КОЛЕКТИВНА МОНОГРАФІЯ

Екологоорієнтовані підходи відновлення техногенно забруднених територій і створення сталих екосистем

Полтавське відділення академії наук технологічної кібернетики України

ЕКОЛОГООРІЄНТОВАНІ ПІДХОДИ ВІДНОВЛЕННЯ ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ І СТВОРЕННЯ СТАЛИХ ЕКОСИСТЕМ

Колективна монографія

Полтава – 2022

УДК 502.171:504.5:631.95
Е 45

Рецензенти:

В. І. Троценко, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри рослинництва Сумського національного аграрного університету
М. Я. Шевніков, доктор сільськогосподарських наук, професор, директор Відокремленого структурного підрозділу «Аграрно-економічний фаховий коледж Полтавського державного аграрного університету»
Г. В. Черевко, доктор економічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, завідувач кафедри економіки Львівського національного університету природокористування

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Полтавським відділенням академії наук технологічної кібернетики України (протокол № 3 від 07.04.2022 р.)

Е 45 **Екологоорієнтовані підходи відновлення техногенно забруднених територій і створення сталих екосистем** : колективна монографія ; за заг. ред. Т. О. Чайки. Полтава : Видавництво ПП «Астрая», 2022. 452 с.

У колективній монографії викладено результати досліджень щодо відновлення техногенно забруднених територій і створення сталих екосистем. Розглянуто проблеми та перспективи екологізації сільськогосподарського виробництва для відтворення сталих екосистем. Розкрито питання ефективного використання природно-ресурсного потенціалу сільських територій у контексті екологізації та енергозбереження. Наведено напрями та підходи щодо збереження та відновлення природно-ресурсного потенціалу сільських територій. Досліджено інноваційні екологоорієнтовані підходи у відновленні техногенно забруднених територій і розвитку сільських територій. Визначено напрями екологізації методів переробки сільськогосподарської продукції у забезпеченні продовольчої безпеки України.

Розраховано на науковців, викладачів, керівників і спеціалістів органів державного управління, фахівців агроформувань, аспірантів, студентів і всіх, хто цікавиться питаннями щодо відновлення техногенно забруднених територій і створення сталих екосистем.

ISBN 978-617-7915-59-0

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

© Колектив авторів, 2022

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА 7

РОЗДІЛ 1. ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ ВІДТВОРЕННЯ СТАЛИХ ЕКОСИСТЕМ 10

1.1. Стратегічні напрями формування екологічно орієнтованого господарювання аграрних підприємств *(Багорка М. О., Юрченко Н. І.)* 10

1.2. Генетичні ресурси картоплі України та їх раціональне використання *(Бондус Р. О., Харченко Ю. В., Фурдига М. М., Міщенко Л. Т., Подгаєцький А. А., Гордієнко В. В., Гордієнко О. В., Коваль В. С.)* 18

1.3. Екологічне обґрунтування використання бішофіту на посівах ячменю ярого в умовах Лісостепу України *(Горобець М. В.)* 28

1.4. Системи захисту фітоценозів пшениці озимої від септоріозу в Поліссі та Лісостепу України *(Ключевич М. М., Столяр С. Г., Білоцерківська Л. В.)* 36

1.5. Екологоорієнтоване обробляння льоносоломи і температура в розстелених стрічках соломи за її росяного мочіння *(Лімонт А. С., Лімонт З. А.)* 48

1.6. Сидерати культур проміжного вирощування у відновленні родючості ґрунту та біосеквестрації вуглецю *(Міщенко Ю. Г., Шувар І. А., Коваленко І. М.)* 56

1.7. Органічне землеробство як основа екологізації сільськогосподарського виробництва *(Писаренко В. М., Писаренко П. В., Піщаленко М. А.)* 65

1.8. Гречка як важливий складник екологоорієнтованих підходів до збереження і розвитку агроекосистем *(Тригуб О. В., Ляшенко В. В., Чайка Т. О.)* 73

1.9. Екологізація вирощування помідорів у приватному секторі методами органічного землеробства *(Чайка Т. О., Бараболя О. В., Крикунова В. Ю., Лотиш І. І.)* 85

1.10. Органічне аграрне виробництво у забезпеченні сталого розвитку України *(Чиж В. І., Харченко В. А.)* 95

РОЗДІЛ 2. ЕФЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ У КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ 102

2.1. Programme for the ecological and economic development of an innovation-active enterprise in conditions of realization of sustainable development policy risks insurance and change

management *(Antypenko N. V., Marova S. F., Skrypnyk V. V., Zaiats O. V., Paraskieieva A. M.)* 102
2.2. Використання сільського зеленого, музейного, подієвого та інших видів туризму як інструментів збереження сільськогосподарських територій *(Бєлікова М. В., Безхлібна А. П., Бут Т. В.)* 111
2.3. Формування врожайності біомаси міскантусу гігантського залежно від особливостей вирощування культури *(Дековець В. О., Кулик М. І.)* 118
2.4. Особливості формування фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи як енергетичної культури в умовах зміни клімату (RCP 6.0) на території Житомирського Полісся України *(Костюкєвич Т. К.)* 127
2.5. Проблеми і оптимізація агроландшафтів півдня України при відтворенні сталих агроекосистем *(Ладичук Д. О., Шапоринська Н. М.)* 135
2.6. Екологізація туризму як екологічно збалансований розвиток економіки *(Марусей Т. В.)* 143
2.7. Розмноження фундука вегетативним методом *(Сімченко О. О.)* 152
2.8. Влив природно-кліматичних умов на урожайність і адаптивність гречки *(Тригуб О. В., Куценко О. М., Ляшенко В. В., Чайка Т. О.)* 159
2.9. Енергетичний студентський кооператив як драйвер розвитку шерінгової економіки *(Чала Н. Д., Китаєв А. С., Андросов Є. В.)* 166

РОЗДІЛ 3. НАПРЯМИ ТА ПІДХОДИ ЩОДО ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ 176
3.1. Особливості біології та аспекти вирощування малопоширених енергетичних культур в Україні та світі *(Дьомін Д. Г., Кулик М. І., Рожко І. І.)* 176
3.2. Організація державного управління водними ресурсами відповідно до басейнового принципу *(Жукова О. Г., Гончаренко А. В.)* 186
3.3. Агроекологічні особливості вирощування гороху в умовах змін клімату в Вінницькій області *(Колосовська В. В.)* 193
3.4. Економіко-математичне моделювання портфеля агроекологічних інвестицій з урахуванням ЦСР *(Мареха І. С.)* 202
3.5. Сталий розвиток природно-ресурсного потенціалу сільських територій *(Сиротюк Г. В.)* 210
3.6. Методологія розробки та створення репрезентативних заповідних об’єктів в агроландшафтах *(Совгіра С. В., Миколайко В. П.)* 218

3.7. Екологічна безпека та охорона навколишнього природного середовища в сільській місцевості *(Степаненко Т. О., Макєєва Л. М., Мокєрова Н. В.)* 236
3.8. The modeling peculiarities of pollutions propagation of the different origin in saturated-unsaturated media *(Telyma S. V.)* 245

РОЗДІЛ 4. ІННОВАЦІЙНІ ЕКОЛОГООРІЄНТОВАНІ ПІДХОДИ У ВІДНОВЛЕННІ ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ І РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ 255
4.1. Застосування інформаційної технології для оцінки формування рослинно-мікробних комплексів у продуктивних агроценозах *(Адамчук-Чала Н. І., Литвинюк Л. К., Бойченко С. В.)* 255
4.2. Перспективи розвитку «зеленої енергетики» на техногенно забруднених територіях *(Бернацька Н. Л., Джумеля Е. А., Типіло І. В.)* 263
4.3. Використання біологічно активних речовин у ветеринарній медицині для відновлення та ефективного ведення тваринництва і розвитку сільських територій *(Грищук Г. П., Ревунець А. С., Веремчук Я. Ю., Євтух Л. Г.)* 271
4.4. Роль гумінових препаратів та їх сумішей з мінеральними добривами в технологіях вирощування пшениці озимої *(Короткова І. В., Чайка Т. О.)* 279
4.5. Розробка сценарію інноваційної моделі управління проектами енергоефективності в енергетичному секторі *(Пащенко П. О.)* 322
4.6. Основы наноудобрений: приготовление и возможности применения в современном сельском хозяйстве *(Сахно Т. В.)* 329
4.7. Реабілітація радіоактивно забруднених земель Українського Полісся *(Чоботько Г. М., Кучма М. Д., Райчук Л. А., Швиденко І. К., Тараріко М. Ю., Уманський М. С.)* 361

РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГІЗАЦІЯ МЕТОДІВ ПЕРЕРОБКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ 380
5.1. Вплив зрошення на гідрометеорологічний режим полів з овочевими культурами *(Польовий А. М., Божко Л. Ю., Барсукова О. А., Черноволюк Р. Г.)* 380
5.2. Розв'язання проблеми переробки сільськогосподарської продукції у забезпеченні продовольчої безпеки населення *(Пузир Т. М., Ященко Л. Д., Алєксов О. П.)* 388
5.3. Шляхи раціонального використання рослинної сільськогосподарської продукції *(Снєжкін Ю. Ф., Шапар Р. О., Дмитренко Н. В., Гусарова О. В.)* 394

5.4. Агрокліматична оцінка продуктивності озимого ріпаку в Вінницькій області в умовах зміни клімату *(Ляшенко Г. В., Данілова Н. В.)* 406

5.5. Теоретичне обґрунтування та удосконалення методів розрахунку дренажних систем для захисту від підтоплення та затоплення сільськогосподарських земель та населених пунктів в умовах глобальних змін клімату та зростаючого техногенного навантаження на водне середовище *(Обертас І. А.)* 413

5.6. Удосконалення методів розрахунку дренажних систем на підтоплених територіях *(Телима С. В.)* 425

5.7. Системна екологізація правових засад державного управління сталим розвитком сільських територій *(Юшин С. О.)* 433

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ 444

ПЕРЕДМОВА

Соціально-економічний розвиток України супроводжується забрудненням ґрунтів і вод важкими металами та токсичними речовинами, відходами промислового та сільськогосподарського виробництва. Відбувається їх подальше потрапляння у ґрунт і підземні води, що призводить до їх поглинання сільськогосподарськими культурами та забруднення водойм, що становить ризик для здоров'я людини. Крім того, побутові та промислові відходи, що утворюються з міських центрів і промислових районів, утилізуються на сміттєзвалищах, що також має шкідливий вплив на навколишнє середовище та здоров'я населення через вимивання забруднюючих речовин із закладених відходів. На сьогодні відсутні дієві заходи з утилізації твердих побутових відходів як на рівні окремих населених пунктів, так і держави в цілому, що загрожує навколишньому природному середовищу.

Також значного негативного впливу завдала аварія на Чорнобильській АЕС, в результаті чого значна територія Українського Полісся стала забруднена радіонуклідами та важкими металами, що спричинило велику екологічну шкоду довкіллю всієї країни та сусідніх держав. В результаті аварії з господарського обігу в Україні було вилучено майже 26 тис. га сільськогосподарських угідь як радіаційно небезпечних земель, на яких неможливе подальше отримання сільськогосподарської та іншої продукції, яка відповідає допустимим рівням вмісту радіоактивних речовин. Нині рівень радіоактивного забруднення на цих територіях значно знизився і тому постало питання про можливість повернення частини цих земель у виробничу сферу, що потребує відповідного наукового обґрунтування їх реабілітації.

Доцільно відзначити, що в усьому світі багато екосистем перебувають на переломному стані через неправильне управління ресурсами, що потребує відновлення деградованих або знищених екосистем і збереження тих, які все ще є неушкодженими та невід'ємною частиною природи. Це є фундаментальним, оскільки стабільні екосистеми забезпечують людину продуктами харчування та водою, відповідають за кругообіг поживних речовин, регулювання клімату, збереження біорізноманіття, значне поглинання парникових газів тощо. Як повідомляє Програма ООН з навколишнього середовища, лише відновлення екосистем може забезпечити третину пом'якшення наслідків до 2030 року, щоб утримати глобальне потепління нижче 2 градусів за Цельсієм.

Екосистема – це система, яка утворена з біологічних компонентів (тобто живих організмів, включаючи рослини, тварини та мікроорганізми) та природних ресурсів (таких як вода, дощі, ґрунти, клімат), якими керує людина. Використання людством біологічних

компонентів і природних ресурсів у довгостроковій перспективі, без достатнього знання загального екологічного впливу, призвели до ерозії ґрунту, вимивання поживних речовин з ґрунту, появі нових шкідників і надмірного використання поживних речовин рослин із ґрунту. Отже відновлення екосистем включає: 1) підтримання природно-ресурсної бази; 2) зменшення використання невідновлюваних ресурсів; 3) боротьба зі шкідниками та хворобами за допомогою внутрішніх регулюючих механізмів; 4) відновлення порушень, викликаних вирощуванням та збиранням врожаю; 5) екологізація всіх видів виробництва тощо.

Багато досліджень доводять, що головною причиною забруднення землі є ненаукове видалення небезпечних відходів, скидання стоків та інших відходів, включаючи ті, що змішані з твердими побутовими відходами. Більшість із цих забруднених місць, включаючи сміттєзвалища, не рекультивуються протягом багатьох років і продовжують становити багатогранну загрозу здоров'ю та навколишньому природному середовищу, включаючи забруднення ґрунту, підземних і поверхневих вод.

Відновлення екосистем можна досягти за допомогою «3 R»: рекультивація (reclamation), відновлення (revegetation) та реабілітація (rehabilitation). Тому за нинішнього сценарію людство повинно забезпечити якнайшвидше відновлення деградованої водної та наземної екосистеми шляхом прийняття відповідної політики та технологічних заходів. Проте, в Україні не вистачає як практичного досвіду щодо проведення необхідних заходів, так і підтримки з боку фінансової й інституційно-правової системи, зацікавленості суспільства.

Колективна монографія містить й узагальнює результати дослідження авторів з різних наукових установ і навчальних закладів України, що відображають сучасні досягнення вітчизняної науки в досліджені порушеної проблеми. Звичайно, що однією з особливостей цієї праці є багатоманіття поглядів, які об'єднує в єдине ціле спільна ідея – екологоорієнтовані підходи відновлення техногенно забруднених територій і створення сталих екосистем. Автори розміщених у колективній монографії матеріалів висловлюють власну думку та несуть відповідальність за їх зміст.

Колективна монографія містить п'ять розділів. У першому розділі висвітлено питання щодо проблем і перспектив екологізації сільськогосподарського виробництва для відтворення сталих екосистем; другий розділ розкриває питання щодо ефективного використання природно-ресурсного потенціалу сільських територій у контексті екологізації та енергозбереження; у третьому розділі наведені напрями та підходи щодо збереження та відновлення природно-ресурсного потенціалу сільських територій; четвертий розділ розкриває інноваційні екологоорієнтовані підходи у відновленні техногенно забруднених

територій і розвитку сільських територій; п'ятий розділ присвячено екологізації методів переробки сільськогосподарської продукції у забезпеченні продовольчої безпеки України.

На наші переконання, саме спільні зусилля вчених різних наукових поглядів допоможуть відновленню техногенно забруднених територій і створенню сталих екосистем. Впевнені, що подальша творча співпраця між дослідниками буде сприяти продукуванню перспективних концептуальних підходів до вирішення наукової проблеми та відновленню техногенно забруднених територій і створення сталих екосистем в Україні.

Дана колективна монографія, з огляду на глибинність і різнобічність проблем відновлення техногенно забруднених територій і створення сталих екосистем, 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 щодо відновлення техногенно забруднених територій і створення сталих екосистем.

РОЗДІЛ 1

ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ ВІДТВОРЕННЯ СТАЛИХ ЕКОСИСТЕМ

1.1. Стратегічні напрями формування екологічно орієнтованого господарювання аграрних підприємств

Багорка М. О., Юрченко Н. І.
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Майже всі країни світу намагаються зменшити забруднення навколишнього середовища і зробити виробництво продуктів харчування більш екологічним. У сільському господарстві екологізація виробництва на підґрунті прийняття взаємопов'язаних економічних, техніко-технологічних і соціальних рішень, які сприяють формуванню ринку органічної продукції та ефективному вирішенню екологічних завдань в еколого-економічній системі, стає нагальним питанням його розвитку. Необхідність у екологізації аграрного виробництва не викликає сумніву та потребує негайного пошуку радикальних шляхів для її глобального запровадження.

Український продовольчий ринок органічної продукції за багатьма позиціями перебуває на етапі становлення і характеризується надлишковою пропозицією за умов незначного внутрішнього попиту. Відповідно, більша частка виробленої органічної продукції експортується переважно на європейський ринок. Вихід вітчизняних продовольчих товарів на європейський ринок на сьогодні набуває нового соціально-економічного змісту, і потребує зміни пріоритетів в системі аграрних відносин. При цьому першочергове місце в системі аграрного господарювання повинен займати критерій екологічності на національному рівні.

Незважаючи на наявність досить прогресивних, науково обґрунтованих екологічних розробок, виникає необхідність у поглибленні теоретичних досліджень і практичних рекомендацій, пов'язаних з переходом аграрних підприємств до екологічно орієнтованої стратегії розвитку. Отже, проблема переходу аграрних підприємств до екологічно орієнтованого господарювання є актуальною і практично значущою.

Сучасна екологічна спрямованість розвитку вітчизняної сільськогосподарської діяльності підприємств, на нашу думку, може ефективно виявлятись через поєднання економічних й соціальних проблем раціонального використання, відтворення та охорони природних ресурсів агросфери на інноваційній основі.

Важливими екологічними передумовами розвитку екологічно спрямованих інновацій є ресурсо- та енергозбереження. Ці критерії є особливо важливими в умовах обмеженості і значного виснаження природно-ресурсного потенціалу України.

Критерієм ресурсозбереження, як елементу інновацій, є максимальний рівень окупності витрат, підвищення обсягів реалізації сільськогосподарської продукції, підвищення ефективності здійснення інвестицій та рівня їх рентабельності. Науковці Данилишин Б. М., Дорогунцов С. І., Міщенко В. С. визначають ресурсозбереження як напрям використання природно-ресурсного потенціалу, що забезпечує збереження природних ресурсів та зростання виробництва продукції при тих самих обсягах споживання сировини, матеріалів і палива [1, с. 31].

Відомі вчені Ковалка М. і Денисюк С. провели ґрунтовний аналіз вітчизняного та зарубіжного досвіду у сфері ресурсо- та енергозбереження та запропонували комплекс заходів з енергозбереження для окремих галузей національної економіки та регіонів держави, а також необхідне для цього науково-методичне й інформаційно-нормативне забезпечення [2, с. 268].

Варто зазначити, що аграрне виробництво є однією з найбільш енергоємних галузей національної економіки. В останні роки споживання енергетичних ресурсів у аграрному виробництві виросло більш ніж у три рази. В той же час два десятиріччя поспіль ціни на енергоносії зростають більш високими темпами, ніж на сільськогосподарську продукцію [3, с. 40]. Розбалансованість у використанні природних ресурсів та їх відтворення призвело до широкомасштабних деструктивних процесів, які становлять реальну загрозу для здоров’я людини і життєдіяльності суспільства.

Раціональне природокористування забезпечує максимальний економічний ефект при збереженні екологічної рівноваги у природних і антропогенних системах, тобто сумарне навантаження на екосистеми не перевищує їх відновлювальної здатності. Гринчук Ю. С. раціональне природокористування визначає як контрольоване, нормативне (ощадливе, невиснажливе) освоєння (використання) природних ресурсів, попередження можливих негативних наслідків діяльності людини, підтримання (підвищення) продуктивності й привабливості природних комплексів і окремих природних об’єктів [4, с. 30].

До основних напрямів вирішення проблем природокористування в аграрному виробництві належать: урахування територіальної

---

[1] Данилишин Б. М., Дорогунцов С. І., Міщенко В. С. Природно-ресурсний потенціал сталого розвитку України. Київ : ЗАТ «ШЧ ЛАВА», 1999. 86 с.

[2] Ковалко М. П., Денисюк С. П. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України. Київ : УЕЗ, 1998. 506 с.

[3] Приходько М. М. Управління природними ресурсами і природоохоронною діяльністю. Івано-Франківськ : «Фоліант», 2004. 847 с.

[4] Гринчук Ю. С. Еколого-економічні проблеми використання земельних ресурсів. *Агросвіт.* 2013. № 10. С. 7–9.

неоднорідності й регіональних особливостей природних умов і ресурсів при вирішенні економіко-екологічних проблем; проведення комплексу заходів у АПК, спрямованих на покращання стану оточуючого природного середовища, його оздоровлення; упровадження альтернативних систем землеробства; проведення заходів для розширеного відтворення природних ресурсів; здійснення екологічної експертизи проектів, удосконалення економічного механізму раціонального природокористування; екологізацію агропромислового виробництва; створення системи спостережень (моніторингу) за впливом агропромислового виробництва на довкілля.

Практичну реалізацію екологічно збалансованого розвитку аграрних підприємств та відтворення довкілля може забезпечити ефективне поєднання двох принципів (інституцій): соціальної екологічної відповідальності, яка відображає ступінь його інституційної зрілості у прийнятті тих чи інших управлінських рішень та соціальної екологічної умотивованості, в основі якої перебувають як матеріальні, так і духовні цінності суспільства в цілому та кожного суб'єкта аграрного господарювання зокрема [5, с. 154].

Екологічно збалансований розвиток аграрного сектору економіки передбачає поєднання певних систем (рис. 1).

Для вирішення зазначеної проблеми кожному сільськогосподарському підприємству, необхідно забезпечити оптимальне співвідношення між обсягами робіт і рівнем їх ресурсного забезпечення. Пропорційно зниженню питомих витрат енергії (за інших незмінних умов) знижується собівартість сільськогосподарської продукції, зростає їх цінова конкурентоспроможність, стабілізується фінансовий стан сільськогосподарських підприємств і підвищується їх інвестиційна привабливість. Прибутковість аграрного виробництва має зворотну залежність від енергоємності сільськогосподарської продукції. Зниження останньої сприяє не тільки переходу до енергозберігаючої моделі інтенсифікації виробництва, але й забезпечує умови для розширеного відтворення.

Ми впевнені, що радикальним шляхом вирішенням проблеми екологічної безпеки технологій вирощування сільськогосподарських культур і екологічної чистоти продукції має стати перехід до органічного виробництва як альтернативної моделі господарювання, хоча в той же час розуміємо, що переконливих альтернатив інтенсивним технологіям у глобальному масштабі поки що немає, оскільки головною проблемою для багатьох аграрних підприємств залишається збільшення врожайності.

[5] Лопатинський Ю. М., Тодорюк С. І. Детермінанти сталого розвитку аграрних підприємств : монографія. Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2015. 220 с.



Рис. 1. Системи формування екологічно збалансованого розвитку

Джерело: узагальнено авторами.

Для ведення органічного землеробства сільськогосподарські землі повинні відповідати певним вимогам щодо рівня їх забруднення шкідливими речовинами, важкими металами, радіонуклідами тощо. Однак наявність придатних для органічного виробництва територій не єдина умова його ведення. Перехідний період від традиційних (інтенсивних) технологій до органічних є досить тривалим процесом. Залежно від ситуації конверсійний період може становити від 2 до 5 років і супроводжуватися окремими ризиками. Так, Kirchmann H. та Bergström L. визнають, що існує рівень ризику, пов'язаного з органічним виробництвом, який полягає у ймовірності втрати частини врожаю внаслідок інтенсивного розвитку хвороб і шкідників, а також меншої стійкості рослин до стресу фактори [6]. Edwardson W. і Santacoloma P. стверджують, що попит на органічну продукцію обмежений і зосереджений у Північній Америці та Європі, на які припадає 96 % світових доходів у цьому секторі та в деяких багатих країнах Азії, таких як Японія, Сінгапур, Південь Кореї та Тайваню. В даний час більшість

[6] Kirchmann H., Bergström L., Kätterer T., Andrén O., Andersson R. Can Organic Crop Production Feed the World? in Organic Crop Production: Ambitions and Limitations / edited by H. Kirchmann and L. Bergström, 2008. P. 39–72. doi: 10.1007/978-1-4020-9316-6_3

споживачів у бідних країнах не готові платити преміальну ціну на органічні продукти [7].

Дійсно, існує рівень ризику при ведені органічного виробництва, який пов'язаний з можливою вірогідністю втрати частини врожаю через інтенсивний розвиток хвороб і шкідників, а також меншу стійкість рослин до стресових факторів.

Вітчизняний ринок органічної продукції розвивається під впливом міжнародних тенденцій, які є визначальними у цій сфері. Постійне збільшення кількості сертифікованих господарств-виробників органічної продукції відбувається не без участі іноземних компаній, які, з одного боку, регулюють процеси та контролюють їх, з іншого боку сприяють формуванню стабільного попиту на органічну продукцію.

Екологічні переваги дозволяють, не порушуючи екологічної рівноваги та не завдаючи шкоди навколишньому середовищу, вирішувати проблему забезпечення населення високоякісними продуктами харчування. Згідно з даними статистичних організацій країн світу і зарубіжних компаній з виробництва органічної продукції, цей вид аграрного бізнесу є високоприбутковим, на що вказує попит у високорозвинених країнах, де споживачі згодні сплачувати додатково за органічне походження продуктів харчування та їх екологічну чистоту [8, с. 102].

Процес переходу на органічне агровиробництво пов’язаний з новими прогресивними технологіями, спрямованими на очищення використовуваних видів сировини, матеріалів, утилізацію відходів, впровадження безвідходних технологій, значними інвестиціями.

Серед ключових принципів та умов екологічно орієнтованого розвитку варто виокремити системність, наукове обґрунтування, економічність і результативність, прозорість та інформативність. Принципи мають відповідати: реальності (відповідності ситуації, цілям, виробничим, ринковим та ресурсним факторам, досвіду та навичкам системи управління); логічності (внутрішньої цілісності та несуперечливості окремих елементів); сумісності із зовнішнім середовищем (забезпечення можливості взаємодії з ним); виправданій ризикованості та спрямованості на формування стійких конкурентних переваг.

Матеріальну основу мотивації праці становить стимулювання, в основі якого лежить процес зовнішнього впливу на інтереси суб’єктів господарювання за допомогою певного комплексу заходів (моральних, матеріальних, соціальних), здатних сприяти позитивному розвитку соціальних відносин між суб’єктами економічної діяльності та формуванню нового типу особистості. Можна констатувати, що

[7] Edwardson W. and Santacoloma P. Organic Supply Chains for Small Farmer Income Generation in Developing Countries, Agribusiness and Food Industries Series 2. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013. URL : http://www.fao.org/ag/ags/ags-division/publications/publication/en/c/171733.

[8] Михайленко О. Г. Розвиток органічного сільського господарства в системі євроінтеграційних процесів в Україні. *Науковий вісник Херсонського державного університету*. 2014. Вип. 6 (3). С. 40–45.

стимулювання екологічно безпечного розвитку аграрного виробництва, з одного боку, повинно мати матеріальне підґрунтя для агровиробників, а з другого – нематеріальне навантаження, яке дасть змогу отримати певний статус в суспільстві.

На нашу думку, ключовим мотивом до вирішення питання екологобезпечного виробництва, що дасть змогу створити реально функціонуючий сектор виробників екологічно чистої продукції, має стати матеріальне стимулювання й зміна внутрішньої філософії ведення агробізнесу.

Даний принцип єдності економічних, екологічних та соціальних цілей передбачає орієнтацію заходів державного регулювання на рішення економічних завдань з урахуванням моделі поведінки різних груп сільського населення, його сформовані цінності, соціально-психологічні та національні особливості. Застрожнікова І. В. наголошує, що саме державою мають вводитись різноманітні види економічного стимулювання екологічно орієнтованого господарювання [9, с. 123].

Для здійснення переходу до екологічно орієнтованого господарювання варто змінити принципи функціонування суб'єктів агробізнесу, прискорити їх інноваційний розвиток та забезпечити можливість їх організаційних трансформацій. Борисова В. А. наголошує, що для швидкої адаптації до сучасних вимог аграрного ринку модель поведінки підприємств аграрної сфери повинна враховувати причинно-наслідкові взаємозв'язки факторів внутрішніх підсистем і зовнішнього середовища [10, с. 165].

Вихідним моментом вибору екологічно орієнтованого напряму діяльності аграрних підприємств залишається перехід на модель екологічно збалансованого розвитку. При цьому розробка механізму переходу аграрних підприємств на екологічно-орієнтоване господарювання є основним питанням.

Розробка еколого-економічного механізму організації та розвитку сільського господарства забезпечить формування соціально-еколого-економічних цінностей людини в агроекосистемі.

Слід зауважити, що процес екологізації агровиробництва здійснюється не лише шляхом застосування природозберігаючих технологій та формування екологічних обмежень (стандартів), але і внаслідок створення і вдосконалення системи управління, тобто управлінських процедур (схем, принципів, рекомендацій, прийомів). Екологічне управління полягає у послідовному виконанні загальних функцій: планування (екологічного планування), організації (екологічної

[9] Застрожнікова І. В. Шляхи удосконалення державного регулювання сільського господарства України. *Наукові розвідки з державного та муніципального управління*. 2013. № 1. С. 121–135.

[10] Борисова В.А. Адаптація підприємств аграрного сектора економіки до ринкових умов та їх інвестиційна привабливість. *Аграрна наука і освіта на початку третього тисячоліття* : матеріали Міжн. наук.-практ. конф. ; Т. ІІ. Львів : ЛДАУ, 2010. С. 160–170.

організації), мотивації (екологічної мотивації), контролю (екологічного контролю), а також функцій, що пов'язані з прийняття управлінських рішень (прийняття екологічних управлінських рішень) та комунікацій (з урахуванням екологічних аспектів управління).

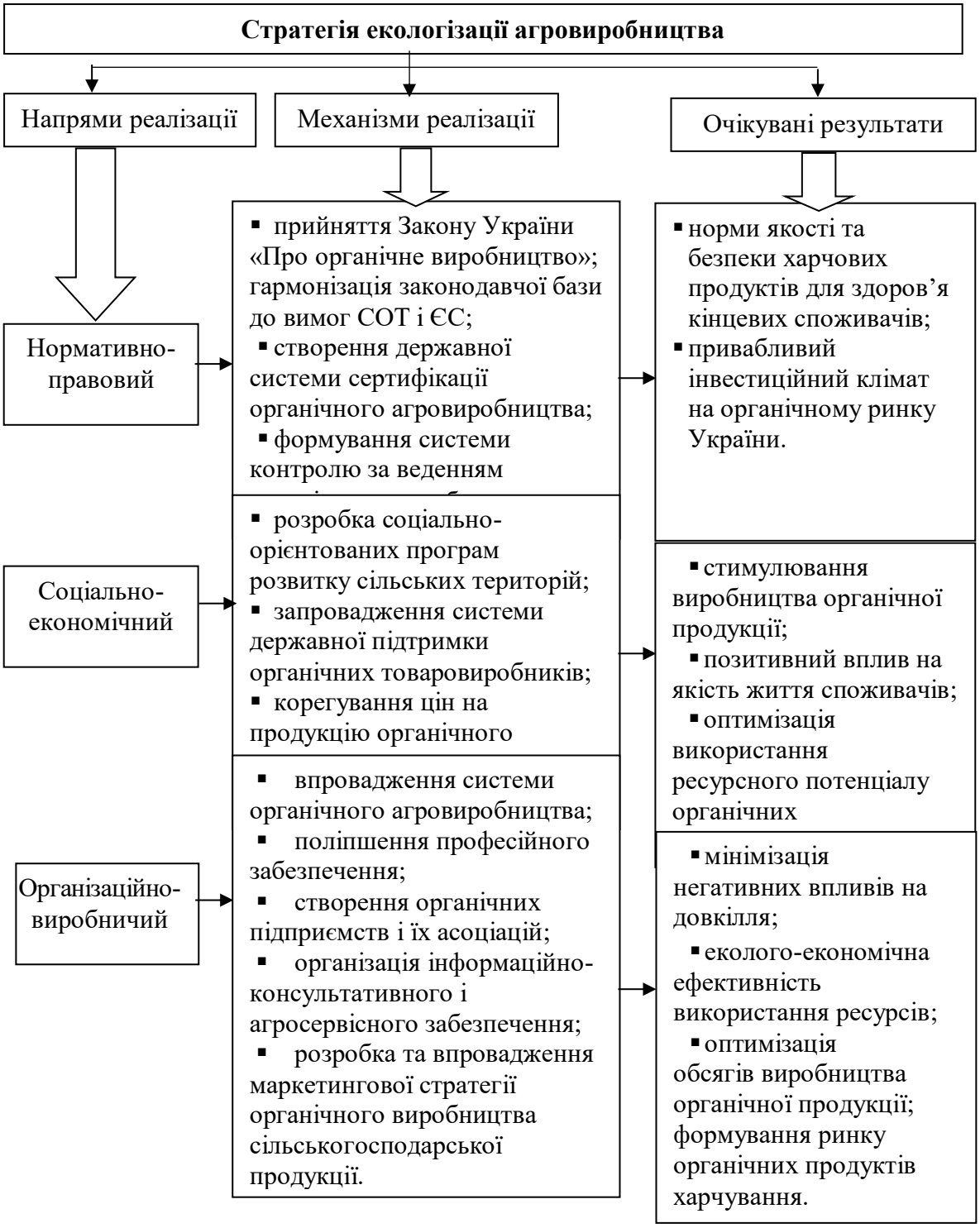


Рис. 2. Концептуальна модель формування стратегії екологізації агровиробництва підприємств України

Джерело: побудовано авторами [11].

[11] Багорка М. О., Самарець Н. М. Шляхи формування екологічно орієнтованого господарювання аграрних підприємств. *Проблеми системного підходу в економіці*. 2019. № 3 (71). С. 155–163.

Впровадження основних принципів органічного виробництва в Україні та забезпечення стабільного збуту органічної продукції вимагає створення національного органічного ринку, інтегрованого у європейській та світовий аграрні ринки та гарантував кінцевим споживачам високий рівень якості продуктів харчування. З урахуванням особливостей розвитку вітчизняного аграрного сектору, сільських територій, а також використання європейських моделей розвитку сільського господарства сформулюємо концептуальну модель стратегії екологізації агровиробництва в Україні (рис. 2).

В основу пропонованої стратегії покладено принцип підвищення соціальних та економічних ефектів екологізації аграрного виробництва, що проявляється у збереженні та покращенні стану навколишнього природного середовища, збільшенні потреби у трудових ресурсах тощо.

Отже, результати дослідження засвідчують, що стратегія розвитку органічних аграрних підприємств повинна складатися з наступних заходів: організації інформаційної кампанії з підвищенням рівня суспільної обізнаності щодо переваг органічного агровиробництва та органічних продуктів харчування; сприяння розвитку аграрної кооперації та налагодження спільного розподілу органічної продукції, постачання засобів біологічного захисту рослин та тварин; формування національної системи сертифікації та контролю якості аграрної продукції; організації спеціальних місць на гуртових сільськогосподарських ринках та мережі розподілу органічної продукції шляхом створення спеціальних закладів роздрібної торгівлі для її продажу; організації спеціальних ярмарок, виставок, інших промоційних заходів; спрямування діяльності товарної біржі та формування прозорих ринкових механізмів ціноутворення та розподілу значних обсягів органічної продукції на регіональному, національному та міжнародному ринках; налагодження взаємовигідних партнерських відносин між виробниками органічної продукції та іншими операторами агропродовольчого ринку.

Для ефективного екологічно орієнтованого господарювання аграрних підприємств стратегічний підхід повинен поєднуватися з системою менеджменту навколишнього середовища і якщо для загальноприйнятої стратегії достатньо традиційної системи менеджменту навколишнього середовища, орієнтованої на виконання вимог держави, то для досягнення конкурентної переваги на світовому ринку необхідно перебудовувати існуючу систему за вимогами міжнародних стандартів.

Таким чином, для здійснення переходу до еколого-економічного управління в аграрній галузі варто змінити принципи функціонування суб'єктів агробізнесу, прискорити їх інноваційний розвиток та забезпечити можливість їх організаційних трансформацій. Виділені шляхи удосконалення організаційно-економічного механізму природокористування, мають дозволити оптимізувати використання навколишнього середовища в аграрному виробництві та мінімізувати негативний вплив на нього.

1.2. Генетичні ресурси картоплі України та їх раціональне використання

Бондус Р. О.[1], Харченко Ю. В.[1], Фурдига М. М.[2], Міщенко Л. Т.[3], Подгаєцький А. А.[4], Гордієнко В. В.[2], Гордієнко О. В.[2], Коваль В. С.[2]
[1]Устимівська дослідна станція рослинництва Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН
[2]Інститут картоплярства НААН
[3]Київський національний університет імені Тараса Шевченка
[4]Сумський національний аграрний університет

«Краще проявити надмірну ощадливість в даний час, ніж знищити те, що тисячами та мільйонами років створювалося природою» (Вавілов М. І.) [12]. Внаслідок екологічно необґрунтованого господарювання в Україні останнє століття відбуваються значні зміни у структурі природного покриву. Деградація навколишнього природного середовища призводить до виникнення екологічних ризиків і погіршення якості життя [13]. Процеси втрати біорізноманіття стають незворотними, зокрема генетичне різноманіття рослин знаходиться під загрозою «генетичної ерозії» – термін, створений науковою спільнотою для позначення втрати окремих генів та їх комбінації, що властиві сортам адаптованим до місцевих локальних умов. Основною причиною «генетичної ерозії», згідно ФАО, є заміна місцевих різновидів рослин сучасними сортами [14]. Наразі, внаслідок розвитку науково-технічного та технологічного процесу на значних площах сільськогосподарських угідь велике різноманіття сортів заміняється одним або декількома, які на даний час є найбільш урожайними. Така тенденція спричинює зростання генетичної однорідності посівів і плантацій, внаслідок чого прослідковується звуження видового різноманіття культурних рослин: вирощуються лише ті, що забезпечують отримання найбільшого прибутку. Як свідчить трагічний досвід людства, така ситуація періодично ставить під загрозу сільське господарство в цілому, добробут і саме існування народу. Оскільки при цьому дестабілізується виробництво, зростає сприйнятливість посівів і плантацій до шкідників та хвороб, погодних чинників, кліматичних змін тощо.

Стародавні селекційні сорти, дикорослі споріднені види культурних рослин, форми та сорти народної селекції відзначаються

[12] Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. СПб. : Всероссийский НИИ растениеводства имени Н. И. Вавилова, 2007. Том 164. 399 с. URL : http://vir.nw.ru/books/trudy164.pdf.

[13] Приходько М. М. Екологічна безпека природних і антропогенно модифікованих геосистем : монографія. К. : Центр екологічної освіти та інформації, 2013. 201 с.

[14] Проект стандартов банков генов генетических ресурсов растений для производства продовольствия ведения сельского хозяйства. Комиссия по генетическим ресурсам для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства. Четырнадцатая очередная сессия. Рим, 15–19 апреля 2013. 129 с. URL : https://www.fao.org/3/mg063r/mg063r.pdf.

