайлов А.С.; 2016.

методом сушіння що є досить енерговитратним процесом, тому в запропонованій технології перевага віддається методам природного сушіння торф'яної суміші в польових умовах [386].

Найбільш обґрунтованою є технологія, відповідно до якої залишок після екстракції гумінових речовин повертається на полігон повітряного зневоднювання, змішується з торфом покладу, суміш проходить цикл польового природного сушіння й повертається в виробничий цикл у вигляді композиційної суміші на основі фрезерного торфу для переробки на паливо [386]. Згідно термічних досліджень композицій торфу вміст залишку в суміші не повинене перевищувати 50 % [387].

Дослідження брикетування композиційних сумішей показали, що оптимальна вологість суміші перед пресування повинна становити 15 % [388]. У ході досліджень змішування торфу із залишком після екстракції проводилося у вологому стані, після чого суміш витримувалась протягом доби при температурі не вище 20 °С, далі піддавалася термічному зневоднюванню. Результати сухого змішування компонентів не привели до позитивних результатів щодо підвищення якості механічних властивостей брикетів. Результати дослідження щільності брикету при тисках пресування 40–120 МПа представлені на рис. 1.



**Рис. 1. Залежність щільності композиційних брикетів від тиску пресування**

Джерело: авторська розробка

<sup>386</sup> Корінчук Д.М. Обґрунтування технології комплексної переробки торфу на паливо з вилученням гумінової складової [Текст] / Д.М. Корінчук // Промислова теплотехніка. – 2015. – Т. 37. – № 6. – С. 66–74.

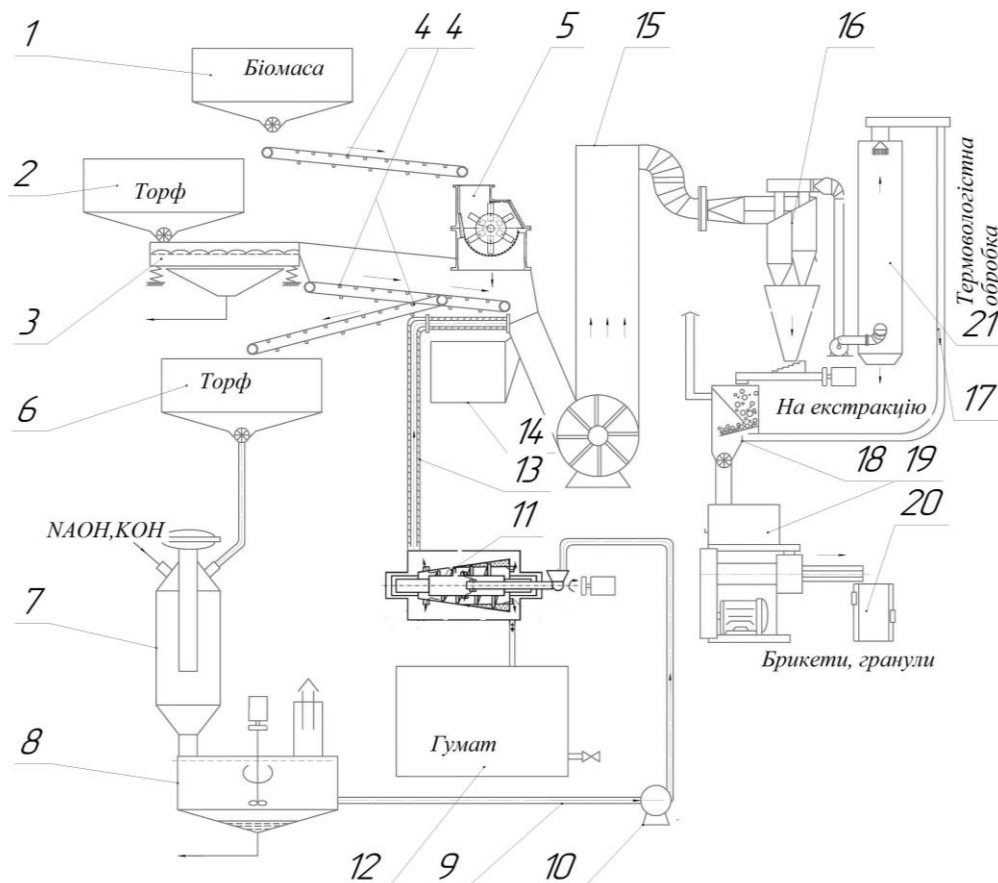
<sup>387</sup> Михайлик В.А. Вивчення термічних властивостей твердого залишку торфу після екстрагування гумусових речовин / В.А. Михайлик, Ю.Ф. Снежкін, О.І. Оранська, Т.В. Корінчевська, Д.М. Корінчук // Industrial Heat Engineering. – 2015. – Т. 37. – № 3. – С. 54–64.

<sup>388</sup> Композиційні палива на основі торфу і рослинної біомаси: сировина, властивості, режими, обладнання, технології [Текст] : монографія / Ю.Ф. Снежкін, Д.М. Корінчук, В.А. Михайлик ; Нац. акад. наук України, Ін-т техн. теплофізики. – К., 2012. – 212 с.

Як видно пластифікуючий ефект у суміші проявляється при тисках пресування 60–80 МПа. Тиск пресування істотно впливає на міцність брикетів, яка у свою чергу зв'язана із щільністю. При контролі цього параметра на рівні не нижче 60 МПа можна одержати міцні брикети у всьому діапазоні коливання складу торфосуміші.

При вмісті в суміші до 30 % залишку торфу після екстракції щільність брикетів перебуває в межах нормованої  $\rho \geq 1000$  кг/м<sup>3</sup>. Спостерігається підвищення щільності при вмісті в суміші 5–30 % залишку торфу після екстракції, що часто спостерігається при пресуванні матеріалів, структурно механічні властивості яких відрізняються і може бути пояснено проявом пластифікуючого впливу гуматів, які залишаються в залишку після екстракції.

При створенні технології виробництва торф'яного композиційного палива з добавкою торф'яного залишку після екстракції гумінових кислот за базову прийнято технологічну схему модернізованого торфобрикетного заводу із шахтним млином [389]. У технологічній схемі передбачена можливість введення в торф'яну суміш здрібненої біомаси для підвищення її калорійності. Основне устаткування технології представлене на рис. 2.



**Рис. 2. Технологія виробництва торф'яного композиційного палива з добавкою торф'яного залишку після екстракції гумінових кислот:**

<sup>389</sup> Корінчук Д.М. Розробка композиційного палива на основі торфу і рослинної біомаси для використання в теплоенергетичних установках. [Текст]: автореф. дис... канд. тех. наук: 05.14.06 / Д.М.Корінчук; Ін-т техн. теплофізики НАН України. – К., 2010. – 20 с.



1 – бункер біомаси; 2 – бункер фрезерного торфу; 3 – грохот; 4 – транспортер; 5 – молоткова дробарка; 6 – бункер фрезерного торфу ділянки екстракції; 7 – кавітаційний екстрактор; 8 – збірник пульпи; 9 – трубопровід; 10 – насос; 11 – центрифуга ОГШ; 12 – збірник розчину ГР; 13 – шнековий живильник; 14 – теплогенератор; 15 – сушарка аеродинамічна з млином; 16 – циклони; 17 – паропровід; 18 – бункер термовологістної обробки; 19 – прес ударний МБ-80, 20 – бункер готової продукції, 21 – скруббер.

Джерело: авторська розробка

Фрезерний торф, що транспортується на торфопереробне підприємство вагонами вузькоколійки, вивантажується в прийомний бункер – 2. Наповнювачем виступає волога крупнофракційна тріска або рослинна біомаса, які заготовлюються й складаються в бункер накопичувач 1. За допомогою шлюзового живильника з бункера 1 торф подається на стрічковий конвеєр і надходить на стадію механічної підготовки де проводиться його розсів у грохоті 3 і далі подається на конвеєр для подачі в бункер сушарки 15 у складі композиційної суміші і бункер накопичувач сировини для екстракції 6, куди подається конвеєром. Надриштковий продукт подається в бункер топки 14. З бункера 1 волога біомаса у співвідношенні 20–40 % по масі відносно композиційної суміші за допомогою шлюзового живильника подається на конвеєр і надходить на стадію механічної підготовки. Біомаса надходить у дробарку 5, де подрібнюється до фракції <10 мм, після чого подається у сушарку 15.

З бункера топки торф і біомаса подається на спалювання в технологічну топку 12. При спалюванні генерується сушильний агент - димові гази з температурою 500–800 °С.

Торф і біомаса у складі композиційної суміші направляється в канал підсушування 15, звідки разом з топковими газами, що надходять із топки, подається в шахтний млин, де відбувається розмелення та інтенсивне сушіння торфу й біомаси.

Технологічний процес формування композиційної суміші забезпечується інтенсивним перемішуванням у процесі сушіння суміщеного із дробленням вологої композиційної суміші в сушарці із шахтним млином. Висушений матеріал надходить у сепараційну шахту, де відбувається його розділення з поверненням у млин великих часток на повторне дроблення й сушіння.

Шахта трубопроводом з'єднується з пилоосаджувальною системою, у яку направляються топкові гази із завислими у них частками сухої біомаси й торфом. Осаджена у пилоосаджувальних апаратах 16 композиційна суміш через шлюзові затвори надходить у накопичувальний бункер композиційної суміші звідки подається на стадію термовологістної підготовки, призначеної активувати в'яжучі матеріали для зниження енерговитрат пресування й підвищення гідрофобних і структурно-механічних властивостей. Далі матеріал подається на конвеєр для доставки в бункери брикетних пресів 19.

Брикетований матеріал подається на конвеєр готової продукції 20 і транспортується в бункер готової сировини.

Одночасно із процесом одержання твердого палива сировина з накопичувального бункера 6 надходить на кавітаційну обробку в кавітатор 7 де змішується з лужним розчином NaOH. Концентрація розчину повинна забезпечити повноту протікання реакцій переходу гумінових кислот у соляний розчин. Кавітаційна обробка дозволяє активувати сировину перед екстракцією максимально збільшивши поверхню контакту торфу з реагентом. Процес протікає при температурі не вище 60 °С. Далі суспензія з кавітатора подається в реактор з мішалкою 8 де змішується з водою й при оптимальній температурі завершується процес екстракції. У нижній частині реактора осаджується мінеральна складова і відводиться окремо від суспензії. Суспензія надходить на відцентрове розділення у центрифугу 11. Відділений від суспензії розчин гуматів направляється в накопичувальний бункер 12, а фільтрат направляється в бункер накопичувач залишку після екстракції гумінових речовин або вводиться в сушарку. З бункера-накопичувача вагонами вузькоколійки залишок після екстракції транспортується на родовище торфу де розподіляється й змішується з торфом. При малій продуктивності гумату залишок може змішуватися із фрезерним торфом на вході в сушарку у співвідношенні не більше 1:10.

Суттєва потреба аграрного сектору в гумінових добривах вимагає створення спеціалізованих виробництв, спрямованих на виготовлення гуматів, що в сучасних умовах вкрай ускладнене. Інтегрування технології вилучення гумінових речовин з торфу на торфобрикетному заводі дозволить реалізувати комплексну переробку торфосировини в межах одного підприємства на паливо та добрива. На користь такого підходу вказує те, що в запропонованій технології вирішується задача енергетичних витрат процесів зневоднення добрив за рахунок торф'яного палива. В той же час отримання однієї тонни сухих гумінових речовин з торфу призводить до утворення 8–8,5 т торф'яного залишку екстракції з вологістю біля 80 %, який можна використовувати на ТБЗ для отримання торф'яного палива. Розроблена в ІТТФ НАНУ технологія вирішує питання раціонального поєднання зазначених технологій.

Встановлено, що найбільш обґрунтованою є технологічна схема комплексної переробки торфу на паливо з екстракцією гумінових речовин з фрезерного торфу за якою попередньо підсушений польовим способом торф надходить на ділянку підготовки сировини торфобрикетного заводу де просіюється, розділяється на два потоки, один з яких поступає на екстракцію другий на виготовлення палива. Екстракт відділяється від твердого залишку і представляє собою цінне добриво. Твердий залишок з вологістю 80 % повертається на торфородовище, змішується з торфом, сушиться в польових умовах штабелюється та виступає сировиною для виробництва торфобрикетів взимку, коли на паливо підвищений попит. Технологія може бути

реалізована з мінімальними інвестиційними витратами на торфобрикетному виробництві потужністю 30 тис. т брикетів на рік та забезпечити прибуток біля 180 млн грн/рік.

#### 4.2. Сучасні тенденції та досвід використання відновлюваних джерел енергії в ЄС та Україні

*Мороз С.Е.*

*Полтавська державна аграрна академія*

Сучасні тенденції та досвід використання відновлюваних джерел енергії в енергетичних цілях є важливими для України, де відновлювана енергетика перебуває на початковому етапі розвитку та потребує ефективних механізмів державної підтримки на зразок кращих світових практик. Осмислення проблем прискореного вичерпання природних, сировинних та традиційних енергетичних ресурсів, викидів парникових газів, забруднення довкілля зумовлюють широке обговорення у суспільстві сценаріїв переходу до використання відновлюваних джерел енергії.

З огляду на актуальність втілення енергетичних реформ в Україні, жвавість науково-практичних дискусій про важливість енергетичної модернізації, необхідність підвищення енергоефективності, доцільність використання відновлювальних джерел енергії, досліджено окремі аспекти альтернативної енергетики у країнах ЄС та можливості впровадження європейського досвіду в Україні.

Важливе значення альтернативних джерел енергопостачання розкрито у працях А. Завербного, Н. Іващук, Я. Кульчицької [390], В. Ліщук, А. Московчук [391], О. Сохацької, Н. Стрельбіцької [392] та ін. науковців. У дослідженнях розглядаються важливі аспекти диверсифікації джерел енергопостачання, аналізуються світові стратегії та сценарії розвитку регіонального енергетичного ринку [393], тенденції вітрової енергетики – Луїса Ф. Рібейро, В. Савош, О. Савченко [394], енергетичний потенціал геотермальних джерел – С. Гошовський, О. Зур'ян [395].

---

<sup>390</sup> Iwaszczuk N. Опыт использования альтернативных источников энергии в разных странах и регионах / N. Iwaszczuk, J. Kulczycka, A.C. Завербний // Наукові записки Львівського університету бізнесу та права. – 2013. – Вип. 10. – С. 100–106.