багатьма цінними генами. Широка спадкова основа такого генетичного ресурсу є невичерпною скарбницею, яку необхідно зберегти, і яка завжди буде джерелом вихідного матеріалу для створення нових поколінь сортів. Заходи боротьби з «генетичною ерозією» полягають у збереженні рослин в генетичних банках *ex sity*. Наразі, науковою спільнотою визначено та загальноприйнято, що найкращою стратегією у даній роботі є та, яка об'єднує в собі збереження рослин *ex situ* та *in situ* в їх агроекосистемах, а також збереження дикорослих споріднених видів культурних рослин у місцях, що охороняються у зв'язку з їх екологічною цінністю.

Вказані проблеми спонукають до проведення планомірної та широкомасштабної роботи зі збору в кожному регіоні України, закріплення у колекціях *ex situ* йефективного використання генетичних ресурсів рослин. Дикорослі види та популяції, стародавні місцеві сорти та форми, а також селекційні сорти, створені світовою наукою, несуть значну кількість цінних генів, а їх генетична спадкова основа завжди є джерелом цінного вихідного матеріалу для створення нових поколінь сортів.

Одним із способів розв'язання проблеми втрати генофонду як дикорослих форм рослин, так і місцевих форм та сортів, створених народною селекцією, є збереження їх в умовах *ex situ.* Збереження і дослідження зразків генофонду рослин, що перебувають під загрозою зникнення дає змогу використовувати їх у селекції (старомісцеві сорти та форми), чи здійснювати розмноження та реінтродукцію їх до природних місць поширення (дикорослі зразки).

«Сукупність всіх генів виду... я назвав генофондом, щоб підкреслити думку про те, що в якості генофонду ми маємо таке ж національне багатство, як в якості запасів нафти, запасів золота, вугілля, прихованих у наших надрах» (Серебровский А. С. (1926)) [15]. Збереження і раціональне використання власних природних ресурсів є одним із непорушних атрибутів державної політики суверенних держав, від наявності та доцільності використання яких залежить збереження для майбутніх поколінь соціальної, культурної й історичної спадщини країни. У зв'язку з цим, з проголошенням Акту незалежності України у 1991 році постала нагальна необхідність формування власного Національного генбанку рослин України, як одного з гарантів державної безпеки держави. В якості фундаментальної бази для створення такого Національного генбанку було обрано Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України (м. Харків). Сформований при ньому Національний центр генетичних ресурсів рослин України (НЦГРРУ) – це організаційна структура, що здійснює науково-методичне керівництво та координацію роботи з формування та ведення Національного генбанку рослин України, яка включає 30 наукових установ-співвиконавців програми досліджень «Генофонд рослин».

[15] Российская академия наук. URL : http:/www.ras.ru.

Однією з таких установ є Устимівська дослідна станція рослинництва Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України, яка є базовою науковою установою НЦГРРУ. Наразі кількісний склад генофонду сільськогосподарських культур та їх дикорослих споріднених видів, сконцентрованого на дослідній станції, нараховує 30959 зразків 136 культур та 472 ботанічних таксонів деревних і кущових порід. Зокрема, колекція картоплі нараховує 665 сортів вітчизняної та зарубіжної селекції. Генофонд рослин, зокрема картоплі – це основа для вирішення широкого кола проблем, у т. ч. найважливіших для людства. Картопля – одна з основних стратегічних культур, яка формує базу продовольчої безпеки України. Наявний сортовий потенціал її забезпечує потреби суспільства, орієнтуючись при цьому на можливість виробництва як товарної картоплі, так і постачання харчової та хімічної промисловості різноманітною сировиною.

На даний час майже у 90 генбанках світу зберігається 14000 селекційних сортів картоплі, а також велика кількість місцевих культурних зразків і представників її диких видів. Наразі загальна кількість генофонду картоплі України нараховує 3709 зразків 70 ботанічних видів, з них 2 культурних і 68 споріднених диких види картоплі, які є цінним вихідним матеріалом для створення високопродуктивних і високоякісних сортів. Систематичне проведення інтродукції та залучення до Національного генбанку рослин України цінних зразків картоплі, формування колекцій та їх всебічне вивчення, підвищує ефективність вітчизняної селекції, сприяє розвитку фундаментальної та прикладної науки, що в цілому забезпечує розвиток галузі картоплярства в Україні.

Ефективне використання генетичного різноманіття картоплі можливе лише на базі його глибокого і всебічного вивчення. Зважаючи на біологічні особливості цієї культури і значну генетичну відмінність від інших культур, методики досліджень характеризуються певною специфікою. У межах роду *Solanum L.* види утворюють поліплоїдний ряд, який включає диплоїдні (2n=24), триплоїдні (2n=36), тетраплоїдні (2n=48), пентаплоїдні (2n=60) і гексаплоїдні (2n=72) види. Базовий набір хромосом (x) цього поліплоїдного ряду дорівнює 12. У секції *Tuberarium* налічується близько 70 % диплоїдних видів, 15 % тетраплоїдних, 8 % гексаплоїдних, а решту становлять триплоїдні і пентаплоїдні види. Для проведення генетичних досліджень культура картоплі є надто трудомістким об'єктом. Будь-якому її сорту властива значна гетерозиготність, отже складний генетичний контроль переважної більшості ознак. При схрещуванні відбувається розщеплення за багатьма генами, а відповідно й за ознаками, що значно ускладнює гібридологічний аналіз. Однак, широке застосування віддаленої гібридизації із залученням диких і культурних диплоїдних видів, використання поліплоїдії та гаплоїдії в останні десятиріччя стимулювало розвиток генетичних

досліджень картоплі. Враховуючи, що особливістю роду *Solanum* є великий генетичний потенціал і різноманіття сортів, культурних і диких видів, селекційним шляхом вдається закріпити в одному сорті картоплі основні господарсько-цінні ознаки з високим адаптивним потенціалом.

Для ефективної роботи з генофондом картоплі передбачені наступні етапи:

– інтродукція і залучення цінних зразків картоплі та їх карантинна перевірка;

– збереження *ex situ* колекції картоплі, підтримання її у стані життєздатності та генетичної автентичності;

– комплексне вивчення генофонду картоплі з виділенням джерел цінних господарських і біологічних ознак, адаптованих до ґрунтово-кліматичних умов України та формування на цій основі колекцій різних типів: базових, серцевинних, ознакових, генетичних, навчальних, дублетних;

– ведення інформаційної системи (ІС) «Генофонд рослин»;

– створення баз даних інтродукційного матеріалу;

– реєстрація в НЦГРРУ різних типів колекцій, баз родоводів і цінних зразків генофонду картоплі;

– забезпечення зразками генофонду картоплі селекційних, наукових установ, навчальних закладів та інших користувачів з метою використання їх в селекційній практиці, наукових, навчальних та інших програмах.

Оцінка генетичних ресурсів картоплі пов'язана з постійним накопиченням інформації, проведенням різнобічного сортування, пошуку й опрацювання даних. Великий об'єм таких даних вимагає використання сучасних інформаційних систем (ІС). Використання ІС є ефективним методом обробки даних, включаючи обмін інформацією з світовим співтовариством. При розробці ІС «Генофонд рослин» Національного генбанку рослин України був використаний досвід створення й експлуатації подібних інформаційних систем в генних банках різних країн: GRIN (США), EVIGEZ (Чехія), ВІРу, генбанку Німеччини та інших країн. В ІС використані універсальні дескриптори, що базуються на дескрипторах FAO/IPGRI. ІС «Генофонд» забезпечується пакетом ліцензійних програм. ІС «Генофонд рослин» працює на основі програм ACCESS, EXCEL та DBF.

Основою для роботи з генофондом картоплі є: «Международный классификатор СЭВ видов картофеля секции *Tuberarium* (Dun.) Buk. рода *Solanum* L.» [16], «Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ видов картофеля секции *Tuberarium* (Dun.) Buk. рода *Solanum* L.» [17], «Положення про реєстрацію зразків

[16] Задина Н., Виднер И., Майор М. Международный классификатор СЭВ видов картофеля секции *Tuberarium* (Dun.) Buk. рода *Solanum* L. Ленинград : ВИР, 1984. 43 с.

[17] Букасов С. М., Камераз А. Я., Лехнович В. С. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ видов картофеля секции *Tuberarium* (Dun.) Buk. рода *Solanum* L. Ленинград : ВИР, 1977. 61 с.

генофонду рослин в Україні» [18], «Положення про Інформаційну систему «Генофонд рослин» [19], методичні рекомендації з вивчення генофонду картоплі [20, 21, 22] та каталоги з результатами вивчення колекційного матеріалу [23, 24], дескриптори, законодавчі акти [25, 26, 27, 28, 29], що дає змогу провести більш якісне вивчення генофонду картоплі. Національний банк генетичних ресурсів рослин України (Національний генбанк) – це база для інтродукції та залучення нових цінних сортів і форм, розширення генетичного різноманіття культурних і дикорастучих цінних рослин, їх вивчення. Ефективне ведення генбанку допомагає зберегти генетичне різноманіття культурних рослин та їх дикорастучих споріднених видів, зробити його доступним для селекціонерів і вчених, яким він слугує вихідним матеріалом для створення та покращення сортів, адаптованих до різних агроекологічних умов. Таким чином, вирішується важливе завдання припинення втрати біорізноманіття рослин і підвищення продуктивності та стабільності сільськогосподарського виробництва. Завдання генбанку можуть виконуватися лише за умови постійного цілеспрямованого його поповнення новими генетичними джерелами цінних господарських, біологічних ознак і властивостей [30].

Зокрема, підтримання та зберігання колекцій культур, які вегетативно розмножуються, – складний і трудомісткий процес. Створення Національного сховища, завдання якого – бути головним генетичним банком рослин України, вирішує сьогодні проблему довготривалого зберігання лише культур, що розмножуються генеративно, але не вегетативно, які не завжди можливо підтримувати у вигляді насіння.

---

[18] Положення про реєстрацію зразків генофонду рослин в Україні. Харків : Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, НЦГРРУ, 2012. 19 с.

[19] Положення про Інформаційну систему «Генофонд рослин». Харків : Ін-т рослинництва ім. В. Я. Юр'єва, НЦГРРУ, 2011. 20 с.

[20] Куценко В. С., Осипчук А. А., Подгаєцький А. А. Методичні рекомендації щодо проведення досліджень з картоплею. Немішаєве : ІК, 2002. 182 с.

[21] Костина Л. И. Методические указания. Выделение исходного материала для селекции картофеля на основе генеалогии. Ленинград: ВИР. 1992. 104 с.

[22] Трускинов Э. В. Методические указания. Поддержание и хранение коллекционных образцов картофеля в условиях *in vitro*. Ленинград: ВИР. 1987. 39 с.

[23] Киру С. Д., Бавыко Н. Ф., Палеха С. В. Каталог мировой коллекции ВИР. Культурные виды картофеля. Вып. 738. СПб.: ВИР, 2002. 73 с.

[24] Костина Л. И., Фомина В. Е., Бычков Д. А. Каталог мировой коллекции ВИР. Картофель (Сорта с высоким содержанием крахмала). Вып. 719. СПб: ВИР. 2002. 23 с.

[25] Международный договор о растительных генетических ресурсах для производства продовольствия и ведения сельского хозяйства http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/genetic_resources.pdf (російська версія).

[26] Стандартна угода про передачу матеріалу. URL : ttp:www.cgiar.org/www-archive/www.cgiar.org/pdf/SMTA_Russian_footnote_sept2010.pdf (російська версія).

[27] Конвенція про біологічне різноманіття. Підписана Україною 11 червня 1992 р. URL : http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/biodiv.shtml (російська версія).

[28] Нагойський протокол регулювання доступу до генетичних ресурсів та спільного використання на справедливій та рівній основі вигід від їх застосування до Конвенції про біологічне різноманіття. Підписаний Україною 29.10.2010 р. URL : http:zakon4.rada.gov.ua/laws/show/995_k03 (російська версія).

[29] Методика проведення експертизи сортів рослин групи овочевих, картоплі та грибів на відмінність, однорідність і стабільність / ра ред. С. О. Ткачик. Вінниця : ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 1145 с.

[30] Рябчун В. К., Кузьмишина Н. В., Богуславський Р. Л. Шляхи збагачення Національного генбанку рослин України. *Генетичні ресурси рослин*. 2014. № 14. С. 5–21.

Із таких особливо слід виділити картоплю – стратегічну продовольчу та технічну культуру, відтворювання якої поки що відбувається виключно вегетативно бульбами. Виходячи з вищевказаного, розроблено методи зберігання зразків генофонду культур, що розмножуються вегетативно:

– генетичні банки зберігають біологічне різноманіття культур в природних умовах, що розмножуються вегетативно (польові колекції);

– в умовах *in vitro*;

– при наднизьких температурах (кріоколекції) [31, 32].

Підтримання та зберігання зразків колекцій картоплі у вигляді насіння неможливе, оскільки генеративне розмноження порушує генетичну структуру сортів, представлених високогетерозиготними поліплоїдними генотипами. Тому зразки культури картопля можуть стабільно відтворюватися лише при вегетативному розмноженні. У великих генбанках існують усі три системи зберігання, оскільки кожна з них має свої переваги та недоліки, і лише їх спільне використання може забезпечити надійне довготривале зберігання генофонду культур, що розмножуються вегетативно.

Польова колекція картоплі – це систематизоване зібрання зразків, мета якого полягає у збереженні життєздатності генофонду даної культури шляхом щорічного висаджування бульб у полі. Особливість культури – розмножуватись бульбами, сприяла значному її поширенню, природному та штучному розмноженню. Серед сільськогосподарських культур картопля вигідно відрізняється надзвичайною різноманітністю видів *(species)*, підвидів *(subspecies)*, груп різновидностей *(convarietas)*, різновидностей *(varietas)*, форм *(forma)*, зразків *(concultivar)*, сортів *(cultivar)*, гібридів *(hybrids)*. Життєздатність генотипів підтримується завдяки щорічному висаджуванню їх у польових умовах. Для зимового зберігання бульби картоплі закладаються у спеціально обладнане сховище при t +4 ^{0}C.

На даний час найбільш радикальним способом боротьби з вірусними хворобами картоплі та інших культур, що розмножуються вегетативно, є метод культури меристемної тканини, який був застосований вперше в 50-ті роки у Франції [33]. Морель [34] один із перших висунув ідею про використання цього методу для тривалого зберігання рослин. Цінністю культивування рослин у пробірковій стерильній культурі *in vitro* є:

– надійна ізоляція від різноманітних патогенів;

– можливість швидкого оздоровлення зразків від вірусів;

---

[31] Sakai A. Development of cryopreservation techniques. Engelmann Florent and Hiroko Takai, editors. Cryopreservation of tropical plant germplasm. Current research progress and application. Japan Int. Res. Center for Agricultural Sciences, Tsukuba, Japan. IPGRI, Rome, Italy, 2000. P. 1–7.

[32] ДСТУ 7066.2009 Ресурси рослин генетичні. Терміни та визначення понять. Київ : Держстандарт України. 2005. 45 с.

[33] Morel G., Martin C. Guerison de pommes de terre atteintes de maladies a virus. *C. R. Acad Sci*. 1955. Vol. 41. P. 472–475.

[34] Morel G. Meristem culture techniques for the long-term storage of cultivated plants. Crop getetic resourses for today and tomorrow. Cambridge, 1975. P. 327–332.

– економія засобів для підтримання зразків у порівнянні зі зберіганням у польових колекціях: гранично малі площі для розміщення (декілька квадратних метрів замість гектарів земельної площі).

Особлива компактність пробіркової колекції зручна для інтродукції, обміну та розсилки матеріалу в будь-яке місце і пору року. Крім того, культура картоплі *in vitro* дозволяє у випадку необхідності проводити прискорене та масове розмноження цінних колекційніх зразків для відновлення їх в природних умовах; коефіцієнт розмноження рослин за цих умов достатньо високий. Суттєве скорочення фізичної праці та часу, які щорічно витрачаються на підтримання колекції картоплі традиційним способом (польові колекції), також на користь ізольованої пробіркової стерильної культури. Основи лабораторної техніки культивування, підтримання та збереження колекційних зразків картоплі в умовах *in vitro* наведено у відповідних методичних вказівках.

При формуванні *in vitro* колекцій пріоритет надається генофонду аборигенних і стародавніх сортів, селекційно-цінних зразків дикорослих споріднених видів культурних рослин, унікальних екземплярів, а також зразків польової колекції, ушкоджених фітопатогенами. Зразки серцевинних колекцій (core-collections), в яких максимально представлене генетичне різноманіття виду при мінімізації кількості зразків, обов'язково зберігаються з використанням усіх трьох систем зберігання – в природних умовах (польові колекції), *in vitro* і при наднизьких температурах (кріоколекції).

Тривале вегетативне розмноження *in vivo* призводить до накопичення в рослинах вірусних, бактеріальних, грибних інфекцій і шкідників, а відповідно – до втрати зразків. Наразі використання комплексу «*in vitro*» технологій, включаючи оздоровлення, мікроклональне розмноження та *in vitro* зберігання, є практично єдиним надійним методом довготривалого зберігання генофонду культур, що розмножуються вегетативно. Проте, не всі питання з розробки технології довготривалого зберігання насіння можна вважати остаточно вирішеними. Особливо це стосується контролю генетичної стабільності матеріалу, який зберігається. Необхідне проведення робіт, що базуються на використанні ПЦР (RAPD- та SSR- аналізи), які вказують на надійність довготривалого зберігання картоплі в умовах *in vitro* [35].

Варто зауважити, що набір культур, для яких розроблений увесь комплекс перерахованих вище методів, досить обмежений. Для довготривалого та надійного зберігання біорізноманіття культур, що розмножуються вегетативно, необхідна подальша розробка теорії та методів *in vitro* і кріозберігання.

[35] Лоскутов И. Г. История мировой коллекции генетических ресурсов растений в России. СПб. : ГНЦ РФ ВИР. 2009. 274 с.

Кріоконсервація колекцій належить до високих технологій, які потребують певних витрат, але забезпечують високу ефективність зберігання:

– дозволяють сконцентрувати генетичну основу всього різноманіття сортів і форм на невеликій площі, із забезпеченням якісної системи охорони, контролем за режимами зберігання та станом об'єктів, які закладені на кріоконсервацію;

– надають можливість більш ефективного використання генофонду у селекції: кріоконсервація пилку дозволяє проводити схрещування між сортами, дуже відмінними за строками цвітіння; кріконсервація меристем надає можливість проводити клонування цінних форм, використовувати сомаклональну мінливість, проводити трансгенез;

Кріобанки рослин успішно працюють у США, Японії, Південній Кореї та інших країнах світу. На даний час збереження різноманіття дикорослих споріднених видів і сортів є найбільш перспективним напрямком у біотехнології. Проблемі збереження генетичних ресурсів рослин за допомогою кріоконсервації меристемних тканин відведено одну з головних ролей. Проте, тривале збереження біологічної системи, яка знаходиться в стані біозу, неможливе без переведення її в стан анабіозу. Найбільш ефективним способом переведення в такий стан є охолодження до наднизьких температур. Анабіоз характеризується відсутністю життєдіяльності при збереженні життєздатної структури та можливості повернення до стану біозу при зміненні параметрів її стану [36]. Розроблено спосіб кріоконсервації меристемних тканин, який було апробовано на 3-х видах рослин: картопля *(Solanum tuberosum),* виноград *(Vitis vinifera)*, часник *(Allium sativum)* [37]. Для культур, що розмножуються вегетативно, відпрацювання режимів кріоконсервації має особливе значення, оскільки йдеться про «надзаморожування» живих тканин і органів. Збереження здійснюється у спеціальних тубах з синтетичного матеріалу, стійкого до зміни температур у великому діапазоні. Головним механізмом, який забезпечує збереження структури біологічних об'єктів у цих умовах, є вітріфікація води, тобто переведення її у тверду фазу без кристалізації (у стан переохолодженої рідини) [38].

Ефективність збереження та використання зразків генофонду картоплі, у тому числі економічна, визначається рівнем систематизації зразків у генбанку й оптимізації його обсягу, що здійснюється шляхом формування базових, серцевинних, ознакових, генетичних, спеціальних, навчальних колекцій. Принципи формування та ведення даних типів колекцій розробляються у генбанках світу. Найкращі умови для вирішення вище вказаного напрямку роботи є участь у Європейських кооперативних програмах з генетичних ресурсів рослин (ЄКПГР) –

---

[36] Голдовский А. М. Основы учения о состояниях организмов. Л. : Наука, 1977. 116 с.

[37] Лисак Ю. С., Ходько О. Т., Стрибуль Т. Ф. Спосіб кріоконсервування меристем часнику / Пат. № 79464, Україна.

[38] Рябчун В. К. Богуславський Р. В. Генетичні ресурси рослин та їх роль у селекції. Т*еоретичні основи селекції польових культур* : збірник наукових праць до 100-річя ІР УААН. 2007. С. 363–398.

Bioversity International, які координуються Міжнародним інститутом генетичних ресурсів рослин (Рим, Італія), а також іншими міжнародними угодами та стандартами [39].

За результатами комплексного вивчення зразків картоплі, з метою цілеспрямованого залучення, ефективного використання та збереження цінного генофонду, оптимізації складу й обсягу Національного генного банку рослин, здійснюється формування колекцій таких типів:

Базові – репрезентують основний генофонд культури та формуються зі зразків, які охоплюють повний спектр мінливості ознак в межах культури. До них включають культурні та дикорослі форми, що можуть рости в умовах певної країни та регіону.

Серцевинні – колекції, у яких генофонд культури представлений мінімальною кількістю зразків, що відбираються з базових колекцій, і репрезентують генетичне різноманіття культури.

Ознакові – колекції, у яких зразки підібрані за певним рівнем фенотипового вияву окремих ознак або їх поєднань. До цих колекцій включають зразки з різним рівнем вияву ознак згідно класифікатора. Неодмінними елементами ознакової колекції є еталонні зразки, які мають більш стабільний рівень вияву ознак за можливо більш високого рівня продукційного процесу. Ознакові колекції є першим кроком до створення генетичних колекцій.

Різновидами ознакових колекцій можуть бути спеціальні та робочі колекції.

Спеціальні – створюються із зразків, підібраних за ознаками вивченими спеціальними методами, для вирішення специфічних селекційних, наукових та інших завдань.

Робочі – створюються для виконання селекційних, наукових та інших програм і включають джерела та донори цінних ознак стосовно конкретних умов та напрямків селекції (наукової програми). В якості складових робочої колекції можуть бути використані зразки ознакових, спеціальних, генетичних та інших колекцій.

Генетичні – включають зразки з ідентифікованими генами або генними комплексами, вияв та успадкування яких вивчені у певних умовах. До генетичних належать зокрема колекції ізогенних і анеуплоїдних ліній, алельних варіантів генів, варіантів груп зчеплення, геномних комбінацій – амфідиплоїдів, аллоплазматичних ліній.

Навчальні – формуються в залежності від призначення у навчальному процесі, включають ботанічне різноманіття, різні сортотипи сортів, гібриди та їх батьківські форми, джерела цінних ознак.

Дублетні – повторюють склад певного виду колекцій: базової, серцевинної, ознакової, генетичної, спеціальної колекцій та інших, розміщені в іншому географічному пункті для надійності збереження.

[39] Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Rome, FAO, 2013. 167 p.

Дублетні колекції гарантують збереження генофонду у разі порушення або втрати відповідної основи колекції.

Колекції, які зареєстровані у НЦГРРУ, заносять у «Реєстр колекцій генетичного різноманіття рослин України». Колекціям, занесеним у Реєстр, надається пріоритет при визначенні об'єктів для фінансової та матеріальної підтримки з боку держави, у тому числі в рамках науково-технічної програми «Генетичні ресурси рослин».

Доцільним є пропонувати оригінаторам сортів заявити їх на реєстрацію в НЦГРРУ, як цінні зразки генофонду рослин, згідно з Положенням про реєстрацію зразків генофонду рослин України. Реєстрація колекцій та цінних зразків проводиться Національним центром генетичних ресурсів рослин України (Центром) Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва за дорученням Національної академії аграрних наук України (НААНУ) з метою виявлення, забезпечення активного використання в селекційних і наукових програмах та надійного збереження.

Для селекційної практики важливе значення має інформація щодо родоводу вихідного матеріалу, залученого до схрещування, що надає можливість оптимізувати селекційний процес, спрямувати його на вирішення актуальних проблем.

На сучасному етапі селекційної практики вагоме значення має інформація стосовно родоводу зразка, який залучається до схрещування при створенні нових сортів картоплі. Тому, проведення роботи з формування бази родоводів картоплі надає можливість оптимізувати селекційний процес, спрямувати його на вирішення актуальних проблем.

База родоводів є результатом пошукової роботи. Структура такої бази включає інформацію про номер національного каталогу та номер реєстрації України, назву зразка, країну походження, родовід, метод створення, джерело інформації та інше.

Аналіз генеалогії сорту дає можливість дослідити походження, визначити родинні взаємозв'язки сучасних сортів з їх батьківськими формами. При поєднанні бази родоводів з базою паспортних даних проводиться аналіз спорідненості сортів. Інформація щодо родоводу зразка, особливо того, який включається в програму схрещувань при створенні нових сортів, має виключно важливе значення для отримання нового потомства за бажаними ознаками.

Аналіз зібраних даних у базі родоводів допомагає підбирати стійкі батьківські форми для підвищення, зокрема польової стійкості до хвороб. Комбінування вище вказаних батьківських форм діє комплементарно в напрямку стійкості. Так, у потомстві, отриманому від трьох-чотирьох послідовних схрещувань стійких батьківських форм, рівень стійкості значно підвищується. У цьому випадку частіше спостерігаються позитивні трансгресії. Таким чином, рівень стійкості потомства залежить головним чином від рівня стійкості батьківських форм і навіть

прабатьківських форм. Нестійка батьківська форма може різко знизити стійкість потомства. Природно, що попередньою умовою є знання компонентів стійкості, які до цього часу недостатньо вивчені. У цьому допомагає генеалогічний аналіз сортів картоплі.

Генофонд культури картоплі є матеріальним та інтелектуальним надбанням народу України, сконцентрованим резерватом цінних зразків рослин для використання у сільському господарстві для забезпечення продовольчої безпеки держави (у першу чергу як вихідний матеріал для селекції), наукових, екологічних, освітніх та інших програмах, відіграє важливу роль у поліпшенні добробуту нації і міцності держави, зростанні її наукового, інтелектуального та духовного потенціалу.

1.3. Екологічне обґрунтування використання бішофіту на посівах ячменю ярого в умовах Лісостепу України

Горобець М. В.
Полтавський державний аграрний університет

Збільшення виробництва ячменю ярого в даний час неможливо за рахунок збільшення посівних площ, тому особливо гостро стоїть питання розробки оптимальних технологій обробітку культури з необхідною якістю, заснованих на ресурсозберігаючої системі обробітку ґрунту, раціональному розміщенні в агроландшафті, виборі сівозміни, оптимізації живлення рослин протягом усього зростання, виборі найкращої за інтенсивністю агротехнології обробітку культури [40].

Існуючі технології по обробітку ярого ячменю не дозволяють враховувати особливості обробітку культури на схилових землях, хоча в умовах Лісостепу України 69 % орних угідь розташовуються на посушливих районах, при цьому не в повній мірі використовується біокліматичний і ґрунтовий потенціал, нераціонально використовуються добрива, підкислюється ґрунт, забруднюється навколишнє середовище. ВУ даний час, ячмінь ярий культура багатопланового використання, адже зерно використовується для продовольчих, технічних і кормових цілей. У білку ярого ячменю міститься повний набір незамінних амінокислот, включаючи особливо дефіцитні – лізин і триптофан. Ярий ячмінь є відмінною сировиною для пивоварної та спиртової промисловості. З зерна ярого ячменю виробляється солодовий екстракт, який широко застосовується в промисловості. В результаті цього, все більшого значення в комплексі заходів, що сприяють підвищенню врожайності ярих культур в умовах Лісостепу, набуває екологічне обґрунтування

[40] Коваленко В. П. Агробіологічні основи інтенсифікації вирощування багаторічних бобових трав у Лісостепу України : монографія / за ред. проф. С. В. Коковіхіна. Херсон : Айлант, 2019. 188 с.

мінерального живлення рослин. У зв'язку з цим проблеми удосконалення технологій обробітку ячменю ярого різного призначення в умовах Лісостепу України залишаються актуальними і своєчасними [41].

Одним з важливих і перспективних напрямків управління продукційним процесом агроценозів сільськогосподарських культур є застосування рістрегулюючих речовин. Поряд з виявленими в середині XX століття природними фітогормонами (ауксини, гібереллiни, цитокініни, абсцизова кислота, етилен) в останні роки створені десятки штучних хімічних препаратів, що використовуються як стимулятори росту рослин або його інгібітори (ретарданти). На даний час випробувані на різних сільськогосподарських культурах понад 100 різних росторегуляторів. Вже включені в список дозволених до застосування на сільськогосподарських культурах близько 90 препаратів. Сучасні регулятори росту рослин незамінні для підвищення схожості та енергії проростання насіння, вони здатні підвищувати імунність рослин, стійкість до несприятливих умов росту і стресових ситуацій, прискорювати цвітіння, плодоношення, підвищувати врожайність, забезпечувати екологічну чистоту врожаю. Все це робить регулятори росту рослин просто незамінними при вирощуванні сільськогосподарських культур.

Вони є сильними біостимуляторами, тобто підвищують імунітет, збільшують схожість і прискорюють проростання насіння, знижують негативний вплив таких несприятливих зовнішніх факторів як похолодання або посуха, стимулюють утворення зав'язей, прискорюють дозрівання плодів і насіння. Всі вищеперераховані впливи проявляються тільки в тому випадку, якщо не порушуються загальні принципи догляду за рослинами. Одним з перспективних стимуляторів є бішофіт.

Бішофіт – мінерал (магнієва сіль), який широко використовується в народному господарстві, будівництві і в медицині. Значні його запаси були виявлені в 90-х роках XX століття в Полтавській області (глибина залягання 2,5 км). Супутні мінерали: галіт, кізерит, ангідрит. У рослинництві найбільш відпрацьовані такі напрямки застосування бішофіту як: інкрустування насіння зернових, зернобобових, овочевих, олійних; вегетаційна (некоренева) підгодівля пізніх культур; обробка і підгодівля садів. Препарат стимулює потужний розвиток кореневої системи рослин, пригнічуючи ріст насіння бур'янів, є основою підвищення врожайності культури, мікроелементи комплексу сприяють підвищенню якості насіння. Бішофіт має антисептичну дію на гнильні бактерії, підвищує продуктивність і стійкість рослин до хвороб і шкідників. Передпосівна обробка насіння бішофітом збільшує схожість насіння на 2,0–4,6 %; кількість продуктивних стебел в агроценозі на

[41] Васін В. Г. Порівняльна продуктивність сортів ячменю і гороху при застосуванні стимуляторів росту. *Внесок молодих вчених в аграрну науку* : Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Кінель : РІЦ СГСХА, 2015. С. 36–43.

13,8–22,1 %; висоту рослин на 1,4–11,1 %; розростання і розгалуження коренів, кількості вторинних коренів в середньому на одній рослині на 32,2–65,6 %; знижує ураженість рослин хворобами на 23,3–60,2 % (лише трохи поступаючись хімічним засобам захисту рослин) [42].

Вченими детально досліджено використання розчину бішофіту, як стимулятору росту сої, де значення енергії проростання і схожості були 94 % і 99 %. За величиною накопиченої рослинами сої біомаси в усі фази лідирує використання бішофіту.

Науковцями вивчено використання бішофіту на рослини соняшнику, коли обробляють баковою сумішшю розчину розсолу мінералу бішофіт густиною 1,30–1,32 т/м³ і проборону при наступному співвідношенні компонентів, мас. %: бішофіт – 2,0–6,0, Проборон – 0,1, вода – інше. Препарат використовується в період кущіння-вихід в трубку при нормі витрати 400–600 л/га. До недоліків представленого стимулятора росту – природного мінералу бішофіт при некореневій підгодівлі олійних культур – відносяться слабка росторегулююча активність через особливості будови кошиків, листя і стебел соняшнику.

Близьким засобом для вегетаційної обробки рослин соняшнику є композиція, що складається з водного розчину природного мінералу бішофіту, яка додатково містить стимулятор росту імуноцітофіт або імуноцітофіт з силком при наступному співвідношенні компонентів, мас. %: бішофіт – 3,0–5,0, імуноцітофіт – 0,002, вода – інше; або бішофіт – 3,0–5,0, імуноцітофіт – 0,002, силк – 0,015, вода – інше. До недоліків описаного засобу, незважаючи на зазначений технічний результат – підвищення врожайності насіння при покращенні якості насіння і одночасному покращенні фітосанітарної обстановки в посівах, відноситься те, що стимулятори росту рослин не можуть усунути дефіцит важливих елементів живлення, перш за все мікроелементів, з яких в першому мінімумі для соняшнику знаходиться бор і цинк.

Демідов О. А. вивчив вплив обробки насіння ячменю ярого такими стимуляторами, як Епіном-екстра, Цирконом, Крезацином. Для сорту ячменю ярого Парнас надбавка врожаю склала на варіантах з Епін-екстра – 1,1 ц/га. Цирконом – 1,2 ц/га, крезацином – 1,3 ц/га. Найбільший вплив на вміст клейковини в зерні ячменю ярого мав Епін-екстра. Кількість клейковини збільшилася на 2,7 % для сорту ячменю ярого Парнас 12 % і на 14 % для сорту Геліос [43].

Вегетаційна обробка рослин пшениці баковими сумішами Проборон з бішофітом сприяє підвищенню продуктивності пшениці при підвищенні фітосанітарної обстановки в посівах. Збільшення різних параметрів структури врожаю ячменю ярого при застосуванні стимуляторів

[42] Кокина Л. П., Щеклеина Л. М. Биологические свойства семян ячменя в зависимости от сроков уборки. *Вестник БГАУ*. 2019. № 1. С. 56–64.

[43] Романюк В. І. Формування високопродуктивних посівів ячменю ярого залежно від факторів інтенсифікації в умовах Лісостепу Правобережного. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 9 (786). С. 79–84.

встановлено в дослідженнях Глуховцева В. В. Виявлено, що приріст врожаю за варіантами досвіду склав близько 14,6–18,2 % в залежності від сорту, виду препарату і способу його застосування. Найбільші надбавки врожаю отримані для сорту ячменю ярого Геліос при використанні стимулятору Гумату К (з сапропелю) [44].

Таким чином, результати літературного пошуку дозволяють зробити висновок про доцільність використання стимуляторів росту для ячменю ярого та перспективність розчинів бішофіту для даної культури. Проте, на даний час, існує недостатня вивченість екологічного обґрунтування використання бішофіту на посівах ячменю ярого в умовах Лісостепу України для досліджуваного господарства (ФГ «Горобець С. Г.», с. Шилівка, Решетилівський район Полтавської області).

Характеризуючи Лісостеп України слід відмітити, що клімат досліджуваної території має помірно-континентальний характер з ранньою теплою весною і дощовою осінню. Кількість днів з опадами дуже коливається за місяцями. Основна їх кількість випадає в теплий період у вигляді зливових і затяжних дощів [45]. Сніговий покрив нестійкий, встановлюється в грудні, сходить у березні. Кліматичні умови впливають на гідрологічний режим річок району, який є важливим при розрахунку об’ємів скиду шахтних вод у річки. Головними факторами, що формують клімат лісостепу, є вісь високого атмосферного тиску, що проходить тут, вплив лісового і степового кліматів сусідніх зон і майже повна відсутність морських впливів. Лісостеп характеризується: 1) помітним спаданням річних опадів (від 600 мм в лісовій зоні до 400–450 мм); 2) різким підвищенням температури повітря порівняно з зоною лісів.

Середня температура липня в Лісостепу від 20 °С на півночі до 21–22 °С на півдні. Прогрів повітря влітку і охолодження взимку, а також зменшення кількості опадів тісно пов’язані з великою барометричною віссю, уздовж якої стійкі спадні течії повітря обумовлюють відносну сухість клімату. Однак на північ від осі високого тиску клімат ще порівняно вологий, із значними опадами, з переважанням вологих вітрів з південної складової; на південь від осі, в степах, клімат посушливий. Трапляється, що метеорологічні умови півночі – дощові і холод – охоплюють південь і, навпаки, на півночі наступають тривалі посухи, що нагадують осінні посухи південного району. Лісостепова зона має порівняно теплий і місцями навіть сухий клімат. Зростають літні температури і тривалість теплого сезону. За період з температурою більше 10 °С сума середніх добових температур зростає до 1800–2000 °С на сході зони і до 2600–2800 °С на південному заході. Безморозний період,

[44] Рибалко О. І., Моргун Б. В., Поліщук С. С. Ячмінь як продукт функціонального харчування. Київ : Логос, 2016. 619 с.

[45] Романюк В. І. Застосування регуляторів росту рослин в агроценозах ячменю ярого. *Корми і кормовий білок* : тези допов. X міжнар. наук. конф. (м. Вінниця, 4–5 лип. 2018 р.). Вінниця : Діло, 2018. С. 66.

як правило, триває 105–120 днів на сході лісостепу і 165 днів на заході. Абсолютний максимум в лісостепу залежить від широти і зазвичай становить близько 40 °С в тіні. Але спека в цій природній зоні трапляється помітно рідше, ніж сильні холоди, що є зворотним в порівнянні зі степовою зоною.

Тривалість експериментальних польових досліджень становлять 3 роки (2019–2021 рр.) на контрольних полях ФГ «Горобець С. Г.». Посівна експериментальна площа становила 100 га. Облікова площа становила 100 га. Ґрунт дослідної ділянки – сірий лісовий, по гранулометричному складу важкосуглинистий, що має такі показники: pH сол. – 5,7; гідролічна кислотність – 7,09 мг-екв/100 г ґрунту; вміст гумусу в орному шарі – 2,8–3,1 %; лужногідролізованого азоту – 128,7 мг/кг; рухомого фосфору – 302 мг/кг і обмінного калію – 112 мг/кг; сума поглинених основ – 21,9 мг/екв/100 г ґрунту.

Визначення основних елементів проводилось згідно діючих стандартів. ДСТУ ISO 14255:2005 – Якість ґрунту. Визначення нітратного азоту, амонійного азоту і загального розчинного азоту в повітряно-сухих ґрунтах з застосуванням розчину хлориду кальцію для екстрагування. ДСТУ 4114–2002 – Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Мачигіна. ДСТУ ISO 14254:2005 – Якість ґрунту. Визначення обмінної кислотності в хлоридно-барійових екстрактах [46].

Експеримент проводився для таких сортів ячменю ярого, як Геліос, Вакула, Парнас і включав допосівну обробку насіння розчином бішофіту з різною концентрацією та у фазі кущення посівів ячменю ярого, та без обробки (контроль).