<sup>391</sup> Ліщук В.І. Використання відновлюваних ресурсів в енергетиці: світові стратегії та сценарії розвитку енергетичного ринку / В.І. Ліщук, М.Є. Ліщук, А.Т. Московчук // Економічний форум. – 2017. – № 2. – С. 30–35.

<sup>392</sup> Сохацька О.М. Сучасні тенденції на світовому ринку нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії / О.М. Сохацька, Н.Є. Стрельбіцька // Енергосбереження. Енергетика. Енергоаудит. – 2011. – № 11. – С. 38–52.

<sup>393</sup> Башинська Ю.І. Організаційно-економічні засади використання потенціалу відновлюваної енергетики в регіоні [Текст] автореферат дис..канд. екон. наук / Башинська Ю.І.; 08.00.05 – розвиток продукт. сил і регіон. економіка. – Львів : ДУ «Ін-т регіон. дослідж. ім. М.І. Долішнього НАНУ», 2017. – 20 с.

<sup>394</sup> Рібейро Луїс Ф. Тенденції вітрової енергетики в Україні та світі / Луїс Ф. Рібейро, В.Л. Савош, О.В. Савченко // Економічний форум. – 2017. – № 3. – С. 10–15.

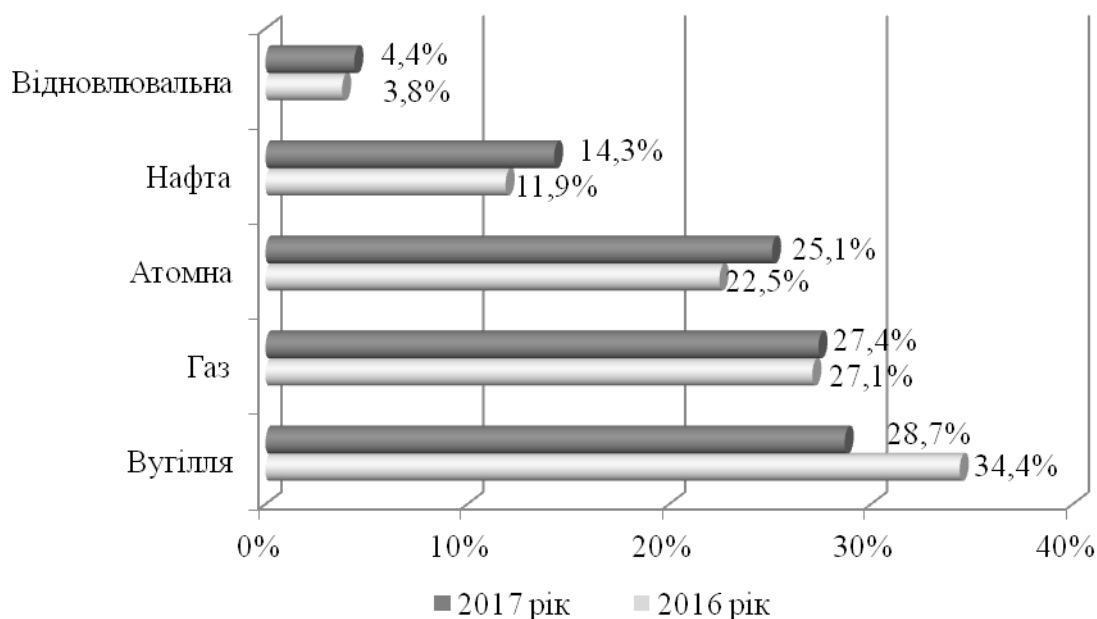
<sup>395</sup> Гошовський С.В. Екологічні переваги та недоліки технологій використання геотермальних ресурсів як джерела відновлюваної енергії / С.В. Гошовський, О.В. Зур'ян // Актуальні проблеми та перспективи розвитку геології: наука й виробництво : мат-ли IV Міжнар. геологічного форуму, (ГЕОФОРУМ-2017), 19-24 червня 2017 р., м. Одеса, Україна. – К. : УкрДГРІ, 2017. – С. 62–67.

Збагачують наукові надбання у галузі біоенергетики роботи Г. Гелетухи, Т. Железної [396], Д. Олійник [397].

Аналіз наукових джерел доводить, що глобальним світовим трендом останніх років стало остаточне розуміння необхідності переходу на поновлювані джерела енергії. Якщо ще у 2000-х роках це здавалося віддаленим майбутнім, то наприкінці 2010-го у міжнародних політичних і бізнес-колах почали чітко окреслювати перспективи відновлювальної енергетики на найближчі десятиліття [398].

За даними Державної служби статистики в енергетичному балансі України за 2017 р. обсяг загального постачання первинної енергії становив 89,6 мільйона тонн нафтового еквівалента, що на 5 % менше порівняно з 2016 роком [399]. Відносно попередніх періодів у 2017 р., виробництво первинної енергії скоротилося і склало 58,9 млн т н.е. що на 11,3 % менше, ніж у 2016 році.

У структурі вітчизняного виробництва первинної енергії у 2017 р. найбільшу питому вагу мали атомна енергія – 25,1 %, природний газ – 27,4 % та вугілля – 28,7 %. Частка відновлюваних джерел енергії становила 4,4 % (рис. 1).



**Рис. 1. Розподіл джерел у загальному постачанні первинної енергії**  
Джерело: дані [10]

Як видно з рис. 1, у 2017 р. виробництво вугілля скоротилося на

<sup>396</sup> Стан та перспективи розвитку біоенергетики в Україні / Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железна // Промышленная теплотехника. – 2017. – Т. 39, № 2. – С. 60–64.

<sup>397</sup> Олійник Д.І. Системні проблеми в реалізації технічного регулювання та захисту прав споживачів на енергетичному ринку України: вплив на енергетичну безпеку держави / Д. І. Олійник // Стратегічні пріоритети. – 2017. – № 2. – С. 89–98.

<sup>398</sup> Тренди альтернативної енергетики України: від занепаду до прогресу [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [https://dt.ua/energy\\_market/trendi-alternativnoyi-energetiki-ukrayini-vid-zanepadu-do-progresu-268117\\_.html](https://dt.ua/energy_market/trendi-alternativnoyi-energetiki-ukrayini-vid-zanepadu-do-progresu-268117_.html) – Назва з екрана.

<sup>399</sup> Офіційний сайт Державної служби статистики України [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.ukrstat.gov.ua>. – Назва з екрана.

5,7 % (з 34,4 % у 2016 р. до 28,7 %). Падіння виробництва експерти [400] пов'язують з тим, що основне місце видобування вугілля знаходиться у зоні АТО. Вимушені погодитися з експертами й відносно того, що альтернативна енергетика, а точніше виробництво енергії з відновлюваних джерел, майже за десять років впровадження в Україні все ще перебуває на початковій стадії розвитку. Як показав аналіз, відновлювальні джерела енергії все ще займають найменшу частку у структурі постачання первинної енергії в Україні.

Відомо, що альтернативна енергетика покликана сприяти вирішенню важливих проблем – енергоефективності та екологічної безпеки країни, саме тому держава створює умови для інвесторів та залучення інвестицій у процес розвитку альтернативної енергетики. За даними Національної комісії, яка здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг у 2016 р. було введено в експлуатацію 120,6 МВт потужностей, що виробляють електроенергію з відновлювальних джерел. З них найбільше об'єктів сонячної енергетики – 99,1 МВт та вітроенергетики 11,6 МВт. Об'єктів малої гідроенергетики та таких, що виробляють енергію з біомаси та біогазу було збудовано близько 3 МВт кожного [401].

### 1. Виробництво (видобування) природних видів паливно-енергетичних ресурсів в Україні (2012–2016 рр.)

Види паливно-енергетичних ресурсів	2012	2013	2014	2015	2016
Коксівне вугілля (тис. т)	20879	19663	12022	6064	6509
Вугілля ін./ антрацит (тис. т)	44826	44764	33208	23853	25122
Кокс/ дьоготь	19788	18633	14644	12267	13442
Брикети (вугільн. торф)	210	296	309	248	246
Коксівний газ (ТДж)	150008	143771	96785	79704	90483
Доменний газ (ТДж)	131276	130881	125002	109156	117461
Торф (паливний, тис. т)	446	467	457	491	539
Природний газ (ТДж)	716824	745543	699017	689341	705926
Сира нафта, тис. т	2290	2172	2042	1877	1623
Газоконденсати, тис. т	1055	899	697	656	650
Тверде біопаливо, (ТДж)	72796	78744	99773	108081	138862
Біогази (ТДж)	-	-	-	600	1367
<i>Загальне постачання енергії від відновлювальних джерел тис. т</i>	<i>2476</i>	<i>3166</i>	<i>2797</i>	<i>2700</i>	<i>3616</i>
<i>Частка постачання енергії від відновлювальних джерел</i>	<i>2,0%</i>	<i>2,7%</i>	<i>2,6%</i>	<i>3,0%</i>	<i>3,9%</i>

Джерело: дані [397]

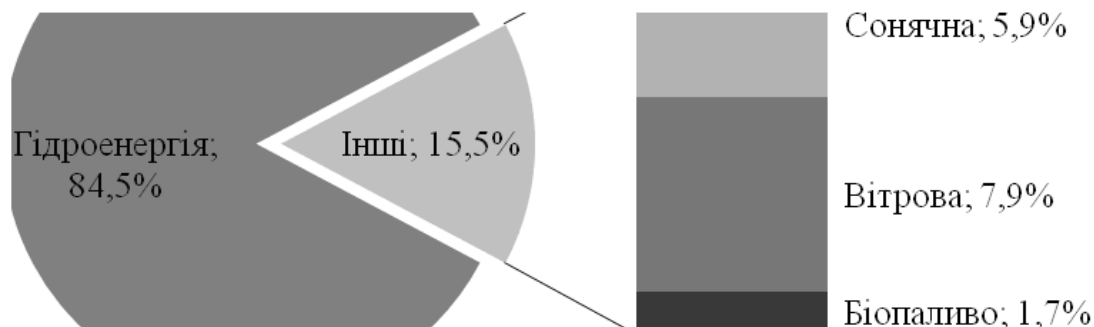
Станом на кінець 2016 р. галузь відновлювальної енергетики в Україні налічувала 170 компаній та 291 об'єкти енергетики. Протягом 2016 р. найбільший приріст продемонструвала сонячна енергетика – 36 нових суб'єктів і 47 нових об'єктів електрогенерації. Станом на 1 січня

<sup>400</sup> Розвиток відновлюваних джерел енергії в Україні [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://abc.in.ua/wp-content/uploads/2017/03/Rozvitok-VDE-v-Ukrai-ni.pdf>. – Назва з екрана.

<sup>401</sup> Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг : Офіційний сайт [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.nerc.gov.ua/?id=31942> – Назва з екрана.

2017 р. встановлена потужність об'єктів відновлюваної енергетики в Україні, які працюють за «зеленим» тарифом, склала 1117,7 МВт. [399]. Результати вітчизняного виробництва первинної енергії протягом 2012–2016 рр. наведені у табл. 1.

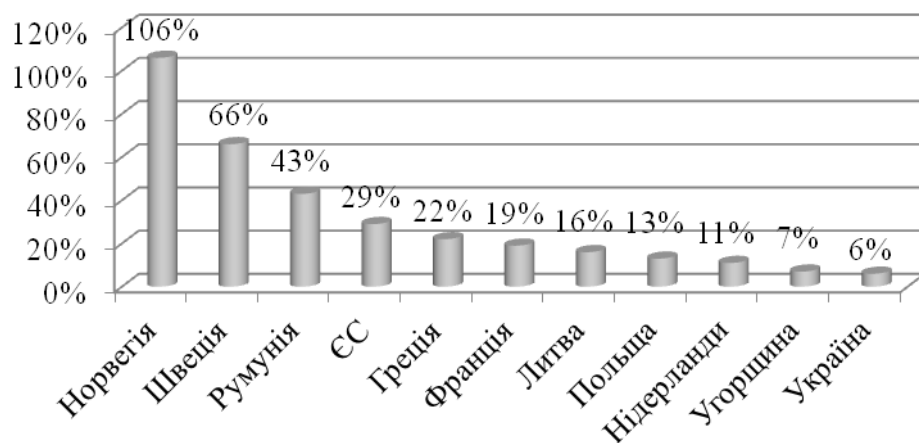
Експерти відзначають, що у структурі відновлювальних джерел енергії в Україні у 2017 р. найвагомішу частку займали біопаливо та відходи – 79,8%. Як і раніше, найбільшою питомою вагою серед вироблених відновлювальних джерел енергії вирізняється гідроенергія (рис. 2).



**Рис. 2. Структура виробництва електроенергії з відновлюваних джерел енергії, 2017 р.**

Джерело: дані [399]

За результатами 2017 р. частки гідроенергії та вітрової енергії зменшилися на 1,0 в.п. та 0,9 в.п. відповідно, при одночасному збільшенні часток сонячної енергії на 1,4 в.п. та біопалива на 0,5 в.п. [399]. Як показує аналіз [402], частка поновлюваних джерел енергії у загальному виробництві електроенергії в Україні значно менша, ніж у країнах ЄС (рис. 3).



**Рис. 3. Частка електроенергії, виробленої з відновлюваних джерел, у споживанні електроенергії, 2015 р.**

Джерело: дані [397]

Так, у середньому європейські країни виробляють близько 29 % зеленої енергії, лідирують у цьому рейтингу Норвегія (106 %) і Швеція

<sup>402</sup> Which type of energy do we consume? [Electronic resource]. – Access mode : <http://ec.europa.eu/eurostat/cache/infographs/energy/bloc-3.html>. – Name from the screen.

(66 %), причому «зайві» 6 % Норвегія експортує, що і пояснює перевищення 100 % позначки. Відзначимо, що навіть сусідня з Україною Польща і Литва можуть похвалитися рівнем поновлюваних джерел енергії вище 10 % (13 % і 16 % відповідно), а найбільш близьким до України показником вирізняється Угорщина (7 %).

Згідно статистичного огляду світової енергетики, частка відновлюваних джерел енергії у світовому виробництві енергоресурсів постійно зростає. Сьогодні енергія, доступна в Європейському Союзі, представлена часткою енергії, виробленої в ЄС, і часткою енергії, що імпортується з третіх країн. У 2016 р. ЄС виробив близько 46% власної енергії, а 54 % було імпортовано.

Як показує аналіз статистичних даних [399], енергетична суміш в ЄС у 2016 р. була представлена п'ятьма різними джерелами: нафтопродуктами (у тому числі сировою нафтою) (35 %), природним газом (23 %), твердим паливом (15 %), ядерною енергією та поновлюваними джерелами енергії (по 13 %).