Якість зерна ячменю ярого відповідало вимогам ДСТУ – 3769–98. Ячмінь. Технічні умови. Схожість насіння в лабораторних умовах визначали згідно ДСТУ 4138–2002. Енергія проростання і схожість насіння відповідали вимогам ГОСТу 12038–84.

В умовах нашого експерименту, насіння ячменю ярого замочували в термостаті типу ТС – 80М – 2 в темряві при температурі +20 °С протягом 6 годин, а потім насіння висаджували в ґрунт. Природне освітлення і вологість становили 60 % від повної вологоємності (ПВ). Температура проростання підтримувалася в межах від +22 °С до +24 °С.

Степінь проростання та росту ячменю ярого при дії 1 % розчином бішофіту в порівнянні з контролем на досліджуваних полях ФГ «Горобець С. Г.» приведена в таблиці 1.

[46] Кузіна В. Ю. Сорт – найрезультативніший засіб підвищення ефективності виробництва пивоварного ячменю. *Агросвіт*. 2020. № 15. С. 60–66.

1. Порівняння головних показників проростання насіння ячменю ярого при обробці 1 % розчином бішофіту в порівнянні з контролем за 2019–2021 рр. (середні значення)

Концентрація бішофіту або без нього, %	Вакула		Парнас		Геліос	
	Енергія проростання,% (x±Sx)	Лабораторна схожість,% (x±Sx)	Енергія проростання,% (x±Sx)	Лабораторна схожість,% (x±Sx)	Енергія проростання,% (x±Sx)	Лабораторна схожість,% (x±Sx)
0 %, Контроль	62,3 ±0,1	87,6±0,4	66,6 ±0,5	89,2±0,1	65,6 ±0,3	87,5±0,2
1,0 %	79,6 ±0,2	97,2±0,3	80,3 ±0,1	98,2±0,3	82,2 ±0,2	98,3±0,3

Джерело: авторські дослідження.

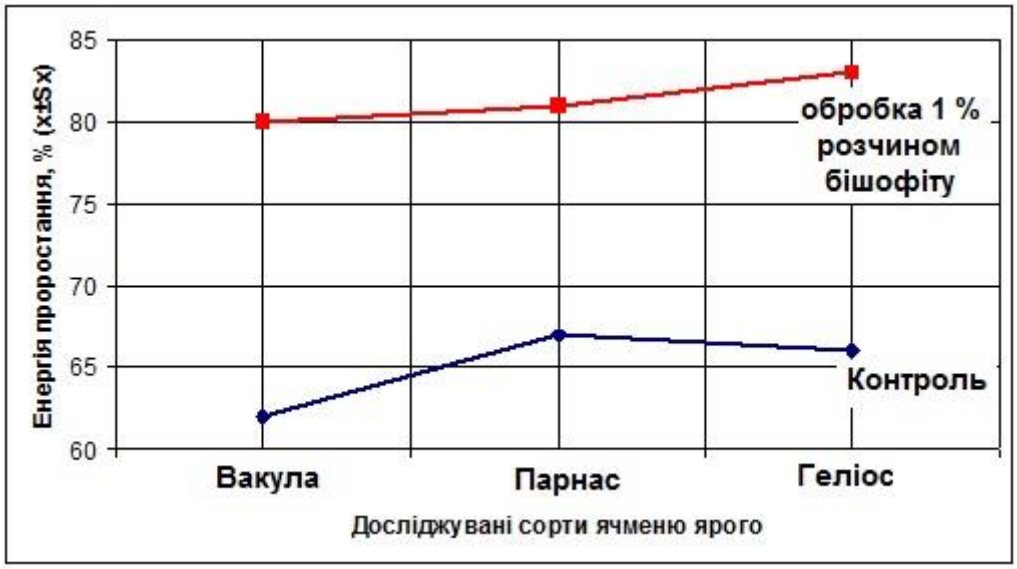


Рис. 1. Порівняння енергії проростання насіння ячменю ярого в порівнянні контролю з обробкою 1 % розчином бішофіту

Джерело: авторські дослідження.

Посів проводився сівалкою СН – 16 звичайним рядовим способом з подальшим прикочуванням кільчасто-шпоровими котками. Для посіву використовувалося насіння, що відповідає вимогам 1-го класу посівного стандарту. Глибина посіву – 5–7 см. Фон мінерального живлення – $N_{30}P_{30}K_{30}$. Перед збиранням врожаю на дослідній ділянці проведено облік густоти продуктивного стеблостою і відбір снопів для оцінки основних елементів структури врожаю. Прибирання ділянок здійснювали в період повного дозрівання зерна за допомогою малогабаритного комбайну Wintersteiger.

Структура і врожайність ячменю ярого в залежності від використовуваних підживлень представлена в табл. 2.

2. Структура і врожайність ячменю ярого в залежності від використовуваних підживлень (середнє за 2019–2021 рр.)

Варіант	Висота рослин, см	Коефіцієнт продуктивного кущіння	Довжина колоса, см	Маса зерна із 1 рослини, г	Маса 1000 зерен, г	Урожайність, т/га
Фон без добрив						
Контроль	73,4	1,26	4,6	1,06	36,1	3,35
Вакула	77,3	1,44	4,9	1,26	37,4	3,70
Парнас	77,7	1,45	5,2	1,25	38,0	3,71
Геліос	74,9	1,36	4,8	1,19	36,9	3,53
Фон $N_{30}P_{30}K_{30}$						
Контроль	84,1	1,36	5,0	1,20	38,0	4,06
Вакула	87,9	1,46	5,5	1,36	39,1	4,40
Парнас	88,8	К53	5,4	1,36	39,8	4,43
Геліос	84,7	1,48	5,2	1,25	40,0	4,30
Фон $N_{60}P_{60}K_{60}$						
Контроль	85,8	1,54	5,7	1,30	38,8	4,53
Вакула	90,3	1,67	6,2	1,40	39,9	4,67
Парнас	90,9	1,74	6,0	1,37	39,9	4,61
Геліос	87,8	1,68	5,8	1,31	39,4	4,55

Джерело: авторські дослідження.

Таким чином, за рахунок передпосівної обробки насіння ячменю ярого бішофітом, маса 1000 зерен на основі без добрив збільшувалася на 2,0–4,8 %, а за внесення $N_{30}P_{30}K_{30}$ та $N_{60}P_{60}K_{60}$ на 4,9–6,8 і 0, 5–5,4 % відповідно. Особливо значення цього показника підвищувалися за використання сорту ячменю ярого – Геліос. Внесення добрив сприяло також збільшенню коефіцієнта продуктивного кущіння і маси 1000 зерен.

З отриманих результатів можна зробити такі висновки, що обробка рослин 1 % розчином бішофіту дозволяє істотно підвищити ріст, урожайність та збереження рослин. Так, якщо в 2019 році цей показник склав в середньому 66 %, а в 2020 році – 68 %, то після обробки бішофітом його величина становить 69,8 і 74,3 %. Хімічний склад зерна ячменю ярого значною мірою визначається сортовими особливостями та агротехнікою його вирощування. Як вже було сказано вище, в його зерні міститься близько 87 % сухої речовини. З органічних сполук у зерні переважають вуглеводи, на частку яких припадає до 85 % сухої речовини [47 , 48]. Основним представником вуглеводів є крохмаль, який є резервним поживним матеріалом і джерелом енергії зародка. Вирішальна роль у проходженні основних життєвих процесів належить білку, який, у свою чергу, складається з амінокислот.

[47] Horobets M., Chaika T., Korotkova I., Pysarenko P., Mishchenko O., Shevnikov M., Lotysh I. Influence of growth stimulants on photosynthetic activity of spring barley (Hordeum vulgare L.) crops. *International Journal of Botany Studies*. 2021. Vol. 6, Issue 2. P. 340–345.

[48] Горобець М. В., Писаренко П. В., Чайка Т. О., Міщенко О. В. Наукові підходи щодо екологізації технології вирощування ячменю ярого в умовах Лівобережного Лісостепу. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2020. № 4. С. 142–149. doi: 10.31210/visnyk2020.04.17

Якість зерна досліджуваних сортів ячменю та його хімічний склад проводили за такими стандартами. Масову частку білкових речовин визначали методом К'єльдаля, вміст крохмалю – методом Еверса, зольність – за ГОСТ 27494–87, вміст цукрів – йодометричним методом, вміст харчових волокон – за ГОСТ Р 54014–2010, жирнокислотний склад ліпідів – за ГОСТ 30418–96, склад окремих амінокислот – методом іонообмінної рідинної хроматографії на автоматизованому аналізаторі амінокислот ТТ 339 (Чехія). Зміна урожайності та хімічного складу зерна ячменю ярого після обробки його 1 % розчином бішофіту представлена в табл. 3.

3. Зміна урожайності та хімічного складу зерна ячменю ярого після обробки його 1 % розчином бішофіту (середні значення за 3 роки)

Досліджувані показники	Стандарт (без обробки розчином бішофіту)			Досліджувані сорти ячменю ярого (після дії розчину бішофіту)		
	Геліос	Парнас	Вакула	Геліос	Парнас	Вакула
Урожайність, ц/га	54,4	41,6	43,8	55,4	52,6	53,8
Прибавка урожайності, т/га	0,3	0,35	0,4	0,54	0,67	0,75
Вміст крохмалю, %	66,7	66,5	62,1	69,6	69,9	70,0
Олія, %	2,11	2,09	2,12	2,77	2,80	2,86
β-глюкани, %	6,57	6,63	6,57	6,69	6,79	6,85
Лізин, мг/100 г	3,4	3,3	3,8	4,7	4,8	4,9
Гістидин, мг/100 г	2,6	2,8	2,5	2,8	3,3	3,2
Аргінін, мг/100 г	3,5	3,7	4,3	4,6	4,8	4,7
Треонін, мг/100 г	1,8	1,9	2,1	2,5	2,8	2,9
Серин, мг/100 г	1,3	2,0	2,2	2,7	2,9	2,8
Глутамінова кислота, мг/100 г	24,1	22,7	23,8	27,6	28,3	28,8
Аланін, мг/100 г	5,2	5,6	5,3	6,8	6,9	7,3
Валін, мг/100 г	3,4	3,0	3,2	3,8	4,4	4,3
Глютамін, мг/100 г	3,5	3,6	3,4	4,6	4,8	4,9
Лейцин, мг/100 г	2,1	1,6	2,1	2,7	2,8	2,9

Джерело: авторські дослідження.

Як видно з таблиці 3, обробка рослин ячменю 1 % розчином бішофіту приводить до суттєвої зміни якості зерна після збору урожаю. У всіх досліджуваних сортів ячменю ярого можна відмітити зростання вмісту крохмалю, олії та найбільш важливих амінокислот. Слід відмітити також підвищення вмісту водорозчинних амінокислот на 0,6–0,8 % у зерні ячменю ярого. Це пояснюється тим, що азот є складовою органічних молекул в складі зерна. Подібну тенденцію виявлено для зерна ячменю всіх досліджуваних сортів. Встановлено, що 100 г отриманого після обробки бішофітом зерна сорту Геліос найбільше задовольняє біологічну потребу дорослої людини амінокислотами – на 35–39 %, а найменше

каротином – на 0,3–0,5 % залежно від варіанту досліду [49, 50].

Таким чином, нами доведено позитивний вплив 1 % розчину бішофіту на ріст, урожайність та якість зерна ячменю ярого – сортів Геліос, Парнас та Вакула. Всі досліджувані сорти мали більші показники урожайності ніж у контролі, але найкращий позитивний ефект від обробки бішофітом показав сорт ячменю ярого Геліос.

Аналіз елементів структури врожаю ячменю ярого показав, що висота рослин у фазі повної стиглості зерна при внесенні добрив в дозі $N_{30}P_{30}K_{30}$ збільшувалася на 9,8–11,1 см (для сорту Геліос та Парнас), а на основі $N_{60}P_{60}K_{60}$ – на 12,4–13,2 см в порівнянні з непідкормленими ділянками (для сорту Геліос). При цьому спостерігалося збільшення довжини колоса на 3,9–12,3 і 16,1–26,7 % (Геліос та Парнас) і маси зерна з рослини на 4,7–13,2 і 9,6–23,3 % відповідно.

1.4. Системи захисту фітоценозів пшениці озимої від септоріозу в Поліссі та Лісостепу України

Ключевич М. М.[1], Столяр С. Г.[1], Білоцерківська Л. В.[2]
[1]Поліський національний університет
[2]Новочорторийський технолого-економічний фаховий коледж

Вирішення завдання стабільного забезпечення країни якісним зерном у достатній кількості є однією з найважливіших умов гарантії продовольчої безпеки України. В Україні пшениця озима займає домінуюче становище в структурі посівів зернового килима. Щороку в країні її висівають на площі 6–8 млн га, яка у ваговому балансі зерна посідає перше місце [51]. Вирощування високоякісного, екологічно безпечного врожаю зерна пшениці озимої є однією із обов'язкових умов стійкого розвитку сільськогосподарського виробництва.

Добробут народу України споконвіку залежав від урожайності зерна, як одного із основних джерел життя та прибутку, завдяки якому країна має шлях на світовий ринок і підтримує конкурентноздатність сільського господарства. Адже виробництво та створення необхідних фондів зерна в нашій країні було і є одним з основних народногосподарських завдань [52].

Сучасні сорти і гібриди пшениці озимої в Україні мають потенційні можливості формувати урожайність зерна 7–12 т/га. Проте середній її

[49] Горобець М. В., Писаренко П. В., Чайка Т. О., Міщенко О. В., Крикунова В. Ю. Вплив регуляторів росту рослин на онтогенез сортів ячменю ярого. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 1. С. 106–115. doi: 10.31210/visnyk2021.01.12

[50] Короткова І. В., Горобець М. В., Чайка Т. О. Вплив стимуляторів росту на продуктивність сортів ячменю ярого. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 2. С. 20–30. doi: 10.31210/visnyk2021.02.02

[51] Protection of winter spelt against fungal diseases under organic production of phyto-products in the Ukrainian polissia / M. M. Kliuchevych, Yu. A. Nykytiuk, S. H. Stoliar, S. V. Retman, S. M. Vygera. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2020. Vol. 10 (1). P. 267–272.

[52] Wheat fact and futures / Dixon J., Braun H., Kosina P., Grouch J. Mexico : GIMMYT, 2009. 95 p.

показник в Поліссі та Лісостепу в 2,5–3,0 рази менший від біологічного потенціалу [51]. Причиною є недотримання аграріями основних елементів технології вирощування пшениці, внаслідок чого простежується тенденція до посиленого поширення та стрімкого розвитку в агроценозах шкідливих організмів, зокрема септоріозу, збудники якого уражують рослини упродовж усього періоду вегетації культури, що призводить до істотних кількісних втрат урожаю та погіршення його якості [53].

Існуючі системи захисту пшениці озимої від септоріозу передбачають застосування препаратів хімічного походження для передпосівної обробки насіння та обприскування посівів. Проте, хімічні сполуки, надходячи в навколишнє середовище, потрапляють у фітопродукцію і харчові ланцюги, викликають отруєння у людей і тварин, призводять до загибелі корисних для людини і рослин мікроорганізмів та загрожують здоров'ю і життю не тільки нинішнього, а й майбутніх поколінь [54].

Тому для поліпшення фітосанітарного стану фітоценозів пшениці важливе значення має вивчення та удосконалення технології її вирощування і, особливо, її складової – системи захисту рослин від хвороб, у тому числі й септоріозу, шляхом комплексного застосування біологічних препаратів у поєднанні із зменшеними дозами хімічних та регуляторами росту рослин і прилипачами.

Тому, створення оптимального фітосанітарного стану посіву пшениці озимої та підвищення її продуктивності передбачає врахування дії екологічних факторів середовища. Використання засобів захисту культури від септоріозу повинно мати природоохоронну спрямованість, що значно зменшить пестицидне навантаження на фітоценоз, оздоровить навколишнє середовище і сприятиме зростанню продуктивності рослин.

Польові дослідження із вивчення поширення септоріозу пшениці озимої та визначення ефективності різних систем захисту проти його розвитку здійснювали впродовж 2018–2021 рр. в умовах навчально-дослідного поля Поліського національного університету (Черняхівського району Житомирської обл.) та АТ «Андрушівське» (Андрушівського району Житомирської обл.).

У фітопатологічній лабораторії кафедри захисту рослин проводили дослідження із виділення у чисту культуру та ідентифікацію збудників септоріозу – *Septoria tritici* Rob.et Desm. та *St. nodorum* Berk.

Ґрунти дослідних ділянках навчально-дослідного поля Поліського університету – сірі лісові легкосуглинкові, які характеризуються низьким вмістом гумусу, що варіює в межах від 1,68 до 1,96 %. Забезпеченість ґрунту іншими показниками становить: вміст легкогідролізованого азоту – в межах від 79 до 117 мг/кг, рухомого фосфору – 145–185 мг/кг та

[53] Farri U. Sand World Agricultural Outlook. *Food and Agricultural Policy Pesearch Institute*, USE, 2007. P. 55–59.

[54] Джерела стійкості пшениці озимої до основних збудників грибних хвороб / О. Г. Афанасьєва, І. А. Бойко, З. М. Довгаль, Л. М. Голосна. *Міжвідомчий тематичний збірник захист і карантин рослин*. 2012. Вип. 58. С. 9–16.

обмінного калію – 79–114 мг/кг відповідно. Гідролітична кислотність становила від 2,3 до 4,0 мг-екв./100 г ґрунту.

В умовах АТ «Андрушівське» ґрунти чорноземи типові неглибокі із вмістом гумусу 2,3–3,1 %, гідролізованого азоту – 149,4–175,8 мг/кг, рухомого фосфору – 230–250 мг/кг, обмінного калію – 110–120 мг/кг і гідролітичною кислотністю 3,9–4,8 мг-екв./100 г ґрунту.

Одним з основних елементів клімату, що визначає умови формування та характер погоди є температура повітря, яка істотно впливає на розвиток збудників септоріозу.

Здійснивши аналіз погодних умов у роки проведення дослідження можна стверджувати, що температурний режим, сума опадів та відносна вологість повітря, упродовж вегетації пшениці озимої, варіювали у своїх показниках, неодноразово перевищували багаторічну норму та були нижче її, однак це сприяло отримання достовірних результатів дослідження з вивчення розвитку септоріозу та ефективного комплексного захисту проти нього.

За допомогою візуального методу та, використовуючи загальноприйняту методику, здійснювали облік септоріозу пшениці озимої.

Облік ураженості рослин збудниками грибної хвороби визначали за 100-бальною шкалою інтенсивності ураження листків пшениці *Septoria nodorum* і *S. tritici* та колосу – *S. nodorum* [55]. Для цього візуально, по діагоналі ділянок визначали інтенсивність ураження першого, другого і третього листка, починаючи від колоса на 100 рослинах в чотирикратній повторності.

Вплив систем захисту пшениці озимої сорту Оберіг Миронівський від септоріозу вивчали за схемою:

а) контроль, у якому посівний матеріал і посіви на 25, 29 і 49-му етапах органогенезу (за шкалою ВВСН) обробляли водою;

б) традиційна система, якою передбачалося протруювання насіння Грінфорт КТ 170, ТН, 3,0 л/т, а також обприскування посіву на 25-му етапі гербіцидом Гранстар, в. г., 0,025 кг/га, на 29-му і 49-му – фунгіцидом Фолікур 250 EW, ЕВ,1,0 л/га;

в) природоохоронна система, яка включала застосування протруювання насіння сумішшю: Грінфорт КТ 170, ТН, 2,2 л/т + Фітохелп, р. 1,5 л/т, 0,5 л + Агростимулін, в.с.р., 0,01 л + прилипач (природній мінерал Сапоніт, 4,0 кг/т); обприскування посіву на 29-му етапі баковою сумішшю: Фолікур 250 EW, ЕВ, 0,8 л + Агростимулін, в. с. р., 0,005 кг + Гранстар, 75 % в. г., 0,020 кг/га і на 49-му – Альто Супер 330 ЕС, к. е., 0,32 л + Фітохелп, р. 0,6 л/га + Сапоніт, 6,0 кг/га.

Обробку насіння біопрепаратами здійснювали за 1–2 год. до посіву. Застосовували метод зволоження з використання робочої рідини із

[55] Облік шкідників і хвороб сільськогосподарських культур / В. П. Омелюта та ін.; за ред. В. П. Омелюти. Київ : Урожай, 1986. 288 с.

розрахунку 10 л/т насіння. Обприскування рослин проводили на 25, 29 і 49-ому етапах органогенезу рослин (за міжнародною ВВСН) [56]. Розрахунок витрати робочого розчину становив 300 л/га. Маточний розчин готували перед проведенням заходів захисту.

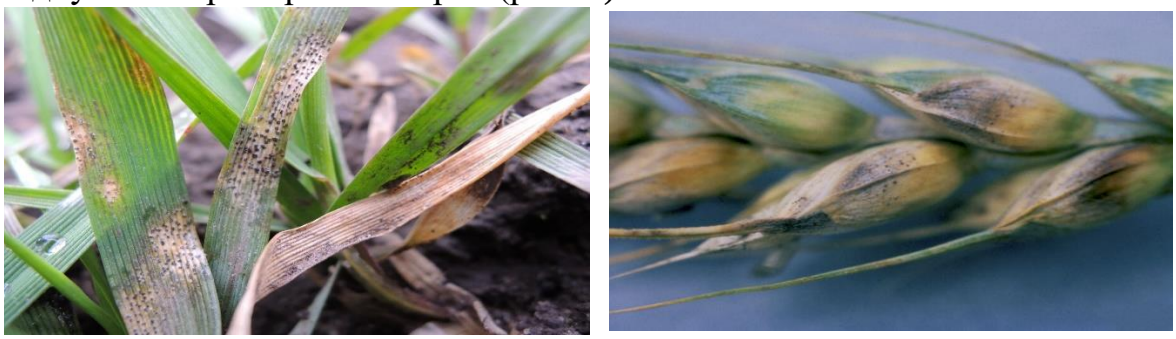
Технічну ефективність застосування систем захисту розраховували за формулою [57]:

$$E_Д = \frac{100(P_К - P_Д)}{P_К}, \quad (1)$$

де $P_к$ – показник розвитку хвороби в контролі;

$P_д$ – показник розвитку хвороби в дослідному варіанті.

В останні роки за сучасних технологій вирощування пшениці озимої в умовах Полісся і Лісостепу спостерігається зростання розвитку та поширення на її посівах мікозів, зокрема – септоріозу, що призводить до відчутних втрат врожаю зерна (рис. 1).



a b

Рис. 1. Симптоми ураження листя (*a*) та колоса (*b*) пшениці озимої збудниками септоріозу

Джерело: авторське фото.

У сільськогосподарських підприємствах різних форм власності, кількість яких зростає, ще мало дбають про впровадження науково обґрунтованих сівозмін, своєчасне сортооновлення і сортозаміну насіння, передпосівну обробку, що призводить до істотного погіршення фітосанітарного стану посівів пшениці озимої та інших культур, від так потребує впровадження радикальних заходів.

Необхідність захисту посівів пшениці від септоріозу способом застосування препаратів біологічного та хімічного походження породжує нову гостру проблему – удосконалення існуючої інтегрованої системи, з урахуванням агроекологічної ситуації.

Актуальним у вирішенні цього завдання є біоценотичний підхід до розробки системи захисту культури від септоріозу, який сприяє підвищенню урожайності зерна і, в той же час, є більш екологічно безпечним для навколишнього середовища і здоров'я людей.

[56] Phenological growth stages and BBCH-identification keys of cereals. Growth stages of Mono – and Dicotyledonous Plants: monograph / ed. U. Meier; BBCH. Berlin; Wien : Blackwell Wissenschafts-Verlag. 1997. P. 12–16.

[57] Методика випробування і застосування пестицидів / С. О. Трибель, Д. Д. Сігарьова, М. П. Секун та ін.; за ред. проф. С. О. Трибеля. Київ : Світ, 2001. С. 267–270.

З метою ефективного захисту пшениці озимої від септоріозу, підвищення врожаю зерна, зменшення пестицидного навантаження на навколишнє середовище і фітопродукцію та оздоровлення умов праці шляхом удосконалення традиційної розроблена природоохоронна система захисту, яка передбачала зменшення норми витрат хімічних препаратів у поєднанні із біологічними, регулятором росту рослин і прилипачем.

Враховуючи те, що у збудників септоріозу з часом може розвиватися резистентність до тих чи інших пестицидів, про що свідчать дані багатьох дослідників, тому ми, для запобігання цього явища, в природоохоронній системі провели обприскування посіву різними фунгіцидами: відповідно на 29 і 49 етапах органогенезу – Фолікур 250 EW і Альто Супер 330 ЕС. При цьому фунгіциди в складі сумішей вносили у зменшених дозах на 25 %.

Під час фенологічних спостережень за роки досліджень встановлено високу технічну ефективність природоохоронної системи захисту листя і колосу пшениці озимої від септоріозу як на навчально-дослідному полі Поліського університету, так і в АТ «Андрушівське» (рис. 2, рис. 3).

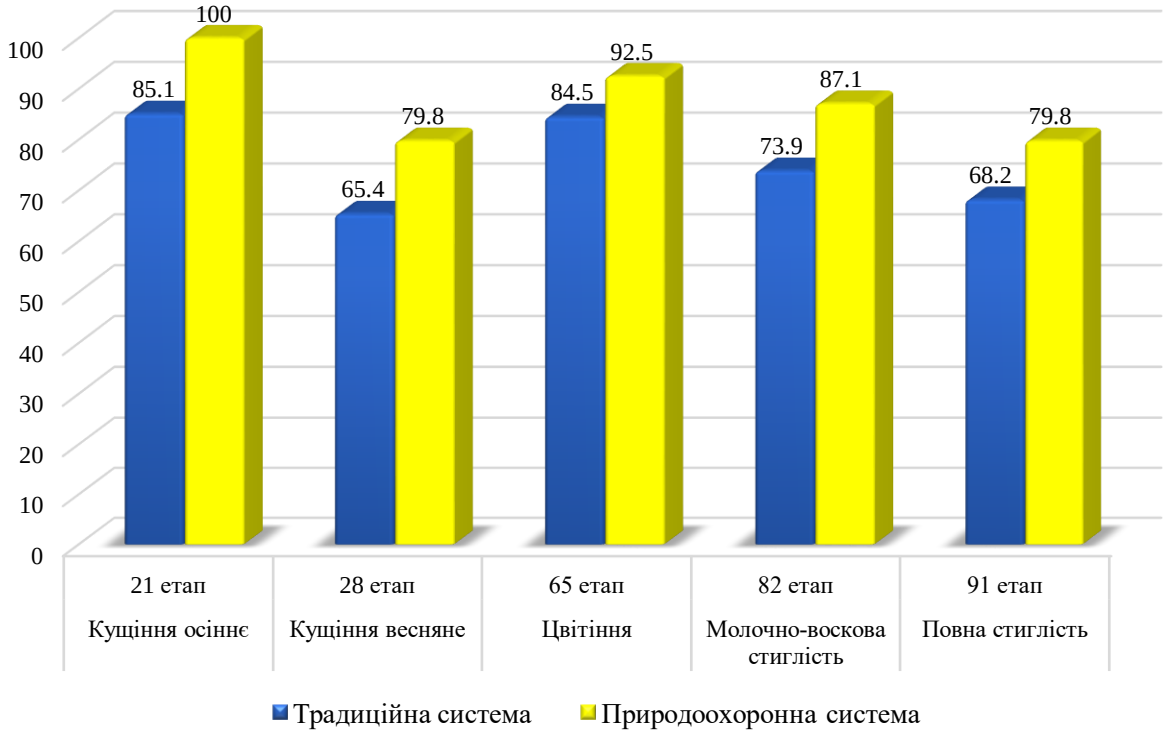


Рис. 2. Технічна ефективність систем захисту пшениці озимої сорту Оберіг Миронівський від септоріозу в умовах навально-дослідного поля Поліського національного університету, 2018–2021 рр.

Джерело: авторські дані.

Упродовж осіннього і весняного кущіння рослин чітко простежувалась позитивна післядія передпосівної обробки насіння на підвищення стійкості рослин до септоріозу в обох системах захисту.

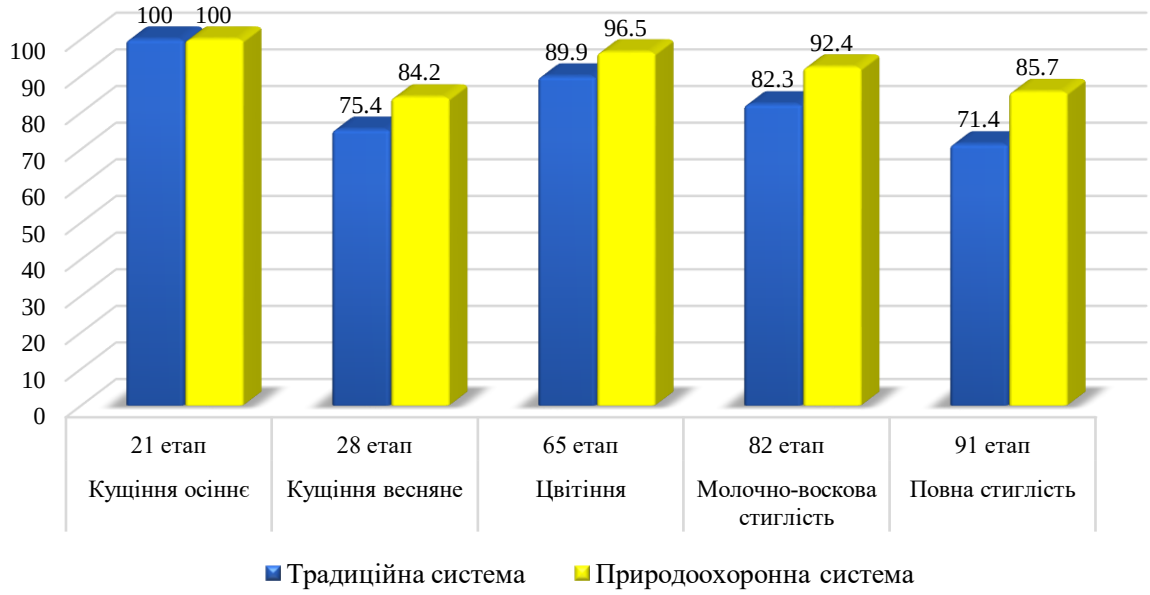


Рис. 3. Технічна ефективність систем захисту пшениці озимої сорту Оберіг Миронівський від септоріозу в умовах АТ «Андрушівське», 2018–2021 рр.

Джерело: авторські дані.

За рахунок захисно стимулюючого впливу біологічного препарату Фітохелп, збалансованого комплексу природних ростових речовин Агростимуліну (фітогормонів, вуглеводів, амінокислот і мікроелементів), мікроелементів Сапоніту та фунгіцидної активності протруйника Грінфорт КТ 170, ТН в осінній період вегетації пшениці озимої природоохоронна система забезпечувала 100 %-й захист посіву від септоріозу. Проте у фазу весняного кущіння рослин, на 28-му етапі органогенезу (за шкалою ВВСН) її вплив на розвиток захворювання послаблювався в місцях проведення дослідження.

Слід відмітити, що обробка посівного матеріалу за природоохоронної системи була значно ефективнішою, ніж та, що передбачалася традиційною і забезпечувалася викликано синергічною дією Грінфорт КТ 170, ТН в зменшеній дозі (2,2 л/т) у поєднанні з Фітохелп, Агростимулін і Сапоніт, яка підсилювала активізацію обмінних та інших фізіологічних процесів і прискорення наростання зеленої маси та кореневої системи у рослин. А це, в кінцевому результаті, підвищувало імунність пшениці озимої до септоріозу, збудники якого активно розвиваються на ослаблених рослинах.

Оскільки ефективність протруювання насіння від септоріозу знижувалася під кінець весняного кущіння рослин, то для подальшого захисту агроценозу була розроблена система, яка передбачала проведення двох комплексних обприскувань, в яких системні фунгіциди застосовували у зменшених дозах.

Перше обприскування пшениці озимої у фазу кущіння передбачало

знищення бур'янів й інфекції септоріозу та підвищення протидії культури захворюванню; посилення формування продуктивних частин колосу під впливом фунгіциду Фолікур 250 EW і стимулятора росту Агростимулін.

Для надійного захисту «прапорцевого листка» та інших фотосинтезуючих частин рослин від септоріозу листя і колосу, підвищення продуктивності агроценозу застосовано другу обробку з урахуванням фунгіцидної активності Альто Супер 330 ЕС і Фітохелп та кращої фіксації їх поверхнею рослин і складових мікроелементів Сапоніту.

Проведення таких заходів, передбачених природоохоронною системою захисту пшениці озимої від септоріозу, забезпечило в екологічних умовах навчально-дослідного поля Поліського університету і АТ «Андрушівське» у фазу молочно-воскової стиглості рослин технічну ефективність проти септоріозу листя на рівні 87,1 і 92,4 %, а колосу у фазу повної стиглості – на рівні 79,8 і 85,7 %. При цьому у варіантах з традиційною системою ці показники були значно нижчими.

Традиційна і природоохоронна системи захисту пшениці озимої від септоріозу по-різному впливали на формування рослинами площі листкової поверхні (рис. 4).

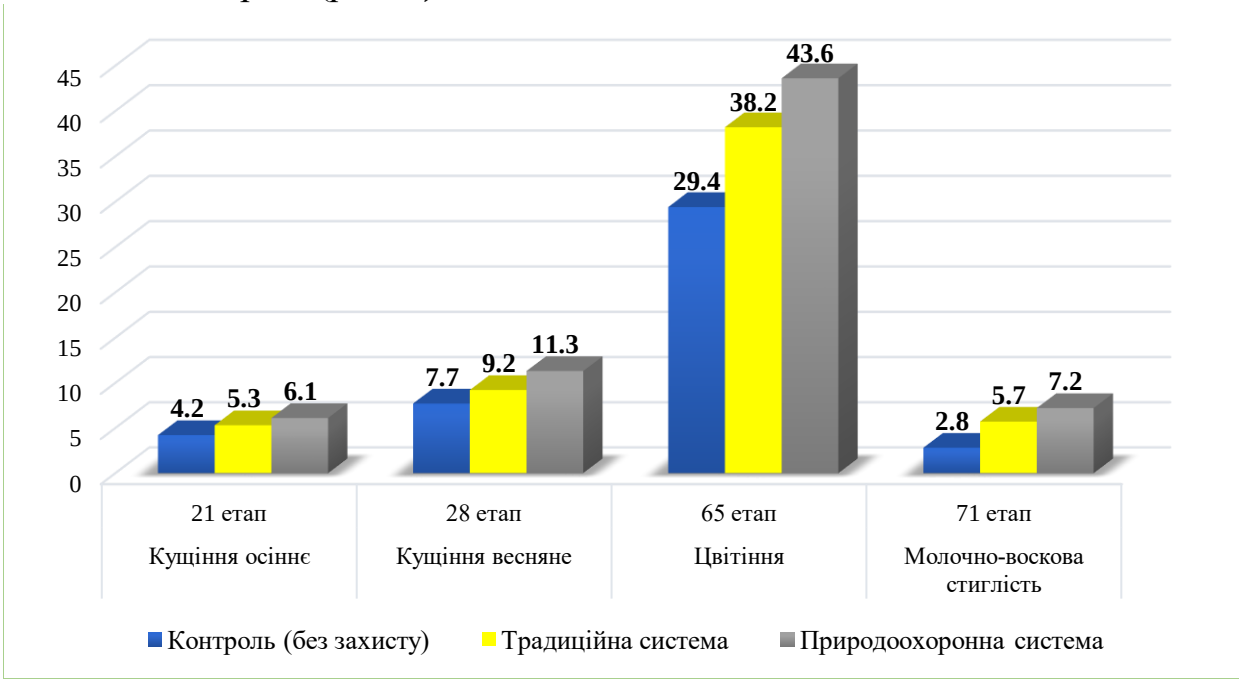


Рис. 4. Динаміка наростання листкової поверхні пшениці озимої сорту Оберіг Миронівський залежно від систем її захисту в умовах навчально дослідного поля Поліського університету, 2018–2021 рр.

Джерело: авторські дані.

Розміри площі листкової поверхні мають важливе значення для оптимального проходження фотосинтезу в рослинах. Для пшениці озимої у період активної вегетації цей показник має становити 40–60 тис. м^2/га [58].

[58] Andruszczak S. Reaction of winter spelt cultivars to reduced tillage system and chemical plant protection. *ZemdirbysteAgriculture*. 2017. Vol. 104 (1). P. 15–22. doi: 10.13080/z-a.2017.104.003

Представлені результати досліджень на рис. 4 показують, що природоохоронна система захисту агроценозу зменшує площу ураження листків під впливом збудників септоріозу, і збільшує продукуючу із розрахунку на одиницю площі посіву впродовж усіх етапів органогенезу пшениці озимої.

Неуражена септоріозом листкова поверхня за природоохоронної системи сягала оптимуму і становила в період цвітіння 43,6 тис. м^2/га. Для ґрунтово-кліматичних умов зони Полісся, де проводили дослідження, це досить високий показник.

Проте за традиційної системи в цю фазу вона становила 38,2 тис. м^2/га, а площа інфікованої поверхні збільшувалася вдвічі. Це при тому, що проводили два обприскування системними фунгіцидами в повних дозах.

Отримані дані, підтверджують позитивний вплив складових Фітохелпу, Агростимуліну і Сапоніту в сумішах у передпосівній обробці насіння та обприскуванні посівів на формування фотосинтезуючого листкового апарату рослин і вищу реалізацію біологічного потенціалу продуктивності посіву, про що свідчать результати обліку врожаю отриманого зерна пшениці озимої (рис. 5, рис. 6).

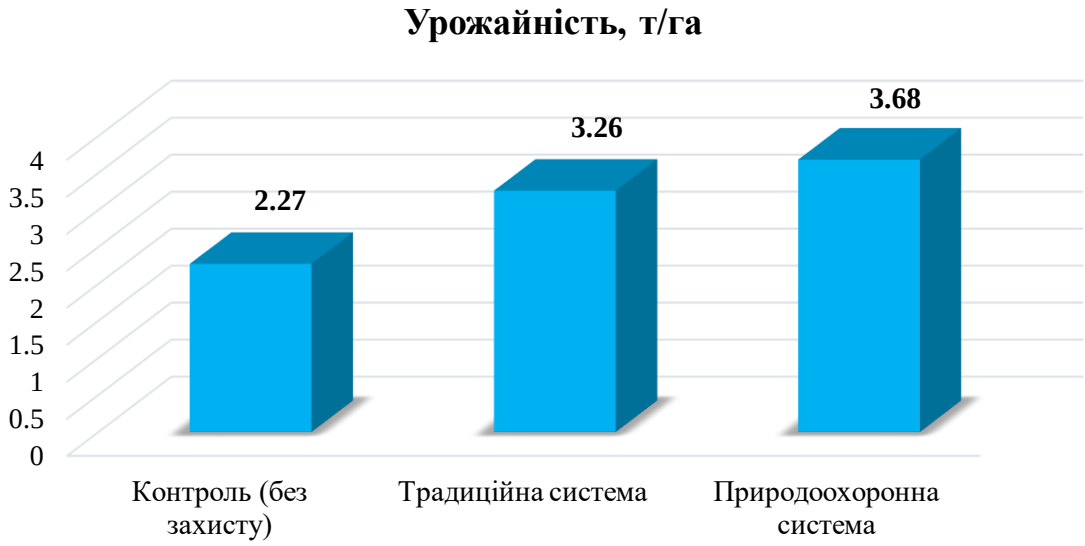


Рис. 5. Урожайність зерна пшениці озимої сорту Оберіг Миронівський залежно від систем захисту в умовах навчально-дослідного поля Поліського університету, 2018–2021 рр.

Джерело: авторські дані.

Більшу прибавку врожаю зерна отримано в умовах АТ «Андрушівське» як за застосування природоохоронної, так і за традиційної систем захисту пшениці озимої від септоріозу. Проте технічна ефективність застосованих систем у Лісостепу була дещо нижчою за одержані результати в Поліссі. Це пояснюється тим, що в зоні Полісся зафіксовано вищий відсоток ураження та поширення хвороби у посівах пшениці озимої.

Після захисту посівів від септоріозу та бур'янів, за природоохоронної системи у рослин, за рахунок прискорення наростання

зеленої маси і кореневої системи, більш активніше та повноцінніше використовуються поживні речовини із ґрунту та добрив. Усе це сприяє посиленню захисних властивостей агроценозу до хвороби та більш чітко вираженого зростання його продуктивності за застосування розробленої системи захисту.

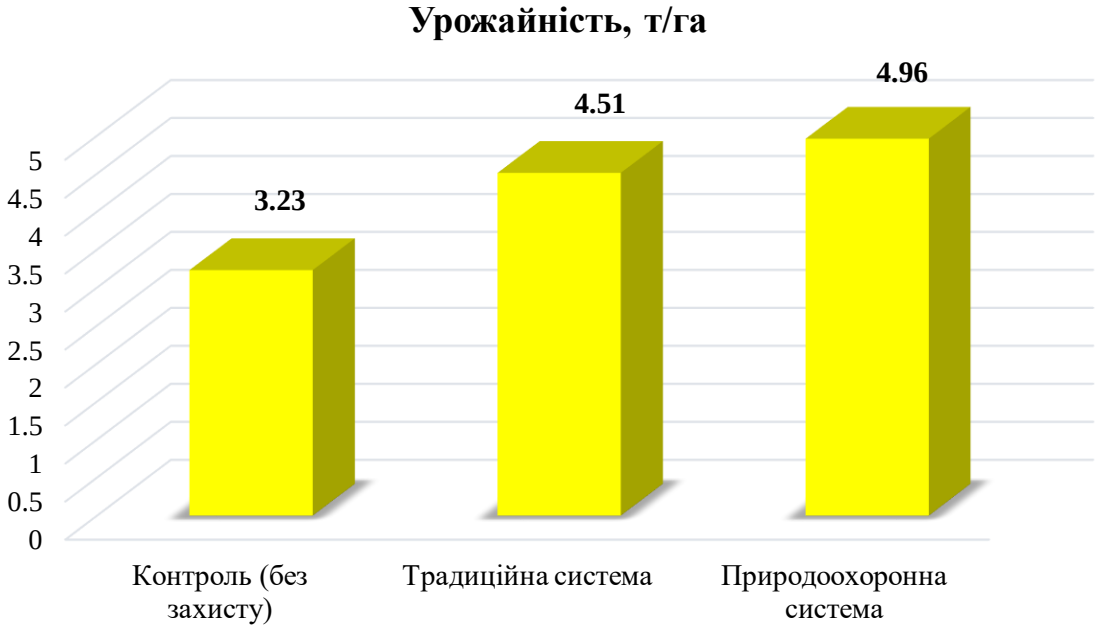


Рис. 6. Урожайність зерна пшениці озимої сорту Оберіг Миронівський залежно від систем захисту в умовах АТ «Андрушівське», 2018–2021 рр.

Джерело: авторські дані.

Висновки базуються на даних визначення структури фітоценозу пшениці озимої (табл. 1), які засвідчують, що розроблена нами природоохоронна система захисту значно впливала на величину фітомаси і на її компоненти. При цьому загальна її частка збільшувалася порівняно із традиційною системою на 98,6 г/м^2, що досягалося за рахунок кращого наростання надземної маси рослин – до 526,3 г/м^2 і формування нею вищого врожаю зерна, який в структурі становив 39,1 %.

1. Структура агрофітоценозу пшениці озимої сорту Оберіг Миронівський залежно від систем захисту в умовах навчально-дослідного поля, 2018–2021 рр.

Система захисту	Фітомаса агроценозу, г/м^2				Частка в загальній фітомасі, %		
	загальна	бур'янів	соломи	зерна	бур'янів	соломи	зерна
Контроль (без захисту)	675,5	80,4	363,4	231,7	11,9	53,8	34,3
Традиційна	818,5	33,6	465,7	319,2	4,1	56,9	39,0
Природоохо-ронна	917,1	32,3	526,3	358,5	3,5	57,4	39,1

Джерело: авторські дані.

Посилення росту вегетативної маси пшениці озимої в обох системах захисту відбувалося за рахунок заповнення рослинами культури звільнених від бур'янів фітоніш. Співвідношення продукованої основної і побічної продукції при цьому після застосування природоохоронної системи захисту рослин від септоріозу становило 1,0:1,47.

Покращення росту, розвитку та шляхи підвищення продуктивності агроценозу під впливом застосованих систем захисту відображають результати проведеного структурного аналізу врожаю (табл. 2).

2. Структура врожаю пшениці озимої сорту Оберіг Миронівський залежно від систем захисту в умовах навчально-дослідного поля 2018–2021 рр.

Система захисту	Кіль-кість продук-тивних стебел, шт./м^2	Висота рослин см	Довжина колоса, см	Кіль-кість колос-ків у колосі, шт.	Кіль-кість зерен у колосі, шт.	Маса зерна з колоса, г	Маса 1000 зерен, г
Контроль (без захисту)	346,1	95,3	7,7	12,9	19,1	0,68	36,7
Традиційна	387,4	99,5	8,8	14,5	21,8	0,82	40,0
Природоохоронна	426,9	103,0	9,1	15,3	23,6	0,93	42,8

Джерело: авторські дані.

Під впливом природоохоронної системи значно посилювалася кущистість рослин, яка сприяла формуванню на 80,8 шт./м^2 більше продуктивних стебел порівняно із контролем, та на 39,5 шт./м^2 – із традиційною системою.

Застосування цих заходів сприяло наростанню висоти рослин і закладанню ними більшої кількості репродуктивних органів, що позитивно позначилося на кількісному закладанні зерен в колосі. Так, за традиційної системи захисту кількість колосків і зерен в колосі зростала на 1,6 та 2,7 шт., а за природоохоронної системи – на 2,4 та 4,5 шт. порівняно із контролем.

Елементи бакових сумішей розробленої природоохоронної системи захисту прискорювали процеси формування та наливу зерна, забезпечували підвищення його маси в колосі на 0,25 г, а 1000 зерен – на 6,1 г, порівняно з контролем, і на 0,11 і 2,8 г більше, ніж за існуючої традиційної системи.

Придатність для цільового використання вирощеної основної фітопродукції пшениці озимої визначає її якість. Проведені лабораторні дослідження засвідчили, що природоохоронна система захисту сприяла значному поліпшенню показників якості зерна культури (табл. 3).

3. Вплив систем захисту на якість зерна пшениці озимої сорту Оберіг Миронівський залежно від систем захисту в умовах навчально-дослідного поля, 2018–2021 рр.

Система захисту	Натура зерна, г/л	Скловидність,%	Вміст в зерні, %	
			клейковини	білка
Контроль (без захисту)	734,5	56,7	23,0	10,3
Традиційна	743,3	71,4	26,7	12,1
Природоохоронна	752,1	77,5	27,3	12,8

Джерело: авторські дані.

Зокрема, натура зерна підвищувалася на 17,6 г/л, скловидність – на 20,8 %, а також вміст в ньому клейковини та білка – відповідно на 4,3 і 2,5 % порівняно із контрольним варіантом. За традиційного захисту агроценозу від септоріозу зазначені показники були нижчими.

Істотну різницю в ураженості насіння збудниками мікозів, вирощеного в досліді, встановлено проведеною фітоекспертизою (табл. 4), що є невід'ємною частиною його контролю.

4. Вплив систем захисту на ураження насіння пшениці озимої сорту Оберіг Миронівський збудниками мікозів залежно від систем захисту в умовах навчально-дослідного поля, 2018–2021 рр.

Система захисту	Ураження насіння, %				
	до проростання	після проростання			
		всього	у т. ч.		
	Alternaria alternata		*Fusarium sp.*	*Bipolaris sorokiniana*	інша мікобіота
Контроль (без захисту)	40,2	52,5	19,1	11,0	22,4
Традиційна	18,5	26,9	11,9	6,5	8,5
Природоохоронна	12,8	18,6	7,4	3,9	7,3

Джерело: авторські дані.

Аналіз отриманих результатів переконує, що елементи застосованих систем захисту пшениці озимої сприяли оздоровленню насіння. При цьому природоохоронна система забезпечила зниження ураження зерна збудником *Alternaria alternata* на 27,4 %, у тому числі після проростання – *Fusarium sp* – на 11,7 %, *Bipolaris sorokiniana* – на 7,1 % та іншими збудниками – на 15,1 %. Серед інших було виявлено інфекцію сапрофітних грибів: пеніціліуму, триходерми.

Насіння, зібране із ділянок після застосування традиційної системи захисту рослин від септоріозу і бур'янів було більше інфіковане вищеперерахованими збудниками, що вплинуло на його посівні якості (табл. 5). Однак, за природоохоронної системи захисту лабораторна схожість зерна підвищувалася до 98,1 %, як на контрольному варіанті цей показник становив 86,6 %. Комплексні обробки сприяли також посиленню росту висоти та сили проростків на 4,4 см та 8,2 % і розвитку кореневої системи. При цьому довжина її збільшувалася на 4,9 см, а маса – на 1,3 г.

5. Вплив систем захисту на посівні якості насіння пшениці озимої сорту Оберіг Миронівський залежно від систем захисту в умовах навчально-дослідного поля, 2018–2021 рр.

Система захисту	Лабораторна схожість, %	Висота сильних проростків, см	Сила росту		Довжина кореневої системи сильних проростків, см	Маса кореневої системи сильних проростків, г
			сильних проростків, %	маса 100 проростків, г		
Контроль (без захисту)	86,6	10,2	85,6	5,3	10,9	1,6
Традиційна	92,8	12,8	89,2	6,0	13,6	2,1
Природоохоронна	98,1	14,6	93,8	6,9	15,8	2,9

Джерело: авторські дані.

Проте, ріст проростків та кореневої системи після застосування препаратів хімічного походження за традиційного захисту поступався розробленій нами природоохоронній системі захисту. Таким чином, природоохоронна система захисту пшениці озимої від септоріозу позитивно впливала не тільки на урожайність основної і побічної продукції, а ще й на якість отриманого зерна.

З метою визначення в ґрунті та зерні залишкових кількостей пестицидів, які застосовували в традиційній і природоохоронній системах захисту агроценозу від септоріозу та бур'янів, провели лабораторні дослідження, і не виявили в них залишків протруйників, фунгіцидів і гербіциду.

Для визначення токсичності ґрунту ми тричі кожні 15 діб після внесених препаратів у системах захисту відбирали зразки ґрунту (табл. 6). Отримані результати досліджень свідчать, що вищі показники токсичності встановлено при першому відборі ґрунту – у фазу молочної стиглості пшениці озимої, але на ділянках із застосуванням природоохоронної системи токсичність була меншою на 6,4 %.

При відборі зразків ґрунту у фазу повної стиглості культури та після збирання врожаю (з інтервалом у 15 діб) показники токсичності знижувалися після обох систем захисту, але за природоохоронної вони були меншими відповідно на 4,6 та 4,3 % порівняно із використанням засобів захисту за традиційної системи. Це вказує на те, що при застосуванні природоохоронної системи захисту пшениці озимої, яка передбачає внесення бакових сумішей зменшених доз пестицидів із біопрепаратом, регулятором росту рослин і прилипачем під час передпосівної обробки насіння та обприскуванні посівів не простежувалося накопичення залишків пестицидів у ґрунті та зерні, й не відбувалося посилення їх токсичної дії. Відповідно висновок базується на даних визначення токсичності ґрунту, а отже природоохоронна система є перспективною для застосування в умовах виробництва.

6. Зміна токсичності ґрунту залежно від систем захисту пшениці озимої сорту Оберіг Миронівський залежно від систем захисту в умовах навчально-дослідного поля, 2018–2021 рр.

Система захисту	Токсичність ґрунту, %		
	молочна стиглість озимої пшениці	повна стиглість озимої пшениці (через 15 діб після молочної стиглості)	через 15 діб після збирання врожаю
Традиційна	16,4	12,8	9,9
Природоохоронна	10,0	8,2	5,6

Джерело: авторські дані.

Підсумуємо, що впровадження розробленої нами природоохоронної системи захисту посівів пшениці озимої від септоріозу є доцільним в Поліссі та Лісостепу, яка забезпечує порівняно із традиційним захистом вищий екологічно чистий урожай зерна із кращими показниками якості та безпечним впливом на навколишнє середовище.

1.5. Екологоорієнтоване обробляння льоносоломи і температура в розстелених стрічках соломи за її росяного мочіння

Лімонт А. С.[1], Лімонт З. А.[2]
[1]Житомирський агротехнічний коледж
[2]Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара

Із способів обробляння лляної соломи для поліпшення відокремлення волокна від інших складових стебла відомі холодноводне мочіння, аеробне і анаеробне та комбіноване аеробно-анаеробне і ферментативне мочіння. Існують тепловодне мочіння лляної соломи та хімічний і фізико-хімічний способи готування лляної трести [59]. Перераховані способи обробляння лляної соломи відносять до екологічно шкідливих, енергозатратних та таких, що досить вартісні.

Так, холодноводне мочіння, що його здійснюють в річках та озерах, дуже трудомістке і екологічно шкідливе. Хімічне та фізико-хімічні способи із-за складності устаткування і його дороговизни не отримали широкого поширення і в Україні їх не застосовували [60]. Найбільш застосовуваними в період інтенсивного льонарства в Україні були готування трести тепловим та росяним мочінням. Теплове мочіння вимагає значної потреби в тепловій і електричній енергії, воді та в очищенні стоків і у разі його реалізації можливий шкідливий вплив на довкілля. Технологію одержання трести розстиланням льоносоломи для

[59] ДСТУ 4511: 2006. Льон-довгунець. Терміни та визначення понять [Чинний від 2006–09–01]. Офіц. вид. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 46 с.

[60] Виробництво льоноволокна та його використання / І. П. Карпець та ін. Київ : Нора-прінт, 2002. 128 с.

її росяного мочіння безпосередньо в польових умовах на льонищі відносять до енергозберігаючих [61]. За такого мочіння відпадає потреба в тепловій і електричній енергії, воді та очищенні стоків [62].

Росяне мочіння соломи за комплексної механізації підніманні трести у порівнянні з тепловим забезпечує зниження сумарних трудозатрат у 8–12 разів. За бельгійської технології загальна трудомісткість росяного мочіння, що необхідна для одержання 1 т волокна, у 13–28 разів менша, ніж при тепловому мочінні такої ж кількості соломи [62]. При промисловому готуванні трести (теплове мочіння соломи) у порівнянні з росяним мочінням за даними білоруських науковців [63] на 1 т цієї льоносировини додатково витрачають близько 2,5 Гкал теплоти і 295 квт-год електроенергії.

Викладене дозволяє стверджувати, що росяне мочіння льоносоломи при виробництві трести є найбільш екологоорієнтованим з відомих способів обробляння соломи льону-довгунця. Проте готування рошенцевої льонотрести залежить від погодних умов льонозбирального періоду і зокрема світла, тепла і вологи. В дослідах [64] зі штучним росяним мочінням з температурою середовища 18–20 ºС та сприятливих умовах вологості, але без дії сонячного світла і сонячних променів одержані більш низькі технологічні показники волокна, ніж при природному росяному мочінні. Сонячні промені сприяють відбілюванню стебел, а сонячне світло, діючи на волокно, облагороджує його, надаючи йому білизни і блиску [65].

Щодо температури середовища, то за [66] найкращою є температура 15–20 ºС, за [67] оптимальною – 18–20 ºС, за [64, 65] найбільш сприятливою, що близька до 18 ºС, а за [68] розстилання соломи на стелищах дає належні результати за температури 17–20 ºС. Температурний стан стрічок розстеленої соломи при готуванні трести росяним мочінням вивчав Коренський Н. Г. [69]. Проте оцінювання температури в стрічках розстеленої соломи, як фактора її росяного мочіння, вимагає подальших досліджень.

Для вивчення температурного стану розстелених стрічкок соломи льону-довгунця в день збирання льону-довгунця агрегатом в складі комбайна ЛК-4Т з одержаних комбайнових стрічок вручну формували дослідні стрічки зі щільністю 500–4000 стебел на 1 м довжини стрічки

---

[61] Макаєв В., Гілязетдінов Г., Шейченко В. Приготування лляної трести способом розстилання на слищі. *Техніка АПК.* 2005. № 10–11. С. 22–23.

[62] Дынин Ф. М. Эффективность различных технологий обработки льняной соломы. *Вопросы технологии промышленности лубяных волокон. Научно-исследовательские труды. Центральный НИИ промышленности лубяных волокон (ЦНИИЛВ)*. 1975. Т. 30. С. 3–21.

[63] Нагорский И. С., Карташевич С. М., Казакевич П. П. Эффективность механизации производства зерна и льна: состояние и перспективы. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 1998. № 6. С. 32–34.

[64] Егоров М. Е. Комбайновая уборка и первичная обработка льна-долгунца. Москва : Россельхозиздат, 1976. 122 с.

[65] Макаров В. В. Первичная обработка льна. Москва : Сельхозгиз, 1950. 176 с.

[66] Сивцов А. Н., Чесноков С. Е. Первичная обработка льна. Костромское книжное издательство, 1954. 94 с.

[67] Основи ведення льонарства в сучасних умовах / [Скорченко А. Ф., Карпець І. П., Ковальов В. Б. та ін.]; під ред. А. Ф. Скорченка. Київ : Нора-прінт, 2002. 48 с.

[68] Пиуновский И. И., Терпиловский К. Ф., Клявина В. П. Исследование технологии раздельной уборки льна. *ЦНИИМЭСХ Нечерноземной зоны СССР: труды.* Минск: Урожай, 1969. Т. 6. С. 142–151.

[69] Коренский Н. Г. Исследование сушки льна, толщины расстила и переворачивания соломки при вылежке на льнище в условиях Белорусской ССР : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: спец. 06.538 «Растениеводство». Жодино, 1967. 27 с.

(шт./м) з інтервалом в 500 шт./м. Стрічки визначеної щільності розстеляли в с. Грозіно Коростенського району Житомирської області на полі з трав'яним покривом під ними зі щільністю в середньому 967 г/м^2 за вологості трави 67,9 %. Визначення температури на поверхні розстелених стрічок і під ними вели за показами рідинних спиртових термометрів ТМ-3. Температуру повітря і ґрунту вибирали із відповідних форм звітності Коростенської метеостанції. Стаття має узагальнюючий характер і підготовлена з використанням інформації, що наведена в попередніх публікаціях одного з авторів.

За багаторічними даними в Житомирській області брання льону-довгунця розпочинають в перших числах липня і воно триває у ряді випадків 60 і більше днів [70]. Проте основну частину льону-довгунця беруть у третій декаді липня, що до деякої міри збігається з середніми багаторічними строками настання ранньої жовтої стиглості насіння льону на Житомирщині. Вважають [67], що одним з кращих періодів готування трести росяним мочінням є серпень. Тому доцільним буде охарактеризувати погодні умови, що складаються впродовж липня і серпня та вересня, як основних місяців льонозбирального періоду і готування трести в Поліссі України, а дослідження готування рошенцевої льонотрести здійснити в терміни, що припадають на ці місяці.

На рис. 1, *а* наведена зміна впродовж доби температури навколишнього повітря $t_{\text{п}}$, температури на поверхні ґрунту $t_{\text{г}}$ та температури повітря на поверхні розстелених стрічок $t_{\text{пс}}$ і під стрічкою $t_{\text{пс}}$ за її щільності $n_{\text{см}}$ = 4000 стебел на 1 погонному метрі [71].

З наведених на рис. 1, *а* графіків видно, що впродовж доби температура на поверхні ґрунту $t_{\text{г}}$ (крива 2) має одне мінімальне і одне максимальне значення. Мінімум температури 12,8 ºС (14 серпня) і 12,0 ºС (15 серпня) зафіксований о 6 год. (перед сходом Сонця) [71, 72]. Максимум температури спостерігається близько 13 години, а потім температура починає знижуватися, що продовжується до ранішнього мінімуму. За спостереженнями максимальна температура, що зафіксована 14 серпня, становила 33,4 ºС (о 15 год.) та 37,6 ºС о тій же годині 15 серпня. Температура навколишнього повітря $t_{\text{п}}$ (крива 1) о шостій годині дещо вища за температуру на поверхні ґрунту. Так, 14 серпня температура повітря у вказану годину становила 13,1 ºС, а 15 серпня – 12,9 ºС. О 15 год. температура повітря нижча температури на поверхні ґрунту і становила 14 серпня 21,7 ºС, а 15 серпня – 23,2 ºС. Від 6 до орієнтовно 8 год. температура повітря дещо перевищує температуру на поверхні ґрунту, а

[70] Лімонт А. С. Про технологію збирання льону-довгунця в центральному Поліссі України. *Механізація і електрифікація сільського господарства*. 1974. Вип. 28. С. 90–107.

[71] Лімонт А. С., Ломакін В. О. Температурний режим стрічок розстеленої льоносоломи при приготуванні трести росяним мочінням. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету. Сучасні проблеми збалансованого природокористування*. 2011. С. 170–175.

[72] Лімонт А. С. Температура повітря і в стрічках льоносоломи при готуванні трести росяним мочінням. *Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація*. 2012. Вип. 25. Ч. 2. С. 354–360.

починаючи з 9 год. і до 18 год. температура на поверхні ґрунту перевищує температуру навколишнього повітря. За спостереженням у світлу пору доби різниця між температурою на поверхні ґрунту і температурою навколишнього повітря становила 14,4 ºС (15 серпня о 15 год.).

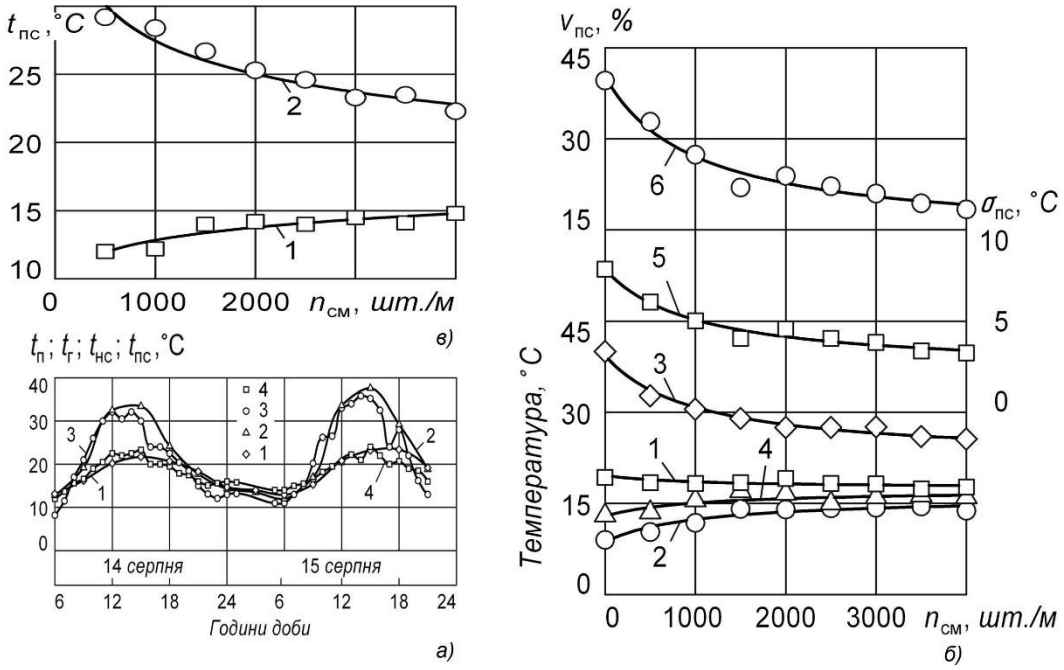


Рис. 1. Температурний стан стрічок соломи при готуванні трести росяним мочінням:

Примітки: *а*) зміна впродовж доби: 1 – температури навколишнього повітря $t_п$; 2 – температури на поверхні ґрунту $t_г$; 3 – температури на поверхні стрічки $t_{нс}$; 4 – температури під стрічкою $t_{пс}$;

б) зміна залежно від щільності стрічки $n_{см}$: 1 – середньодобової температури під стрічкою; 2 – температури під стрічкою о 6-й год.; 3 – те ж о 12-й год.; 4 – те ж о 21-й год.; 5 – середнього квадратичного відхилення температури впродовж доби під стрічкою $\sigma_{пс}$; 6 – коефіцієнта варіації температури впродовж доби під стрічкою $v_{пс}$;

в) зміна температури під стрічкою $t_{пс}$ о 6-й (1) і 15-й год. залежно від щільності $n_{см}$ розстелених стрічок

Джерело: авторська розробка.

Тепер щодо показів рідинних спиртових термометрів ТМ-3 на поверхні розстелених стрічок і під ними. Температура на поверхні стрічок $t_{пс}$ (крива 3) вранці о 6 год. була найнижчою з усіх фіксованих у цей період температур і становила 14 серпня 8,2 ºС, а 15 серпня – 11 ºС. У цей період (о 6 год) температура під стрічкою була дещо вищою у порівнянні з температурою на поверхні стрічки і 14 серпня становила 12 ºС, а 15 серпня – 14 ºС, тобто різниця в температурах становила 3,8–3 ºС. Хід температури на поверхні стрічки (крива 3) аналогічний зміні температури на поверхні ґрунту $t_г$ (крива 2), але починаючи з 12 год. і закінчуючи 6 год. наступного дня крива зміни температури на поверхні стрічки розташовується нижче кривої ходу температури на поверхні ґрунту. Максимальна різниця в 3,4 ºС зафіксована 14 серпня о 3 год. Хід кривої (4) зміни температури під стрічкою близький до кривої

1 зміни температури навколишнього повітря. Максимальна різниця в температурах на поверхні стрічок і під ними, що становить 9,5 і 14,8 ºС, зафіксована о 14 год. відповідно 14 і 15 серпня.

Визначали середньодобову температуру під стрічками соломи різної щільності та температуру під стрічками о шостій, дванадцятій і двадцять першій годинах (рис. 1, *б*) та температуру на поверхні стрічок в ті ж години. На рис. 1, *б* по осі абсцис позначення «нуль» відповідає оцінним показникам температури на поверхні стрічок.

Добовий хід температури на поверхні ґрунту і на поверхні стрічок льоносоломи до деякої міри однаковий, але у переважній більшості крива зміни температури на поверхні стрічок розташовується нижче кривої зміни температури на поверхні ґрунту. Температура навколишнього повітря і температура під стрічкою впродовж доби змінюються за кривими, що майже співпадають. При цьому у світловий період доби криві зміни температури навколишнього повітря і температури під стрічкою розташовуються значно нижче перших двох аналізованих кривих.

Зміна середньодобової температури під стрічкою та температури під стрічкою о 12 год. залежно від щільності стрічки описуються спадаючими гіперболічними рівняннями. Такими ж рівняннями описується зміна показників мінливості температури впродовж доби. Зміна температури під стрічкою о 6 год. та о 21 год. залежно від щільності стрічки описується зростаючими гіперболами (табл. 1).

1. Прогностичні функції (чисельник – прямолінійна, знаменник – гіперболічна) зміни результативних ознак температурного режиму стрічок розстеленої соломи залежно від їх щільності $n_{см}$ (шт./м)

№ з/п	Результативна ознака	Рівняння	R^2
1	Середньодобова температура під стрічкою $t_{пс}$, ºС	$t_{пс} = 19{,}18 - 3{,}9 \cdot 10^{-1} n_{см}$ $t_{пс} = 17{,}502 + 2095{,}14/(n_{см} + 1000)$	0,570 0,598
2	Температура під стрічкою о 6 годині $t_{2пс}$, ºС	$t_{2пс} = 10{,}43 - 0{,}00123\ n_{см}$ $t_{2пс} = 16{,}06 - 7402{,}53/(n_{см} + 1000)$	0,690 0,910
3	Температура під стрічкою о 12 годині $t_{3пс}$, ºС	$t_{3пс} = 35{,}29 - 0{,}00283\ n_{см}$ $t_{3пс} = 22{,}31 + 17011{,}127/(n_{см} + 1000)$	0,749 0,981
4	Температура під стрічкою о 21 годині $t_{4пс}$, ºС	$t_{4пс} = 14{,}14 + 6{,}47 \cdot 10^{-4} n_{см}$ $t_{4пс} = 17{,}22 - 4308{,}498/(n_{см} + 1000)$	0,417 0,672
5	Середнє квадратичне відхилення температури під стрічкою впродовж доби $\sigma_{пс}$, ºС	$\sigma_{пс} = 6{,}59 - 9{,}593 \cdot 10^{-4} n_{см}$ $\sigma_{пс} = 2{,}29 + 5549{,}84/(n_{см} + 1000)$	0,798 0,971
6	Коефіцієнт варіації температури під стрічкою впродовж доби $v_{пс}$, %	$v_{пс} = 34{,}36 - 0{,}00459\ n_{см}$ $v_{пс} = 13{,}92 + 26296{,}34/(n_{см} + 1000)$	0,813 0,971

Джерело: авторська розробка.

Температура під стрічками розстеленої соломи за різної їх щільності при готуванні рошенцевої трести о 6 год. і о 15 год. з підвищенням температури повітря і температури на поверхні ґрунту зростає за прямолінійними залежностями з визначеними вільними членами та кутовими коефіцієнтами відповідних рівнянь. За вільними членами цих рівнянь досліджувані температури при підвищенні температури повітря і ґрунту о 6 год. залежно від щільності стрічок описуються степеневими кривими з показником степеня при аргументі, що перевищує одиницю, а отже, ці залежності є увігнутими кривими. Досліджувані температури о 15 год. за вказаних вище умов залежно від щільності стрічок також описуються степеневими кривими, але з показником степеня при аргументі, що менше одиниці, за якого ці криві мають випуклий вигляд. Інтенсивність підвищення температури під стрічками при зростанні температури повітря і на поверхні ґрунту залежно від щільності розстелених стрічок зменшується за прямолінійними залежностями [73, 74].

Проаналізуємо зміну температури під стрічками розстеленої соломи залежно від їх щільності. Цю зміну оцінимо стосовно характерних годин доби, а саме шостої і п’ятнадцятої, в які температура повітря і в стрічках соломи переважно відповідно найнижча і найвища. Виявилося, що о шостій годині температура під стрічками у міру збільшення їх щільності зростає, а о п’ятнадцятій годині – спадає. Для з’ясування характеру зазначеної зміни температури залежно від щільності розстелених стрічок здійснено вирівнювання експериментальних значень температури рівняннями прямолінійної залежності, гіперболи, експоненти та показової, степеневої і логарифмічної функцій. Оцінювання міри наближення апроксимуючих ліній до експериментальних даних здійснено за R^2-коефіцієнтами. Вибір відповідної апроксимуючої залежності здійснено і з урахуванням результатів попередніх досліджень та логічних міркувань.

Вирівнювання експериментальних значень температури під стрічками о шостій годині залежно від щільності стрічок прямою з додатним кутовим коефіцієнтом забезпечило значення R^2-коефіцієнта 0,726, гіперболою – 0,793, експонентою і показовою функцією – 0,718, степеневою і логарифмічною залежностями відповідно 0,841 і 0,842. Графічне зображення кривих досліджуваної зміни рівняннями степеневої і логарифмічної залежностей засвідчило про фактичне їх співпадання. Апроксимація досліджуваної зміни рівнянням прямої свідчить, що в межах від 500 до 4000 стебел на 1 м стрічки збільшення щільності на 1000 шт./м викликає підвищення температури під стрічкою на 0,72 ºС (майже на 1 ºС). У разі апроксимації цієї зміни рівнянням гіперболи за її асимптотою із збільшенням щільності розстелених стрічок в

[73] Лімонт А. Готування рошенцевої льонотрести і температура в стрічках розстеленої соломи (початок). *Техніка і технології АПК*. 2013. № 1 (40). С. 22–25.

[74] Лімонт А. Готування рошенцевої льонотрести і температура в стрічках розстеленої соломи (продовження). *Техніка і технології АПК*. 2013. № 2 (41). С. 35–37.

досліджуваних межах температура під ними сягає граничного значення, яке становить 14,8 ºС (майже 15 ºС). У графічному поданні експериментальні дані і крива зміни температури під стрічками о шостій годині залежно від щільності стрічок наведені на рис. 1, *в*.

Наведені на рисунку дані є результатом трирічних спостережень, за яких стосовно кривої 1 середні арифметичні значення температури повітря і на поверхні розстелених стрічок становили відповідно 13,4 і 11,1 ºС. Отже, о шостій годині температура повітря перевищувала температуру на поверхні стрічок, а температура під стрічками перевищувала температуру на поверхні стрічок. До відповідної щільності стрічок (орієнтовно 1500–2000 шт./м) температура під ними нижча, ніж температура повітря. З подальшим підвищенням щільності стрічок температура під ними в аналізований час дещо перевищує температуру повітря. Отже, із збільшенням кількості розстелених стебел в стрічці уповільнюється «остигання» їх нижніх шарів. В математичній формі зміну температури під стрічкою $t_{\text{пс}}$ (ºС) о шостій годині залежно від щільності $n_{\text{см}}$ (шт./м) можна подати рівнянням степеневої функції вигляду:

$$t_{\text{пс}} = 6{,}32 \;\; n_{\text{см}}^{0{,}10247} .$$

Основна помилка вирівнювання експериментальних значень температури під стрічками о шостій годині залежно від щільності стрічки рівнянням степеневої функції становила 0,40 ºС. Відношення цієї помилки до середнього значення досліджуваної температури дорівнювало 0,029, що свідчить про дотримання умови задовільного вирівнювання експериментальних даних.

Температура під стрічками о 15-й год. залежно від щільності стрічок за її збільшення знижується. Здійснено вирівнювання експериментальних даних рівняннями прямої з від'ємним кутовим коефіцієнтом, гіперболи, експоненціальної і показової функцій та степеневої і логарифмічної залежностей. У разі вирівнювання досліджуваної зміни рівнянням прямої R^2-коефіцієнт мав значення 0,961, рівняннями експоненціальної і показової функцій – 0,968, логарифмічної і степеневої залежностей – відповідно 0,951 і 0,939, а гіперболи – 0,774. Як видно вирівнювання експериментальних даних наведеними апроксимуючими залежностями забезпечують належну міру їх наближення до реальної зміни температури під стрічкою залежно від її щільності. Графічне подання зміни температури за експоненціальною і показовою функціями свідчить про їх майже цілковите наближення до зміни за прямою з від'ємним кутовим коефіцієнтом. З рівняння прямолінійної зміни температури під стрічками о 15-й год. залежно від щільності стрічок випливає, що із підвищенням щільності на 1000 шт./м температура під стрічкою знижується на 2 ºС. З рівняння гіперболічної зміни температури залежно від щільності розстелених стрічок простежується, що з її підвищенням температура під

стрічками сягає свого асимптотичного зниження, яке становить близько 23 ºС. За спостереженнями температура повітря о 15-й год в середньому становила 23,3 ºС, а температура на поверхні стрічок – 33,5 ºС. Крива 2 є графічним зображенням степеневої функції вигляду.

$$t_{\text{пс.15}} = 69{,}294 \; n_{\text{см}}^{-0{,}134}.$$

О 15-й год. температура повітря в дні трирічних спостережень в середньому була на 10,2 ºС нижча за температуру на поверхні стрічок, а температура під стрічками у всьому діапазоні зміни їхньої щільності була нижча за температуру на поверхні стрічок. Температура під стрічками при зміні їхньої щільності від 500 до 2500 шт./м перевищувала температуру повітря, а з подальшим підвищенням щільності була дещо нижчою у порівнянні з температурою повітря.

У світловий період доби температура на поверхні ґрунту більш мінлива, ніж температура на поверхні стрічок, а у нічний період більш мінливіша температура на поверхні стрічок [75, 76]. У нічний період температура на поверхні ґрунту завжди перевищує температуру на поверхні розстелених стрічок. У світловий період – переважно температура на поверхні ґрунту перевищує температуру на поверхні стрічок, але спостерігаються випадки, за яких температура на поверхні ґрунту нижча, ніж температура на поверхні стрічок. Між температурою на поверхні стрічок і температурою на поверхні ґрунту виявлений додатний кореляційний зв'язок, що стосовно світлового періоду оцінюється коефіцієнтом кореляції 0,902, а нічного – 0,763. З модельних рівнянь і ліній прямолінійної регресії видно, що у світловий і нічний періоди температура на поверхні стрічок дещо нижча у порівнянні з температурою на поверхні ґрунту. «Охолодження» стрічок оцінювали за різницею показів термометрів під стрічкою і на поверхні стрічок о 6-й год., а «прогрівання» – за різницею показів термометрів на поверхні стрічок і під ними о 15-й год. Із збільшенням щільності стрічок від 500 до 4000 шт./м зменшення «охолодження» і зниження «прогрівання» стрічок зростають за степеневими залежностями. За умови подання цих зростань гіперболічною кривою інтенсивність зміни температур уповільнюється з підвищенням щільності стрічок понад 2000 шт./м.

На підставі з'ясованих залежностей зміни температури в розстелених стрічках соломи від їх щільності можна висловити припущення про передбачувані зміни виходу і якості волокна, що одержане з трести росяного мочіння за різної щільності розстелених стрічок соломи. Ці зміни мають здійснюватися в діапазоні щільності 500–2000 стебел на

[75] Лімонт А.С. Температурний стан стрічок розстеленої льоносоломи при готуванні рошенцевої трести. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер. Техніка та енергетика АПК.* 2013. Вип. 185. Ч. 1. С. 64–71.

[76] Limont A. S. The temperature in the spread fiber straw under the conditions of dew retting. *European Applied Sciences. Europäische Fachhochschule*. 2014. Vol. 5. P. 85–87.

погонному метрі стрічки. З підвищенням щільності понад 2000 стебел і до 4000 стебел на 1 погонному метрі та більше істотних змін виходу і якості одержуваного волокна можна непередбачувати.