Примітним є те, що виробництво енергії у різних країнах ЄС суттєво відрізняється за джерелами походження. Значення ядерної енергії особливо велике у Франції (80 % від загального обсягу виробництва національної енергії), Бельгії (75 %) та Словаччині (62 %). Тверде паливо має найбільше значення у Польщі (78 %), Естонії (67 %), Греції та Чехії (59 %), а природний газ є основним джерелом енергії, виробленої у Нідерландах (83 %). Сира нафта є основним джерелом енергії, виробленої в Данії (47 %) і Великобританії (41 %).

Відновлювана енергія є основним джерелом енергії, яка вироблена на Мальті, в Латвії, Португалії, на Кіпрі і в Литві. У цих країнах відновлювана енергія складає більше 90 % енергії, виробленої в країні.

Як бачимо, частка різних джерел енергії у загальній доступній енергії значно варіюється між державами-членами ЄС. На нафтопродукти (включаючи сирову нафту) припадає значна частка загальної енергії на Кіпрі (93 %), Мальті (79 %) і у Люксембурзі (63 %), у той час як природний газ становить трохи більше однієї третини в Італії, Нідерландах і Об'єднаному королівстві. Більше половини енергії в Естонії (61 %) і трохи нижче половини у Польщі (49 %) припадає на тверде паливо (в основному вугілля), а на частку ядерної енергії припадає 42 % у Франції і 33 % у Швеції. Відновлювана енергія становить 37 % як в Латвії, так і в Швеції.

Для середніх споживачів домашніх господарств ціни на електроенергію, включаючи податки і збори, у першому півріччі 2017 р. були самими високими як у Данії і Німеччині (0,30 євро за кВт-год), так і в Бельгії (0,28 євро за кВт-год), тоді як найнижчі ціни були зафіксовані у Болгарії (0,10 євро за кВт-год), Литві та Угорщині (0,11 євро за кВт год.).

Стратегією і планом дій ЄС для зниження залежності своїх країн від зовнішніх енергоносіїв передбачено побудову системи енергетичної безпеки та безперебійного енергопостачання на основі відновлюваних джерел енергії.

Науковці вважають, що Україна також потенційно здатна виробляти з відновлюваних джерел не менше 74 % від загальної кількості енергії. Нажаль, сьогодні цей рівень становить близько 6 %. Експерти країн ЄС у своєму прогнозі покладають основні надії на вітроенергетику (49 %) і біоенергетику (22 %), далі йде велика (17 %) і мала (7 %) гідроенергетика, а замикає список сонячна енергетика з часткою (5 %). Прогнозується, що всі перераховані галузі «зеленої» енергетики сукупно здатні виробляти близько 120 млрд кВтг енергії [403].

Цікавим для впровадження на теренах України може стати досвід Фінляндії з екологічної переробки відходів й очищення міст, та використання переробки сміття в якості джерел енергії [404]. Вважаємо, що практика поводження зі сміттям розвинених країн Європи, які вже давно навчилися не тільки отримувати з відходів енергію (в Україні існує лише один такий завод), а й заробляти на смітті, може бути корисною під час проектування сучасних заводів з переробки сміття і запровадження нових технологій у вітчизняній промисловості.

Сьогодні, як ніколи, важливо усвідомлювати надзвичайну важливість альтернативних джерел енергії не тільки у контексті кліматичних змін, але й як нових економічних можливостей для енергозабезпечення мільярдів людей, які все ще не мають доступу до сучасних послуг енергопостачання.

Осмилення суспільством екологічно-ресурсних ризиків спонукатиме вживати активних заходів, спрямованих на створення умов для розвитку відновлюваної енергетики.

### **4.3. Стратегічний вибір альтернативних джерел енергії з урахуванням регіональних специфікацій**

*Свида І.В.*

*Таврійський національний університет ім. В.І.Вернадського*

Особлива тема для досягнення стійкого розвитку регіону – енергоресурси. Дослідники стверджують, що використання енергії, яка отримується з альтернативних (нетрадиційних, відновлювальних) джерел природного середовища (вітру, сонця, води (хвиль), теплоти землі) та антропогенних джерел (теплових, органічних та інших відходів) дозволяє підтримати стійкий розвиток регіону завдяки скороченню викидів вуглецю, а це знижує енергетичні та кліматичні

---

<sup>403</sup> Eurostat: «Украина потенциально способна производить 74 % электроэнергии из возобновляемых источников» [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://itc.ua/news/eurostat-ukraina-potentsialno-sposobna-proizvodit-74-elektroenergii-iz-vozobnovlyaemyih-istochnikov/>– Название с экрана.

<sup>404</sup> Приварникова І.Ю. Переробка та використання відходів як шлях до ресурсозбереження / І.Ю. Приварникова, Ю.І. Литвиненко // Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки. – 2013. – № 4(1). – С. 260–266.



загрози. У свою чергу додамо, що альтернативна енергетика зменшує залежність регіонів від імпортованих енергетичних ресурсів, які часто країна-експортер використовує з метою політичного шантажу, тому розвиток відновлюваних енергетичних ресурсів має стратегічно важливе значення для довгострокового розвитку України та її регіонів.

Альтернативне джерело енергії – це будь-яке джерело енергії, яке є альтернативою викопному паливу [ 405 ]. Різні види енергетичних ресурсів мають різну якість, для палива її характеризує теплотворна спроможність, тобто скільки енергії (тепла) може виділити це джерело [406, с.176]. На нашу думку, не менш важливе значення має дослідження впливу альтернативних джерел енергії на стан довкілля, особливо віддалених наслідків. Тому необхідно дуже зважено й обґрунтовано підходити до вибору того чи іншого джерела альтернативної енергетики.

Стратегічний вибір, у загальному визначенні, – це узгодження і прийняття стратегічних рішень. Однією з проблем на даному етапі вважають прийняття рішень, які не мають конкретного управлінського змісту (відсутні конкретні цілі), наприклад, рішення: «прискорити розвиток», «збільшити показники», «посилити вимоги» і т. ін. [407, с. 254]. Останнім часом, в руслі концепту стійкого розвитку, все більше з'являється наукових праць, в яких стверджується, що саме альтернативна, так звана «зелена» енергетика, є безпечною для довгострокового розвитку та дозволяє частково замінити викопні природні ресурси, фізична кількість яких на грані вичерпання. Разом з тим, значно менше досліджень, які б містили ґрунтовні дані щодо особливостей альтернативної енергетики, її сильних та слабких сторін. На наше судження, важливо не просто перейти на використання відновлюваної енергетики і таким чином декларувати, що виконуються постулати стійкого розвитку, а всебічно дослідити із залученням як економістів, так і екологів, довгострокові наслідки для територій впровадження нових видів джерел енергії. Як показують дослідження фахівців, альтернативні джерела енергії мають неоднозначний вплив на стан довкілля, тому їх використання всупереч врахування локальних специфікацій може призвести до непоправних збитків та катастроф у майбутньому.

Специфікація (лат. species – вид, різновид) – формалізований опис властивостей, характеристик і функцій об'єктів [ 408 ], визначення і перелік специфічних особливостей чого-небудь [ 409 ]. У нас специфікація – індивідуальні особливості регіону та його локалітетів.

---

<sup>405</sup> Alternative energy Glossare [Електронний ресурс]. – Режим доступу : [http://www.icax.co.uk/alternative\\_energy.html](http://www.icax.co.uk/alternative_energy.html).

<sup>406</sup> Крамар Р.І. Протидія марнотратному витрачання паливно-енергетичних ресурсів в Україні: адміністративно-правові аспекти : монографія / Р.І. Крамар; ПВНЗ «Львів. ун-т бізнесу та права». – Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2015. – 186 с.

<sup>407</sup> Григоренко К.С. Особливості стратегічного управління / К.С. Григоренко // Бізнес-навігатор. – 2014. – №1 (33). – С. 250–257.

<sup>408</sup> Словопедія : економічна енциклопедія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://slovopectia.org.ua/36/53409/248406.html>.

<sup>409</sup> Словопедія : економічна енциклопедія [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://slovopectia.org.ua/42/53409/290295.html>.

Локальний – постійно властивий певній місцевості, певному середовищу [410]. Локалітет означає географічно або екологічно чітко обмежену область, в якій одна загроза чи небезпека може швидко поширитися й на інші території [411]. Так як вся діяльність в регіоні взаємопов’язана, тому те, що відбувається в одному локалітеті зачепить й інші, що вказує на важливість розробки довгострокових прогнозів щодо впливу альтернативної енергетики на соціо-еколого-економічний розвиток території.

Враховуючи, що не всі альтернативні джерела енергії однаково підходять для будь-яких територій, ми систематизували в табл. 1 види, функціональні характеристики, переваги та недоліки біосферних та антропогенних джерел енергії, щоб вивчивши особливості кожного з них можна було співставити їх із специфічними умовами території.

### 1. Види, функціональні характеристики, переваги та недоліки альтернативних джерел енергії

Вид	Функціональні характеристики	Переваги	Недоліки
Гідроелектростанції (ГЕС)	Забезпечує виробництво 85% поновлюваної і 20% світової електроенергії, що еквівалентно 900 млн т нафти Гідроенергетична потужність досягає 1015 ГВт	Низькозатратне джерело енергії	Основна частина доступного потенціалу ГЕС планети вже задіяна. Підйоми та спад рівня води викликає заболочення та засолення ґрунтів, зміни мікроклімату, бар’єри для нересту риби. Водосховища затоплюють продуктивні території (поля, села). Глобальне потепління, засуха та пересихання рік обмежать розвиток ГЕС, доступна прісна вода буде використовуватися для інших потреб
ГЕС малої потужності	Реалізує 5 % світового потенціалу ГЕС Оцінюється в 150–200 ГВт	Низькозатратне джерело енергії	При відсутності високоякісних гідроресурсів (стабільно повноводних річок) може виникнути екологічна катастрофа
Приливні електростанції на морі	Сумарний енергетичний потенціал – від 5 до 300 млрд кВт	Низькозатратне джерело енергії	Потужність морських електростанцій залежить від приливів, які бувають два рази на день. Ці електростанції змінюють морську флору і фауну, впливають на клімат та швидкість пересування вод

<sup>410</sup> Словник української мови та культури [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.slovnkyk.ua/index.php?sword=%D0%9B%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9>.

<sup>411</sup> Категории и критерии списка МСОП [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.iucnredlist.org/support/donate>.

Сонячна енергетика	Світове виробництво досягло 200 млн МВтч в рік Розвивається швидкими темпами	Швидке зростання потужності. Через 10 років задовольнятиме більшість потреб у енергії. Малопродуктивні землі підходять під сонячні електростанції	Високозатратне джерело енергії. Потребує великих вільних площ, які добре обігріваються сонцем. Робота залежить від кількості поступаючого сонячного світла, тому не є стабільною та передбачуваною. Конструкції сильно нагрівають повітря, внаслідок чого гинуть птахи поблизу сонячних енергоустановок
Вітроенергетика	Річна потужність вітрогенераторів 400 ГВ, кількість виробленої світової енергії – 3%. Розвивається швидкими темпами	Окремі підприємства самі можуть виробляти енергію для своїх потреб. Малопродуктивні землі підходять для розміщення вітряків	Високозатратне джерело енергії. Низька конкурентоспроможність на більшості ринків. Залежить від швидкості вітру та потужності вітрових турбін (600 кВт до 5 МВт), тому вітряки підходять там, де постійні вітри – верши гір, прибережні смуги. В лопастях вітряків гинуть птахи Дикі тварини покидають території розташування вітряків через частоту вібрації звуку. Найбільш продуктивні місця розташування вітроенергоустановок вже освоєні, тому слід зосередитися на розробці турбін вищої потужності
Геотермальні електростанції	Потужність у світі становить 11 ГВт	Великі обсяги підземних термовод містяться у вулканічних районах. Підходять там, де відсутні або відносно дорогі горючі ресурси	У термальних водах велика кількість солей токсичних металів та хімічних сполук, що виключає скидання цих вод у поверхневі водні системи [412]
Електростанції на біомасі	Потужність складає 40 млн кВт на рік	-	Скорочуються посівні площі під продовольчі культури. Нехарчові сільгоспвідходи дають нижчу віддачу з одиниці площі, а вимагають більших витрат, тому їх енерго- і економічна ефективність низька. Масове вилучення водоростей з морів приведе до екологічної катастрофи.
Електростанції		-	Деревина – цінний продукт з

			тривалим часом відтворення, тому на обігрів підходить лише непромислова деревина. Щодо екологічної чистоти біопалива, то кукурудзяне та рапсове пальне створює на 50–70 % більше парникових газів, ніж бензин і дизпаливо [412]
Вторинні енергоресурси виробництва	Енергія різних видів та побічна продукція, що утворюється в процесі виробництва	Запобігає накопиченню промислових відходів. Дешево опалення та економія ресурсів	Промислові відходи більш ефективні для повторного використання у виробництві, а не спалювання. В залежності від виду відходів може бути слабкий обігрів, а виділений в процесі спалювання діоксид вуглецю отруювати довкілля
Викопні джерела енергії	Актуально використовувати на тих територіях, які не мають достатньо можливостей (природного забезпечення й кліматичних умов) для рентабельного й безпечного розвитку альтернативної енергетики та не можуть її експортувати в достатній для їх потреб кількості		

Джерело: систематизовано на основі В.С. Арутюнов [412] та інших джерел

За спостереженнями геологів, на закритих неперспективних свердловинах штату Техас та старих нафтових промислах Борислава нафтові запаси регенеруються [413]. П. Копка притримується думки, що відхід від вуглеводнів пов'язаний не із закінченням останніх, а з інноваційними технологіями та виробництвами, які повинні прийти на зміну староукладним. Втім, стверджує аналітик, швидкого й безповоротного закінчення ери вуглеводнів не буде, так як вуглецева сировина превалюватиме в деяких галузях і секторах глобальної економіки, проте вуглеводні перестануть грати роль основного інструменту впливу на світові та технологічні процеси [413]. Ми не однозначні з автором думки, тому що у практиці розвинених країн все більше секторів економіки користується «плодами» нової енергетики. На підтвердження наведемо наступні приклади: «зелена» енергетика на початку характеризувалася скромними масштабами віддачі, а на даний час у США 50 % енергії виробляються джерелами поновлюваної енергетики; території Нідерландів й Ірландії густо вкривають вітроелектростанції; розвинені країни поставили стратегічним завданням до 2040 р. відмовитися від авто з двигуном внутрішнього згорання; вартість кВт-годин ємності акумуляторів постійно падає, що додатково сприяє відмові від вуглецевої залежності; дешевшими стають гібридні

<sup>412</sup> Арутюнов В. Нефть XXI. Мифы и реальность альтернативной энергетики [Електронний ресурс] / В. Арутюнов. – М. : ТД Алгоритм; 2016. – Режим доступу : <http://www.klex.ru/omd>.