З'ясовані модельні рівняння і лінії регресії з оцінювання температурного стану розстелених стрічок соломи підтверджують доцільність росяного мочіння соломи як екологічно безпечного й енергоощадного способу її обробляння та опосередковано дозволяють розкрити зміст впливу щільності розстелених стрічок соломи на вихід і якість волокна, що його одержують з рошенцевої трести [77].

1.6. Сидерати культур проміжного вирощування у відновленні родючості ґрунту та біосеквестрації вуглецю

Міщенко Ю. Г. [1]*, Шувар І. А.* [2]*, Коваленко І. М.* [1]
[1]*Сумський національний аграрний університет*
[2]*Львівський національний аграрний університет*

Відомо, що в останні роки за кордоном (США, Німеччина, Болгарія, Польща, Нідерланди та ін.) сидерати, які вирощують у проміжних посівах, набувають все більшого поширення. Аналіз вітчизняних наукових публікацій [78, 79, 80] та результатів практичного застосування сидератів в посівах проміжного вирощування всебічно висвітлює переваги їх застосування в землеробстві, оскільки вони:

- здатні збагачувати грунт органічними та поживними речовинами;
- розпушують ґрунт та поліпшують його структуру
- оптимізують повітряний і водний режими;
- поліпшують водопроникність та водоутримну здатність ґрунту;
- активізують діяльність кори мікрофлори ґрунту;
- запобігають розвиткові хвороб, шкідників та бур'янів;
- захищають ґрунт від прояву ерозійних процесів;
- пришвидшують процеси деструкції органічної маси;
- нормалізують кислотність грунту;
- мінімізують антропогенне навантаження на агрофітоценоз;
- поліпшують стан навколишнього природного середовища.

Означені позитивні зміни доволі чітко проявляються в сівозміні за

[77] Лимонт А. Росяная мочка льносоломы как фактор биологизации производства волокна. *MOTROL. Commission of Motorization and energetios in agricuiture. An international Journal on operation of farm and agric-food in dustry machinery.* 2014. Vol. 16, Issue 4. P. 120–126.

[78] Гудзь В. П., Шувар І. А., Данік В. В. Ущільнені посіви для сталих агроценозів в Україні : навч. посіб. Вінниця, 2014. 256 с.

[79] Шувар І. А., Бердніков О. М., Центило Л. В., Сендецький В. М. та ін. Сидерати в сучасному землеробстві: монографія. / за ред. І. А. Шувара. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2015. 156 с.

[80] Міщенко Ю. Г., Захарченко Е. А., Масик І. М. Вплив післяжнивного сидерату редьки олійної та обробітку на поживний режим чорнозему типового за вирощування просапних культур. *Вісник СНАУ. Сер. Агрономія та біологія.* 2020. Вип. 7. С. 8–22.

умов цілорічного рослинного вкриття ґрунту посівами культур основного і проміжного вирощування, які постійно збагачують його органічними речовинами за виконання ґрунтозахисного безполицевого обробітку. Останній сприяє формуванню на поверхні ґрунту мульчуючого рослинного прошарку, який захищає від перегрівання і замулювання, поліпшує вертикальний дренаж ґрунту [81], запобігає перебігові процесу інтенсивної деструкції органічних речовин та забезпечує оптимальну для росту й розвитку рослин будову ґрунту.

Цінність культур проміжного вирощування на сидерат полягає у використані вільних агрокліматичних ресурсів вегетаційного періоду у технології вирощування основних культур сівозміни [82]. Це особливо важливо в плані уповільнення процесів глобальних зміни клімату унаслідок засвоєння фітомасою сидератів атмосферного вуглецю [83], який є одним з головних чинників розвитку парникового ефекту.

Ефективність заходів біологізації землеробства – застосування зеленого добрива та глибокого безполицевого обробітку чорнозему типового, досліджували на дослідному полі Сумського НАУ за період ротації 4-пільної сівозміни з максимально можливим її насиченням проміжними посівами культур. Аналіз погодних умов періоду досліджень 2012–2016 рр. вказує на чітко виявлену тенденцію потепління клімату за значної строкатості випадання опадів. Середньорічна температура повітря була вищою середньо-багаторічної на 1,4 ^{0}C і становила 8,2 ^{0}C; недобір опадів мали в 2014 р. – 59,4 мм, а значний надлишок – 203 мм в 2016 р. (табл. 1).

1. Погодні умови періоду дослідження (за даними метеостанції м. Суми)

Період обліку	Температура повітря, ^{0}C							Кількість опадів, мм						
	рік досліджень													
	сер. багатор.	2012	2013	2014	2015	2016	сер. 2012–2016	сер. багатор.	2012	2013	2014	2015	2016	сер. 2012–2016
За рік	6,8	8,0	8,4	8,1	8,7	7,8	8,2	570	602	616	511	585	773	617
± багатор.	-	1,2	1,6	1,3	1,9	1,0	1,4	-	32,0	45,9	-59,3	14,7	203	47
Період вегетації	18,2	19,9	19,8	19,2	18,6	18,9	19,3	256	239	226	272	262	367	273
± багатор.	-	1,7	1,6	1,0	0,4	0,7	1,1	-	-17,0	-30,0	16,0	6,1	111	17
Післяжнив ний період	13,0	14,6	12,9	13,1	14,0	12,9	13,5	153	198	227	110	56,7	191	157
± багатор.	-	1,6	-0,1	0,1	1,0	-0,1	0,5	-	45,0	74,0	-43,0	-96,3	38,4	3,6

Джерело: авторська розробка.

[81] Міщенко Ю. Г. Вплив післяжнивного сидерату редьки олійної та обробітку на водопроникність грунту. *Вісник СНАУ. Сер. Агрономія та біологія*. 2015. Вип. 9. С. 119–128.

[82] Екологічні проблеми землеробства : підручник / Гудзь В. П. та ін. ; за ред. В. П. Ґудзя. Житомир : Вид-во «Житомирський національний агроекологічний університет», 2010. 708 с.

[83] García-Palacios P., Gattinger A., Bracht-Jørgensen H., et al. Crop traits drive soil carbon sequestration under organic farming. *J Appl Ecol*. 2018. Vol. 55. P. 2496–2505. doi: 10.1111/1365-2664.13113

Показники температури повітря за вегетаційний період 2013–2016 рр. були близькими до середніх багаторічних з перевищенням їх від 0,4 до 1,7 ^{0}С; опадів випало 2013 р. на 30 мм менше норми за надлишку 111 мм – 2016 р. Подовжений післяжнивний період 2012, 2013 та 2015 років тривав до листопада. Середня температура повітря за серпень-жовтень 2012–2015 рр. була вищою за багаторічну норму на 0,5 ^{0}С. Екстремальну нестачу опадів встановлено 2015 р., а істотну – 2014 року.

Аналітична оцінка кліматичних умов місця виконання дослідження вказує на необхідність захисту посівів культурних рослин від стресового впливу спекотних та посушливих погодних умов.

Один з дієвих шляхів вирішення даної проблеми – захист поверхні поля рослинним вкриттям культур проміжного вирощування та подальшим мульчуванням грунту рослинною масою зелених добрив.

Ефективність біологізації землеробства визначали в 4-пільній польовій сівозміні: гречка (сорт Ювілейна) – пшениця озима (сорт Фаворитка) – картопля (сорт Аграрна) – ячмінь ярий (сорт Святогор). Для забезпечення цілорічного рослинного вкриття поверхні грунту в сівозміні за схемою досліду висівали культури проміжного вирощування на сидерат: післяжнивно редька олійна, гречка та жито озиме (табл. 2).

2. Схема досліду з вивчення ефективності біологізації землеробства

Культура сівозміни	Агрофон у полях сівозміни			
	1. без добрив (контроль)	2. мінеральні добрива	3. післяжнивно сидерат	4. післяжнивно + озимий сидерати
1. Гречка	післязбиральні рештки попередника	$N_{60}P_{60}K_{60}$	редька олійна	редька олійна + жито озиме
2. Пшениця озима		$N_{90}P_{60}K_{60}$	гречка	
3. Картопля		$N_{125}P_{63}K_{150}$	редька олійна	редька олійна + жито озиме
4. Ячмінь ярий		$N_{60}P_{60}K_{60}$	редька олійна	

Джерело: авторська розробка.

Технологія вирощування культур в сівозміні – загальноприйнята в умовах Лівобережного Лісостепу. Додаткові агротехнологічні заходи передбачали технологію вирощування культур у проміжних посівах на сидерат та виконання безполицевого обробітку ґрунту.

Основний обробіток ґрунту в полях сівозміни виконували на час загортання сидератів безполицевим агрегатом КЛД-2,0 під гречку та ячмінь на глибину 20–22 см, картоплю – 28–30 см, пшеницю озиму – 13–15 см; перед сівбою післяжнивно редьки олійної ґрунт обробляли на глибину 6–8 см. Відповідно до схеми досліду вивчали агрофони – без добрив (контроль), внесення оптимальних доз мінеральних добрив та застосування сидерату культур проміжного вирощування у варіантах: редька олійна, гречка та жито озиме.

Жито озиме набуває більшого значення для проміжного вирощування в сівозміні на зелене добриво у зв’язку з стійкою динамікою

зміни кліматичних умов Лівобережного Лісостепу в останні роки, що проявляється подовженні тривалості та потеплінні осіннього періоду вегетації за нерівномірного випадання опадів. За таких умов зволоження вирощування редьки олійної післяжнивно на сидерат не може стабільно реалізувати свій високий урожайний потенціал. Так, унаслідок посухи у післяжнивний період 2015 р. врожайність фітомаси редьки олійної становила 15–20 т/га, а за умов достатньо рівномірного випадання атмосферних опадів в інші роки отримували 27–37 т/га зеленої маси редьки олійної.

В зимовий період, який стає менш холодним, опадів випадає більше за багаторічну норму, що сприяє формуванню достатніх запасів вологи для вирощування жита озимого на сидерат та основної культури – картоплі. Потепління в березні за останні роки сприяє ранньому настанню періоду вегетації, що забезпечує швидке відновлення розвитку жита озимого. В той час квітень за температурним режимом наближається до багаторічних температурних показників, що сприяє нарощуванню озимим житом 15–20 т/га фітомаси до настання оптимальних термінів часу садіння бульб картоплі.

Таким чином, вирощена зелена жита озимого на добриво компенсує недобір фітомаси сидерату редьки олійної у випадку посушливого післяжнивного періоду. Культури, вирощені на сидерат у післяжнивних посівах у середньому за період ротації формували 21–23 т/га зеленої маси, в якій містилося у середньому 3,81–4,28 т/га сухих органічних речовин (табл. 3).

3. Врожайність сидерату культур проміжного вирощування та нагромадження ним вуглецю, т/га (середнє за 2012–2015 рр.)

Культура сівозміни	Культура проміжного вирощування на сидерат	Сидеральний агрофон					
		3. післяжнивно			4. післяжнивно + озимий		
		уміст					
		фітомаси	сухих речовин	вуглецю	фітомаси	сухих речовин	вуглецю
Гречка	Гречка	5,78	1,27	0,57	6,13	1,35	0,61
Пшениця озима	Редька олійна	28,7	5,17	2,32	24,7	4,45	2,00
	Жито озиме	-	-	-	15,9	3,18	1,43
Картопля	Редька олійна	21,1	3,80	1,71	21,4	3,85	1,73
Ячмінь ярий	Редька олійна	27,8	5,00	2,25	23,9	4,30	1,94
	Жито озиме	-	-	-	15,4	3,08	1,39
Разом за сівозміну		83,4	15,2	6,9	92,0	17,1	7,7
У середньому на 1 га		20,8	3,81	1,71	23,0	4,28	1,93

Джерело: авторська розробка.

Використання на сидерат зеленої маси культур проміжного вирощування (редька олійна та озиме жито), яка швидко формувалась у літньо-осінній – весняний періоди, уможливило сповільнювати інтенсивність розвитку ерозійних процесів ґрунту, забезпечити його біологічне розпушування та поглинати коренями рухомі форми елементів живлення.

Також у процесі фотосинтезу посіви культур проміжного вирощування на сидерат секвестрували вуглець, зменшуючи його уміст в атмосфері. За період ротації сівозміни посіви культур проміжного вирощування секвестрували у середньому 1,71–1,93 т/га вуглецю, кількість якого безпосередньо залежала від їх врожайності.

Встановлено, що у середньому за роки дослідження найвищу врожайність серед культур проміжного вирощування формувала редька олійна, яку вирощували після пшениці озимої від початку серпня до кінця жовтня – 28,7 та ячменю ярого – 27,8 т/га (табл. 3). Дещо менше фітомаси редьки олійної, вирощеної на сидерат післяжнивно, – відповідно 24,7 і 23,9 т/га отримано у варіанті удобрення №4 унаслідок коротшого періоду тривалості її вегетації – до початку жовтня. У цей період доцільніше було висівати жито озиме, яке формувало на кінець квітня наступного року близько 16,0 т/га фітомаси.

Висіяна після збирання картоплі у середині серпня редька олійна на сидерат сформувала до кінця жовтня близько 21,0 т/га фітомаси.

Падалиця гречки, яку культивували на сидерат, через короткий період вегетації (тривалістю близько місяця) сформувала тільки 6,0 т/га фітомаси.

Використання зеленої маси культур проміжного вирощування на сидерат вплинуло як на збільшення врожайності кожної культури сівозміни у середньому на 10–60 % порівняно до контролю, так і на загальну продуктивність сівозміни (табл. 4).

4. Врожайність культур та загальна продуктивність сівозміни (середнє за 2013–2016 рр.)

Агрофон у варіанті досліду	Врожайність культури, т/га				Продуктивність сівозміни, т/га к. од.
	гречка	пшениця озима	картопля	ячмінь ярий	
1. Без добрив (контроль)	1,51	4,1	24,7	3,11	43,7
2. Мінеральні добрива	1,89	4,66	28,8	3,66	51,0
3. Післяжнивно сидерат	2,32	4,51	30,0	3,80	52,9
4. Післяжнивно + озимий сидерат	2,47	4,56	30,8	3,84	54,2
$НІР_{05}$	0,14	0,15	1,26	0,15	1,11

Джерело: авторська розробка.

За внесення помірної дози мінеральних добрив врожайність пшениці озимої становила у середньому 4,66 т/га, її збільшення було не суттєвим порівняно із сидеральними агрофонами.

Посіви гречки на фоні зелених добрив формували на 0,5–0,6 т/га вищий врожай, ніж за внесення мінеральних добрив. Післяжнивно вирощена редька олійна та жито озиме на сидерат вплинули на збільшення врожайності бульб картоплі відповідно на 2 т/га та ячменю ярого – на 0,18 т/га.

Застосування в полях сівозміни елементів органічного землеробства забезпечувало найвищий вихід кормових одиниць з одиниці площі – в середньому за ротацію культур сівозміни – 52,9 і 54,2 ц/га; суттєво меншу кількість кормових одиниць формували культури сівозміни за мінерального фону – 51,0 ц/га. Без внесення добрив продуктивність сівозміни поступалася всім агрофонам і становила лише 43,7 ц/га к. о.

Для формування оптимальних параметрів родючості ґрунту необхідно забезпечувати позитивний баланс гумусу. Цьому сприяло включення елементів органічного землеробства до технологій вирощування культур сівозміни. Так, сумісне застосування післяжнивно вирощеної та озимої форми сидерату забезпечило найбільший позитивний в сівозміні баланс гумусу – 1,07 т/га та його інтенсивність – 127 % (табл. 5).

У варіанті застосування зеленої маси редьки олійної на сидерат баланс гумусу був позитивний – (+0,64 т/га), хоча його інтенсивність була меншою на 11 % порівняно до агрофону післяжнивного та озимого сидератів.

5. Баланс гумусу в сівозміні за ротацію (середнє за 2013–2016 рр.)

Агрофон у варіанті досліду	Надходження, т/га			Витрати, т/га			Баланс, т/га	Інтенсивність балансу, %
	всього	післяжн. решток	орг. добрив	всього	мінерал. гумусу	ерозії		
1. Без добрив (контроль)	2,93	2,93	0	4,08	3,02	1,07	-1,15	72
2. Мінеральні добрива	3,42	3,42		4,12	3,05		-0,69	83
3. Післяжнивно сидерат	4,68	3,55	1,13	4,03	2,97		0,64	116
4. Післяжнивно + озимий сидерати	5,08	3,63	1,45	4,02	2,95		1,07	127

Джерело: авторська розробка.

За балансом гумусу застосування сидератів має перевагу, як порівняно з мінеральним фоном – відповідно на 1,79 і 2,22 т/га, так і порівняно до контролю (без застосування добрив) – відповідно на 1,33 і 1,76 т/га.

У варіантах без застосування зелених добрив формувався від'ємний баланс гумусу в сівозміні як за мінерального фону (-0,69 т/га), так і на контролі (-1,15 т/га), оскільки гуміфікація післяжнивно-кореневих решток не покривала мінералізацію гумусу та його втрати від ерозії.

Виходячи з того, що гумус містить в середньому 58 % органічного вуглецю, його акумуляція в чорноземі типовому за вирощування культур в сівозміні з використанням сидерату культур проміжного вирощування була в межах 0,37–0,62 т/га (рис. 1).

Вивільнення органічного вуглецю з гумусу чорнозему типового за ротацію 4-пільної сівозміни на мінеральному агрофоні становило 0,4 т/га та на неудобреному – 0,67 т/га.

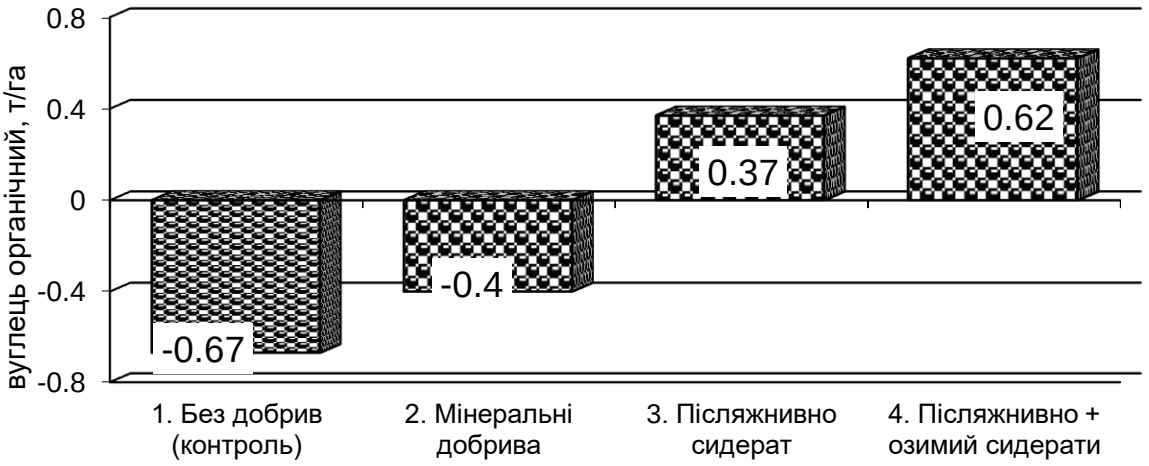


Рис. 1. Баланс вуглецю ґрунту за ротацію сівозміни (сер. за 2013–2016 рр.)
Джерело: авторська розробка.

Отже, отримані нами результати дослідження показали, що застосування елементів органічного землеробства за вирощування культур в сівозміні впливає на уповільнення процесів потепління клімату, зменшуючи уміст в атмосфері CO_2 завдяки біосеквеструванню під час формування органічної маси, яка після загортання в ґрунт поповнює запаси гумусу.

Фактичні показники умісту гумусу в шарі ґрунту 0–30 см були найвищими в середньому за ротацію сівозміни на агрофоні післяжнивно вирощеного сидерату – 4,0 % та післяжнивно вирощеного й озимого сидератів – 4,02 %, що суттєво переважало контроль (без добрив) та варіант за внесення мінеральних добрив – 0,2 % (табл. 6).

Уміст гумусу був вищим в усіх полях сівозміни за вирощування культур з використанням елементів органічного землеробства. Перевага культур проміжного вирощування на сидерат порівняно до інших агрофонів за вмістом гумусу в шарі 0–30 см зберігалася не дивлячись на коливання його значень серед культур сівозміни відповідно від 3,97 і 3,99 % – в агроценозі картоплі, відповідно до 4,02 і 4,04 % в агроценозі пшениці озимої.

6. Уміст гумусу в шарі 0–30 см ґрунту, % (середнє за 2013–2016 рр.)

Агрофон у варіанті досліду	Культура сівозміни				Середнє за ротацію сівозміни	± до контролю
	гречка	пшениця озима	картопля	ячмінь		
1. Без добрив (контроль)	3,79	3,89	3,77	3,80	3,81	-
2. Мінеральні добрива	3,80	3,94	3,75	3,81	3,83	0,02
3. Післяжнивно сидерат	3,99	4,02	3,97	4,00	4,00	0,18
4. Післяжнивно + озимий сидерати	4,01	4,04	3,99	4,02	4,02	0,20
$НІР_{05}$	0,01					0,02

Джерело: авторська розробка.

Показники умісту гумусу на мінеральному агрофоні удобрення були вищими за вирощування пшениці озимої – на 0,05 % та істотно поступалися їм в агроценозі картоплі – на 0,02 % порівняно до контролю (без добрив).

Вагомим доказом ефективності біологізації землеробства є позитивний баланс азоту за період ротації сівозміни – відповідно 73 і 128 кг/га, фосфору – 10 і 4 кг/га та калію – 207 і 279 кг/га; найвищу інтенсивність балансу встановлено за азотом –116 і 127 % та калієм – 145 і 158 % (табл. 7).

7. Баланс елементів живлення за ротацію сівозміни (середнє за 2013–2016 рр.)

Агрофон у варіанті досліду	Надходження, кг/га			Винос врожаєм, кг/га			Баланс, кг/га			Інтенсивність балансу, %		
	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O
1. Без добрив (контроль)	135	52,0	196	384	156	372	-249	-104	-176	35,0	33,0	53,0
2. Мінеральні добрива	483	302	558	449	183	437	34,0	119	121	108	165	128
3. Післяжнивно сидерат	540	202	670	466	192	463	73,0	10,0	207	116	105	145
4. Післяжнивно + озимий сидерати	606	201	756	478	197	477	128	4,0	279	127	102	158

Джерело: авторська розробка.

Внесення мінеральних добрив забезпечило позитивний баланс азоту – у середньому за ротацію сівозміни 34 кг/га, фосфору – 119 кг/га і калію – 121 кг/га; найвищу інтенсивність балансу за фосфором – 165 %. Органічні агрофони не поступались варіантам застосування помірних доз мінеральних добрив, та навіть переважали його за рівнем забезпечення азотом і калієм. Використання на добриво лише побічної продукції культур формує за ротацію сівозміни негативний баланс поживних елементів унаслідок переваги їх виносу до надходження за азотом – на 249 кг/га, фосфором – на 104 і калієм – на 176 кг/га.

За раціонального використання соломи та сидерату на дослідних полях як Сумського НАУ (2002–2007 рр.), так і Львівського НАУ (1981–2016 рр.) виявлено суттєву активізацію життєдіяльності агрономічно цінних груп мікроорганізмів, якими є нітрифікатори, амоніфікатори, азотфіксуючі, целюлозоруйнівні та інші корисні мікроорганізми, що є залучені в процесах синтезу і розкладу гумусових речовин [79, 84, 85]. Поповнення ґрунту органічними речовинами за рахунок зелених добрив сприяло також зменшенню його фітотоксичності [85]. Застосування післяжнивних сидератів збільшує загальну кількість мікроорганізмів у шарі 0–20 см ґрунту,

[84] Ерматраут Е. Р., Міщенко Ю. Г. Післяжнивні сидерати і мікробіологічна активність ґрунту. *Збірник наукових праць Подільського державного аграрно-технічного університету*. 2007. Вип. 15. С. 16–19.

[85] Ерматраут Е. Р., Міщенко Ю. Г. Післяжнивні сидерати і токсичність ґрунту. *Збірник наукових праць Уманського державного аграрного університету.* 2005. Вип. 61. С. 247–258.

порівняно до контролю, в 1,5–2 рази, при цьому кількість амоніфікаторів зростає у 2 рази, а продукуюча здатність CO_2 – важливого фактору інтенсифікації процесів фотосинтезу – зростає на 30–40 % [79, 86, 87].

У ґрунтотворному процесі та поліпшенні родючості біота ґрунту, як сукупність рослинних і тваринних організмів, набуває ще більшого значення. Її активність тісно пов'язана з кількістю і якістю органічних речовин, що надходить до ґрунту, і процесами їх перетворення. Сидерати позитивно впливають на нітрифікацію і ферментативну активність ґрунту, підвищуючи активність уреази на 52 %, протеази – на 45 %, інвертази – на 10 %, каталази – на17 % [79, 88].

В сільськогосподарській практиці за останні роки для підвищення біологічної активності ґрунту застосовують біодеструктори. Для пришвидшення деструкції соломи і рослинних решток їх заселяють активними мікроорганізмами, які швидко розповсюджуються, конкурують між собою за «їжу», продукують речовини, що пригнічують збудників хвороб і ферменти, та перетворюють складні вуглецеві сполуки соломи в доступні для рослин речовини. Дослідження з вивчення ефективності сумісного застосування сидерату і деструкції соломи та рослинних решток деструктором «Вермистим-Д» тривають з 2012 року в ПФ «Богдан і К» Снятинського району Івано-Франківської області та інших господарствах країни [79, 86, 88].

Отже, отримані нами результати дослідження вказують на значну перспективу застосування у сучасному землеробстві культур поміжного вирощування на сидерат, які мають важливе значення не лише для відтворення родючості ґрунтів та збільшення продуктивності агрофітоценозів, але й протидіють процесам розвитку парникового ефекту планети, здійснюючи біосеквестрацію атмосферного вуглецю.

За сучасних умов ведення землеробства традиційні ресурси органічної сировини, унаслідок значного зменшення поголів'я тварин, недостатні для забезпечення бездефіцитного балансу ґрунту, тому необхідно залучати дешеві та доступні резерви органічних добрив – сидерати, солому та інші рослинні рештки.

Широке впровадження практики застосування культур проміжного вирощування на сидерат сприятиме переходу до ресурсоощадної системи землеробства, за якої відбувається більш повноцінне використання відновних ресурсів (нагромаджуються органічні речовини унаслідок збільшення коефіцієнта ФАР), відтворення родючості ґрунтів (посилення активності мікробіоти та зменшення міграції елементів живлення),

---

[86] Сидерація в технологіях сучасного землеробства : монографія / за заг. ред. І. А. Шувара, М. В. Роїка. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2016. 182 с.

[87] Гудзь В. П. Міщенко Ю. Г., Прасол В. І. Вплив післяжнивних сидератів на біологічну активність чорнозему типового мало гумусного. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2009. Вип. 140. С. 84–89.

[88] Солома, післяжнивні рештки і сидерати – агротехнологічні елементи біологізації сучасного землеробства : монографія / за заг. ред. І. А. Шувара, В. М. Сендецького. Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2020. 292 с.

охорона навколишнього природного середовища та зростання рентабельності сільськогосподарського виробництва. Такий спосіб забезпечення ґрунтів органічними речовинами є доступний практично кожному господарству, економічно привабливий та стратегічно важливий для майбутнього розвитку країни.

1.7. Органічне землеробство як основа екологізації сільськогосподарського виробництва

Писаренко В. М., Писаренко П. В., Піщаленко М. А.
Полтавський державний аграрний університет

Світова спільнота стурбована тим, що процеси деградації природи наростають, погіршуються умови життєдіяльності людини. Це пов'язано з тим, що вміст шкідливих для здоров'я речовин у повітрі, воді, ґрунті, продуктах харчування часто досягає критичних показників [89]. Тому, настав час, коли суспільство починає усвідомлювати, що охорону навколишнього середовища потрібно ставити на один рівень з економікою, матеріальними умовами життя та здоров'я людини. Не випадково ООН наголошує, що у XXI столітті основні завдання людства необхідно сконцентрувати на вивченні та використанні законів екології та біотехнології [90].

У зв'язку з цим все актуальнішим стає необхідність широкого впровадження природоохоронного господарювання, основою якого є органічне землеробство, що забезпечує збереження і примноження родючості ґрунтів, отримання екологічно безпечних продуктів харчування, збереження біосфери планети [91].

За визначенням, наведеним у Постанові Ради ЄС 834/2007, «органічне виробництво – цілісна система господарювання та виробництва харчових продуктів, яка поєднує в собі найкращий досвід з огляду на збереження довкілля, рівень біологічного різноманіття, збереження природних ресурсів, застосування високих стандартів належного утримання тварин та метод виробництва, який відповідає певним вимогам до продуктів, отриманих із застосуванням речовин і процесів природного походження».

Таким чином, органічне землеробство – це найбільш сучасний напрямок землеробства, в основі якого є гармонійне поєднання господарювання з охороною довкілля, збереження і відтворення

[89] Сотникова Є. В. Екология та здоровье. *Хімія, екологія та освіта* : Зб. матер. II Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (29 квітня 2016 р.). Полтава, 2016. С. 85–87.

[90] Землеробство XXI століття – проблеми та шляхи вирішення / В. Ф. Камінський, Я. М. Гадзало, В. Ф. Сайко, М. С. Корнійчук ; під ред. В. Ф. Камінського. Київ : ВП «Едельвейс». 2015. 272 с.

[91] Біологічний азот : монографія / В. П. Патика, С. Я. Коць, В. В. Волкогон, О. В. Шерстобоєва, Т. М. Мельничук, А. В. Калініченко, І. В. Гриник ; під ред. В. П. Патики. Київ : «Світ». 2003. 424 с.

родючості ґрунтів, отримання екологічно безпечної продукції та сировини котра є важливим чинником здоров'я та довголіття людини.

По суті, це – збалансована система землеробства, що нагадує природну екосистему і базується на максимальному використанні біологічних факторів, підвищення родючості ґрунтів, агротехнічних та біологічних методів захисту рослин, які забезпечують екологічно, соціально та економічно доцільне виробництво сільськогосподарської продукції.

Україна має більш як сорокарічний досвід виробництва екологічно безпечної продукції рослинництва та тваринництва, відтворення родючості ґрунту. Це – ПП «Агроекологія» на Полтавщині, в Миргородському районі. Опираючись на ідеї, досвід і дослідження Василя Докучаєва, Володимира Вернадського, видатного аграрія Терентія Мальцева, засновник господарства Семен Свиридонович Антонець, Герой Соціалістичної Праці, Герой України, почесний академік НААН, вперше в новітній аграрній історії України створив унікальну модель системи органічного землеробства, філософським підґрунтям якої є концептуальні основи розвитку біосфери [90].

Вона базується на збереженні та примноженні родючості ґрунту, отриманні екологічно безпечної продукції та збереженні біосфери.

Лейтмотивом системи органічного землеробство є розуміння того, що глобальні проблеми екології вирішуються локально за рахунок розробки технологічних прийомів, які є сприятливими для існування біосфери (рис. 1).

Таким чином, основа філософії органічного землеробства Семена Антонця базується на створенні агроекосистем максимально наближених до природних формацій. Система враховує базовий принцип розвитку планети, оскільки виникнення життя на Землі було забезпечено двома глобальними процесами, які і зараз, і в майбутньому будуть підтримувати розвиток біосфери. До них належить фотосинтез і азотфіксація в усіх її проявах [92]. Саме регулюванню цих процесів найбільшою мірою і підпорядковане органічне землеробство.

Структура посівних площ та сівозміни на основі полікультури, забезпечує біорізноманіття у системі агробіоценозу. Агрономи визначають такий підхід як ефект агрофітоценології. В основу даної ідеї і практики покладено бажання і можливість включення в сівозміну максимально доцільної кількості культур, які формують оптимальні умови режиму живлення рослин та оптимізації фітосанітарного стану посівів [92].

Практично протягом усього вегетаційного періоду на полях господарства є квітучі рослини, які покращують умови існування місцевих корисних організмів (ентомофагів), що сприяє зменшенню кількості шкідників і пригнічує розвиток збудників хвороб рослин.

[92] Дегодюк Е. Г., Вітвіцька О. І., Дегодюк Т. С. Сучасні підходи до оптимізації мінерального живлення рослин в органічному землеробстві. *Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН»*. 2014. Вип. 1–2. С. 33–39.



Рис. 1. Модель системи органічного землеробства

Джерело: авторська розробка.

Нашими дослідженнями підтверджено зменшення чисельності ряду шкідників за рахунок природного регулювання впливу корисними організмами. Так, ураженість злакової попелиці афідіїдами в посівах ячменю ярого з підсівом еспарцету становила 46,8–54,2 %, тоді як в посівах цієї ж культури за інтенсивного землеробства де здебільшого вирощується 3–4 культури, не перевищувала 18,3 %.

Відсутність використання пестицидів, впровадження мілкого обробітку ґрунту та ботанічна різноманітність рослин за органічного землеробства стимулює збільшення видового складу та чисельності хижих турунів. Нами встановлено, що їх кількість на полях досліджуваних підприємств була на 20 % більша, ніж у посівах зернових колосових культур за інтенсивних технологій. Динамічна щільність хижих карбід залежно від видового складу і погодних умов за органічного землеробства перевищувала цей показник на полях з інтенсивною технологією на 32,6–51,2 %. У зв'язку з цим стає зрозумілим, чому кількість личинок дротяників і несправжніх дротяників перед сівбою кукурудзи і соняшнику, основними хижаками яких є хижі туруни, як

правило, не перевищувала економічних порогів шкідливості, які становлять 3–5 особин на 1 м^2.

За нашими дослідженнями про позитивний вплив органічного землеробства свідчать матеріали досліджень з визначення інтенсивності розвитку борошнистої роси на рослинах пшениці озимої і ячменю ярого, коли у фазі колосіння фактичні показники не перевищували порогової інтенсивності розвитку хвороби – 15–20 % ураженого листкового апарату рослин.

Таким чином, оптимізація фітосанітарного стану посівів за органічного землеробства у значній мірі базується на природному регулюванні впливу корисними організмами.

Чергування культур на основі плодозміни сприяє також значному зменшенню розвитку бур'янів.

Важливим елементом системи є використання сидеральних культур [93, 94, 95].

За нашими даними використання сидеральних культур та гною забезпечує оптимізацію живлення рослин та формування позитивного балансу гумусу за рахунок багаторічних бобових трав, сидератів, перегною та нетоварної частки врожаю. Загальний об'єм органіки, котра поступає в агробіоценоз досягає 24–26 т/га в розрахунку на сівозмінну площу. У якості сидератів використовуються еспарцет, вика яра, вико-вівсяна сумішка, гречка, редька олійна, гірчиця біла (табл. 1).

1. Агрохімічна характеристика рослин – сидератів, здійснена розрахунково-еквівалентним методом

Сидерат	Урожайність зеленої маси, ц/га	Накопичено в загальній біомасі поживних речовин, кг/га			Разом, кг/га	У туках, кг/га [1*]
		N	P_2O_5	K_2O		
Еспарцет	275	145	25	75	245	510,4
Вика яра	250	160	75	200	435	906,3
Вико-вівсяна суміш	275	120	35	80	235	489,6
Гірчиця біла	250	60	40	90	190	395,8
Редька олійна	450	85	65	245	395	822,9

Примітка: 1* – розрахунок кількості діючої речовини у туках проводився на основі їхнього вмісту у комплексному мінеральному добриві – нітроамофосці.

Джерело: авторські дослідження.

Матеріали таблиці 1 свідчать, що використання сидеральних культур (як органічних добрив) забезпечують накопичення значної кількості поживних речовин, які в подальшому використовуються сільськогосподарськими культурами.

[93] Довбан К. И. Зеленое удобрение в современном земледелии. Минск : Белорусская наука. 2009. 404 с.

[94] Технології поліпшення родючості ґрунту / І. Шувар, В. Гнидюк, О. Бунчак, В. Сендецький, О. Тимофійчук. *Зерно*. 2016. № 2 (119). С. 158–163

[95] Ремер Н. Органическое удобрения. Москва : АККОРИНФОРМИЗДАТ, 1995. 88 с.

Велику кількість органічних добрив у господарстві забезпечує галузь тваринництва, яка в рік виробляє понад 72 тис. т гною, відкриваючи перспективу дійсній гармонізації «взаємовідносин» між тваринництвом і рослинництвом.

Головною вимогою мілкого обробітку ґрунту є підрізання кореневої системи на глибині 4–5 см без видалення її з ґрунту. При цьому не руйнуються мікроканали, створені черв'яками та коренями, що розкладаються, формується вертикальна орієнтація пор аерації, зменшується щільність та покращуються водно-фізичні властивості ґрунту, а в поєднанні з багаторічними бобовими травами, ліквідується плужна підошва, проходить природне рихлення ґрунту.

У системі органічного землеробства розроблені прийоми максимального використання енергії Сонця за рахунок покриття рослинами ґрунту практично протягом усього вегетаційного періоду. Рослини основних культур, сидерати, сходи падалиці віко-вівсяної сумішки, злакових культур, постійно покривають ґрунт, що підвищує коефіцієнт використання падаючої енергії сонячної радіації за рахунок максимальної активності їхнього фотосинтетичного апарату [96].

Таким чином, практичне значення цієї тези у системі органічного землеробства сприяє максимальному використанню енергії Сонця для формування врожаю зерна і зеленої маси та підвищенню родючості ґрунту. Цей висновок підтверджує вислів Тімірязєва К. А. [97], що кожен сонячний промінь не вловлений зеленою поверхнею полів, луків і лісів – це назавжди втрачене багатство.

На нашу думку важливою для нас є й інше твердження класика фізіології: «Из не имеющих цены солнечного света и воздуха, посредством зеленого листа, растения производят имеющую ценность энергию». Використовуючи методики біоенергетичної оцінки сільськогосподарського виробництва [98] і наявні експериментальні матеріали ми визначили, що при вирощуванні вики ярої як сидерату, при урожайності її зеленої маси 250 ц/га, після мінералізації органічної речовини у ґрунті залишається: азоту (N) – 160 кг, фосфору (Р) – 75 кг, калію (К) – 200 кг. Така кількість макроелементів за рахунок фотосинтезу і азотфіксації утворюється за допомогою 1395 МДж енергії сонячної радіації. Для виробництва такої ж кількості діючої речовини макроелементів промисловим методом потрібно 16493 МДж енергії.

Отже, для вирощування наступних культур у сівозміні, надходження в ґрунт макроелементів за рахунок енергії сонячної радіації є менш енерговитратним, ніж використання енергії, отриманої промисловим шляхом (16493 МДж : 1395 МДж), у 11,8 раз.

---

[96] Віценя Л. М. Життя, що стало долею : худ.-документ. Оповідь. Полтава : «Дивосвіт», 2003. 232 с.

[97] Тимирязев К. А. Солнце, жизнь и хлорофилл : избранные работы. Москва : Сельхозиздат. 1956. 227 с.

[98] Біоенергетична оцінка сільськогосподарського виробництва ; за ред. Ю. О. Тараріко. Київ : Аграрна наука, 2005. 199 с.

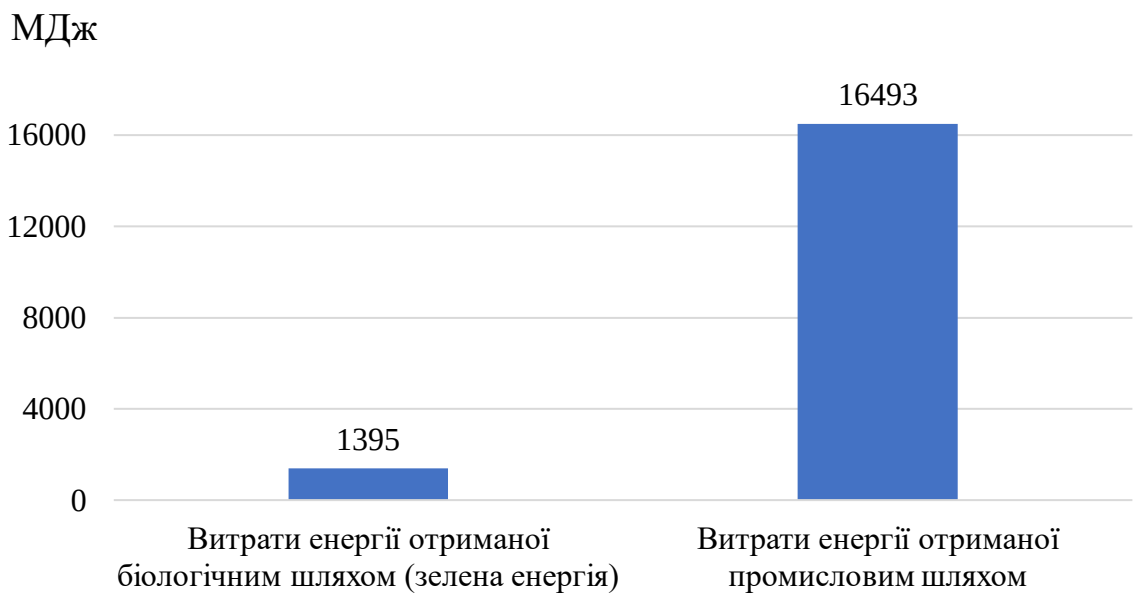


Рис. 2. Витрати енергії виробленої біологічним і промисловим шляхом для вирощування 70 ц/га зерна пшениці озимої

Джерело: авторські дослідження.

Важливою ланкою системи є також застосування екологічно безпечних агротехнічних заходів, котрі стримують розвиток шкідливих організмів за рахунок дотримання регламентів технологічних заходів та дії принципів агрофітоценології та алелопатії, сприяють оптимізації фітосанітарного стану посівів. На перший погляд це відомі істини землеробства, але в органічній системі кожен з цих напрямків наповнений новими заходами, спрямованими на створення екологічної ситуації, котра гальмує розвиток шкідливих організмів та сприяє отриманню потенціальної продуктивності культурних рослин без використання агрохімікатів.

Таким чином, оптимізація фітосанітарного стану посівів за органічного землеробства базується на урахуванні економічних порогів шкідливості шкідників, хвороб і бур'янів та особливостях технологій, притаманних цій системі, і може бути сформульована наступним чином:

– за рахунок внесення достатніх норм органічних добрив, вирощування багаторічних бобових трав та сидеральних культур забезпечується оптимальний режим живлення сільськогосподарських культур, що сприяє підвищенню їхньої конкурентоспроможності з бур'янами, та стійкості до пошкодження деякими шкідниками та збудниками хвороб;

– структура посівних площ, широке використання принципів агрофітоценології, що базуються на розширенні видового та сортового складу культурних рослин, відсутність використання пестицидів дозволяють підвищити ефективність природних ентомофагів та фунгістазис біоценозу, що дозволяє зменшити чисельність шкідників, а в ряді випадків і пригнічувати розвиток збудників хвороб;

– важливим чинником оптимізації фітосанітарного стану є використання ефекту алелопатії при вирощуванні сидератів та широкому впровадженні у землеробство принципів полікультури;

– поля господарства протягом всього вегетаційного періоду вкриті рослинами, які пригнічують ріст бур'янів;

– багаторічний мілкий обробіток ґрунту, на глибину до 5 см, у шарі з якого проростає більшість однорічних бур'янів, постійно зменшує їхню кількість, що сприяє очищенню поля від бур'янів;

– збирання більшості культур на зелений корм, силос, сінаж, або сіно у фазі укісної стиглості, а також заробка сидератів, сприяє знищенню бур'янів, які не встигають сформувати насіння, а також порушує життєвий цикл багатьох шкідників і хвороб кукурудзи (стебловий метелик, кореневі та стеблові гнилі), люцерни, еспарцету, хрестоцвітих (капустяних) культур тощо.

– оскільки забур'яненість посівів становить найбільшу загрозу для просапних культур, у господарстві єдиним попередником для них є пшениця озима, яка вирощується, як правило, після багаторічних трав, зайнятих або сидеральних парів, що мають високу ефективність в очищенні полів від бур'янів;

– дотримання регламентів всіх технологічних заходів в ході вирощування сільськогосподарських культур підвищують їхню ефективність в очищенні від бур'янів, що також стримує чисельність бур'янів на межі їхніх економічних порогів шкідливості, а також зменшують пошкодження рослин багатьма шкідниками та хворобами;

– зменшення чисельності багатьох листогризучих шкідників, а також інтенсивності розвитку захворювань забезпечує обробка рослин мікробіологічними препаратами;

– технологія переробки гною дозволяє максимально очистити перепрілий гній від насіння бур'янів і перериває кругообіг бур'янів у господарстві;

– зменшенню забур'яненості посівів сприяє використання ґрунтообробних агрегатів, які відповідають технологічним вимогам органічного землеробства з якості роботи та знищення бур'янів.

Застосування органічної системи землеробства збільшує рівень захисту ґрунту від ерозії, який базується на двох основних принципах – мілкому обробітку ґрунту та постійному покриттю ґрунту рослинами та їх рештками.

Поряд з відомими прийомами збереження ґрунту [93, 99] на підприємстві використовують ряд нових заходів, що гармонійно входять до технологій вирощування польових культур. Це й широке використання багаторічних трав, мілкий обробіток ґрунту, наявність рослинного

[99] Федоров М. М., Ходаківська О. В., Корчинська С. Г. Розвиток органічного виробництва ; під ред. М. М. Федорова, О. В. Ходаківської. Київ : ННЦ ІАЕ. 2011. 146 с.

покриття ґрунту протягом вегетаційного періоду, сівба впоперек схилів, залишення на полі стерні після збирання технічних культур та валків пшениці озимої по стерні впоперек схилу на зиму, залуження ерозійно небезпечних ділянок.

За роки застосування органічного землеробства, під впливом чинників системи, вміст гумусу, головного показника родючості ґрунту та ефективності технологій, на полях підприємства зріс на 0,53–1,57 %. Особливо відчутний процес землетворення на еродованих землях, урожайність котрих за цей період практично досягла показників на рівнинних полях.

При цьому неможливо переоцінити у підвищенні родючості ґрунту роль дощового черв'яка. Саме його потрібно вважати великим творцем ґрунтового багатства. Він творець легкозасвоюваних поживних сполук із органіки. Прокладаючи багатокілометрові ходи в ґрунті, черв'яки розпушують його і збагачують своїми виділеннями – копролітами (до 100 і більше т/га). У екологічно цілісному ґрунті його ходи лишаються не зруйнованими протягом трьох років; прориті ним ходи та мікроканали забезпечують циркуляцію у зоні кореневої системи вологи і повітря, створюючи оптимальні умови для життєдіяльності культурних рослин [100].

«Тож знімемо капелюха перед звичайним черв'яком». Ці пророчі слова Дарвіна Ч. , як ніколи актуальні для органічного землеробства. Як би парадоксально це не звучало, однак наше благополуччя на цій Землі значною мірою залежить від черв'яків.

У зв'язку з цим проведені нами обліки чисельності дощових черв'яків показали, що їх чисельність за системи органічного землеробства досягала 37,3 особини на метр квадратний, тоді як за інтенсивної системи цей показник становив 5,3 особин.

Таким чином, за органічного землеробства чисельність дощових черв'яків значно вища, що може свідчити на користь їх для підвищення родючості ґрунту за цієї системи.

Важливою умовою ведення господарства за системою органічного землеробства є наявність високорозвиненого тваринництва. У ПП «Агроекологія» це сучасна галузь, яка дозволяє переробляти вирощенні на власних полях зерно й кормові культури на цінний кінцевий продукт – молоко й м'ясо, що підвищує економічну ефективність господарювання. Загалом підприємство має понад шість тисяч голів великої рогатої худоби української червоно-рябої та м'ясної абердин-ангуської порід.

Оскільки корів годують екологічно чистими кормами, молоко має високі показники якості, сертифікованого як сировина для виробництва молочної продукції дитячого харчування.

[100] Дощові черв'яки – архітектори родючих ґрунтів. Київ : Дослідний інститут органічного сільського господарства (FIBL), 2016. 8 с.

Отже, ПП «Агроекологія» – це підприємство з особливою системою ведення сільськогосподарського виробництва, де впровадження органічної системи землеробства сприяє вирішенню агрономічних, тваринницьких, економічних, соціальних та інших проблем і забезпечує сталий розвиток підприємства.

У ПП «Агроекології» Україна має унікальний успішний досвід довгострокового органічного виробництва, котрий доводить, що система органічного землеробства на фоні поліпшення родючості ґрунту дозволяє вирощувати врожаї на рівні інтенсивних технологій, але найголовніше – отримувати екологічно безпечну для здоров'я людей продукцію, доводить, що кожен може вирішувати глобальну екологічну проблему збереження планети локально у себе у господарстві.

«Поставте на перше місце Людину – тоді у нас буде й органічне землеробство і процвітаюча здорова держава» – кредо і суть філософії органічного землеробства. «Дорогою майбутнього, землеробством XXI століття» називають органічне виробництво вчені, котрі працюють у цьому напрямку, тому створена у підприємстві модель органічного землеробства входить яскравою сторінкою в новітню історію України і світу, і є вищим рівнем модернізації суспільства, спрямованої на добробут і сталий розвиток цивілізації.

Вирішити проблему широкого впровадження органічного землеробства у виробництво посильно нинішньому поколінню українців. Є унікальний досвід, є наукові розробки, потрібно бажання і рішучі дії лідерів нації. Ця проблема повинна бути поставлена в ранг державної програми і тоді виграють всі: держава, нація, нинішнє і майбутні покоління українців.

1.8. Гречка як важливий складник екологоорієнтованих підходів до збереження і розвитку агроекосистем

Тригуб О. В.[1], Ляшенко В. В.[2], Чайка Т. О.[3]
[1]Устимівська дослідна станція рослинництва Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН
[2]Полтавський державний аграрний університет
[3]Полтавське відділення академії наук технологічної кібернетики України

Протягом усієї історії людства його діяльність була направлена на пристосування чи створення умов для забезпечення себе більш комфортними (а часто і необхідними для виживання) параметрами середовища життя. Така діяльність неможлива без перетворення природних складників умов існування людини. В сільському господарстві діяльність такого напрямку приводила до створення

агроекосистем (агробіоценозів). Під сільськогосподарською екологічною системою (агроекосистемою) розуміють природний комплекс, змінений (трансформований) сільськогосподарською діяльністю людини. Агроекосистема (агробіогеоценоз) – це сукупність біогенних та абіогенних компонентів на певному відрізку агроландшафту, які взаємодіють між собою. Отже, агроекосистема є несталою системою агроценопопуляцій культивованих рослин на оброблюваних ґрунтах із певним складом, структурою й режимом, які підтримуються і регулюються людиною [101]. Основним елементом агроекосистеми є культурні рослини, вирощування яких проводиться задля отримання урожаю. На сьогодні, агроекосистемами у світі зайняті великі площі: рілля, плантації, сади і засіяні луки тощо до 19 млн км^2, пасовища та природні луки – 26,6 млн км^2, що разом із лісовими угрупуваннями, які використовують для отримання їжі та кормів складає до 32 % площі суходолу Землі [102]. На початкових етапах освоєння природних територій людина, задавала функції кожній з ділянок території, формуючи функціональне (з екологічних позицій) використання земель. При цьому, в більшості, продовольчі культури висівались на ділянках рельєфу крутизною до 3–5^o, фуражні культури до 5–7^o, а території на крутих схилах понад 7^o використовувалися як сіножаті і пасовища. Таким чином, дотримуючись певного співвідношення сільськогосподарських угідь, людина штучно окреслювала екотоп, як свій так і інших типів організмів, в формованій нею новій екосистемі [103]. В подальшому (а особливо останнім часом) людина все більший вплив спричиняє на існуючі природні (збережені) екосистеми, перетворюючи їх в агроценози, які порівняно з природними ценозами вирізняються значним спрощенням будови та функціонування. При цьому часто нівелюється саме поняття повноцінності системи, так як значна увага приділяється одному складнику – культурі, що дає урожай цільової продукції. Система втрачає головну ознаку – здатність до автономного (хоча б обмеженого) самофункціонування і потребує все більшого втручання із зовні, як фактор регулювання внутрішньо системних перетворень. Як приклад, необхідність реакції на збільшення в посівах специфічних шкідників і переважання певного видового складу бур’янів, постійне стимулювання росту рослин внесенням більшої кількості добрив (через втрату засвоювання, в зв’язку зі зміною хімічного складу ґрунтів) тощо.

Природно, що людина як ініціатор створення агроекосистеми має вплив на її функціонування та перетворення, але такий ріст впливу негативно впливає на інші складники ценозу. При цьому, починається

[101] Польовий А. М. Формування та функціонування агроекосистем : конспект лекцій. Одеса : Одеський ДЕУ, 2017. 121 с.

[102] Малимон С. С. Основи екології : підручник. Вінниця : Нова книга, 2009. 240 с.

[103] Сонько С. П. Агроекосистема як екологічна ніша людини. *Збірник наукових праць Уманського ДАУ. Сер. Агрономія.* 2009. Вип. 71. Ч. 1. С. 188–199.

вплив складників чи процесів не лише на саму агросистему, а й на довкілля загалом. На жаль останнім часом значно нівелюється поняття екологічності системи – якість, що відображує здатність не наносити шкоду оточуючій природі [104]. Це поняття охоплює не лише суто екологічні аспекти, а й включає правильні підходи до формування і функціонування самої агроекосистеми та її складників. Для прикладу, ринкова економіка спонукає сьогодні до впровадження надінтенсивних технологій, які можуть бути запитані вітчизняними виробниками і допоможуть їм швидко збагатитися, але за умови свідомого руйнування стійкості біосфери. Ще якихось 15–20 років тому польові сівозміни мали 9–12 полів, при цьому обов'язковим було застосування чистого пару. Сьогодні мова вже не йде про чистий пар, а сівозміни названо «короткоротаційними», тобто повна ротація проходить за 4–5 років при переважанні інтенсивних просапних культур [103, 105].

Наявне протиріччя між бажанням нагодувати людство і зберегти стійкість та різноманіття біосфери, закономірно замикається на аграрній науці, а актуальність його набуває дедалі більшого значення. Одним із шляхів вирішення такого питання є правильність самих підходів до формування агроекосистем, які б не знижували їх віддачу (кількість та якість отримуваної продукції), але створювали більш сприятливі умови для екологічної безпеки функціонування системи. Як перший етап доцільно розглянути розширення переліку культур, які вирощуються на полях, надання переваги тим із них, що не поступаючись отриманому прибутку із гектара покращують екологічну складову сільськогосподарського виробництва. До екологічно орієнтованих культур належить і гречка. Це культура, в силу свої біологічних особливостей та господарських характеристик, здатна забезпечити прибутковість виробництва та покращити його екологічне середовище.

Цінність гречки забезпечується її неперевершеними особливостями, як сільськогосподарської культури – попередника, покращувача ґрунту, безпестицидної технології вирощування, так і отримуваної від вирощування сировини – зерна (для переробки на крупу), джерела біологічно активних речовин, меду, безвідходної технології переробки (табл. 1). Незважаючи на всі позитивні якості, нині гречка є нішевою культурою – вирощується за остаточним принципом. Дещо в підходах до вітчизняного гречаного виробництва може змінити державна підтримка для виробників гречки – компенсація за кожний задіяний у виробництві гречки гектар [106, 107]. Позитивно впливають і нові сорти, які володіють

---

[104] Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року : Закон України від 28.02.2019 р. № 2697-VIII. URL : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text (дата звернення : 16.12.2021 р.).

[105] Горшков В. Г. Физические и биологические основы устойчивости жизни / отв. ред. К. С. Лосев. Москва : ВИНИТИ, 1995. 470 с.

[106] Ходорова І. Шукати виходи. *Агро$гроші*. 2013. № 1. С. 10–11.

[107] Виробники нішевих агрокультур отримають 50 мільйонів держкомпенсації. URL : https://www.epravda.com.ua/news/2021/08/5/676611/ (дата звернення: 16.12.2021 р.).

потенціалом понад 2,5–3,0 т/га і здатні його реалізовувати у контрастних умовах середовища [108].

Щодо перспективності гречкового виробництва необхідно відзначити цінність, як культури в сівозміні агроекосистеми. Гречка має короткий вегетаційний період, який у сучасних сортів при звичайних умовах вирощування не перевищує 75–80 діб [109]. Посів пізній – кінець квітня – початок травня, що дозволяє правильно розподілити посівні виробничі потужності, а також в передпосівний період в повному обсязі провести боротьбу з бур'янами, як досить ефективний метод не лише в поточному, а й наступних декілька років.

1. Дослідження застосування особливостей та унікальних властивостей культури гречки

Галузь	Особливості й унікальні властивості гречки
Сільське господарство	- маючи короткий вегетаційний період дозволяє правильно розподілити посівні виробничі потужності та в передпосівний період в повному обсязі провести боротьбу з бур'янами; - при вирощуванні широкорядним способом є добрим конкурентом бур'янам, а при широкорядному способі – сприятливі умови для міжрядного обробітку для механічного методу боротьби з останніми; - повністю виключається необхідність застосування гербіцидів, як через високу чутливість до їх складників самої культури, так і через наявність механічних способів боротьби з бур'янами; - є парозаймаючою культурою й гарним попередником для озимих (через короткий вегетаційний період і можливість раннього звільнення поля перед посівом наступника); - після гречки ґрунт залишається вільним від бур'янів та пухким; - здатна несимбіотичним шляхом фіксувати азот бактеріями *Azospirillum bacter* у ризосфері коріння, що сприяє кращому живленню рослин, які висівають після неї; - пожнивні рештки гречки містять значну кількість нітрогену і фосфору, що сприяє підвищенню родючості ґрунту; - кореневі виділення рослини сприяють покращенню засвоєння елементів живлення рослин наступника; - протягом вегетації в ґрунт виділяє комплекс органічних кислот, які перетворюють недоступні для використання сполуки у придатні для споживання та знижують необхідність в удобрені наступної в сівозміні культури; - вирощування гречки у пожнивних та поукісних посівах, як захід збільшення віддачі гектара поля в районах північного Лісостепу та Полісся; - гречка є визнаним сидератом, сприяє оструктурюванню й удобренню ґрунту цілим комплексом незамінних макро- і мікроелементів, які знаходяться в легкодоступній для рослин формі; - не вимагає застосування хімічного захисту від шкідників (за виключенням років їх посиленого розвитку) та хвороб при дотриманні елементарних правил технології вирощування.

[108] Рарок А. В. Удосконалення окремих елементів технології вирощування гречки в умовах Лісостепу Західного : дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.09. Кам'янець-Подільський, 2019. 249 с.

[109] Алексеева Е. С., Елагин И. Н., Билоножко В. Я., Кващук Е. С., Малина М. М., Рарок В. А. Технология возделывания гречихи. Культура гречихи. Ч. 3. Каменец-Подольский : Издательство Мошак М. И., 2005. 504 с.

Галузь	Особливості й унікальні властивості гречки
Бджільництво	- біля 50 % товарного меду отримувалося саме з гречаних посівів; - надбавка урожаю від бджолозапилення складає 26–30 %; - існує прямий кореляційний зв'язок між чистою продуктивністю фотосинтезу і нектаропродуктивністю, нектаропродуктивністю і кількістю квіток на рослині, відвідуванням квіток бджолами, кількістю виповнених плодів та масою 1000 зерен; - гречка є джерелом харчування окрім медоносних бджіл для великої кількості комах (біля 170 видів), в тому числі і корисних – запилювачів, фітофагів та ентомофагів, що позитивно впливає на урожайність гречки та культур наступних циклів культивування (підвищуючи зернову продуктивність рослини), так і підвищує загальну чисельність корисних комах, що зберігає стабільність сусідніх (в т.ч. природних) ценозів.
Харчова промисловість	- гречана крупа містить: 12–18 % білка, 2–4 % жиру, 10–16 % клітковини, 70–85 % крохмалю; амінокислоти (аргінін, лізин, цистеїн та ін. з оптимальним співвідношенням триптофану, лізину і метіоніну); мінеральні елементи (залізо, фосфор, кальцій, калій, натрій, магній), органічні кислоти (лимонну, яблучну, щавлеву), вітаміни Р, B_1, B_c, РР та B_2; - гречана крупа має антиоксидантні властивості завдяки підвищеному вмісту жиророзчинного вітаміну Е, фенольним сполукам; - гречку визначено як харчовий і дієтичний продукт завдяки вмісту значної кількості флавоноїдів: рутину, кверцетину, катехіну, орієнтину, вітексину, ізовітексину, ізоорієнтину; - деякі сорти містять підвищений вміст флавоноїдів (антоціанів) інтенсивного червоного кольору (пеларгонідин) – джерело природного (нативного) харчового барвника.
Переробна промисловість (безвідходність)	- відходи круп'яного виробництва (дрібне зерно, висівки, борошняний пил) використовуючись при веденні тваринництва та птахівництва, сприяють підвищенню їх м'ясної продуктивності, несучості у курей тощо; - гречана солома (у вигляді січки чи трав'яного борошна) є добрим кормом для тварин; - зелена маса рослин гречки добре компонується при силосуванні з іншими культурами; - солома гречки є добрим субстратом для вирощування грибів; - солома та лузга є перспективною сировиною для формування агро-пелет з теплотворною здатністю незначно нижче за деревину та значно більше за солому; має низьку зольність і при спалюванні не змінює баланс двоокису азоту в атмосфері; - попіл від спалювання цієї сировини є добривом зі значним вмістом макро- та мікроелементів, сприяє активізації зростання й розвитку культур протягом тривалого часу, підвищує їх життєстійкість та посилює імунітет, пришвидшує розкладання ґрунтових органічних сполук на окремі компоненти, покращує структуру ґрунту, збільшує його водо- й повітропроникність.
Фармацевтична промисловість	- всі частини рослини є неперевершеним джерелом біологічно активних речовин, що входять до лікувальних чаїв, настоянок, компонентів мазів, присипок тощо; - листя рослин разом з бутонами та першими квітами застосовують як джерело рутину (вітаміну Р); - лузга є джерелом трипсиногенів – комплексних лікувальних препаратів, а також як наповнювач лікувальних матраців і подушок, виготовлення радіопоглинаючих пресованих плит.

Джерело: авторська розробка.

Гречка культура, яку можна вирощувати як звичайним так і широкорядним способом, орієнтуючись при цьому на забур'яненість полів [109]. При першому, гречка сама буде добрим конкурентом бур'янам, а при другому – складаються умови для міжрядних обробітків, як механічного методу боротьби з останніми. На гречці повністю

виключається необхідність застосування гербіцидів, як через високу чутливість до їх складників самої культури, так і через наявність механічних способів боротьби з бур'янами. Гречку можна розглядати як парозаймаючу культуру і гарний попередник для озимих (через короткий вегетаційний період і можливість раннього звільнення поля перед посівом наступника). Поле після гречки залишається вільним від бур'янів та пухким, що забезпечується розгалуженою кореневою системою, особливо у посівному шарі [109]. Крім того гречка здатна несимбіотичним шляхом фіксувати азот бактеріями *Azospirillum bacter* у ризосфері коріння, що сприяє кращому живленню рослин, які висівають після неї. Пожнивні рештки гречки містять значну кількість нітрогену і фосфору, що сприяє підвищенню родючості ґрунту [110]. Кореневі виділення рослини також сприяють покращенню засвоєння елементів живлення рослин наступника. Протягом вегетації рослина в ґрунт виділяє комплекс органічних кислот, які перетворюють недоступні для використання сполуки у придатні для споживання та знижують необхідність в удобрені наступної в сівозміні культури [111].

Особливої уваги заслуговує питання вирощування гречки у пожнивних та поукісних посівах, як захід збільшення віддачі гектара поля. Завдяки короткому вегетаційному періоду (60–100 діб, а для сучасних сортів 70–80 діб) [112], на всій території України складаються сприятливі погодно-кліматичні умови для культивування гречки після попередників раннього строку збирання. Для отримання зернової продукції при пожнивному вирощуванні гречки посів повинен бути проведений не пізніше III декади липня. Основною перепоною при цьому може бути лише нестача вологи. Враховуючи стійку тенденцію до аридизації клімату та, як наслідок, поступового витіснення посівів гречки із зони Степу і південного Лісостепу в північний Лісостеп і Полісся, на цій території відзначається достатня зволоженість ґрунту та відсутність повітряної посухи в період пожнивного чи поукісного посіву [113]. В період цвітіння та достигання таких посівів в районах Лісостепу та Полісся складають досить сприятливі умови за температурним режимом. Значна робота була проведена також вченими селекціонерами для адаптації існуючого сортименту для використання в таких умовах. Вирішувалося завдання скорочення у рослин періоду «сходи–цвітіння», а також більш компактне і дружне цвітіння та достигання. Виробництву вже запропоновані сорти із коротким вегетаційним періодом (до 70 діб)

---

[110] Алексеєва О. С., Тараненко Л. К., Малина М. М. Генетика, селекція і насінництво гречки. Київ : Вища школа, 2004. 213 с.

[111] Гречка – шлях до гарного настрою! URL : http://www.unifer.de/ua/publikazii/grechka-shlyah-do-garnogo-nastroyu (дата звернення: 16.12.2021 р.).

[112] Алексеева Е. С., Елагин И. Н., Тараненко Л. К., Бочкарёва Л. П., Малина М. М., Рарок В. А., Яцишин О. Л. История культуры, ботанические и биологические особенности. Культура гречихи. Ч. 1. Каменец-Подольский : Идательство Мошак М. И., 2005. 504 с.

[113] Несмачна М. В. Створення та оцінювання вихідного матеріалу гречки для повторних посівів в умовах північно-східного Лісостепу України : дис. … канд. с.-г. наук : 06.01.05. Суми, 2019. 249 с.

та компактним (дружним) типом достигання і потенціалом урожайності до 2,0 т/га. Це сорти детермінантного типу та сорти з рослинами із обмеженим (контрольованим) типом росту [113, 114].

Культура гречки є визнаним сидератом, який при посіві біля 100 кг/га за умови застосування тетраплоїдних сортів здатна сформувати до 85–100 т/га органічної речовини [115]. Згідно даних Алексеєвої О. С., за умови утворення 20 т/га зеленої маси гречки на гектарі, забезпечує збагачення ґрунту аналогічно внесенню 0,6 т/га сульфату амонію, 0,28 т/га суперфосфату та 0,36 т/га хлористого калію. Заробка листостеблової маси в ґрунт сприяє удобренню його цілим комплексом незамінних макро- і мікроелементів, при цьому всі речовини знаходяться в легкодоступній для рослин формі. Внесення сидерату сприяє оструктурюванню ґрунту [112]. Зелена маса гречки повністю деструктується до весни і не заважає проведенню польових робіт в цей період. Додатково потрібно відзначити, що посів сидерату не заважає вирощуванню інших культур, так як проводиться після збирання врожаю за схемою пожнивних та поукісних посівів. Тривалості вегетаційного періоду гречки (50–55 діб) достатньо щоб сформувати необхідну кількість біомаси [115]. Для посіву гречки як сидерату, в більшості регіонів України, достатньо і тепла, і вологи (необхідна сума активних температур – понад 1300 °С і до 200 мм опадів) [112].

Гречка не вимагає застосування хімічного захисту, за виключенням років, коли відзначається значне посилення розвитку шкідників. При дотриманні елементарних правил технології вирощування, на більшості території України не спостерігається значної (економічно обґрунтованої) шкоди від пошкодження посівів гречки шкідниками. Загалом гречкою можуть живитися понад 20 видів комах. До основних пошкоджувачів належать специфічні шкідники: гречкова блоха і комарик, гречковий довгоносик і гречкова попелиця [110, 116]. Але пошкодження ними спостерігається лише при недотриманні технології вирощування – значному зрідженні посівів та при посіві в надранні строки (низькі температури, розтягнутість та ослабленість сходів) [117]. У боротьбі зі шкідниками найкращі заходи – знищення бур'янів (як проміжного джерела харчування) і дотримання правильної агротехніки [116]. У виробництві також доцільно використовувати сортовий матеріал із підвищеними параметрами стійкості до пошкодження шкідниками: наявністю кутикули, воскового нальоту на листках, опушеності рослин тощо [110].

Щодо хвороб, то часто помилково вважається, що гречка не уражується хворобами, але недобір врожаю від захворювання може складати до 35 % зерна, а в деяких випадках і до повного знищення.

---

[114] Страхоліс І. М. Результати, перспективи і проблеми селекції гречки на детермінантність. *Селекція і насінництво.* 2001. № 85. С. 29–37.

[115] Тригуб О. В., Заїка Є. В., Каражбей П. П. Тетраплоїдна гречка як сидеральна культура в органічному землеробстві. *Землеробство*. 2018. № 1. С. 51–54.

[116] Алексеєва О. С. Гречка. Київ : Урожай, 1976. 136 с.

[117] Аверчев О. В. Хвороби та шкідники культури гречки : навч. посіб. Херсон : Грінь Д. С., 2011. 268 с.

Шкодочинність виявлених у гречки хвороб різна і залежить в основному від факторів середовища: вологості та температури ґрунту і повітря. Найбільше ураження зафіксовано сірою гниллю, попелюхою, фузаріозом, аскохітозом, фітофторозом, мозаїкою листків та ін. [110]. Але поріг шкодочинності від захворювання спостерігається лише при грубому порушенні технології вирощування. В першу чергу, це попередники: ураження після озимих зернових у 2–3 рази менше, ніж після картоплі. Для сірої гнилі більш сприятливі умови складаються при надранніх строках посівів (холодна погода), а також при перезволоженні. Недопустиме вирощування гречки на полях зі значним проявом цієї хвороби у минулому році (збудники залишаються на рештках рослин). Щодо фузаріозного ураження, то воно може відбуватися протягом всієї вегетації, але заходи уникнення ураження і розповсюдження хвороби такі ж як і попередньої – уникнення повторних посівів, а також здоровий посівний матеріал [118]. Для зменшення ураження мозаїкою листя необхідним заходом є боротьба із розповсюджувачем – попелицею [119]. Тобто, головні засоби боротьби із захворюванням агротехнічні, а не хімічні, що робить вирощування гречки екологічно безпечним, а її продукцію – екологічно чистою.

Сучасні агроекосистеми – це складні за характером взаємодії утворення, важливу роль в яких відіграють не лише основні складники (в даному випадку рослини як виробники основної продукції), а й цілий комплекс чинників, що забезпечують правильне і повноцінне їх функціонування. Другорядні, на перший погляд, складники можуть мати не менше значення ніж головні або доповнювати отримувані результати, збільшуючи кількість корисної продукції з одиниці площі та прибутковість агроекосистеми. Гречка ентомофільна культура, необхідною умовою отримання зернового врожаю, якої є повноцінне запилення, що в повній мірі може забезпечити лише ведення бджільництва. Необхідно враховувати, що в Україні основою кормової бази бджільництва є медоносні сільськогосподарські культури, нектарозапас яких становить 59–87 % від загального обсягу регіону [120]. Серед вирощуваних сільськогосподарських культур гречка є одним з найкращих медоносів. До недавнього часу, в Україні біля 50 % товарного меду отримувалося саме з гречаних посівів [121]. Повноцінно гречка починає квітнути на 35–40 день після сходів, цвітіння відбувається у ранніх сортів 25–30 діб, у середніх і пізніх до 50 діб [112, 116]. З гектару

---

[118] Шевчук В. К. Хвороби гречки та заходи обмеження їх розвитку. Кам'янець-Подільський, 2004. 62 с.

[119] Шевчук В., Гіголошвілі А., Юрчишин Л. Особливості стійкості світової колекції гречки *Fagopyrum esculentum* Moench. до збудника бактеріозу Pseudomonas syringae Van Hall. *Вісник Львівського університету*. *Сер. Біологічна.* 2018. № 52. С. 179–184.

[120] Киришко С., Сосницька Я. Бджільництво України: сучасний стан та перспективи розвитку. *Суспільно географічні чинники розвитку територій* : Інтернет-конференція. URL : https://konfgeolutsk.wordpress.com/2020/04/03/бджільництво-україни-сучасний-стан (дата звернення: 16.12.2021 р.).

[121] Алексеева Е. С. Эффективные методы создания сортов гречихи. *Селекция и семеноводство,* 1972. № 6. С. 57–60.

посіву можна отримати 70–80 кг, а за сприятливих умов до 90–100 кг меду [122, 123]. Для ефективного запилення гречки досить мати на 1 га посіву дві сім'ї бджіл. Надбавка урожаю від бджолозапилення складає 26–30 % [111]. Для повноцінного існування бджільництва потрібно створювати медоносні конвеєри, основними ланками якого служать вже існуючі джерела медозбору відповідної місцевості, які склалися незалежно від потреб бджільництва, зокрема, планові посіви гречки, ріпаку озимого, соняшнику, сади, лучні і лісові медоноси. При цьому гречка може стати основою при підборі медоносних рослин на перспективу і дасть можливість організувати безперебійний медоносний конвеєр і постійне постачання корму для бджіл [124]. Селекція гречки останніх років має позитивний вплив на вирішення питання збільшення медозборів. Дослідниками встановлено пряму кореляцію між чистою продуктивністю фотосинтезу і нектаропродуктивністю (r=0,81±0,07), нектаропродуктивністю і кількістю квіток на рослині (r=0,87±0,96), відвідуванням квіток бджолами, кількістю виповнених плодів та масою 1000 зерен [125]. Це дозволяє більш повноцінно вести селекцію за ознакою медоносності рослин і впровадити до виробництва сорти гречки Єлена, Зеленоквіткова 90, Вікторія, як еталони за цією ознакою [110].

Гречка, як медоносна культура, є джерелом харчування окрім медоносних бджіл для великої кількості комах, в тому числі і корисних – запилювачів, фітофагів та ентомофагів. Гречка порівняно молода культура землеробства нашої зони. Формування агроценозу гречкового поля проходило протягом більш короткого проміжку часу, ніж інших культур. Крім того, близьких родичів (представників родини Гречкових), які могли бути донорами фітофагів на території України у неї мало. Тому комплекс комах на гречковому полі формувався в основному за рахунок видів полі фітофагів і тих, які знайшли собі їжу на квітах гречки. Даними ряду досліджень встановлено наявність в посівах гречки біля 170 видів комах, з перевагою тих що харчуються на квітах. Перша група – це комахи-запилювачі: бджола медоносна, мухи-дзюрчали, дикі бджоли та джмелі. Друга – сонечка, золотоочки, м'якотілки, які є ентомофагами, а нектар і пилок для них є додатковим джерелом харчування. При цьому ентомофаги, як корисні складники «комахового соціуму», складають 12 видів і до 22 % від загальної кількості видового складу комах. Склад комах гречкового поля динамічний як протягом доби, що обумовлено погодними чинниками і виділення нектару рослинами, так і протягом вегетаційного періоду з

[122] Бурдига В., Рарок В. Нектаропродуктивність сортів гречки колекції світового генофонду Роду Fagopyrum Mill. *Світовий досвід у галузі бджільництва та перспективи розвитку в Україні.* 2018. С. 20–21.

[123] Найкращі медоноси України. URL : http://api-svit.kiev.ua/statiya/naykrassh-medonosi-ukra-ni (дата звернення: 16.12.2021 р.).

[124] Недашківський В. М. Теоретичне і практичне обґрунтування використання у годівлі бджіл часткових замінників вуглеводного і білкового корму : дис. … доктора с.-г. наук : 06.02.02. Біла Церква, 2021. 296 с.

[125] Копелькиевский Г. В. Результаты исследования по селекции, биологии и агротехнике гречихи. Воронеж, 1963. 46 с.

максимумом під час масового цвітіння і скороченням разом із відцвітанням рослин. Таким чином, агроценоз гречкового поля є основою для формування широкого видового складу комах, який, що особливо цінно, складається не лише із запилювачів, а і з ентомофагів (сонечок, сирфід, афідіїд, браконід, золоточок) [126, 127]. Це справляє позитивний вплив як на урожайність гречки та культур наступних циклів культивування (підвищуючи зернову продуктивність рослини), так і підвищує загальну чисельність корисних комах, що в кінцевому підсумку зберігає стабільність сусідніх (в т.ч. природних) ценозів.

Надважливо вирішуючи питання комбінування культур при створенні агроекосистеми, звертати уваги на прибутковість їх ведення, як один із головних чинників привабливості таких формувань. При цьому економічну ефективність функціонування агроценозів правильно розраховувати в комплексі: прямий прибуток від основного врожаю + вартість і цінність отримуваної побічної продукції + подальший ефект для системи від кожного складника. Безумовно, вирощування гречки сьогодні проводиться в основному для отримання зерна, як сировини для виробництва гречаної крупи – сировини української національної страви гречаної каші. Гречана крупа, як продукт харчування, не даремно користується таким попитом серед населення нашої країни. Це не лише надзвичайні смакові якості, а цілий комплекс корисних властивостей для людського організму, визначений складом зерна (12–18 % білка, 2–4 % жиру, 10–16 % клітковини, 70–85 % крохмалю) та наявністю в складі білків амінокислот – аргініну, лізину, цистеїну та ін. (з оптимальним співвідношенням триптофану, лізину і метіоніну), значної кількості мінеральних елементів (заліза, фосфору, кальцію, калію, натрію, магнію), органічних кислот (лимонної, яблучної, щавлевої), вітамінів Р, B_1, B_c, РР та B_2 [112, 128].

Дослідження останніх років вказують на перспективність подальшого використання гречки та продуктів її переробки як сировини для створення функціональних продуктів [129] – які, крім основного завдання – харчування, впливають на психологічний або фізіологічий стан людини; можуть знижувати рівень холестерину, зміцнювати імунну систему, відновлювати мікробіологічний баланс травної системи, мають протизапальну функцію. Їх у США і Великій Британії також називають пробіотичними або нутрицевтичними продуктами [130]. Такого статусу продуктам із гречки надають антиоксидантні властивості їх складників.