<sup>413</sup> Копка П. Кінець епохи нафтодолларів [Електронний ресурс] / П. Копка. – Режим доступу : <https://gordonua.com/ukr/publications/-kinets-epohi-naftodolariv-abo-chomu-krajini-virobniki-vuglevodniv-prirechni-213584.html>.

авто; на стадії будівництва знаходяться нові ядерні реактори, які будуть функціонувати на швидких нейтронах; «зелена» енергетика зростає швидше, ніж вуглецева; інвестори віддають перевагу не будівництву нових ТЕС, а розробкам нових технологій поновлюваної енергетики, навіть Саудівська Аравія розробляє 30 планів експорту сонячної та вітрової енергетики й скорочує споживання нафти [414]. Таким чином, природні джерела енергії знаходять широке застосування, що зменшує роль мінеральної енергосировини і такі тенденції в майбутньому зростатимуть. Оскільки стратегічні пріоритети пов'язані із новими й більш безпечними за традиційні джерелами енергії, то виробництво й споживання в регіоні потрібно збалансувати так, щоб менше залежати від тимчасово доступних природних ресурсів, експлуатація яких, до того ж, негативно відбивається на стані довкілля. Крім того, необхідно диверсифікувати економіку регіонів таким чином, щоб вона була готова до перетворень в енергосфері.

Оскільки альтернативна енергетика має свої особливості і не може забезпечуватися однаково на всіх територіях, то її виробництво і використання має стати пропорційним. Збалансоване ресурсокористування – це пропорційне використання різних видів ресурсів та енергетики з врахуванням потреб сучасних і майбутніх поколінь, а також можливостей територій та чіткими розрахунками щодо майбутнього впливу на екологічний стан регіону.

На жаль, альтернативна енергетика поки не є цілком безпечною, а несе свої ризики та загрози, проте вони менші, ніж небезпеки від екстенсивного видобутку нафти й вугілля (їх переробки, транспортування й спалювання), що викликає системне й постійне забруднення навколишнього середовища. Досліджуючи збалансованість між елементами соціо-еколого-економічної системи регіону вважаємо, що треба відразу відмовитися від ідеї повної (ідеальної 50/50/50 – економіка, соціум, довкілля) збалансованості (пропорційності) і допустити можливість існування деякої гетерогенності (різномірності). Визнаємо, що все використання ресурсів у регіоні витратне і не існує абсолютно безпечних для довкілля методів господарювання, тому допускаємо, що треба в чомусь поступитися, якщо це дозволить отримати значні результати і не нестиме непоправної шкоди довкіллю, людині або економіці. Наприклад, якщо 20 % ризиків принесе 80 % результату, то варто ризикнути, поки не буде знайдено більш безпечні та ефективні способи вирішення конкретної проблеми. Можливі втрати територій в результаті переходу до альтернативної енергетики ставимо в межах не більше 20 %.

НТП «не стоїть на місці», а рухається вперед, тому можна очікувати удосконалення існуючих джерел альтернативної енергетики, а також інноваційні пропозиції в даному напрямку. Тому при виборі альтернативного джерела енергії потрібно зважувати кожний крок з врахуванням територіальних специфікацій, дотримуючись головного

---

<sup>414</sup> Green Economics. Investopedia [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.investopedia.com/terms/g/greeneconomics.asp>.

принципу: «не нашкодити».

Очікується, що в перспективі альтернативна енергетика приведе до економічного ефекту (окупності), який перевищить збитки від експлуатації природних ресурсів та дозволить запобігти спричиненню подальшої руйнації довкілля, щоб еко-система територій не деградувала до ще гіршого стану, а поступово переходила на більш досконалий за сьогоденний рівень існування.

#### **4.4. Особливості математичного моделювання динаміки високотемпературного сушіння біопалив**

*Сорокова Н.М., Корінчук Д.М.*

*Інститут технічної теплофізики НАН України*

Використання біомаси рослинного та деревного походження як сировини для отримання паливних брикетів і гранул має великий потенціал у відновлюваній енергетиці України. Для отримання паливних гранул високої якості сировина повинна мати вологість 8–12 %. У більшості видів біомаси (солома, стебла кукурудзи, соняшнику, деревна стружка, енергетична верба, сорго, міскантус) вихідний вміст вологи по відношенню до загальної маси становить 50–60 %. Сушіння біомаси здійснюється переважно в барабанних сушарках після її попереднього подрібнення. В залежності від температури теплоносія  $T_c$  зневоднення може бути помірно інтенсивним ( $T_c=120\text{--}170\text{ }^\circ\text{C}$ ), або високотемпературним ( $T_c=300\text{--}500\text{ }^\circ\text{C}$ ). В останньому випадку зневоднення біомаси супроводжується процесом її термічного розкладання, початкова стадія якого характеризується розкладанням геміцелюлози з виділенням кисневмісних газів і пірогенетичної вологи, що сприяє підвищенню калорійності сухого залишку і відповідно біопалива в цілому. На наступних стадіях термодеструкції, при температурах вище  $270\text{ }^\circ\text{C}$  починають розкладатися целюлоза і лігнін, причому ці процеси в присутності повітря є екзотермічні для всіх видів біомаси та їх інтенсивне проходження може привести до швидкого підвищення температури і істотної втрати горючої складової. Тому важливим моментом при розробці технологій високотемпературної сушки біомаси є дотримання умови проходження першого етапу її термічного розкладання і завершення процесу по досягненні температури, що відповідає наступним стадіям деструкції даного виду біомаси.

Початок стадії термічного розкладання геміцелюлози в процесі сушіння деревної і рослинної біомаси, як було експериментально

доведено в [ 415 ], характеризується різкою зміною, переважно підвищенням, ефективною енергії активації мікрочастинок зв'язаної речовини. Ці результати наведено в табл. 1.

### 1. Ефективна енергія активації на різних етапах зневоднення біомаси

№	Зразок біопалива	Зміна температури матеріалу, °С	Енергія активації, Дж/моль	Зміна температури матеріалу, °С	Енергія активації, Дж/моль
1	Торф низинний середнього ступеня розкладання	28–175/(112)	43500	175–305/(254)	37000
2	Солома пшениці	28–168/(87)	59300	168–318/(268)	93100
3	Древина дуба	23–190/(95)	51600	190–315/(300)	91300
4	Древина тополя	28–183/(109)	59400	183–351/(311)	75250
5	Древина сосни	28–168/(85)	54900	178–335/(315)	10400
6	Міскантус	28–180/(91)	57400	180–335/(284)	90500
7	Композиційне паливо (торф 70 %, решта сосна)	28–182/(109)	52400	190–304/(270)	55400
8	Композиційне паливо (торф 50 %, решта сосна)	28–190/(109)	54000	182–328/(275)	56200

Джерело: дані [415]

Результати [415] отримані на базі дериватографічних досліджень зразків біомаси та аналізу кінетики їх термодеструкції у діапазоні до 500 °С. Із залученням кінетичної моделі Бройдо [415, 416], суть якої полягає в припущенні, що ступінь конверсії (розкладання) досліджуваної речовини може бути описаний виразом:  $da_k/dt = K(1-\alpha_k)^n$ , де  $K$  – константа швидкості реакції розкладання речовини,  $\alpha_k$  – ступінь конверсії речовини;  $n$  – порядок реакції;  $t$  – час термічного розкладання, розраховано ефективні значення енергії активації сумісних процесів видалення вологи та термодеструкції.

Таким чином, процес термічного розкладання, як і процеси дифузії і випаровування [417], є активаційним. Енергія активації, необхідна для переходу частинок геміцелюлози у вільний стан істотно вища, ніж енергія активації частинок зв'язаної води. Це буде оказувати вплив на динаміку високотемпературної сушки біомаси.

Створення сушильних технологій вимагає детального вивчення явищ тепломасопереносу і фазових перетворень в пористому матеріалі. Можливості експериментальних методів дослідження кінетики конвективного сушіння і деструкції в частинках малого розміру досить

<sup>415</sup> Коринчук Д.Н. Неизотермический анализ компонентов композиционных топлив на основе торфа и биомассы / Д.Н. Коринчук // Энергетика і автоматика. – 2018. – № 1. – С. 56–71.

<sup>416</sup> Broido A. A Simple, sensitive graphical method of treating thermogravimetric analysis data / A.A Broido // Journal of Polymer Science Part B: Polymer Physics. – 1969. – Т. 7. – № 10. – С. 1761–1773.

<sup>417</sup> Молекулярно-радиационная теория и методы расчета тепло- и массообмена / Н.И. Никитенко, Ю.Ф. Снежкин, Н.Н. Сорокова, Ю.Н. Кольчик. – К. : Наукова думка, 2014. – 744 с.

обмежені. В [418] побудовані математична модель і метод розрахунку динаміки сушіння частинок біомаси у формі кінцевих циліндрів, що є колоїдними капілярно-пористими тілами, пори яких заповнені рідиною, паром та повітрям. Процеси переносу відбуваються внаслідок дифузії, фільтрації, фазових перетворень зв'язаної речовини та усадки матеріалу. Пірогенетична вода видаляється разом із залишками вільної і зв'язаної вологи біомаси. Зазвичай барабанні сушильні апарати оснащені лопатковими пристроями, які сприяють інтенсивному перемішуванню сировини і рівномірному обдуванню теплоносієм кожної частки.

Математична модель тепло- і масопереносу при зневодненні колоїдних капілярно-пористих частинок будувалась на базі рівняння переносу субстанції (енергії, маси) [419] для систем, що деформуються:

$$c_{\text{еф}} \left( \frac{\partial T}{\partial t} + w_{\text{еф}r} \frac{\partial T}{\partial r} + w_{\text{еф}y} \frac{\partial T}{\partial y} \right) = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( \lambda_{\text{еф}} r \frac{\partial T}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda_{\text{еф}} \frac{\partial T}{\partial y} \right) - LI_V, \quad (1)$$

$$\frac{\partial U_{\text{ж}}}{\partial t} + \frac{\partial (w_{\text{ж}r} U_{\text{ж}})}{\partial r} + \frac{\partial (w_{\text{ж}y} U_{\text{ж}})}{\partial y} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( D_{\text{ж}} r \frac{\partial U_{\text{ж}}}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_{\text{ж}} \frac{\partial U_{\text{ж}}}{\partial y} \right) - I_V - \frac{U_{\text{ж}}}{1 - \varepsilon_V} \frac{\partial \varepsilon_V}{\partial t}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial U_{\text{п}}}{\partial t} + \frac{\partial (w_{\text{п}r} U_{\text{п}})}{\partial r} + \frac{\partial (w_{\text{п}y} U_{\text{п}})}{\partial y} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( D_{\text{п}} r \frac{\partial U_{\text{п}}}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_{\text{п}} \frac{\partial U_{\text{п}}}{\partial y} \right) + I_V - \frac{U_{\text{п}}}{1 - \varepsilon_V} \frac{\partial \varepsilon_V}{\partial t}, \quad (3)$$

$$\frac{\partial U_{\text{в}}}{\partial t} + \frac{\partial (w_{\text{в}r} U_{\text{в}})}{\partial r} + \frac{\partial (w_{\text{в}y} U_{\text{в}})}{\partial y} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( D_{\text{в}} r \frac{\partial U_{\text{в}}}{\partial r} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( D_{\text{в}} \frac{\partial U_{\text{в}}}{\partial y} \right) - \frac{U_{\text{в}}}{1 - \varepsilon_V} \frac{\partial \varepsilon_V}{\partial t}, \quad (4)$$

де  $T$  – температура;  $U_{\text{ж}}$ ,  $U_{\text{п}}$  і  $U_{\text{в}}$  – об'ємні концентрації рідини, пари і повітря;  $t$  – час;  $\lambda_{\text{еф}}$ ,  $c_{\text{еф}}$  – ефективні теплоємність і теплопровідність,  $c_{\text{еф}} = c_{\text{т}} U_{\text{т}} + c_{\text{ж}} U_{\text{ж}} + c_{\text{п}} U_{\text{п}} + c_{\text{в}} U_{\text{в}}$ ,  $\lambda_{\text{еф}} = \lambda_{\text{т}} U_{\text{т}} / \rho_{\text{т}} + \lambda_{\text{ж}} U_{\text{ж}} / \rho_{\text{ж}} + \lambda_{\text{п}} U_{\text{п}} / \rho_{\text{п}} + \lambda_{\text{в}} U_{\text{в}} / \rho_{\text{в}}$ ;  $D_{\text{ж}}$ ,  $D_{\text{п}}$ ,  $D_{\text{в}}$  – ефективні коефіцієнти дифузії компонентів,  $D_{\text{ж}} = \gamma_D [\exp(A_D / RT) - 1]^{-1}$  (формула М.І. Нікітенко [420]),  $D_{\text{п}} = D_{\text{в}} = \gamma_{\text{п}} T^{3/2} / P_{\text{г}}$ ,  $A_D$  – енергія активації дифузії;  $I_V$  – інтенсивність випаровування рідини в порах тіла;  $L$  – питома теплота випаровування;  $\varepsilon_V$  – відносна об'ємна деформація;  $w_{\text{еф}k}$  – ефективна швидкість зв'язаної речовини в напрямку  $k$  ( $k = r, y$ ),  $w_{\text{еф}k} = [w_{\text{ж}k} c_{\text{ж}} U_{\text{ж}} + w_{\text{п}k} (c_{\text{п}} U_{\text{п}} + c_{\text{в}} U_{\text{в}})] / c_{\text{еф}}$ .

Швидкості фільтрації  $w_{\psi}$  рідкої і газової фаз ( $\psi = \text{ж}, \text{г}$ ) знаходяться за законом Дарсі:  $w_{\psi} = -K_0 K_{\psi} / \eta_{\psi} \nabla P_{\psi}$ , де  $K_0$  – загальна проникність середовища;  $K_{\psi}$  – відносна проникність фази  $\psi$ ;  $\eta_{\psi}$  – динамічний коефіцієнт в'язкості,  $P_{\psi}$  – парціальний тиск фази  $\psi$ . Для знаходження  $P_{\text{ж}}$  і  $P_{\text{г}}$  необхідне знання функцій  $U_{\text{ж}}$ ,  $U_{\text{п}}$ ,  $U_{\text{в}}$  і  $T$ . При цьому визначаються

<sup>418</sup>Сорокова Н.М. Математичне моделювання динаміки сушіння біомаси / Н.М. Сорокова // Збірник тез доповідей XIV міжн. н.-практ. конф. «Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання». Київ. – 2018. – С. 72–73.

<sup>419</sup>Никитенко Н.И. Математическое моделирование тепломассопереноса, фазовых превращений и усадки с целью оптимизации процесса сушки термолabileльных материалов / Н.И. Никитенко, Ю.Ф. Снежин, Н.Н. Сорокова // ИФЖ. – 2005. – Т. 78, – № 1. – С. 74–87.

<sup>420</sup>Никитенко Н.И. Проблемы радиационной теории тепло- и массопереноса в твердых и жидких средах / Н.И. Никитенко // ИФЖ. – 2000. – Т. 73б – № 4. – С. 851–839.



об'ємні частки кістяка  $\Psi_T$ , рідини  $\Psi_{ж}$  і газу  $\Psi_G$  в тілі:  $\Psi_T = 1 - \Pi$ ,  $\Psi_{ж} = U_{ж}/\rho_{ж}$  і  $\Psi_G = 1 - \Psi_T - \Psi_{ж}$ , де  $\Pi$  – пористість,  $\rho_{ж}$  – густина рідини. Парціальні густини пари і повітря  $\rho_{п} = U_{п}/\Psi_G$ ,  $\rho_{в} = U_{в}/\Psi_G$ , звідки парціальні тиски  $P_{п} = \rho_{п} R_y T / \mu_{п}$  і  $P_{в} = \rho_{в} R_y T / \mu_{в}$ . Тиск газової суміші  $P_G = P_{п} + P_{в}$ , а тиск рідкої фази  $P_{ж} = P_G + P_K$ . Капілярний тиск  $P_K$  знаходиться як середній капілярний тиск рідини [419]:  $P_K = \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} P_{к/л} dV / \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} dV$ . Об'єм рідини в капілярах з радіусами від  $r$  до  $r + dr$  в одиничному об'ємі тіла  $dV(r) = \theta(r) F(r) dr$ , де  $F(r)$  – диференціальна функція розподілу пор за розмірами,  $\theta(r)$  – об'ємна частка капіляра, зайнята рідиною. В результаті отримуємо вираз:

$$P_K = 2\sigma(T) \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} \frac{\theta(r) F(r) dr}{r} / \int_{r_{\min}}^{r_{\max}} \theta(r) F(r) dr = \frac{2\sigma(T)}{r^*}, \quad r_{\min} < r^* < r_{\max}. \quad (5)$$

Тут  $r_{\min}$  і  $r_{\max}$  – мінімальний і максимальний радіуси пор одиничного обсягу,  $r^*$  – характеристичний параметр дисперсності розмірів пор.

Інтенсивність випаровування на зовнішніх поверхнях частинок знайдено в [421] як різниця потоків молекул рідини що випаровуються і конденсуються:

$$I = \gamma_c \left\{ \varphi_T|_{v=0} \left( \exp \left[ \frac{A}{RT} \right]_{v=0} - 1 \right)^{-1} - \varphi_c \left( \exp \left[ \frac{A}{RT_c} \right] - 1 \right)^{-1} \right\}, \quad \gamma_c = \varepsilon \rho_{ж} \delta^* / 4, \quad (6)$$

де  $\gamma_c$  – коефіцієнт поверхневого випаровування;  $\varepsilon$  – коефіцієнт випромінювання;  $\delta^*$  – середня довжина дифузійного перескоку активізованої частки в шарі рідини;  $\varphi_T$  – вологість парогазової суміші, яка відповідає згідно ізотермі сорбції значенню  $U_{ж}$  в даній точці тіла;  $v$  – нормаль до поверхні;  $T_c$  і  $\varphi_c$  – температура і відносна вологість зовнішнього середовища;  $A$  – енергія активації.

За умови локальної термодинамічної рівноваги, вираз для інтенсивності випаровування в одиничному об'ємі тіла впливає з (6):

$$I_v = \gamma_c \left[ \exp(A/RT) - 1 \right]^{-1} (\varphi_T - \varphi) S. \quad (7)$$

Тут  $S$  – площа контакту рідкої і газової фаз в порах тіла не повністю заповнених рідиною. Для знаходження функції  $S$  в одиничному об'ємі тіла в [417] отримана формула:

$$S = \frac{2\sqrt{1 - \varphi_T}}{\rho_{ж} \delta^*} \frac{\partial U_{ж}}{\partial \varphi_T}. \quad (8)$$

Похідна  $\partial U_{ж} / \partial \varphi_T$  знаходиться з рівняння ізотерми десорбції. Якщо ізотерма задана у вигляді  $U_{ж} = U_{\max} \varphi_T^g$ ,  $g = \text{const}$ , то  $\partial U_{ж} / \partial \varphi_T = U_{\max} g \varphi_T^{g-1}$ .

<sup>421</sup> Никитенко Н. И. Исследование динамики испарения конденсированных тел на основе закона интенсивности спектрального излучения частиц / Н. И. Никитенко // ИФЖ. – 2002. – Т.756 – № 3. – С. 128–134.

Дані по рівноважному вологовмісту для деревини [422], досить точно описуються рівнянням  $W^{-1} = W_{\max}^{-1} - 0,12 \ln \varphi$ , де максимальний вологовміст  $W_{\max}$  відповідає  $\varphi = 1$  і при  $100^\circ\text{C}$  складає 16%, а  $U_{\text{ж}} = 0,01 W_{\text{рт}}$ .

Відносна об'ємна деформація  $\varepsilon_V$  знаходиться на базі рівняння термоконцентраційного деформування [415], яке вирішено аналітично для визначення напруженого стану полого циліндра в результаті неоднорідності полів температури і концентрації компонентів зв'язаної речовини у [423]. Якщо тіло є капілярно-пористим, його усадкою в процесі сушіння можна знехтувати і  $\varepsilon_V = 0$ .

Граничні умови на вісі суцільного циліндра  $r=0$  представляють умови симетрії полів температури, концентрацій і швидкостей фільтрації компонентів зв'язаного речовини:

$$\left. \frac{\partial T}{\partial r} \right|_{v=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial U_{\text{ж}}}{\partial r} \right|_{v=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial U_{\text{п}}}{\partial r} \right|_{v=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial U_{\text{в}}}{\partial r} \right|_{v=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial w_{\text{жг}}}{\partial r} \right|_{v=0} = 0; \quad \left. \frac{\partial w_{\text{гг}}}{\partial r} \right|_{v=0} = 0. \quad (9)$$

На поверхнях, що контактують з сушильним агентом, задаються граничні умови третього роду:

$$\lambda_{\text{эф}} \left. \frac{\partial T}{\partial v} \right|_{v=0} = \alpha(T_{\text{с}} - T|_{v=0}) - LI, \quad (10)$$

$$D_{\text{ж}} \left. \frac{\partial U_{\text{ж}}}{\partial v} \right|_{v=0} = I, \quad (11)$$

$$-D_{\text{п}} \left. \frac{\partial U_{\text{п}}}{\partial v} \right|_{v=0} = \gamma_{\text{пс}} (U_{\text{п}}|_{v=0} - \rho_{\text{пс}} \Psi_{\text{п}}), \quad U_{\text{в}}|_{v=0} = \frac{P_{\text{с}} \Psi_{\text{г}} \mu_{\text{в}}}{R T|_{v=0}} - U_{\text{п}}|_{v=0} \frac{\mu_{\text{в}}}{\mu_{\text{п}}}. \quad (12)$$

Коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha$  визначався з використанням формули [424]  $Nu = 0,98(0,43 + 0,55 Re^{0,5} Pr^{0,38})$ . Для частинок, що мають форму полів циліндрів, на внутрішній поверхні задаються граничні умови (10)–(11), і при  $T_{\text{с}} = \text{const}$  можна прийняти  $Nu = 3,66$  [424].

Рішення диференціальних рівнянь (1)–(4) при граничних умовах (9)–(12) проводилось чисельним методом, розробленим на базі явної тришарової перерахункової різницевої схеми М.І. Нікітенко [425] і процедури розщеплення алгоритму по фізичним факторам. Різницеві апроксимації рівнянь переносу енергії (1), переносу маси рідкої (2), парової (3) і повітряної фаз (4) на нерівномірній різницевої сітці представлені в [426].

<sup>422</sup> Теория сушки / А.В. Лыков. – М. : Энергия, 1968. – 372 с.

<sup>423</sup> Нікітенко Н. І. Метод канонических элементов для моделирования переносных процессов в многосвязных областях произвольной формы / Н. И. Никитенко, Ю. Н. Кольчик. ИФЖ. –1999. – Т.72. – № 5. – С. 837– 843.

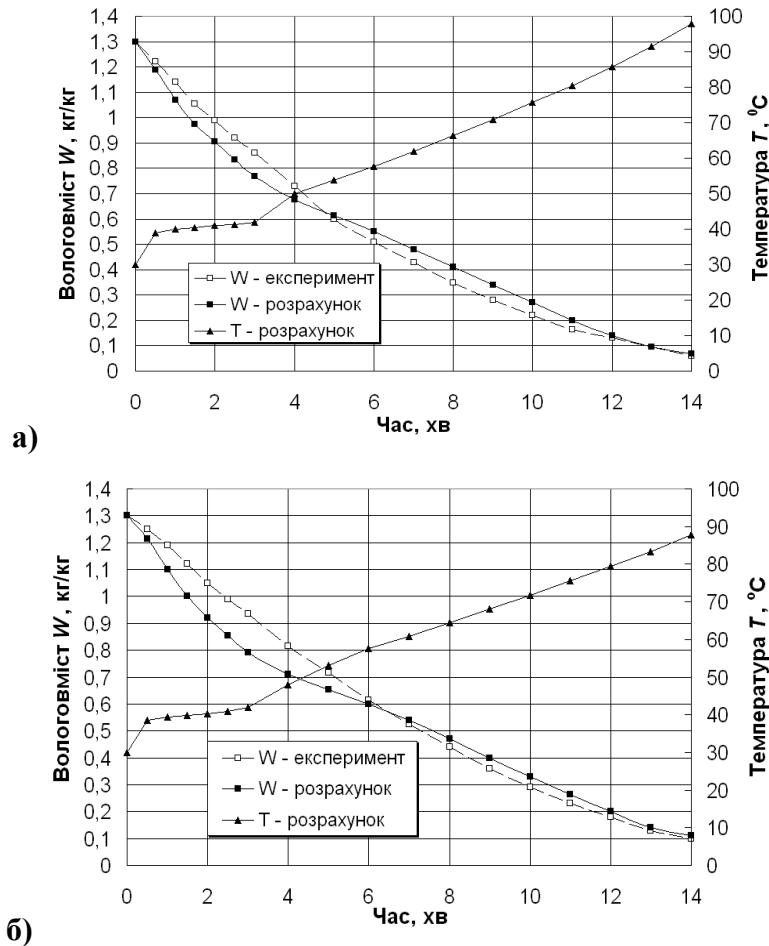
<sup>424</sup> Теплопередача / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – М. : Энергоиздат, 1981. – 416 с.

<sup>425</sup> Теория теплопереноса / Н.И. Никитенко. – К. : Наукова думка, 1983. – 352 с.

<sup>426</sup> Сороковая Н.Н. Математическая модель и метод расчета динамики сушки и термодеструкции биомассы / Н.Н. Сороковая, Д.Н. Коринчук // Наукові праці (Одеська національна академія харчових технологій). – 2018. – Вип. 1, Т.82. – С. 66– 72.

Для підтвердження адекватності математичної моделі і ефективності чисельного методу було проведено фізичне моделювання кінетики сушіння частинок енергетичної верби циліндричної форми в потоці повітря і математичне моделювання процесу при тих же вихідних даних:  $T_0 = 303$  К;  $W_0 = 1,3$  кг/кг;  $\lambda_T = 0,15$  Вт/(м·К);  $c_T = 1840$  Дж/(кг·К);  $\rho_T = 450$  кг/м<sup>3</sup>;  $A = A_D = 0,4205 \cdot 10^8$  Дж/кмоль;  $\Pi = 0,58$ .

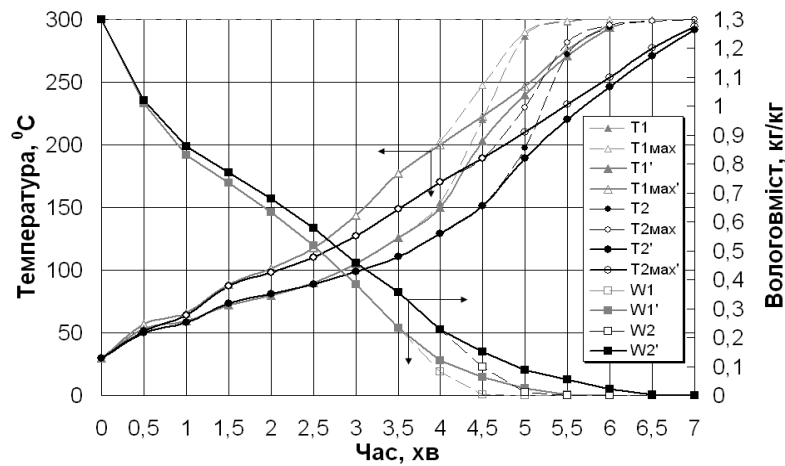
Результати розрахунку та експериментальні дані, що представлені на рис. 1, досить добре узгоджуються.