---

[126] Наумкин В. П., Лысенко Н. Н. Энтомогенез гречихи посевной в условия Орловской области. *Земледелие*. 2014. № 6. С. 41–44.

[127] Куликов Н. И., Наумкин В. П. Насекомые на посевах гречихи. *Пчеловодство*. 2018. URL : https://beejournal.ru/medonosnaya-baza-i-opylenie/3146-nasekomye-na-posevakh-grechikhi (дата звернення: 16.12.2021 р.).

[128] Дубініна А. А., Попова Т. М., Ленерг С. О., Гершун Г. С. Товарознавча оцінка круп із гречки і проса різних сортів : монографія. Харків : ХДУХТ, 2021. 111 с.

[129] Неборская Н. Г. Разработка технологии кулинарной продукции из микронизированных продуктов гречневой и пшенной круп : дисс. … канд. техн. наук : 05.18.15. Новосибирск, 2009. 149 с.

[130] Функціональні харчові продукти. URL : https://uk.wikipedia.org/wiki/Функціональні-харчові-продукти (дата звернення: 16.12.2021 р.).

Завдяки значному вмісту жиру гречана крупа відрізняється підвищеним вмістом жиророзчинного вітаміну Е – головного представника групи антиоксидантів. Природними антиоксидантами є також фенольні сполуки [131]. Гречку визначено як харчовий і дієтичний продукт у багатьох країнах світу, оскільки вона містить значну кількість флавоноїдів: рутину, кверцетину, катехіну, орієнтину, вітексину, ізовітексину, ізоорієнтину [132, 133]. Флавоноїди відомі своєю ефективністю в зниженні рівня холестерину в крові, збереженні міцності капілярів і артерій, запобігають високому кров'яному тиску [134]. Вони мають антибактеріальну, протигрибкову, протизапальну дію, беруть участь у фізіологічних реакціях в організмі [135, 136]. Результати досліджень, проведених в університеті Манітоба (Канада) свідчать про значний вміст у гречці антиоксидантів флавоноїдів, які є ефективними інгібіторами ліпопротеїдів низької щільності, що спричиняють розвиток захворювань серцево-судинної системи [137]. Найбільш знаний флавоноїд рутин, вміст якого у зерні різних сортів гречки може коливатись від 4,0 до 9,0 мг/% [112]. Перспективним класом біологічно активних мінорних компонентів їжі є фітостерини, які подібні до тваринного холестерину, та мають стероїдну природу і знижують концентрацію загального холестерину і ліпопротеїдів малої щільності в крові. Вони можуть зупинити атеросклеротичний процес [138].

Одним із головних пріоритетів при впровадженні гречки до сучасних агроценозів є безвідходність її технології виробництва та різностороннє використання, що необхідно враховувати при підрахунку економічної ефективності гречаного виробництва. Відходи круп'яного виробництва (дрібне зерно, висівки, борошняний пил) використовуючись при веденні тваринництва та птахівництва, сприяють підвищенню їх м'ясної продуктивності, несучості у курей тощо. Добрим кормом для тварин є також гречана солома (у вигляді січки чи трав'яного борошна) яка містить 4,2 % білка і має кормову цінність – 0,5 корм. одиниці. Зелена маса рослин гречки добре компонується при силосуванні з іншими культурами та сприяє кращому їх перетворенню і консервуванню через наявність в ній

---

[131] Мягчилов А. В. Флавоноиды растений Fagopyrum sagittatum Gilib. (гречихи посевной) и серпухи венценосной (Serratula coronata L.) (методы выделения, идентификация веществ, перспективы использования) : дисс. … канд. биол. наук : 03.02.14. Владивосток, 2014. 110 с.

[132] Arai Y., Watanabe S., Kimura M., Shimoi K., Mochizuki R., Kinae N. Dietary intakes of flavonols, flavones and isoflavones by Japanese women and the inverse correlation between quercetin intake and plasma LDL cholesterol concentration. *The Journal of Nutrition*. 2000. Vol. 130. P. 2243–2250. doi: 10.1093/jn/130.9.2243

[133] Park C. H., Kim Y. B., Choi Y. S., Heo K., Kim S. L., Lee K. C., Chang K. J., Lee H. B. Rutin content in food, products processed-from groats, leaves and-flowers of buckwheat. *Fagopyrum.* 2000. Vol. 17. P. 63–66.

[134] Кривченкова М. В., Клышинская Е. В., Ильиных М. А., Бутова С. Н. Растительные флавоноиды как функциональные добавки в косметических и пищевых продуктах. *Вестник Российской академии естественных наук*. 2012. № 3. С. 47–51.

[135] Kreft S., Knapp M., Kreft I. Extraction of rutin from buckwheat seeds and determination by capillary electrophoresis. *Journal of. Agricultural Food Chemical*. 1999. Vol. 47. P. 4649–4652.

[136] Wang H.-K. The therapeutic potential of flavonoids. *Expert Opinion on Investigation Drugs*. 2000. Vol. 9. P. 2103–2119.

[137] Cambell C. Rutin and antioxidant activity in buckwheat. *Faculty of pharmacy university of Manitoba*. 2004. P. 4.

[138] Piironen V., Lindsay D. G., Miettinen T. A., Toivo J., Lampi A.-M. Plant sterols: biosynthesis, biological function and their importance to human nutrition. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 2000. Vol. 80. P. 939–966.

комплексу органічних кислот. Солома також є добрим субстратом для вирощування грибів [110].

Добре дослідженим напрямком використання гречки (особливо за кордоном) є застосування її у фармацевтичній промисловості та народній медицині. Неперевершеним джерелом біологічно активних речовин є майже всі частини рослини гречки. Вони складники лікувальних чаїв, настоянок, компонентів мазів, присипок тощо. Листя рослин гречки разом з бутонами та першими квітами застосовують як джерело рутину (вітаміну Р), який впливає на поліпшення серцево-судинної системи, при нефритах, мігрені та ін. захворюваннях. Лузга із гречки є джерелом трипсиногенів – комплексних лікувальних препаратів, а також як наповнювач лікувальних матраців і подушок, виготовлення радіопоглинаючих пресованих плит [110]. Солома, а в деяких сортів і вся рослина, містять підвищений вміст флавоноїдів (антоціанів) інтенсивного червоного кольору (пеларгонідин) – джерело природного (нативного) харчового барвника. В деяких спеціалізованих сортів (наприклад сорту Рубра) вміст барвникових речовин складає 3,87–4,41 мг/100 г сухої речовини [139, 140].

Гречкова солома та лузга є перспективною сировиною для формування агро-пелет (паливних гранул з сировини рослинного походження, зазвичай сільгоспкультур чи відходів сільгосппереробки). За енергетичним потенціалом цей вид сировини несуттєво поступається деревині, маючи теплотворну здатність на рівні до 16 МДж/кг. Крім того солома є високовідводним джерелом енергії оскільки при спалюванні не змінює баланс двоокису азоту в атмосфері. При визріванні агрокультура споживає стільки ж вуглекислого газу, скільки здатна виділити при спалюванні. Лузга гречки за теплотворністю перевищує солому (до 21 МДж/кг), при цьому має низьку зольність біля 0,72 % [141]. Попіл від спалювання цієї сировини є добривом зі значним вмістом макро- та мікроелементів, сприяє активізації зростання й розвитку культур протягом тривалого часу, підвищує їх життєстійкість та посилює імунітет, що допомагає рослинам протидіяти грибковим і бактеріальним захворюванням, пришвидшує розкладання ґрунтових органічних сполук на окремі компоненти, які перетворюються на легкодоступні для рослин елементи живлення, покращує структуру ґрунту, збільшує його водо- й повітропроникність [142].

Як висновок можна відзначити, що гречка як високорентабельна та безвідходна культура у виробництві, повинна мати чільне місце при

---

[139] Алексеева Е. С. Селекция подольских сортов гречихи. Черновцы : Рута, 1999. 120 с.

[140] Мичко С. Щоб була у нас гречка, а не суперечка. URL : https://umoloda.kyiv.ua/number/1732/160/61275/ (дата звернення: 16.12.2021 р.).

[141] Паливні пелети: характеристики та види. URL : https://galmet.com.ua/yak-tse-pratsyuye/palyvni-pelety-harakterystyky-ta-vydy.html (дата звернення: 16.12.2021 р.).

[142] Деревний попіл як мінеральне добриво. *Agro story*. URL : https://agrostory.com/ua/info-centre/fans/drevesnaya-zola-v-kachestve-mineralnogo-udobreniya/ (дата звернення: 15.02.2022 р.).

створенні або поліпшенні існуючих агроекосистем. На сьогодні за врожайністю вона поступається надприбутковим кукурудзі, соняшнику чи сої, але вирощування її дозволяє отримати прибуток порівнюваний із виробництвом зерна пшениці озимої і значно перевищує більшість зернових та бобових культур. Особливо це актуально за правильного підходу до технології вирощування, створення інфраструктури для переробки основної та додаткової продукції гречаного виробництва. Гречка завдяки своїм непересічним властивостям є фундаментом екологізації виробництва – сама є чутливою до пестицидного забруднення і створює умови для поліпшення інсектицидно-гербіцидного фону агроценозу: дозволяє ефективно боротися з бур'янами і не вимагає застосування захисту від шкідників та хвороб. А такий продукт гречкосіяння як мед гречаний є візитною карткою України за свої унікальні характеристики та із побічної продукції може мати статус основної. Доцільно відзначити, що гречка винна стати обов'язковим складником агроценозів ще й по причині унікальної дії на ценоз природних утворень, що межують із полями. Вона сприяє відновленню такого абсолютно необхідного складниками ланцюга живої природи, як комахи, даючи харчування для великої кількості їх видів та убезпечуючи від знищення в результаті застосування засобів захисту рослин.

1.9. Екологізація вирощування помідорів у приватному секторі методами органічного землеробства

Чайка Т. О.[1], Бараболя О. В.[2], Крикунова В. Ю.[2], Лотиш І. І.[3]
[1]Полтавське відділення академії наук технологічної кібернетики України
[2]Полтавський державний аграрний університет
[3]ВСП «Аграрно-економічний фаховий коледж Полтавського державного аграрного університету»

Помідор – найпоширеніша культура в багатьох країнах світу та займають провідне місце серед овочевих культур і в Україні. Серед овочевих культур у структурі посівних площ в Україні помідор займає перше місце (15,8 %), забезпечуючи найбільший обсяги вирощування – 20,7 %. Їх використовують для споживання свіжими населенням та для переробки.

Посівні площі томатів у 2020 р. в Україні становили 16,1 % всієї площі овочевих культур (74,9 тис. га), тоді як у 2000 р. вони складали 20,6 % (107 тис. га). При цьому обсяг вирощених томатів у 2020 р. збільшився відносно 2000 р. майже вдвічі – з 1126,6 тис. га до 2250,3 тис. га (томатів відкритого ґрунту відповідно – з 1020 тис. га до 2020,9 га). Отже, зменшення посівних площ томатів не вплинуло на їх виробництво,

що пов’язано з використанням гібридів помідора, які є високоврожайними, високотоварними, стійкими до комплексу найбільш поширених хвороб і шкідників, та інтенсивним методам їх вирощування. Так, їх урожайність у 2020 р. становила 300,1 ц/га [143], що у 2,8 рази більше від показника 2000 р.

За даними Державної служби статистики України видно, що динаміка вирощування помідорів у господарствах населення теж має відповідну динаміку у 2020 р. відносно 2000 р.: зменшення посівних площ на 13,7 %, збільшення урожайності в 2 рази, зростання виробництва помідорів у 1,8 рази.

Також доцільно відзначити показники вирощування томатів у Полтавській області (табл. 1), на долю якої приходиться до 5,7 % вирощування помідорів від загального обсягу в України та до 5 % площ, з яких їх зібрано. При цьому урожайність помідорів по області у 2020 р. майже на 13 % нижче від загальної, тоді як у 2000 р. вона відставала на 48 %.

1. Аналіз вирощування та виробництва помідорів в Україні та Полтавській області

Показники	2000 р.	2010 р.	2015 р.	2018 р.	2019 р.	2020 р.
1. Площа, з якої зібрано помідори, тис. га						
Україна	107	83,6	75,4	73,1	72,9	74,9
Полтавська обл.	5,1	3,8	4,4	4,7	4,8	4,9
Питома вага показника Полтавської області в загальному обсязі, %	4,8	4,5	5,8	6,4	6,6	6,5
2. Виробництво помідорів, тис. т						
Україна	1126,6	1824,7	2274,4	2324,1	2224,4	2250,3
Полтавська обл.	27,6	81,2	104,4	108,3	124,6	128
Питома вага показника Полтавської області в загальному обсязі, %	2,4	4,5	4,6	4,7	5,6	5,7
3. Урожайність помідорів, ц/га						
Україна	105,3	218,2	301,5	316,5	304	300,1
Полтавська обл.	54,4	213,2	235,6	229,4	260,5	261,3
Питома вага показника Полтавської області в загальному обсязі, %	51,7	97,7	78,1	72,5	85,7	87,1

Джерело: побудовано за [143].

Однак при цьому на безпечність помідорів, які користуються достатньо високим попитом у населення (особливо в літній сезон) для безпосереднього споживання та консервування, виробники не звертають уваги. Для них прибутки є важливіші, ніж безпечність продуктів харчування, здоров’є споживачів і зменшення забруднення

[143] Рослинництво України : стат. зб. / за ред. О. Прокопенка. Київ : Держстат, 2020. 183 с.

навколишнього середовища [144, 145].

Відомо, що екологічні фактори постійно впливають на людину, що проявляється у рівні здоров'я, схильності до алергічних реакцій, рівні імунітету [146]. Оскільки овочі сьогодні продаються весь рік, то їх споживання таїть у собі небезпеку для здоров'я (хоча це може одразу й не проявитися) через перевищення в них вмісту нітратів і нітритів. Для вирощування тепличних овочів вигідніше користуватися азотними добривами та іншими стимуляторами росту, щоб отримати більш високі врожаї, ніж користуватися методами органічного землеробства. До того ж споживачі не завжди готові купувати екологічно безпечні овочі за ціною, що у 3–4 рази перевищує ціну звичайних [147].

Отже, населення може в деякій мірі потурбуватися про себе в першу чергу, особливо сільські мешканці та власники присадибних ділянок, вирощуючи овочі та ті ж самі помідори за методами органічного землеробства. Додатково це сприятиме розвитку органічного виробництва та ринку органічної продукції для задоволення потреб нинішнього покоління з урахуванням інтересів майбутніх поколінь [148].

Отримання якісної та безпечної овочевої продукції за органічної системи землеробства в межах окремих домоволодінь залежить від багатьох чинників, в тому числі зберігання, доз та способів внесення органічних добрив, компостів і попелу й потребує постійного контролю [149]. Оскільки за дослідженнями агроландшафтів у різних регіонах України з метою токсикологічної оцінки овочевої продукції було виявлено, що в умовах окремих домогосподарств сільських населених пунктів овочева продукція була забруднена важкими металами, однак відсутній вміст нітратів [150].

Вирощування помідорів за органічної системи землеробства проводилося у поточному 2021 р. в умовах с. Зачепилівка (Новосанжарський район Полтавської області). Домінуючими в межах села типами ґрунтів є чорноземи типові середньогумусні, чорноземи намиті, лучно-чорноземні та лучні ґрунти переважно середньо- та

---

[144] Сіренко Н. М., Чайка Т. О. Органічні продукти харчування у забезпеченні продовольчої безпеки України. *Економіка АПК.* 2012. № 1. С. 43–48.

[145] Сіренко Н. М., Чайка Т. О. Перспективи розвитку органічного сільськогосподарського виробництва в Україні. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2011. № 1. С. 20–27.

[146] Валещук Б. Екологічні проблеми ранньої овочевої продукції. *Екологія і природокористування в системі оптимізації відносин природи і суспільства* : матеріали ІІ міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції (19–20 березня 2015 р., м. Тернопіль). 2015. С. 38.

[147] Вдовенко Н. Перспективи виробництва екологічно чистої продукції на Україні: погляд на проблему. *Культура безпеки, екології та здоров'я*. 2011. № 10. С. 30–33.

[148] Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції : Закон України від 10.07.2018 № 2496-VIII. *Відомості Верховної Ради (ВВР)*. 2018. № 36, ст. 275. URL : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2496-19#Text.

[149] Чайка Т. О. Екологічні наслідки традиційного сільського господарства. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2013. № 3. С. 95–99. doi: 10.31210/visnyk2013.03.18

[150] Шкарівська Л. І., Давидюк Г. В., Клименко І. І., Довбаш Н. І. Токискологічна оцінка якості овочевої продукції за вирощування в межах сельбищних територій. *Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і справедливого продажу якісної органічної продукції* : матеріали Х міжнародної науково-практичної конференції (12 вересня 2019 р., м. Вінниця). 2019. С. 117–120.

важкосуглинкові. Ґрунтоутворюючими породами є переважно ліси та лісовидні суглинки. Чорноземи повнопрофільні відносяться до найбільш родючих земель і перебувають переважно під садибною забудовою та садово-городніми ділянками.

За тривалістю вегетаційного періоду сорти помідорів поділяються на ранньостиглі (100–105 днів від появи сходів до достигання перших плодів), середньоранні (105–110 днів), середньостиглі (111–115), середньоранні (116–120) і пізньостиглі (понад 120 днів) [151]. Для посадки нами використовувалися чотири сорти помідорів (ранньостиглі та пізньостиглі), що мають наступні сортові характеристики (табл. 2):

2. Сортова характеристика помідорів

Характеристика сорту	Етюд	Лада	Титан	Астероїд
Тип сорту	індетермінант-ний	індетермінант-ний	детермінант-ний	детермінантний
Кущ	високорослий, слабооблист-нений	високорослий, слабооблист-нений	компактний	компактний, середньооблист-нений
Висота куща, см	н/д	до 180 см	50–60	50–65
Маса плоду, г	180–200	до 350	80–120	160–200
Колір плоду	червоний			
Форма плоду	плоскоокруглі, багатокамерні	плоскоокруглі, слаборебристі	округлі	плескато-округлі, слаборебристі
Група стиглості	ранньостиг-лий	ранньостиг-лий	пізньостиглий	ранньостиглий
Урожайність	30–33 кг/м^2	15 кг/м^2	30 кг/м^2	6 кг/м^2
Умови вирощування	в усіх видах захищеного ґрунту, у відкритому ґрунті	відкритий ґрунт	відкритий ґрунт, тунелі, плівкові теплиці	відкритий ґрунт

Джерело: побудовано автором.

Для покращення посівних якостей насіння помідорів (проростанні та схожість [152 , 153]), стимуляції ростових процесів, підвищення стресостійкості рослин [154], знезараження насіння від хвороботворних

[151] Перепадченко Т. О., Бараболя О. В. Кліматичні умови вирощування томатів в Україні. *Матеріали студенської наукової конференції Полтавської державної аграрної академії.* Том ІІ (13 травня 2021 р.). Полтава : РВВ ПДАА. С. 57–59.

[152] Кондратьева Н. П., Духтанова Н. В., Краснолуцкая М. Г., Литвинова В. М., Большин Р. Г. Компактная светодиодная ультрафиолетовая облучательная установка для предпосевной обработки семян хвойных растений. *Вестник ВИЭСХ*. 2017. № 2 (27). С. 62–69.

[153] Rupiasih N. N., Vidyasagar P. B. Effect of UV-C radiation and hypergravity on germination, growth and content chlorophyll of wheat seedlings. *AIP Conference Proceedings.* 2016. Vol. 1719 (1). P. 030035–030035.6. doi: 10.1063/1.4943730

[154] Викулов С. В., Нечаева Ю. В. Влияние предпосевного облучения семян ультрафиолетом на стрессовоустойчивость проростков кукурузы. *Вестник ТГУ*. 2005. Т. 10. Вып. 1. С. 20–21.

мікроорганізмів [155], що підвищує якість продукції та її врожайність [156, 157, 158] нами було здійснено передпосівну обробку насіння УФ-опромінення лампою типу ZW20D15W потужністю 20 Вт [159]. Насіння розкладали в один шар на сітці з діаметром комірок 2 мм та опромінювали одночасно зверху і знизу. Відстань від ламп до сітки з насінням становила 25 см. Змінюючи час опромінення та відстань до УФ-джерела, створювали необхідну дозу опромінення. Враховуючи досвід використання УФ-С опромінення для стимулювання насіння моркви [160], пшениці озимої [161], оптимальною була визнана доза 200 Дж/м^2.

Насіння помідорів висаджувалося у торфоперегнійні горщики, що забезпечує високу економічну ефективність (плоди збираються на 20–30 днів раніше) та забезпечує найкраще зберігається кореневої системи розсади при її пересаджуванні разом з горщиком, де вона була вирощена. Ця розсада краще приживається, не затримується в рості і забезпечує одержання раннього і високого врожаю. Крім того, розсада, яка вирощена в торфоперегнійних горщечках, стійкіша до тимчасових весняних заморозків, які легше переносить [162].

Дотримуючись вимог органічного землеробства до грунтосуміші в горщики було додано 20 % Біогумусу ВЕРМІКОН ™ від загальної маси. Він сертифікований до вирощування органічної продукції та є екологічно чистим органічним натуральним добривом, яке представляє собою повністю перероблену червоними каліфорнійськими хробаками суміш з гною великої рогатої худоби.

Склад грунтосуміші для виготовлення горщиків був наступний: торф 60 % + Біогумус 20 % + дернова земля 20 %.

Помідор характеризується високою вимогливістю до тепла. Мінімальна температура проростання насіння 12–15 ^{0}C, оптимальна – 25–28, максимальна – 44 ^{0}C. Оптимальна температура для росту і розвитку рослини в наступних фазах залежно від інтенсивності освітлення й інших факторів та сорту в межах 22–29 ^{0}C. При температурі 8 ^{0}C вони припиняють ріст, а при 15 ^{0}C не цвітуть. Сумарна

---

[155] Araújo S. de S., Paparella S., Dondi D., Bentivoglio A., Carbonera D., Balestrazzi A. Advantages and challenges in seed technology. *Frontiers in Plant Science.* 2016. Vol. 7: 646. doi: 10.3389/fpls.2016.00646

[156] Neelamegam R., Sutha T. UV-C irradiation effect on Seed germination, seedling growth and productivity of groundnut (Arachis hypogaea L.). *Intternational Journal of Current Microbiology and Applied Sciences.* 2015. № 4 (8). P. 430–443.

[157] Rajendiran K., Thiruvarasan K., Vijayalakshmi R. In vitro seed germination and growth of three varieties of black gram after ultraviolet-B radiation. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*. 2016. Vol. 4 (1). P. 117–129. doi: 10.3126/ijasbt.v4i1.14718

[158] Sugimoto K. Seed germination under UV-B irradiation. *Bull. Minamikyushu University*. 2013. Vol. 43. A: 1–9.

[159] Semenov A., Kozhushko G., Bala L. No ozone germicidal lamp for plants photochemical and photo biological action. *Technological audit and production reserves.* 2015. Vol. 4/1 (24). P. 4–7. doi: 10.15587/2312-8372.2015.46953

[160] Короткова І. В., Семенов А. О., Маренич М. М., Сахно Т. В. Використання агрономічного потенціалу УФ-С випромінювання для підвищення передпосівних якостей насіння моркви. *Вісник аграрної науки Причорномор'я.* 2019. Вип. 1 (101). С. 47–52. doi: 10.31521/2313-092X

[161] Semenov A., Korotkova I., Sakhno T., Marenych M., Hanhur V., Liashenko V., Kaminsky V.. Effect of UV-C radiation on basic indices of growth process of winter wheat (*Triticum aestivum L.*) seeds in pre-sowing treatment. *Acta agriculturae Slovenica.* 2020. 116/1. P. 49–58. doi: 10.14720/aas.2020.116.1.1563

[162] Стецишин П. О., Пиндус В. В., Рекуненко В. В. Основи органічного виробництва. ; вид. 2-ге, змін. і доп. Вінниця : Нова книга, 2011. 552 с.

середньодобова температура понад 15 ^{0}С за вегетацію для нормального достигання плодів повинна бути не менша 1350^0 (тобто не менше 90 днів із середньодобовою температурою повітря 15 ^{0}С) [163].

Отже, у відкритий ґрунт для найкращого приживання розсади помідорів було збережено кореневу систему та дотримано відповідних природно-кліматичних умов. Наприкінці травня температура повітря вдень піднімалася до +25 ^{0}С, а вночі – від +10 ^{0}С, що є оптимальною температурою для росту і розвитку рослини [161].

Враховуючи те, що весна 2021 р. була достатньо прохолодною і травень очікувався не жаркий, то з метою підвищення холодостійкості розсади помідорів було здійснено її загартування за наступною схемою [164]:

1. Вранці виносили на 1–2 години в сонячну погоду, при температурі не нижче 15 ^{0}С два дні.
2. На третій день час перебування збільшували до 4–5 годин, але під навісом, щоб післяобіднє сонце не спалило ніжні листи.
3. На 5–6 день укриття не використовували, але стежили, щоб температура повітря не опускалася нижче 13 ^{0}С.
4. Через тиждень переносили горщики з помідорами на місце, де вони будуть рости постійно, а загартовування відбувалося вже протягом усього світлового дня.
5. Коли нічна температура не опускалася нижче 10 ^{0}С, залишали розсаду помідорів на вулиці, на цілу добу.
6. Через тиждень загортовування розсади в горщиках на місці висадки рослини виглядали здоровими, не зупинялися в рості, стали міцнішими, їх висадили в грунт.

Під час вибирання розсади вибраковувалися уражені хворобами, пошкоджені механічно, відсталі в рості чи з пошкодженою верхівкою брунькою рослини. До посадки обиралася міцна розсада з добре розвиненою листковою поверхнею. Горщечкова розсада ранніх помідорів мала 1–2 квіткові китиці з добре розвинутими бутонами і поодинокими квітками, а розсада скоростиглих сортів масових строків садіння – одну квіткову китицю.

Значну увагу при висаджуванні помідорів методами органічного землеробства було приділено сівозміні, яка представляє собою економічно й агротехнічно обґрунтоване чергування культур, що забезпечує підвищення родючості ґрунту та врожайності [165]. Система чергування культур у часі і просторі – обов’язкова умова правильних сівозмін. Вона забезпечує краще використання рослинами родючості ґрунту, запобігає розвитку специфічних для рослин хвороб і шкідників.

---

[163] Шаповал Т. І., Бараболя О. В. Вплив сортових особливостей помідор на способи переробки. *Матеріали студенської наукової конференції Полтавської державної аграрної академії* . Том ІІ (13 травня 2021 р.). Полтава : РВВ ПДАА. С. 59–61.

[164] Чайка Т. О., Бараболя О. В., Перепадченко Т. О., Шаповал Т. І. Вирощування помідорів методами органічного землеробства у приватному секторі в умовах Лісостепу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2021. № 3. С. 74–81. doi: 10.31210/visnyk2021.03.09

[165] Писаренко П. В., Чайка Т.О. Ефективна сівозміна в органічному землеробстві: сутність, правила та принципи. *Дім. Сад. Город.* 2015. № 6. С. 10–11.



Рис. 1. Загартовування розсади помідорів на місці посадки у приватному секторі

Джерело: авторське фото.

Правильно розроблена сівозміна повинна відповідати таким вимогам [163]:

- підвищувати родючості ґрунту, а на цій підставі – і врожайність овочевих культур;
- мати таке чергування, коли провідні овочеві культури розміщуються після кращих у біологічному відношенні попередників.

Найкращими у біологічному відношенні попередниками для помідорів є огірки, цибуля, капуста, що й було враховано нами при посадці. Також розсаду помідорів розмістили на відстані від картоплі, щоб зменшити загрозу перезараження фітофторозом.

Низькорослі сорти (Титан, Астероїд) висаджували широкорядним способом з відстанню між рядками 60 см, у рядках – 30–40 см. Глибина висаджування – на 2–5 см глибше горщечка. Коли рослина була дещо витягнута, її висаджували похило. При цьому зелені листки не присипалися ґрунтом, оскільки вони швидко пошкоджуються грибковими хворобами і є джерелом інфекції. Більш високорослі сорти помідора (Етюд, Лада) розміщували за схемою 50×60 см. Садіння відбувалося в хмарну погоду або в другій половині дня, коли температура повітря знижувалася і у кожну ямку поливали (до 0,5 л води, оскільки ґрунт був достатньо вологим). Після висаджування рослин ямки мульчували шаром сухого ґрунту 2–3 см, що зменшує випаровування вологи і створює сприятливі умови для приживання рослин. Через 5–7 днів на місцях загиблих рослин підсаджували нові, а міжряддя розпушували.

У період вегетації догляд за рослинами полягав у систематичному розпушуванні міжрядь, виполюванні бур’янів у рядках і поливах (рис. 2).

Рослини помідора поливалися зрідка, враховуючи достатню кількість дощів на початку літа, але великою кількістю води (40–50 л/м^2), щоб не створювати підвищеної вологості повітря і запобігати поширенню грибкових хвороб.

За типом росту та галуження розрізняють три види куща: звичайний (індетермінантний), штамбовий і детермінантний [166]. Звичайний кущ – високорослий, розгалужений, з великою кількістю пагонів, заввишки від 2 до 8 м і більше. Після утворення плодів стебло вилягає. Тому для помідорів була застосована колова культура (рис. 3). Ріст куща починався з центральної бруньки і завершиться восени при настанні несприятливих умов. Міжвузля у них довгі – до 15–20 см і більше. Китиці сформувалися через 2–3 листки.



Рис. 2. Догляд за помідорами за методами органічного землеробства у приватному секторі



Рис. 3. Колова культура для помідора сорту Етюд у приватному секторі

Джерело: авторські фото.

У детермінантних сортів Титан і Астероїд стебло низькорослe, закінчується суцвіттям. Ріст його продовжується завдяки розвитку бокового пагона з пазушної бруньки і так далі. Висота куща – від 50 до 65 см. Галуження добре. Міжвузля у них середньої довжини (7–15 см). Суцвіття формуються переважно через два листки. Оскільки сорт Титан характеризується високою врожайністю, то для нього теж використовувалася колова культура з метою запобігання обламування пагонів.

[166] Барабаш О. Ю., Тараненко Л. К., Сич З. Д. Біологічні основи овочівництва : навч. посіб. Київ: Арістей, 2005. 350 с.

На початку серпня нами зроблені заміри біометричних показників помідорів за умов органічного землеробства (табл. 3) [162].

3. Біометричні показники рослин помідорів, вирощених методами органічного землеробства у приватному секторі

Показник	Сорт			
	Етюд	Лада	Титан	Астероїд
Висота куща, см	86	153	109	78
Висота стебла, см	60	120	82	58
Товщина стебла біля кореневої шийки, мм	6	5	6	5
Маса стебла, г	174	223	190	171
Довжина листка, см	12	9	11	9
Ширина листка, см	5,5	3,5	6	5
Довжина кореню, см	25	33	27	20
Маса кореню, г	116	149	118	107

Джерело: авторські дослідження.

Найбільшою висотою головного стебла характеризуються рослини помідорів ранньостиглого сорту Лада, що відповідає їх сортовим особливостям. Також достатність вологи сприяла тому, що висота кущів помідорів ранньостиглого сорту Астероїд і пізньостиглого сорту Титан перевищують їх сортові характеристики (табл. 2) приблизно на 20 і 13 см відповідно.

Стебла товстіше як у помідора пізньостиглого сорту Титан, так і ранньостиглого сорту Етюд.

За масою стебел найбільшими є ранньостиглий сорт помідора Лада, вагою 223 г, і пізньостиглий сорт Титан, що на 33 г легше. Тоді як ранньостиглі сорти Етюд і Астероїд мають незначні розходження у 3 г.

Найбільшу довжину листка мають помідори сортів Етюд і Титан (12 і 11 см відповідно), тоді як помідори сортів Лада й Астероїд мають однакову довжину листка у 9 см. При цьому найбільш широкі листки у помідорів сортів Етюд, Титан і Астероїд. Листки помідора ранньостиглого сорту Лада є найменшими в межах 3,5 см.

За довжиною та масою коренів помідорів отримуємо відповідність до висоти куща – чим вищий кущ, тим довший і важчий його корінь. Отже, найбільший корінь має помідор ранньостиглого сорту Лада з його найбільшою вагою – 33 см і 149 г. Тоді як помідор ранньостиглого сорту Етюд і пізньостиглого сорту Титан мають майже відповідні показники кореня. Помідор ранньостиглого сорту Астероїд за найменшою висоти куща має найменші показники довжини та ваги кореня – 20 см і 107 г відповідно.

Для визначення потенційної врожайності помідорів різних сортів за умов органічного землеробства нами були зроблені заміри плодів (табл. 4) [162].

За наведеними даними видно, що найбільшу кількість плодів помідорів має ранньостиглий сорт Етюд, однак вони є невеличкими за діаметром і вагою. Відповідного діаметру, але більшої ваги на 9,6 %, має помідор пізньостиглого сорту Титан. При цьому кількість плодів в нього

майже вдвічі менша. Помідор ранньостиглого сорту Астероїд характеризується найменшою кількістю плодів та їх розмірами, тоді як помідор ранньостиглого сорту Лада має на 40 % більше плодів від нього, а їх розміри є найбільшими серед інших сортів.

4. Показники плодів помідорів, вирощених методами органічного землеробства у приватному секторі

Показник	Сорт			
	Етюд	Лада	Титан	Астероїд
Кількість плодів на кущі, шт.	35	7	18	5
Діаметр плоду, см	19	31	19	18
Вага плоду, г	94	387	103	67

Джерело: авторські дослідження.

Доцільно зауважити, що помідори потребують проведення заходів проти колорадського жука та фітофторозу. В умовах органічного землеробства рекомендується проти колорадського жука застосовувати бітоксибацилін (20–30 г на 10 л води) в період відродження личинок і повторно через 5–7 днів [167].

Для захисту помідорів від фітофторозу можна використовувати: знезараження насіння 1 % розчином перманганату калію протягом 20 хв.; обприскування рослин 0,1 % розчином мідного купоросу або 1 % розчином бордоської рідини. Першу обробку проводять через 12–15 днів після висаджування розсади, наступні – за необхідності через 13–15 днів. Обприскування також проводять екстрактом часнику (на 10 л води 0,5 кг подрібненого часнику), або настоянкою (30 г подрібненого часнику на 10 л води), яку витримують протягом доби [168].

Оскільки нами обрано сорти помідорів, які стійкі до хвороб, дотримується сівозміна та поруч вирощуються цибуля і перець (подалі від картоплі, як джерела колорадського жука), необхідності у вищезазначених заходах їх захисту не було.

Таким чином, можна дійти висновку, що найбільш придатними та врожайними для вирощування за методами органічного землеробства в приватному секторі в умовах Лісостепу України є наступні помідори: ранньостиглі сорти Лада й Етюд, пізньостиглий сорт Титан. Сорт Лада дозволяє отримати помідори високих смакових якостей для споживання свіжими та усіх видів переробки. Помідори сорту Етюд мають гарні властивості для зберігання протягом 3–4 тижнів і збирається кистями. Помідори пізньостиглого сорту Титан придатні для споживання свіжими та можуть бути використані для консервування і переробки.

[167] Писаренко В. М., Писаренко П. В., Пономаренко С. В., Шаповал В. Ф. Органічне землеробство для приватного сектора. Полтава, 2017. 140 с.

[168] Органічне землеробство: з досвіду ПП «Агроекологія» Шишацького району Полтавської області. Практичні рекомендації / С. С. Антонець, А. С. Антонець, В. М. Писаренко та ін. Полтава : РВВ ПДАА, 2010. 200 с.

1.10. Органічне аграрне виробництво у забезпеченні сталого розвитку України

Чиж В. І., Харченко В. А.
Черкаський державний технологічний університет

Вирішення проблем економічного, екологічного та соціального характеру, що притаманні сучасності, здійснюється на основі концепції сталого розвитку. Сталий розвиток, за визначенням Всесвітньої комісії Організації Об'єднаних Націй із навколишнього середовища та розвитку, є сукупністю дій, які задовольняють потреби нинішнього покоління і не ставлять під загрозу можливість майбутніх поколінь задовольнити їхні власні потреби. Такий підхід розглядає стратегію сталого розвитку як передумову довгострокового прогресу й існування людства. який має сприяти збільшенню капіталу та поліпшенню екологічних умов. Реалізація концепції передбачає досягнення визначених цілей сталого розвитку, однією з яких є подолання голоду, досягнення продовольчої безпеки, поліпшення харчування і сприяння сталому розвитку сільського господарства. Стратегія сталого розвитку аграрного виробництва передбачає існування оптимального балансу між економічною, соціальною й екологічною сферами, забезпечує оптимальне поєднання аграрних та природних екосистем. Також, слід зазначити, що в Україні сільське господарство відіграє суттєву роль у підтримці сталого розвитку багатьох сільських територій. Саме тому набуває актуальності необхідність переосмислення ролі економічних та екологічних пріоритетів, де перевага має віддаватися екологічно безпечному розвитку аграрного виробництва [169].

Аграрне виробництво двоїсто пов'язане з навколишнім середовищем. З одного боку, сільське господарство є споживачем природних ресурсів, основними з яких є земля і вода. При цьому, у процесі сільськогосподарської діяльності шляхом використання природних ресурсів здійснюється виробництво різних продуктів харчування і сировини для промислової переробки. З іншого боку, сільськогосподарська діяльність негативно впливає на довкілля шляхом нераціонального використання природних ресурсів та їх деградації, й забруднення навколишнього середовища відходами і викидами, що утворюються в процесі такої діяльності. Інтенсифікація аграрного виробництва призвела до забруднення довкілля, негативних змін у ланцюгах екосистем, погіршення стану здоров'я людей.

Тому наразі активно здійснюється пошук альтернативних методів ведення сільського господарства (табл. 1).

[169] Шубравська О. В. Сталий економічний розвиток: поняття і напрям досліджень. *Економіка України*. 2005. № 1. С. 36–42.

1. Характеристика існуючих альтернативних методів ведення сільського господарства

Назва методу	Опис методу
Органічний	Продукти харчування отримують, зберігають і перероблюють без використання синтетичних добрив, пестицидів та регуляторів росту, генетично модифікованих організмів. Дозволено використання навозу, компосту, сирих порід, мікроорганізмів, мікробіологічних препаратів та матеріалів рослинного, тваринного та мінерального походження. Велике значення має сівозміна.
Біологічний	Заборонено використання хімічних добрив, особливо легкорозчинних, генетично модифікованих організмів. Дозволено використання органічних добрив, компосту як специфічного джерела харчування рослин. Для боротьби з хворобами і шкідниками застосовують попереджувальні заходи, з бур'янами – механічні засоби. Дозволено використання нетоксичних препаратів та рослинних інсектицидів.
Органо-біологічний	Заборонено використання мінеральних добрив, генетично модифікованих організмів. Дозволені органічні добрива та деякі повільно діючі добрива. Заходи боротьби аналогічні біологічному методу. Залишки жнив рекомендовано заорювати у верхній шар ґрунту. Сівозміна має містити бобові та злакові суміші.
Біодинамічний	Заборонено використання мінеральних добрив, генетично модифікованих організмів. Два положення цього методу: перше – поєднання землеробства із цілісним ритмом Землі, друге – (гумусових, кремнієвих, компостних).
Інші методи (біоінтенсивне мініземлеробство; екологічне сільське господарство; ЕМ-технології; усталене сільське господарство з низькою ресурсомісткістю; точне землеробство)	Чітке уявлення про їх визначні особливості відсутнє. Вони ґрунтуються на об'єднанні процесів, що відбуваються в природі і спрямовані на поліпшення структури ґрунтів, відтворення їх природної родючості, утворення екологічно-стійких ландшафтів.