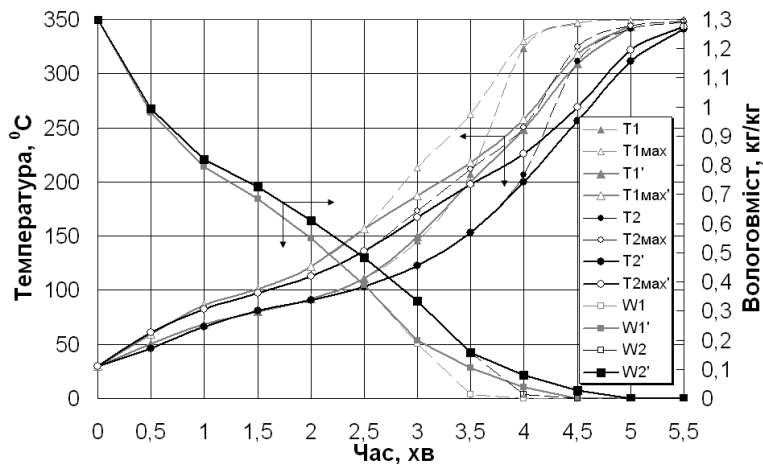
**Рис. 1.** Зміна в часі середніх значень вологовмісту  $W$  і температури  $T$  частинок енергетичної верби циліндричної форми з розмірами  $d/h = 4,2 / 10$  мм (а) та  $d/h = 5,6 / 10$  мм (б) при сушінні в потоці повітря з параметрами:  $T_c = 120$  °С,  $w_c = 2$  м/с,  $d_c = 18$  г/кг с.п.

Джерело: авторська розробка

При розрахунку спільних процесів сушки і термодеструкції у програмі розрахунку, розробленій на базі (1)–(4), після досягнення матеріалом температури початку термодеструкції, в виразах (6), (7) та для  $D_{ж}$  змінювалося значення енергії активації води на значення, що відповідає температурному інтервалу розкладання геміцелюлоз [415] (табл. 1). Для листяних порід дерев  $A_{еф} = A_{Dеф} = 0,7525 \cdot 10^8$  Дж/кмоль. На рис. 2 представлені результати чисельних експериментів.



а)  $T_c=300\text{ }^\circ\text{C}$



б)  $T_c=350\text{ }^\circ\text{C}$

**Рис. 2** Зміна в часі середніх вологовмісту  $W$ , температури  $T$ , і максимальної температури  $T_{\max}$  на поверхні частинок енергетичної верби розмірами  $d/h = 4,2/10$  мм (криві 1) і  $d/h = 5,6/10$  мм (криві 2) при сушінні без, і з урахуванням термодеструкції ( $W'$ ,  $T'$ ,  $T_{\max}'$ ) в потоці димових газів з параметрами:  $w_c = 2$  м/с,  $d_c = 18$  г/кг с. пов.

Джерело: авторська розробка

Процес термічного розкладання, як і процеси дифузії і випаровування, є активаційним. Урахування в математичній моделі цього явища дозволить організувати процес сушіння біомаси більш ефективно та покращити якість біопалива.

#### 4.5. Ресурсо- і енергозбереження в теплотехнологіях

*Шапар Р.О., Гусарова О.В., Корінчук Д.М.  
Інститут технічної теплофізики НАН України*

Важливе місце в харчуванні людини займають овочі, фрукти, ягоди. Але на жаль, сільськогосподарська сировина дозріває за короткий період і, протягом решти часу, постачання нею споживачів забезпечується тільки за рахунок зберігання або переробки врожаю на пасти, пюре,

джеми, соки, сушені продукти тощо. Сушену продукцію зручніше транспортувати, вона не потребує великих складських приміщень і має довготривалий термін зберігання, а тому доступна у будь-яку пору року.

Наш ринок насичений різними видами сушеної продукції, але вона практично вся завезена із-за кордону та дорого коштує. Лише незначна частина представлена індивідуальними виробниками та кількома вітчизняними підприємствами. Через дефіцит і подорожчання енергоносіїв промислове виробництво сушеної продукції в Україні майже відсутнє.

Кліматичні умови нашої країни сприятливі для вирощування різноманітних фруктів та овочів. Обсяг вирощених овочів заздалегідь планується аграріями відповідно до споживчого попиту, а врожайність фруктових культур залежить від багатьох факторів, зокрема, природних умов. Так, відповідно з [ 427 ] в останні роки спостерігається перевиробництво яблук. Через втрату традиційного ринку збуту, українські садівники опинилися у скрутному становищі. Вітчизняних промислових підприємств з переробки сировини недостатньо. Безумовно, зберігання врожаю можливе, але за умови низьких температур, а це енерго- й фінансово витратний крок. А отже, значна частина врожаю залишається на місці вирощування. Відмова від переробки спричиняє не тільки збитки аграріям, а й забруднення навколишнього середовища, спостерігається порушення екологічної рівноваги та активне розповсюдження мікроорганізмів.

Для збереження та раціонального використання природних ресурсів шляхом сушіння є всі можливості: наявність плодоовочевої сировини, ефективних малоенергоємних теплотехнологій виробництва сушеної продукції та обладнання, у т.ч. розроблених Інститутом.

Сушіння розповсюджений та найбільш природний метод збереження свіжих фруктів та овочів. Консервуючий ефект під час сушіння досягається за рахунок зниження природної вологості та уповільнення процесів розвитку мікрофлори у сушених матеріалах [428].

Переробка сільськогосподарської сировини характеризується, з одного боку, високою енергоємністю процесу і низьким к.к.д, а, з другого – підвищеними вимогами до якості кінцевого продукту та його безпечності. Критерії якості та економічності процесу поєднуються в одну задачу – підвищення ефективності процесу сушіння та створення енергозберігаючої технології та обладнання для її реалізації.

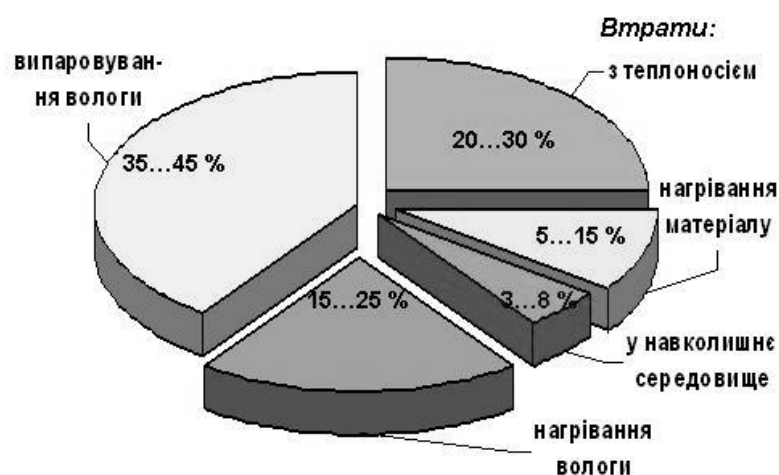
Енергоефективність процесу сушіння залежить від співвідношення корисно використовуваної теплоти, що необхідна на випаровування вологи з матеріалу і теплоти, що витрачається на нагрівання матеріалу і вологи, а також втрачається у навколишнє середовище з відпрацьованим

---

<sup>427</sup> УКРІНФОРМ [Електронний ресурс] : [Веб-сайт]. – Електронні дані. – Київ : Укрінформ 2015-2019. – Режим доступу: [www.ukrinform.ua](http://www.ukrinform.ua) (дата звернення 15.01.2019) – Дешеві яблука: збирати чи нехай гниють?

<sup>428</sup> Флауменбаум Б.Л. Основы консервирования пищевых продуктов / Б.Л. Флауменбаум, С.С. Танчев, М.А. Гришин. – Москва : Агропромиздат, 1986. – 494 с.

теплоносієм та через поверхню сушильної установки (рис. 1).



**Рис. 1. Розподіл витрат теплоти під час сушіння**

Джерело: авторська розробка

Співвідношення цих витрат у більшості сушильних процесах становить у середньому 40:60 %, що вказує на їх неефективність [429]. Збільшення ефективності процесу досягається за напрямками, що представлені на рис. 2.

Відомі різні способи інтенсифікації процесу зневоднювання й встановлення оптимальних параметрів ведення процесу. Вибір оптимальних параметрів процесу зневоднення матеріалів базується на науковому обґрунтуванні результатів експериментальних досліджень та дослідно-промислових випробувань.

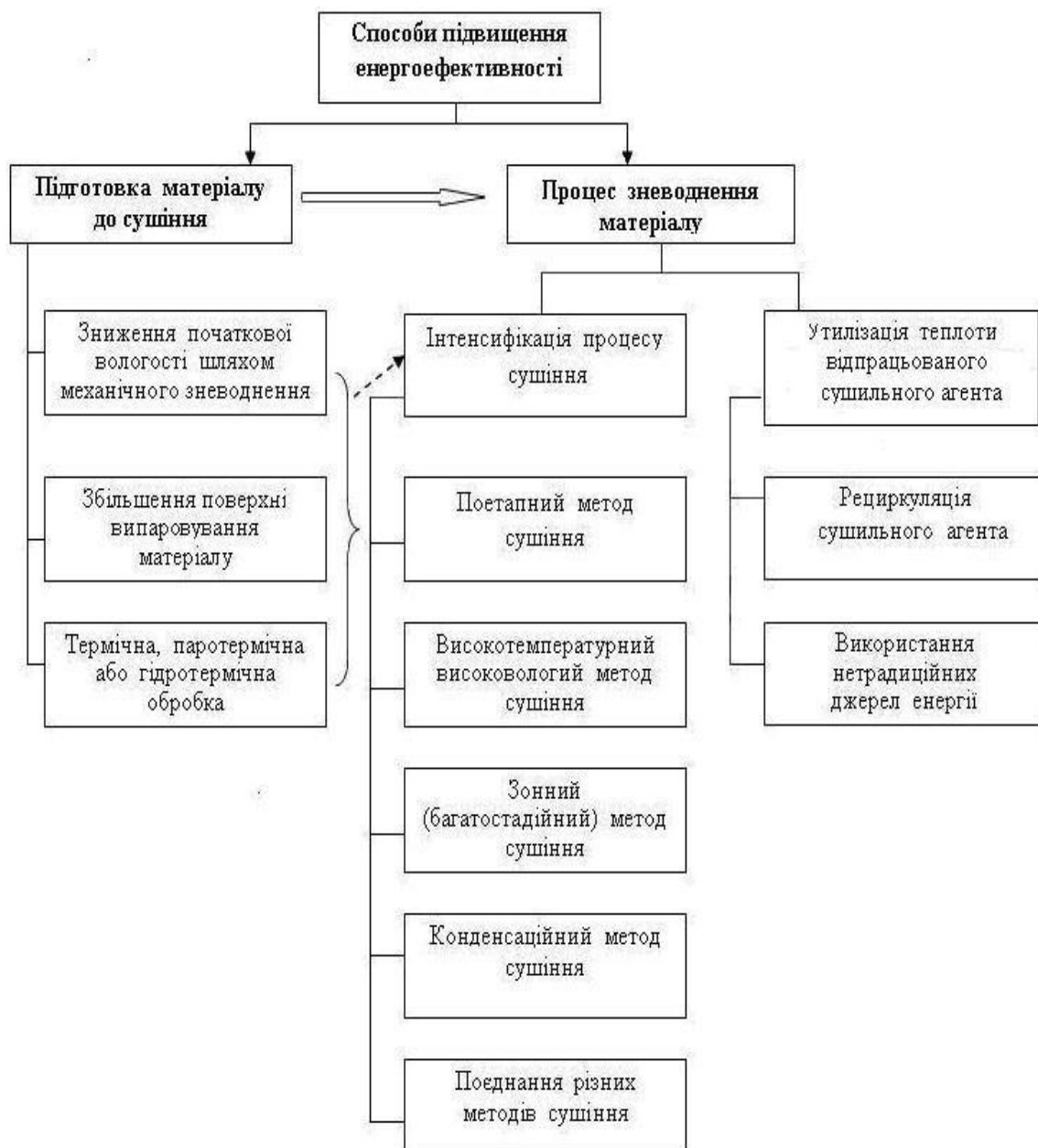
Найбільш простий та ефективний спосіб підготовки матеріалу до сушіння – його механічне зневоднення. Не менш значимим є збільшення поверхні випаровування сировинного матеріалу перед сушінням і його попередня термічна, гіротермічна або гідротермічна обробка.

Попередня обробка матеріалів сприятливо позначається на процесі сушіння і скорочує його тривалість за рахунок порушення цитоплазмової оболонки клітини, що зумовлює збільшення коефіцієнта дифузії вологи.

Одночасно з підготовкою матеріалу до сушіння фактором підвищення ефективності процесу є інтенсифікація безпосередньо самого процесу зневоднення, що включає низку методів і способів, у т.ч. рециркуляцію та утилізацію теплоти відпрацьованого сушильного агента та використання нетрадиційних джерел енергії.

Не ставлячи перед собою завдання розглянути кожен етап напряму, докладніше зупинимося на способах інтенсифікації процесу сушіння.

<sup>429</sup> Снежкин Ю.Ф. Анализ факторов повышения эффективности процесса сушки термоблажных материалов / Ю.Ф. Снежкин, Р.А. Шапарь // Пром. теплотехника. – 2009. – № 7. – Т. 31. – С. 110–112.



**Рис. 2. Напрями підвищення ефективності конвективного сушіння**

Джерело: авторська розробка

Експериментально встановлено, що інтенсифікація масообміну досягається комбінацією параметрів сушильного агента та умов зневоднення таких як геометричні розміри та форма зневоднювального матеріалу, його питома навантаження, напрямок руху сушильного агента, його швидкість, вологовміст і температура.

Істотний вплив на інтенсивність зневоднення і економічність процесу має температура сушильного агента: чим вона вища, тим інтенсивніше проходить вологообмін та відповідно вище швидкість зневоднення.

Розглядаючи спрощену модель процесу сушіння (1, 2), видно як впливають параметри сушильного агента і зневоднювального матеріалу

на швидкість процесу [ 430 ] Якщо припустити, що все тепло, яке підводиться до часточки матеріалу, йде на випаровування вологи, а при цьому часточка матеріалу мала, то можна знехтувати градієнтами температури і вологовмісту. Тепловий баланс такої часточки має вигляд:

$$\alpha \pi d_m^2 f(t - \theta) = \frac{dW}{d\tau} \cdot \frac{\pi d_m^3}{6} \cdot \rho_m \cdot r_n, \quad (1)$$

звідки

$$\frac{dW}{d\tau} = \frac{6\alpha f(t - \theta)}{\rho_m r_n d_m}, \quad (2)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі;  $d_m$  – діаметр частки матеріалу;  $f$  – фактор форми;  $t, \theta$  – температура;  $W$  – вологість матеріалу;  $\tau$  – час;  $\rho_m$  – густина матеріалу;  $r_n$  – теплота пароутворення.

Отже, з теплотехнічної точки зору, для інтенсифікації зневоднення температуру сушильного агента маємо підвищувати, а, враховуючи термолабільність фруктово-овочевої сировини і її максимально допустиму температуру, таке підвищення лімітовано.

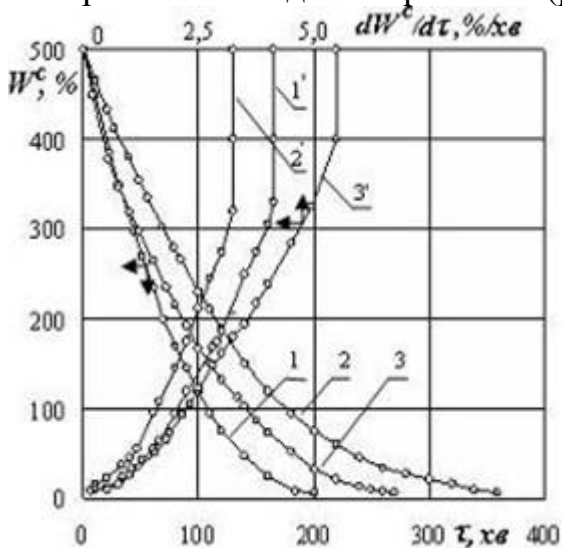
На підставі результатів експериментальних досліджень відповідно до закономірностей тепломасопереносу при сушінні, розроблені багатостадійні режими зневоднення рослинних матеріалів з урахуванням їх природних властивостей, гранично допустимої температури. Один з прикладів стадійного зневоднення у вигляді кривих кінетики вологообміну  $W^c = f(\tau)$  та швидкості сушіння  $dW^c/d\tau = f(W^c)$  наведено на рис. 3. Порівняльний аналіз кривих кінетики зневоднення в межах зазначеного діапазону параметрів процесу, показує збільшення швидкості вологовіддачі у першому періоді постійної швидкості сушіння від 3,3 %/хв при одностадійному режимі до 5,4 %/хв у режимі двохстадійного зневоднення, скорочення тривалості – до 20 %. Підвищення температури сушильного агента на першій стадії процесу вище  $t=120$  °С (крива 3) приводить до зростання температури зневоднювального матеріалу за допустиму межу, а зменшення – знижує інтенсивність процесу. В міру зниження вологості матеріалу сповільнюється підведення вологи з глибини на поверхню і температура матеріалу різко зростає, наближаючись до критичної. Для запобігання цьому температуру сушильного агента на другій стадії процесу знижують. Сушінням у такий спосіб досягається інтенсифікація процесу, скорочення теплового впливу на зневоднювальний матеріал і, як наслідок, економія енергоносіїв.

Сумісний аналіз кінетики волого- і теплообміну під час сушіння, характер зміни чисельного значення Ребіндера, як основного критерію

<sup>430</sup> Снежкін Ю.Ф. Розробка технології виробництва нових форм сушених продуктів / Ю.Ф. Снежкін, Р.О. Шапар, Н.М. Сорокова, О.В. Гусарова // Пром. теплотехніка. – 2015. — № 6. – Т. 7. – С. 18–26.



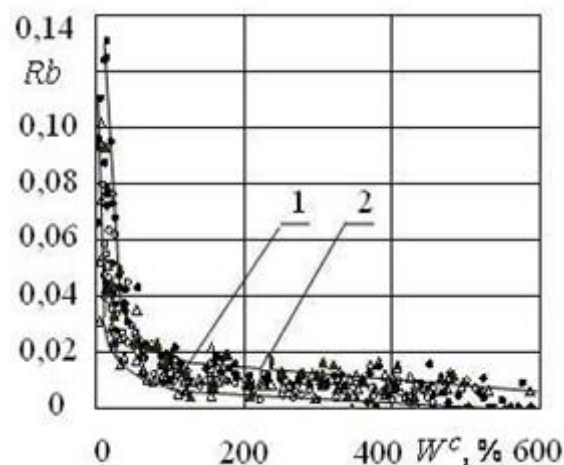
оптимізації процесу сушіння [ 431 ], підтверджує доцільність використання стадійних режимів (рис. 4).



**Рис. 3. Криві кінетики сушіння яблук**

$V = 1$  м/с;  $d = 10$  г/кг сухого повітря;  
 $q = 14$  кг/м<sup>2</sup>;  $\delta = 10 \cdot 10 \cdot 10$  мм;  
 1,1' –  $t = 100$  °С; 2,2' –  $t = 80$  °С;  
 3,3' –  $t = 120 \dots 80$  °С

Джерело: авторська розробка



**Рис. 4. Зміна величини Ребіндера під час сушіння:**

1 –  $t = 80$  °С; 2 –  $t = 100$  °С

Джерело: авторська розробка

Визначено, що величина числа Ребіндера не залежить від виду матеріалу. З підвищенням температури теплоносія чисельне значення Ребіндера за абсолютною величиною збільшується. На початку процесу зневоднення більша частина теплоти витрачається на випаровування вологи з матеріалу, тому величина Ребіндера має мінімальні значення і процес зневоднення протікає ефективно. По мірі зниження вологості матеріалу сповільнюється підведення вологи з глибини на поверхню, чисельне значення Ребіндера зростає, тобто, значна частина теплоти сушильного агента витрачається на нагрівання матеріалу, а не на випаровування вологи, що доводить про необхідність зниження температури сушильного агента для запобігання підвищенню температури матеріалу вище безпечного рівня. Тому на початку процесу температура теплоносія може бути високою ( $t \geq 100$  °С), і це не призведе до погіршення якості матеріалу, але на другій стадії й особливо на заключній, необхідно знижувати температуру сушильного агента для запобігання різкому підвищенню температури матеріалу та погіршенню якісних характеристик сушених продуктів.

Використання багатостадійного сушіння дозволяє контролювати час знаходження зневоднювального матеріалу в середовищі певної температури, інтенсифікувати процес на 25...30 % і скоротити до 1,5 разів витрати енергії на видалення вологи.

<sup>431</sup> Лыков А.В. Теория сушки / А.В. Лыков. – Москва : Энергия, 1968. – 472 с.

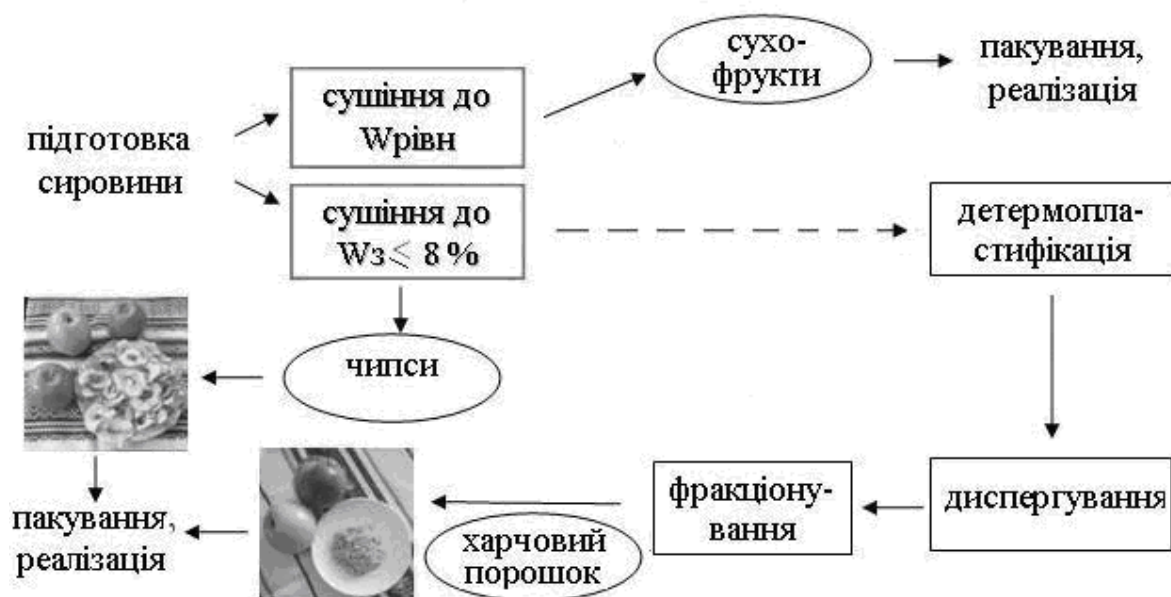
Базуючись на результатах наукових досліджень розроблена універсальна теплотехнологія з переробки овочів і фруктів (рис. 5), яка здійснюється за трьома напрямками:

- одержання продуктів з рівноважною з навколишнім середовищем вологістю  $W_{\text{рівн.}} = 13 \dots 22 \%$  (сухофрукти);
- одержання продуктів з низькою залишковою вологістю  $W_3 \leq 8 \%$  (чипси);
- одержання харчових порошків.

Сухофрукти традиційно використовують для приготування напоїв, узварів, десертів. Чипси споживають як самостійний вітамінний продукт або додають під час приготування їжі. Фруктові та овочеві порошки широко використовують у складі молочних, кондитерських, борошняних продуктів, збагачуючи їх натуральними для організму пектиновими речовинами, вітамінами, вуглеводами, органічними кислотами, мікроелементами та іншими біологічно активними сполуками, і є безумовною альтернативою штучним наповнювачам, барвникам, смаковим добавкам. При цьому, окрім збагачення досягають й економії таких цільових інгредієнтів, традиційно використовуваних у харчовій промисловості, як цукор, органічні кислоти, вітаміни й інші дефіцитні компоненти.

При обґрунтуванні теплотехнології нами встановлено, що різні сировинні матеріали зумовлюють певні умови підготовки матеріалу і режимні параметри виробництва, а тривалість та температурний рівень теплової обробки мають забезпечити:

- збереження природного смаку, кольору і всього фітокомплексу сировини;
- скорочення енерговитрат технологічного процесу, зниження собівартості кінцевого продукту.



**Рис. 5. Блок-схема технологічного процесу переробки плодово-овочевої сировини**

Джерело: авторська розробка

Формування і контроль якісних показників проводиться на кожному етапі, гарантуючи дотримання режимних параметрів технологічного процесу. Сушіння сировини здійснюють у чистому середовищі без обробки інертними та хімічно активними речовинами.

Реалізацію встановлених режимів здійснюють на зонних сушильних установках тунельного та стрічкового типу, створених Інститутом, що укомплектовані в технологічні лінії, вартість яких нижча порівняно з вартістю відповідного обладнання виготовленого іноземними виробниками. Сушильне обладнання оснащено сучасними засобами керування і контролю виробництва та пристроями автоматизації. Нагрівають теплоносії в сушарках за допомогою традиційних видів палива та з використанням вторинних і відновлюваних джерел енергії, у т.ч. біомаси.

Прийнята система рециркуляції сушильного агента в зонах сприяє скороченню витрат теплоти на процес зневоднення та уникненню викидів відпрацьованого теплоносія в навколишнє середовище.

Відповідно до розрахунків, витрати теплоти на 1 кг випареної вологи дорівнюють 3400...3800 кДж. Величина цього показника дозволяє віднести розроблене сушильне обладнання в один ряд з відомими на світовому ринку сушильними установками.

Конструктивні особливості сушарок дозволяють реалізувати розроблені багатостадійні режими, розподілити інтенсивність теплового впливу на матеріал залежно від його вологості та часу перебування в той чи іншій зоні, а також автоматично підтримувати певний тепловологісний режим в кожній зоні для конкретної сировини, що забезпечує скорочення теплових витрат.

З метою раціонального та ефективного використання енергетичних ресурсів, поряд з тунельними і стрічковими сушильними установками, Інститутом розроблено низькотемпературні теплонасосні сушарки камерного типу.

Теплонасосні сушильні установки впроваджено на підприємствах різної форми власності України. Вони розраховані на невелику продуктивність (до 40 кг на добу), характеризуються надійністю, стабільністю та простотою експлуатації. Впровадженням сушильних установок досягається скорочення питомих енерговитрат на випаровування вологи, одержання високоякісних сушених продуктів із сировини, гранично допустима температура нагрівання якої не перевищує 35...45 °С. Проте, для оцінювання економічної доцільності використання теплонасосних технологій маємо враховувати співвідношення тарифів на теплову і електричну енергію.

Інноваційність створених Інститутом розробок полягає в екологічній чистоті технологічного процесу, універсальності сушильного устаткування, модульності й автономності теплових зон, широкому діапазоні продуктивності, виду використовуваного палива.

Таким чином, узагальнюючи закономірності тепло-і

вологпереносу під час сушіння, встановлено оптимальні теплові режими, на підставі яких створено ресурсоенергозберігаючу теплотехнологію та сушильні установки, що забезпечують скорочення енерговитрат під час виробництва на 10...15 % і, як наслідок, зниження собівартості сушених продуктів та максимальний ступінь збереження природних складових сировини.

Відновлення промислової переробки фруктово-овочевої сировини є необхідним і перспективним заходом, який дозволить раціонально використовувати природні ресурси, знизити кількість незатребуваних фруктів і овочів, які пропадають за неможливістю їхньої переробки та сприятиме поліпшенню екологічного стану навколишнього середовища та одночасно вирішенню продовольчої й енергетичної проблем.

## ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Антипчук Богдан Олександрович**, здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії відділу електрифікації та автоматизації агропромислового виробництва Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» НААН України, e-mail: bogdanantypchuk@ukr.net.

**Аранчій Валентина Іванівна**, кандидат економічних наук, професор, професор кафедри фінанси та кредит, ректор Полтавської державної аграрної академії, e-mail: pdaa@pdaa.edu.ua.

**Барсукова Олена Анатоліївна**, кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри агрометеорології та агрометеорологічних прогнозів Одеського державного екологічного університету, e-mail: misha8549@mail.ru.

**Басова Юлія Олександрівна**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри товарознавства, біотехнології, експертизи та митної справи, Вищого навчального закладу Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», e-mail: basovay5@gmail.com.

**Бернацька Наталія Любомирівна**, кандидат технічних наук, старший лаборант кафедри ФАЗХ Національного університету «Львівська політехніка», e-mail: bernatska.nati@gmail.com.

**Бірта Габріела Олександрівна**, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри товарознавства, біотехнології, експертизи та митної справи Вищого навчального закладу Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», e-mail: olena.kyryuchenko2010@gmail.com.

**Бобрик Надія Юріївна**, біолог клініки сімейної медицини «Гемо Медика» (Ужгород), випускниця аспірантури кафедри генетики, фізіології рослин і мікробіології біологічного факультету ДВНЗ «Ужгородський національний університет», e-mail: nadyabobryk88@gmail.com.

**Божко Людмила Юхимівна**, кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри агрометеорології та агрометеорологічних прогнозів Одеського державного екологічного університету, e-mail: bozko@i.ua.

**Бондарчук Сергій Петрович**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екології та агрономії Луцького національного технічного університету, e-mail: s\_bondarchuk@ukr.net.

**Будник Ніна Василівна**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій Полтавської державної аграрної академії, e-mail: nina0976@uk.net.

**Василенко Леся Олексіївна**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри охорони праці і навколишнього середовища Київського національного університету будівництва і архітектури, e-mail: elenazykova21@gmail.com.

**Галенко Олег Олександрович**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології м'яса і м'ясних продуктів Національного університету харчових технологій, e-mail: galen@i.ua.

**Гарашук Олена Василівна**, доктор економічних наук, професор, завідувач сектору взаємодії з громадськістю, ЗМІ та міжнародного співробітництва відділу організаційно-інформаційного забезпечення та управління персоналом Державної інспекції навчальних закладів України, e-mail: press\_dinzu@ukr.net.

**Горб Олег Олександрович**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, професор кафедри професор кафедри екології збалансованого природокористування та захисту довкілля, проректор з науково-педагогічної, наукової роботи Полтавської державної аграрної академії, e-mail: gorb@pdaa.edu.ua.

**Горбач Олександр Ярославович**, здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії Національного університету харчових технологій, Головний технолог ТОВ «Майстерня смаку», e-mail: a-gorbach@ukr.net.

**Громик Оксана Миколаївна**, кандидат географічних наук, доцент кафедри туризму та готельно-ресторанної справи Луцького національного технічного університету, e-mail: ilyinleo@ukr.net.

**Гусарова Олена Віталіївна**, науковий співробітник відділу тепломасопереносу в теплотехнологіях Інституту технічної теплофізики НАН України, e-mail: sunflowers@i.ua.

**Дахненко Валерій Леонідович**, кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник відділу тепломасопереносу в теплотехнологіях Інституту технічної теплофізики НАН України, e-mail: dv12@i.ua.

**Жукова Олена Григорівна**, кандидат технічних наук, доцент кафедри охорони праці і навколишнього середовища Київського національного університету будівництва і архітектури, e-mail: elenazykova21@gmail.com.

**Іванова Тетяна Миколаївна**, кандидат технічних наук, асистент кафедри технології м'яса і м'ясних продуктів Національного університету харчових технологій, e-mail: tatiana\_n.iv@ukr.net.

**Ільїн Леонід Володимирович**, доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри туризму та готельного господарства Східноєвропейського національного університету імені лесеї Українки, e-mail: beekeeper.misha@gmail.com.

**Ільїна Ольга Вікторівна**, кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри туризму та готельного господарства Східноєвропейського національного університету імені лесеї Українки, e-mail: beekeeper.misha@gmail.com.

**Кайнаш Алла Петрівна**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри харчових технологій Полтавської державної аграрної академії, e-mail: kajnash66ap@gmail.com.

**Калашник Олена Володимирівна**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри підприємництва і права Полтавської державної аграрної академії, e-mail: agro\_ovp@ukr.net.

**Кальян Олександр Сергійович**, кандидат юридичних наук, доцент, професор кафедри підприємництва і права Полтавської державної аграрної академії, e-mail: kalyan-ua@ukr.net.

**Кириченко Олена Василівна**, старший викладач кафедри товарознавства, біотехнології, експертизи та митної справи Вищого навчального закладу Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», e-mail: olena.kyrychenko2010@gmail.com.

**Кірчук Руслан Васильович**, кандидат технічних наук, доцент, професор кафедри аграрної інженерії Луцького національного технічного університету, e-mail: ruslan-mail@ukr.net.

**Кобищан Ганна Дмитрівна**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри товарознавства, біотехнології, експертизи та митної справи Вищого навчального закладу Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», e-mail: kobishan@gmail.com.

**Козаченко Юлія Анатоліївна**, кандидат юридичних наук, доцент кафедри підприємництва і права Полтавської державної аграрної академії, e-mail: yu.a.kozachenko@gmail.com.

**Корінчук Дмитро Миколайович**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник, завідувач лабораторією теплофізичних процесів виробництва біопалив Інституту технічної теплофізики НАН України, e-mail: Korinchuk@nas.gov.ua.

**Косінський Петро Миколайович**, здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії, Луцького національного технічного університету, e-mail: marmorcos@ukr.net.

**Кривцова Марина Валерівна**, кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри генетики, фізіології рослин і мікробіології ДВНЗ «Ужгородський національний університет», біологічний факультет, кафедра генетики, фізіології рослин і мікробіології, e-mail: maryna.krivcova@gmail.com.



**Крикунов Олег Олександрович**, молодший науковий співробітник відділу інформаційних технологій Полтавського відділення Академії наук технологічної кібернетики України, e-mail: aomelyan@ukr.net.

**Крикунова Валентина Юхимівна**, кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри землеробства і агрохімії ім. В.І. Сазанова, e-mail: valkrikunova@gmail.com.

**Крисак Олена Олександрівна**, магістр кафедри агрометеорології і агроекології Одеського державного екологічного університету, e-mail: lenerl.krysak95@gmail.com.

**Куценко Віра Іванівна**, доктор економічних наук, професор, заслужений діячі науки і техніки України, головний науковий співробітник ДУ «Інститут економіки природокористування та сталого розвитку Національної академії наук України».

**Люльчик Вадим Олександрович**, кандидат сільськогосподарських наук, викладач технічного відділення Відокремленого структурного підрозділу «Рівненський коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України», e-mail: midaff80@ukr.net.

**Мазур Віктор Анатолійович**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри рослинництва, селекції та біоенергетичних культур агрономічного факультету, ректор Вінницького національного аграрного університету, віце-президент ННВК «Всеукраїнський науково-навчальний консорціум», e-mail: ludmila28334@gmail.com.

**Мареха Ірина Сергіївна**, кандидат економічних наук, старший викладач кафедри міжнародних економічних відносин Сумського державного університету, e-mail: ukr\_irina@ukr.net.

**Марусей Тетяна Володимирівна**, кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій Подільського державного аграрно-технічного університету, e-mail: Nikmar76@gmail.com.

**Мегель Юрій Євгенович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри кібернетики Харківського національного технічного університету сільськогосподарства ім. П.Василенка, e-mail: megelye@gmail.com.

**Мерленко Ігор Михайлович**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екології та агрономії Луцького національного технічного університету, e-mail: im\_merlenko@ukr.net.

**Миргородська Вікторія Сергіївна**, студентка кафедри фінансів і кредиту Сумського державного університету, e-mail: BriVanDEKamp2303@yandex.ua.

**Міхнова Олена Дмитрівна**, кандидат технічних наук, асистент кафедри кібернетики Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П.Василенка, e-mail: elena\_mikhnova@ukr.

**Міщенко Олег Вікторович**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедри землеробства і агрохімії ім. В.І. Сазанова Полтавської державної аграрної академії, e-mail: mishenko\_oleg@ukr.net.

**Молчанова Наталія Юріївна**, доцент кафедри інженерії, обладнання та математики, кандидат технічних наук, доцент Вищого навчального закладу Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», e-mail: kalashnik1968@meta.ua.

**Мороз Світлана Едуардівна**, кандидат педагогічних наук, доцент кафедри підприємництва і права, e-mail: smor@meta.ua.

**Нісходовська Олена Юріївна**, кандидат економічних наук, асистент кафедри економіки, підприємництва, торгівлі та біржової діяльності Подільського державного аграрно-технічного університету, e-mail: Olenas1308@gmail.com.

**Омелян Олександр Миколайович**, кандидат фізико-математичних наук, завідувач відділом математичного моделювання, старший науковий співробітник Полтавського відділення Академії наук технологічної кібернетики України, e-mail: aomelyan@ukr.net.

**Панькевич Сергій Грогорович**, кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри екології та агрономії Луцького національного технічного університету, e-mail: escopsg@i.ua.

**Пасічник Михайло Петрович**, здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії кафедри фізичної географії Східноєвропейського

національного університету імені Лесі Українки, e-mail: beekeeper.misha@gmail.com.

**Пелик Леся Василівна**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри товарознавства та технології непродовольчих товарів Львівського торговельно-економічного університету, e-mail: olena.kurychenko2010@gmail.com.

**Пешук Людмила Василівна**, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри технології м'яса і м'ясних продуктів Національного університету харчових технологій, e-mail: scorpiion17lv@ukr.net.

**Польовий Анатолій Миколайович**, доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри агрометеорології та агрометеорологічних прогнозів Одеського державного екологічного університету, e-mail: apolevoy@te.net.ua.

**Пономаренко Сергій Володимирович**, старший викладач кафедри захисту рослин Полтавської державної аграрної академії, e-mail: vika.petlevanaya@i.ua.

**Радіонова Яна Вікторівна**, здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії, начальник міжнародного відділу Полтавської державної аграрної академії, e-mail: yana\_radionova89@ukr.net.

**Рибалка Антоніна Іванівна**, кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри фізики Харківського національного університету радіоелектроніки, e-mail: megelye@gmail.com.

**Руденко Ольга Миколаївна**, здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії Полтавської державної аграрної академії, e-mail: olgarudenkopoltava@ukr.net.

**Русіна Неля Григорівна**, кандидат педагогічних наук, викладач технічного відділення Відокремленого структурного підрозділу «Рівненський коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України», e-mail: RusinaN@i.ua.

**Самойлік Марина Сергіївна**, доктор економічних наук, доцент, завідувач кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля Полтавської державної аграрної академії, Лауреат Державної премії Президента України, e-mail: marina-samojlik@yandex.ru.

**Сахно Тамара Вікторівна**, доктор хімічних наук, старший науковий співробітник, професор кафедри землеробства і агрохімії ім. В.І. Сазанова, e-mail: sakhno2001@gmail.com.

**Свида Іванна Василівна**, кандидат економічних наук, доцент, докторант Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського, e-mail: mark\_ivanka@ukr.net.

**Смоляр Наталія Олексіївна**, кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри прикладної екології та природокористування Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка, e-mail: smolarnat@ukr.net.

**Сорокова Наталія Миколаївна**, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник Інституту технічної теплофізики НАН України, e-mail: n.sorokova@ukr.net.

**Суткович Тетяна Юліанівна**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технологій харчових виробництв ресторанного господарства Вищого навчального закладу Укоопспілки Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», e-mail: tu.sutkovich@ukr.net.

**Тараненко Сергій Володимирович**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри землеробства і агрохімії ім. В.І. Сазанова Полтавської державної аграрної академії, e-mail: taranenkoserg@ukr.net.

**Типіло Ірина Василівна**, кандидат хімічних наук, завідувач лабораторії кафедри ФАЗХ Національного університету «Львівська політехніка», e-mail: itypilo@gmail.com.

**Ткаченко Аліна Сергіївна**, кандидат технічних наук, Декан факультету товарознавства, торгівлі та маркетингу Вищого навчального закладу Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», e-mail: alina\_biaf@ukr.net.

**Ткачук Олександр Петрович**, кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач кафедри екології та охорони навколишнього середовища Вінницького національного аграрного університету, e-mail: tkachukop@rambler.ru.

**Федонюк Микола Ананійович**, кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри екології та агрономії Луцького національного технічного університету, e-mail: m.fedoniuk@lntu.edu.ua.

**Хмельницька Євгенія Вікторівна**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри товарознавства, біотехнології, експертизи та митної справи Вищого навчального закладу Укоопспілки Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», e-mail: evghmel37112@gmail.com.

**Чайка Тетяна Олександрівна**, кандидат економічних наук, начальник редакційно-видавничого відділу Полтавської державної аграрної академії, e-mail: чайка\_ta@ukr.net.

**Чоні Інна Володимирівна**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технологій харчових виробництв ресторанного господарства Вищого навчального закладу Укоопспілки Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», e-mail: inna.choni@gmail.com.

**Шапар Раїса Олексіївна**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник відділу тепломасопереносу в теплотехнологіях Інституту технічної теплофізики НАН України, e-mail: r.sh@ukr.net.

**Шимон Ласло**, доктор, професор, професор кафедри сільськогосподарських наук та екологічного менеджменту Ниредьхазького університету, кафедри сільськогосподарських наук та управління навколишнім середовищем Інституту інженерних та сільськогосподарських наук, e-mail: simon.laszlo@nye.hu.

**Шиян Надія Іванівна**, доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедрою хімії та методики викладання хімії Полтавського національного педагогічного університету імені В.Г.Короленка, e-mail: snada@rambler.ru.

**Шубалий Олександр Михайлович**, доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри економіки Луцького національного технічного університету, e-mail: marmocos@ukr.net.

**Юдічева Ольга Петрівна**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри товарознавства та комерційної діяльності в будівництві Київського національного університету будівництва і архітектури, e-mail: olga.iudicheva@gmail.com.

**Яковець Людмила Анатоліївна**, асистент кафедри ботаніки, генетики та захисту рослин Вінницького національного аграрного університету, e-mail: ludmila28334@gmail.com.

**Яснолоб Ілона Олександрівна**, кандидат економічних наук, старший викладач кафедри підприємництва і права, начальник науково-дослідної частини Полтавської державної аграрної академії, e-mail: 1-ka@ukr.net.

Наукове видання

**ПРИРОДНО-РЕСУРСНИЙ ПОТЕНЦІАЛ:  
НАПРЯМИ ЗБЕРЕЖЕННЯ, ВІДНОВЛЕННЯ  
ТА РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ**

Колективна монографія

**За редакцією О.О. Горба,  
Т.О. Чайки, І.О. Яснолоб**

Комп'ютерна верстка – Т.О. Чайка

Рекомендовано до друку Вченою радою  
Полтавської державної аграрної академії

Підписано до друку 28.02.2019 р.  
Формат 60x84/8. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.  
Друк різнографічний. Умовн. друк. арк. 16,22.  
Наклад 300 шт. Замовлення 2017-95

**Видавництво ПП «Астрая»**  
36014, м. Полтава, вул. Шведська, 20, кв. 4  
Тел.: +38 (0532) 509-167, 611-694  
E-mail: astraya.pl.ua@gmail.com, веб-сайт: astraya.pl.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 5599 від 19.09.2017 р.

**Друк ПП «Астрая»**  
36014, м. Полтава, вул. Шведська, 20, кв. 4  
Тел.: +38 (0532) 509-167, 611-694  
Дата державної реєстрації та номер запису в ЄДР  
14.12.1999 р. № 1 588 120 0000 010089