Джерело: дані [170].

Найбільш поширеним є органічний метод аграрного виробництва, основна ідея якого полягає у замкнутому циклі: отримане у скотарстві органічне добриво використовується для підтримки родючості ґрунтів та забезпечення рослин поживними елементами. Живлення азотом здійснюється за рахунок вирощування бобових культур. При цьому

[170] Organic agricultural land by country share of total agricultural land. URL : http://www.organic-world.net (дата звернення: 19.10.2021 р.).

завдяки активізації ґрунтових процесів підвищується доступність інших необхідних мінеральних елементів у ґрунті.

Засновниками системи органічного землеробства вважають англійця Говарда А. та німця Штайнера Р. Перший розробив схему компостування і удобрення ґрунту природними компонентами, а другий – правила біодинамічного землеробства, ключовим принципом якого стала повна відмова від використання мінеральних добавок та отрут, з рекомендацією застосування біологічних препаратів як добрив та засобів боротьби зі шкідниками. На сьогодні розповсюдженням концепцій і технологій даного методу аграрного виробництва займається Міжнародна федерація руху за органічне сільське господарство (IFOAM). Згідно концепції IFOAM, принципи такого методу землеробства розглядають як основу розвитку цієї галузі в усьому світі (табл. 2).

2. Сутність принципів органічного аграрного виробництва

Назва принципу	Сутність принципу
Принцип здоров'я	Органічне аграрне виробництво має підтримувати та покращувати стан ґрунту, рослин, тварин, людей і планети як єдиного і нероздільного цілого.
Принцип екології	Органічне аграрне виробництво базується на максимальній адаптації до природних екологічних систем і циклів.
Принцип справедливості	Органічне аграрне виробництво спирається на відношення, які гарантують справедливість з урахуванням загального навколишнього середовища і життєвих можливостей.
Принцип турботи	Управління органічним сільським господарством має носити попереджувальний і відповідальний характер для захисту здоров'я і благополуччя нинішніх і майбутніх поколінь і навколишнього середовища.
Принцип біологічної синергії	Органічне аграрне виробництво забезпечує сумарний ефект від взаємодії біологічних факторів.

Джерело: систематизовано авторами.

Успішне впровадження органічного аграрного виробництва, як фактору сталого розвитку держави, неможливе без законодавчого регулювання.

Законодавче регулювання ведення органічного аграрного виробництва створює сприятливі умови для прискореного впровадження сучасних сільськогосподарських технологій, у тому числі інформаційно-аналітичного забезпечення агроекологічної оптимізації землеробства для отримання високоякісної та екологічно чистої сільськогосподарської продукції, мінімізації екологічних та економічних ризиків землеробства. Крім того, регулювання органічного аграрного виробництва дозволяє передбачити додаткові механізми реалізації сталого розвитку сільських територій.

В Україні існує правова база щодо регулювання діяльності у сфері органічного аграрного виробництва. Так, 10 липня 2018 року прийнято Закон України «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції», який введено в дію 02 серпня 2019 року. Згідно цього закону, органічне виробництво

являє собою сертифіковану діяльність, яка пов'язана з виробництвом сільськогосподарської продукції (у тому числі всі стадії технологічного процесу, а саме первинне виробництво (включаючи збирання), підготовка, обробка, змішування та пов'язані з цим процедури, наповнення, пакування, переробка, відновлення та інші зміни стану продукції), що провадиться із дотриманням вимог законодавства у сфері органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції [171]. У липні 2021 року прийнято Закон України «Про внесення змін до розділу XI «Перехідні положення» Закону України «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції», який дав змогу врегулювати питання переходу до виробництва органічної продукції відповідно до законодавства України, та надав можливість всім виробникам органічної продукції долучитися до програми державної підтримки органічного виробництва у 2021 році.

Законодавством встановлено такі загальні вимоги до органічного виробництва:

відокремлення у часі або просторі виробництва та зберігання органічної продукції, у тому числі ведення обліку такої продукції, від виробництва та зберігання неорганічної продукції і продукції перехідного періоду;

використання технологій, що відповідають вимогам законодавства у сфері органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції;

використання переважно відновлюваних ресурсів та власних ресурсів, у тому числі продуктів переробки відходів та побічної продукції рослинного та тваринного походження, за умови що вони відповідають вимогам до органічного виробництва;

використання технологій, що не завдають шкоди здоров'ю людей, рослинам, добробуту тварин, запобігають забрудненню навколишнього природного середовища або мінімізують його;

використання харчових добавок, мікроелементів та добавок для технологічних цілей у гранично допустимих кількостях, визначених законодавством у сфері органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції;

використання води як інгредієнта органічної продукції, що відповідає вимогам, встановленим законодавством до води питної;

заборона змішування одних і тих самих органічних і неорганічних інгредієнтів в одному органічному продукті.

Зменшення негативного впливу органічного аграрного виробництва на навколишнє середовище відбувається завдяки відмові від використання гербіцидів, пестицидів, фунгіцидів, штучних добрив; застосування біологічних засобів захисту рослин; застосування тваринних і рослинних відходів у якості добрив; застосування сівозміни

[171] Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції : Закон України від 10.07.2018 р. № 2496-VIII. *Відомості Верховної Ради (ВВР)*. 2018. № 36. Ст. 275.

для відновлення ґрунту; застосування ручних робіт по догляду за сільгоспкультурами; організація замкнутого циклу землеробство-скотарство (рослинництво – корм, скотарство – добрива).

Світовий ринок органічної продукції за результатами 2019 року сягнув 106 млрд доларів США. Українську органічну продукцію купують переважно країни ЄС. У 2020 році Україна посіла 4-те місце зі 124 країн за обсягами імпортованої органічної продукції до ЄС [172].

Про стан органічного аграрного виробництва в Україні свідчать дані моніторингу, проведеного Мінекономіки. У 2019 році загальна площа сільськогосподарських земель з органічним статусом та перехідного періоду склала 467980 га (1,1 % від загальної площі земель сільськогосподарського призначення України). При цьому нараховувалось 617 операторів органічного ринку, з них 470 – сільськогосподарські виробники.

Внутрішній органічний ринок України за результатами 2020 р. сягнув позначки 25,1 млн доларів США. Мова йде тільки про органічні продукти харчування власного виробництва без врахування імпортованої продукції.

На першому місці за рівнем споживання вже не перший рік впевнено тримається молочна продукція. Вона складає майже 65 % усього обсягу споживання органічної продукції. Найбільший попит на молоко та вершкове масло.

Друге місце за рівнем споживання (18 %) посідають круп'яні та зернові вироби, борошно і насіння. Найбільший попит у цій категорії на пластівці та крупи.

У 2020 році суттєво зросло споживання органічних яєць та олійних виробів. Натомість зменшилось споживання овочів та фруктів, консервованих продуктів та морозива. Лідерами за зростанням стали прянощі й спеції та яйця: їх споживання збільшилось у 6,5 разів та майже в 3,5 рази, відповідно.

Попри незначне зростання ринку, в Україні залишається найнижчий в Європі рівень споживання органічної продукції на душу населення. Для продукції власного виробництва цей показник складає близько 50 євроцентів. Середній показник споживання органічної продукції на душу населення в ЄС сягає 84 євро на рік.

Найбільшими країнами-споживачами вітчизняної органічної продукції є Нідерланди, США, Німеччина, Литва, Австрія, Велика Британія, Польща, Канада, Італія, Швейцарія. Українські виробники також експортують в Австралію та деякі азійські країни, зокрема, Китай, В'єтнам, Індію та Японію, а також здійснюють перші поставки органічної продукції до Корейської Республіки та М'янми.

[172] EU imports of organic agri-food products Key developments in 2020. *EU Agricultural Market Briefs*. 2021. № 18. С. 3.

Основними експортними продуктами є зернові, олійні, мед, яйця, овочі та фрукти. Також експортуються макуха соняшника, борошно, олія соняшникова, шрот соняшниковий, яблучний концентрат та березовий сік. Протягом 2020 року до ЄС ввезено 2,79 млн т органічної продовольчої продукції аграрного виробництва, 7,8 % з якої – українська (217,2 тис. т) [173].

Ринок органічної продукції, попри на його стрімке збільшення, є ненасиченим, що свідчить про реальні можливості сільськогосподарських виробників на порядок збільшити обсяги органічного аграрного виробництва і підвищити рівень капіталізації свого бізнесу. Слід зазначити, що Україна підтримує концепцію сталого розвитку і має відповідні природно-ресурсні передумови для розвитку органічного аграрного виробництва безпечної та якісної продукції.

До органічного аграрного виробництва входять як процеси вирощування органічної продукції, так і технологічні процеси переробки. Головне завдання технологічних розробок з переробки сільськогосподарської продукції полягає у створенні технологій з мінімальної кількістю відходів або зовсім без відходів, що є найкращим показником переробки сировини на готову продукцію.

Наприклад, під час переробки злакових утворюється значна кількість полови, соломи, лушпиння. На разі для забезпечення екологізації використовують спалювання таких відходів рослинництва для отримання теплової або електричної енергії. Але в органічному виробництві їх можна їх компостувати. На наш погляд перспективними є використання технології гідролізу та дистиляції для виробництво гідролізного спирту (біоетанолу другого покоління). Крім того, значне місце в мікробіологічному виробництві займають технологій виробництва таких продуктів, як біологічні засоби захисту рослин, вітаміни, амінокислоти, добрива. Слід наголосити, що заорювання рослинних решток залишається чи не єдиним доступним способом запобігання процесам деградації та підвищення родючості ґрунтів.

Під час отримання соняшникової олії утворюється значна кількість лушпиння, яку також для покращення екологізації виробництва, можна перетворювати в целюлозу, папір, картон, масло, дріжджі чи лимонну кислоту. Лушпиння соняшника може бути використане для виробництва тепло- та звукоізоляційних будівельних матеріалів. Крім того, лушпиння є повноцінною сировиною для виробництва органічних сполук (фурфурол, гліцерол, молочна кислота, етанол), які є великотоннажними сировинними продуктами.

Серед інноваційних методів переробки продуктів сільськогосподарського виробництва можна назвати компостування із застосуванням гуматів (біодобавок органічного походження) і глауконіту

[173] Органічне виробництво в Україні. URL : https://www.me.gov.ua/Documents/Detail?lang=uk-UA&id=ed6463ce-f338-4ef0-a8a8-e778d3d0ffd1&title=OrganichneVirobnitstvoVUkraini (дата звернення: 24.10.2021 р.).

(природний мінерал). Додавання гуматів до шарів компосту з рослинних стебел значно прискорює процес ферментації субстрату. Органічна цінність кінцевого продукту в результаті застосування підвищується в кілька разів, що дозволяє використовувати менший обсяг зі збереженням бажаної ефективності. Використання такого біодобрива дозволяє знизити витрати на прополювання бур'янів завдяки зменшенню їх кількості, знизити обсяги застосування гербіцидів, оскільки при компостуванні відбувається бактеріальна стерилізація, знищується патогенна флора, а насіння бур'янів втрачає схожість. Використанням такого компосту вирішується проблема підвищення родючості земель та запобігання їх деградації; зменшується забур'яненість, кислотність, засоленість ґрунтів; отримуються екологічно чисті органічні продукти харчування, що позитивно впливає на здоров'я населення.

Трансформація методів ведення сільськогосподарського виробництва у бік використання екологічно безпечних та ґрунтозахисних технологій сприяє вчасному та розширеному відтворенню ґрунтового покриву, що дає підстави прогнозувати масштаби та ефективність сільськогосподарського виробництва на довгострокову перспективу.

Слід зазначити, що розвиток органічного аграрного виробництва і запровадження інноваційних методів переробки сільськогосподарської продукції на засадах екологізації неможливі без державної підтримки.

Державна підтримка сільськогосподарських виробників органічної продукції може бути як прямою так і непрямою.

До прямих інструментів державної підтримки виробництва органічної сільськогосподарської продукції можна віднести бюджетні дотації, компенсації, пільги; субсидування експорту; пільгове кредитування та оподаткування.

Непряма підтримка може відбуватися у вигляді допомоги щодо сертифікації продукції, проведення лабораторних досліджень якості продукції, маркетингових досліджень, страхування, інформаційно-консультативного забезпечення виробників органічної продукції.

Все вище викладене свідчить про те, що в сучасних умовах органічне аграрне виробництво є важливим фактором зростання економічної і соціальної ефективності використання агроресурсного потенціалу та підвищення соціальної спрямованості сільськогосподарського виробництва загалом. Його результативність полягає в ефективності сільськогосподарського виробництва за одночасного зниження антропогенного впливу на навколишнє середовище і природні ресурси, що сприяє досягненню цілей сталого розвитку.

РОЗДІЛ 2

ЕФЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ У КОНТЕКСТІ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

2.1. Programme for the ecological and economic development of an innovation-active enterprise in conditions of realization of sustainable development policy risks insurance and change management

Antypenko N. V.[1], Marova S. F.[2], Skrypnyk V. V.[3],
Zaiats O. V.[4], Paraskieieva A. M.[3]
[1]National Aviation University
[2]Donetsk State University of Internal Affairs
[3]Luhansk Taras Shevchenko National University
[4]National Transport University

The analysis of the ecological and economic development management systems of innovation-active enterprises provides grounds for orienting themselves towards the diversification of their activities. The lack of other revenues than sales revenue and negative turnover rates indicate the need for an innovation-active enterprise to seek a stable income. Some of the most prospective or economically viable energy supply projects are those implemented by using a "green" tariff. In these projects, the electricity produced by power plants using solar panels, wind turbines and hydroelectric power plants is taken by the common grid and paid by the wholesale electricity market at the "green" tariff. Therefore, within the framework of the implementation of ecological and economic development programs of innovation-active enterprises under the conditions of implementation of sustainable development policy, risk insurance and change management, it is proposed to install solar panels on the roofs of buildings and facilities of innovatively active enterprises for their own use and sale of excess electricity at a "green" tariff.

According to the Electricity Law: The "green" tariff is the tariff at which the wholesale electricity market of Ukraine is obliged to purchase electricity produced from alternative energy sources (except blast and coking gases, and using hydropower – produced only by micro, mini and small hydropower plants), including commissioned start-up complexes. Energy suppliers are obliged to buy electricity, in the cases, amounts and prices determined by the National Electricity Regulatory Commission of Ukraine. "The green" Tariff is a mechanism designed to encourage households and innovatively active enterprises to generate electricity from alternative energy sources in the context of sustainable development policies, risk insurance and change management.

Requirements for the installation site of solar panels – photovoltaic modules:

the roof and/or facade area must be large enough to accommodate solar panels with a total capacity of up to 30 kW;

solar panel field orientation to the south, as an exception: east-west or south-east;

the angle of the photo modules (determined by the region in which the solar plant is built);

the characteristics of the roof are sufficient for additional weight loads.

no buildings, structures, trees or other objects shading the solar panels.

Stages of project implementation on the “Green” tariff:

agreeing on the location of the solar power plant;

determining the capacity of a solar power plant;

approval of an equipment package for the construction of a solar power plant;

agreeing on the type of structure on which the solar modules will be mounted;

agreeing on the brand and manufacturer of the mains inverter;

approval from the local electricity distribution network for the allocated power to the building;

supply and installation of equipment for the construction of a solar power plant;

writing a request message to the power supply company and preparation of a diagram for the generating set using a mains inverter;

agreeing on the connection scheme with the energy supplier and concluding a contract for the metering unit, obtaining an invoice for these services for the automated metering unit;

within 5 days of the payment for the service, the energy supplier shall bring the automated metering system into an active state to enable metering of the electricity produced and consumed.

A supplementary agreement for the sale – purchase of electricity is concluded between the energy supplier and the owner of the plant.

The calculation made according to the data of the European community Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS-CMSAF) resource shows a significant payback of the installation. To build a solar power plant, we use equipment from world manufacturers such as JA Solar, Trina Solar, Canadian, Jinko Solar, Yingli, Amerisolar, Perlight Solar, Solar World, Sharp, LG, Longi, Altek and others. More than 10 of the world's best inverter manufacturers – ABB, Azzuro, Fronius, Omron, LogicPower, Huawei, Prime Volt, SolaX, SMA, Stesa, SolarEdge and many more.

For example, let's calculate the efficiency of a solar power plant under the “Green Tariff”, capacity – 8 kW (set of solar panels, grid inverter, cables and connectors to build a solar power plant – grid type). It can produce electricity by converting sunlight into electricity that can be used for its own purposes or sold at the “green” tariff.

1. The ATMOSPHERA 8 kW mains power pack is equipped with

Title	Model	Price, USD	Quantity	Amount, USD
Polycrystalline photomodule	Amerisolar AS-6P30 280W	130	30	3900
Mains inverter	Huawei Sun2000-8KTL 8KW 3ph	1900	1	1900
Connection kit	Connector MC4	2	10	20
Cable for connecting solar panels	olflex solar 6mm	1.2	100 meters	120
Total				5940

Source: data [174, 175, 176, 177, 178].

Today, the purchase price of 1 kWh of electricity at the "green" tariff is 3.78 UAH. Moreover, knowing the average generation of a grid-connected solar plant and consumption, it is safe to say that the payback period for this system is 4 to 6 years.

The Amerisolar AS-6P30 280 W solar photo module used in the set is widely used in our geographical latitudes because the characteristics of the solar photo module are optimally suited to our weather conditions. The 35 mm thick profile and tempered glass means that snow is virtually not trapped on the panel, and it is resistant to adverse conditions (rain, snow, hail and wind gusts). The panels are suitable for the "green" tariff and carry the appropriate certificates. The warranty on this photo module is 20 years.

The Huawei Sun2000-8KTL, 8 KW 3ph mains inverter converts the constant electricity of the solar photo module into 380 V AC voltage (220 V per phase) and discharges it into the grid. Manufactured by Huawei, which has many years of experience in manufacturing these devices. The inverter has an efficiency of 98,1 %, which is one of the leading values for inverters of this capacity. The device has two MRRT (Maximum Power Point Tracking) trackers with an input voltage range of 320 V to 800 V.

The advantages of generating electricity using alternative energy sources:

a tariff level with an attractive IRR (Internal Rate of Return);

hedging investments against foreign exchange risk, as the value of the "green" tariff, is fixed in euros;

quarterly recalculation of the "green" tariff according to the official exchange rate of the hryvnia against the euro set by the NBU;

---

[174] Brockova K., Rossokha V., Chaban V., Zos-Kior M., Hnatenko I., Rubezhanska V. Economic mechanism of optimizing the innovation investment program of the development of agro-industrial production. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development.* 2021. Vol. 43, Issue 1. P. 129–135.

[175] Hnatenko I., Kuksa I., Prokopenko O., Naholiuk O. Management bases of modeling of business development state priorities: motivational-cognitive, socio-economic, stereotypical-behavioral factors. *Вісник Черкаського університету. Серія «Економічні науки»*. Вип. 3. 2021. С. 58–64.

[176] Kuksa I., Hnatenko I., Kolomoiets Y., Mykhailov S. Modeling of State Priorities of Management in the Conditions of Globalization: Financial, Technical-technological and Resource Aspects. *Економічні горизонти.* 2021. № 1. С. 21–29.

[177] Mazur N., Khrystenko L., Pásztorová J., Zos-Kior M., Hnatenko I., Puzyrova P., Rubezhanska V. Improvement of Controlling in the Financial Management of Enterprises. *TEM Journal*. 2021. Vol. 10, Issue 4. P. 1605–1609.

[178] Zos-Kior M., Hnatenko I., Isai O., Shtuler I., Samborskyi O., Rubezhanska V. Management of Efficiency of the Energy and Resource Saving Innovative Projects at the Processing Enterprises. *Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development.* 2020. Vol. 42, Issue 4. P. 504–515.

guarantees for the purchase of electricity at a "green" tariff until 01.01.2030 are legislated;

guarantees for 100 % payment of the cost of electricity supplied by a company that has a "green" tariff have been legislated [179, 180].

However, at the moment, a "green" tariff project is not feasible because it requires additional costs for drawing up a technical plan and connections and more investment for the purchase and installation of the plant.

Based on the calculations, when producing 8.700 kWh per year, an innovative enterprise needs to purchase equipment for a grid-tied photovoltaic plant at a cost of 157113 UAH. The total investment with the cost of installation will be 172824.3 UAH. With the selling price of electricity for businesses of the second group of consumers – legal entities, the total annual costs to purchase 8700 kWh of electricity, equal to the productivity of the plant, the innovative enterprise spends 23082 UAH at the tariff as of 01.01.2022. Accordingly, the payback period (considering the change of the cost of money over time, coinciding with an increase of tariffs for electricity) is 7.5 years, provided not for sale, but own consumption of the obtained energy (table 2).

The development and implementation of an ecological and economic development programme for an innovatively active enterprise will increase the efficiency of its functioning not through the sale of energy at a "green" tariff, but at the expense of the consumption of the electricity produced itself.

2. Approximate cost-effectiveness calculation for a solar power plant implementation project with a capacity of 8 kW

Indicator	Meaning
Productivity of a photovoltaic plant with a capacity of 8 kWh per year, kWh	8700
Total electricity consumption per year, kWh	14000
Consumption of electricity produced per year, kWh	8700
Electricity price for enterprises of the 2nd group of consumers – legal entities, UAH per kWh (With 01.02.2022)	6.18781
Total costs per year per 8700 kWh, UAH	23082
Cost of grid-tied photovoltaic station equipment, UAH	157113
Cost of station installation (10 % of equipment cost), UAH	15711.3
Total cost of equipment and its installation, UAH	172824.3
Project payback (taking into account the change in the cost of money over time, coinciding with an increase in electricity tariffs), years	7.5
Guaranteed service life of the photovoltaic plant, years	25

Source: author's development.

In the framework of the implementation of sustainable development policy, risk insurance and change management, it should be noted that

[179] Гнатенко І. А. Моделювання сценаріїв стійкого розвитку підприємств в умовах глобалізації та діджиталізації: управлінський аспект. *Інвестиції: практика та досвід.* 2021. № 16. С. 20–25.

[180] Гнатенко І. А. Управлінські, маркетингові та фінансові підходи оцінювання соціо-еколого-економічного ефекту взаємодії підприємств в умовах зміни споживчих переваг. *Економічний дискурс*. Вип. 1–2. 2021. С. 111–121.

resource-saving is a progressive direction of the usage of resource potential of an innovatively active enterprise, a continuous process of saving at all stages of production and economic activity, which will ensure the reduction of production costs, growth of production, reduction of production costs with the same amount of resource use, raw materials and fuel. It should also be noted that resource-saving is a scientific, commercial, organizational and informational activity, aimed at rational and integrated usage of all types of resources of an innovatively active enterprise, taking into account the existing state of scientific and technological progress and the environment.

The problem of forming an effective system of resource management of an innovatively active enterprise should be considered in direct connection with the level of development of the material and technical base, the policy of resource conservation and optimisation of resource potential usage.

The issues of resource-saving embrace the technique, technology and company of production, related to the formation of a new type of economic thinking, which is based on the efficient usage of entrepreneurial and intellectual resources. It is necessary to find and adapt qualitatively new methodological approaches to the study of the resource supply system, to determine the efficiency of its functioning and, first of all, from the point of view of resource-saving. There is a need for a systematic approach in the research and evaluation of resource potential and the definition of criteria for the effectiveness of its usage. The solution to this difficulty depends significantly on the management, planning and management level of high-value innovatively active enterprises.

The degree of resource usage by innovatively active enterprises is characterized by a set of indicators characterizing production per unit of resource consumption, costs per unit of sold products, profit per unit of total costs, profitability of sold products, etc. Ensuring the competitiveness of production in the future will depend on the pricing conjuncture and restraining the growth of production costs, in particular, the cost of production resources.

The problem of Ukrainian innovatively active enterprises is that today most of them operate on the basis of the cost method rather than the resource-saving method. Since the time when all resources were state property and, in fact, they could be spent at the behest of the administrative command of the upper echelons of power in unlimited quantities without any concern for rationality, many modern managers still cannot move away from this policy of resource use.

Another problem is that for some reason many Ukrainian entrepreneurs have a rather limited understanding of resources and usually associate them with money. They talk about budgeting in various guises and, at most, about controlling as a panacea for all ills. They forget that finance is only one of the resources to be managed in an innovatively active enterprise, and financial performance indicators only reflect the state of the innovatively active

enterprise, the level of manageability of resources and their improvement cannot be achieved through financial accounting only.

The resources of an innovatively active enterprise are the totality of the enterprise's assets, which the enterprise operate: people, machinery, materials, tools and usually money. Most Ukrainian firms complain about the lack of working capital, and among them, many do not even know what they have in stock and whether they will need it, forgetting that work-in-progress and materials in stock are funds withdrawn from circulation and frozen, the inability to upgrade equipment, buy vital components and pay workers' salaries and taxes on time. It is the kind of profit you do not know about, but that you can make.

Thus, resource efficiency is a method of managing an innovatively active enterprise under conditions of implementing a policy of sustainable development, risk insurance and change management, based on the introduction of resource-saving technologies, making effective management decisions regarding resource support, and the continuous improvement of the knowledge and professional skills of the managers concerned.

There are the following key resource challenges in developing and implementing a competitiveness enhancement strategy for an innovatively active enterprise:

ensuring a high scientific level of resource support works and processes;

thorough justification of the areas of resource expenditure and resource-consuming objects both within the system (in the innovatively active enterprise) and in the external environment, at the expense of innovative projects;

the application of science-based methods of forecasting, optimisation, economic justification, rationing of the needs for different types of resources;

finding sources and forms of resources support from different sources;

connecting in strategy, innovation and investment projects targets, objects, resource costs, location, timing, performers, efficiency and other components;

selection of advanced logistics technologies for the organisation of material flows;

the choice of modern information technology for rationing, planning, accounting and control of resources;

analysis of resource usage efficiency,

stimulating greater efficiency in the usage of resources;

organise training for staff on progressive technologies, methods, models and tools for the efficient use of resources [181, 182, 183, 184].

---

[181] Клочан І. В., Трегубов О. С., Гнатенко І. А., Пархненко О. С. Управління розвитком підприємництва в інноваційній економіці: моделювання ефективного використання ресурсів та мінімізація трансакційних витрат. *Інвестиції: практика та досвід.* 2021. № 17. С. 5–10.

[182] Кулаєць М. М., Фурсіна О. В., Джегур Г. В., Гнатенко І. А., Валов О. В. Концепція стратегічного управління інноваційними проєктами в умовах розвитку знаннєвої економіки та децентралізації. *Інвестиції: практика та досвід.* 2021. № 23. С. 25–31.

[183] Ходаківська О. В., Гнатенко І. А., Дяченко Т. О., Сабій І. М. Моделі підприємництва в умовах інноваційної економіки та економіки знань: управління ресурсами та витратами. *Інвестиції: практика та досвід.* 2021. № 15. С. 5–11.

[184] Zos-Kior M., Shkurupii O., Fedirets O., Shulzhenko I., Rubezhanska V. Modeling of the Investment Program Formation Process of Ecological Management of the Agrarian Cluster. *European Journal of Sustainable Development.* 2021. Vol. 10, Issue 1. P. 571–583.

The modelling of the resource-saving management mechanism of innovatively active enterprise in the system of ecological-economic development management is based on the methodology of structural system analysis (fig. 1).

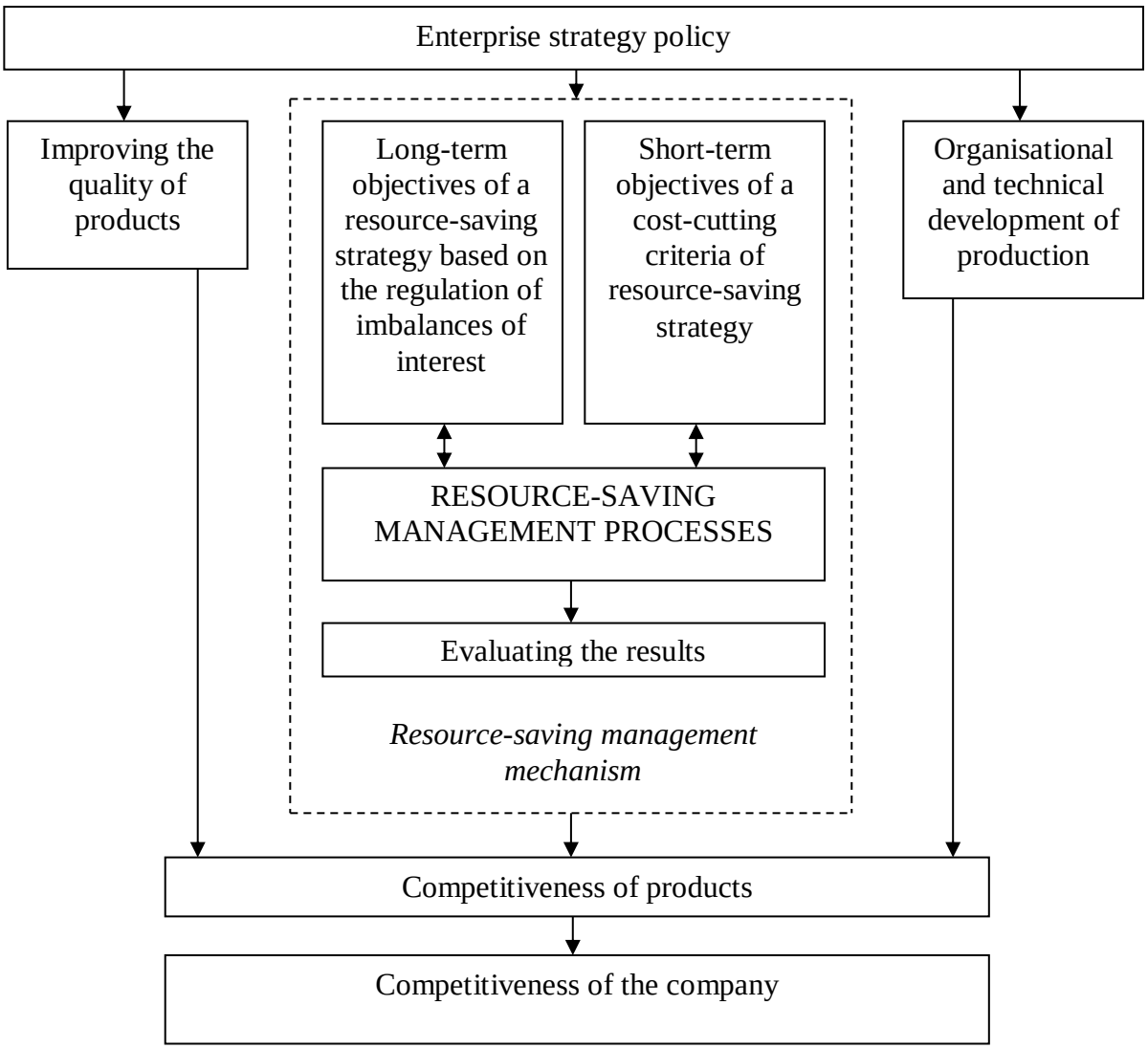


Figure 1. A model for resource-saving management of an innovatively active enterprise in the context of sustainable development policy, risk insurance and change management

Source: author's development.

Regulators of the resource-saving management mechanism ensure the adaptability of the structure and functional behaviour to maintain the efficiency of competitiveness management. The decomposition of the competitiveness management system of an innovatively active enterprise and the resource-saving management mechanism should take into account the object hierarchy and decision-making. The system behaviour is described by discrete characteristics in the form of a set of indicators and their values at all levels of management in the context of the implementation of sustainable development policy, risk insurance and change management.

The formation and implementation of a resource-saving strategy at all levels of management is one of the most important issues of competitiveness management, because, firstly, resource intensity is the second side of the commodity (the first is quality); secondly, Ukraine is several times behind developed countries in resource usage efficiency.

A promising direction for the development of the market for resource-saving products is to exploit new opportunities for business entities. These include:

improving the quality of existing products and services by adapting them to environmental requirements and international resource efficiency standards, which can significantly improve the competitiveness of innovatively active enterprises in domestic and foreign markets;

development of fundamentally new resource-saving products and creation of specialised companies for this purpose (e.g. production of new products from waste, development of technogenic mineral deposits);

the attraction of foreign capital and the establishment of joint innovatively active enterprises with representatives of countries where the resource-saving market is developed. This allows the use of leading technologies, methods of resource-saving activity management, increasing its efficiency in Ukraine;

further development of specialised companies to provide consulting, engineering, educational and other services for resource-saving, etc. [185, 186, 187, 188].

The areas considered mostly concern the state, regional and local levels of economic management. At the microeconomic level, however, it is advisable to intensify work on:

promotion from subjects in the resource-saving infrastructure among the population and innovatively active enterprises about the novelties of resource-saving technologies, their environmental, economic and social advantages and disadvantages through exhibitions, promotional activities, personal sales, etc.:

to create a public image of energy, water and other resource-saving companies as economically efficient and environmentally friendly by issuing press releases and information materials on the activities of innovatively active companies, bespoke articles, reports, press conferences and presentations;

developing and implementing in a practical activity flexible financial schemes and performance contracting by infrastructure entities, allowing to work even with low-liquidity, innovatively active enterprises;

---

[185] Mayovets Y., Vdovenko N., Shevchuk H., Zos-Kior M., Hnatenko I. Simulation modeling of the financial risk of bankruptcy of agricultural enterprises in the context of COVID-19. *Journal of Hygienic Engineering and Design*. 2021. Vol. 36. P. 192–198.

[186] Rossokha V., Mykhaylov S., Bolshaia O., Diukariev D., Galtsova O., Trokhymets O., Ilin V., Zos-Kior M., Hnatenko I., Rubezhanska V. Management of simultaneous strategizing of innovative projects of agricultural enterprises responsive to risks, outsourcing and competition. *Journal of Hygienic Engineering and Design.* 2021. Vol. 36. P. 199–205.

[187] Антипенко Н. В., Вєдєніна Ю. Ю., Гнатенко І. А., Пархоменко О. П. Фінансовий менеджмент ресурсозбереження інноваційно орієнтованих підприємств у контексті антикризової стратегії розвитку. *Агросвіт.* 2021. № 23. С. 10–16.

[188] Разводовська В. О., Заяц О. В., Парохненко О. С., Гнатенко І. А. Інноваційність в підприємницькій діяльності в системі ефективного управління операційною діяльністю, конкурентоспроможністю та маркетингом. *Український журнал прикладної економіки*. 2021. № 1. С. 290–297.

conducting explanatory work with managers and employees of innovatively active enterprises in various sectors and activities on the expediency of resource-saving, principles of auditing firms activities in the field of resource-saving in order to form a favourable attitude towards auditors' work at an innovatively active enterprise;

expansion of the range of services provided by resource-saving infrastructure entities, in particular, practical assistance to customers in developing a step-by-step plan for the implementation of resource-saving measures based on their "self-financing", training of staff of innovatively active enterprises and customers in the basics of resource and energy management.

The goals of effective functioning and ecological-economic development of innovatively active enterprise in the long term can be achieved with a steady increase in product competitiveness, which leads to the formation and implementation of a resource-saving strategy. With the comprehensive application of the proposed resource-saving management mechanism, it is possible to reduce the level of anthropogenic load on natural resources. Thus, resource-saving should become a continuous process in every production cycle under the conditions of implementation of sustainable development policy, risk insurance and change management.

Consequently, the implementation of measures to change and support the development of the resource-saving system will increase the competitiveness of an innovatively active enterprise. Providing recommendations to improve the process of managing environmental-economic development of innovatively active enterprises it is advisable to note: the objectives of effective functioning and environmental-economic development of agrarian innovatively active enterprises in the long term can be achieved with a steady increase of product competitiveness, which leads to the formation and implementation of resource-saving strategy by economic entities. With the comprehensive application of the proposed resource-saving management mechanism, it is possible to reduce the level of anthropogenic load on natural resources. Thus, resource-saving should become a continuous process in every production cycle under the conditions of implementation of sustainable development policy, risk insurance and change management.

2.2. Використання сільського зеленого, музейного, подієвого та інших видів туризму як інструментів збереження сільськогосподарських територій

Бєлікова М. В., Безхлібна А. П., Бут Т. В.
Національний університет «Запорізька політехніка»

Одним з пріоритетних напрямів державної аграрної політики є розв'язання економічних проблем раціонального використання сільськогосподарських територій. На сьогодні зелений, музейний, подієвий та інші види туризму використовуються як інструменти збереження сільськогосподарських територій, як результат зелені садиби мають синергетичний ефект від попиту на розміщення. Крім того, місцезнаходження зелених садиб та унікальність Запорізької області, де курортні та рекреаційні території складають близько 15 % площі області, впливають на їх сезонне завантаження.

За даними Департаменту економічного розвитку і торгівлі облдержадміністрації, нараховується 34 садиби зеленого туризму в Запорізькій області [189]. Зелений туризм – це не лише форма підприємництва, а й інструмент збереження та відродження українських сіл та селищ міського типу.

У рамках проекту «Оцінка садиб та видача сертифікатів якості міжнародного зразку» та на виконання заходів Комплексної програми розвитку малого і середнього підприємництва за підтримки «Регіонального фонду підтримки підприємництва в Запорізькій області» проведена оцінка відповідності зелених садиб Бердянського, Мелітопольського, Приазовського, Приморського, Чернігівського районів стандартам якості, які дозволяють їм видати міжнародні сертифікати. Наявність сертифікату надає можливість новим та існуючим зеленим садибам долучитись до міжнародної мережі об'єктів агротуризму Країн Причорноморського басейну.

У рамках Комплексної програми розвитку малого і середнього підприємництва діють два освітні проекти, що надають всебічну методологічну підтримку із започаткування та ведення діяльності зеленої садиби. Метою проекту «Школа агротуризму» є надання знань з організації сільського туризму, створення успішного бізнесу у сфері екологічно чистого сільського господарства, тваринництва. Цей проект допомагає селянам, безробітним, студентам, звільненим бійцям АТО працевлаштуватися шляхом підприємницької діяльності у цій сфері. Крім того, продовжує діяльність проект «Етносело» – залучення до зеленого

[189] У Запорізькій області набирає обертів розвиток зеленого сільського туризму. Запорізька обласна державна адміністрація. URL : https://www.zoda.gov.ua/news/41721/u-zaporizkiy-oblasti-nabiraje-obertiv- (дата звернення: 08.10.2021 р.).

туризму осіб з інвалідністю, який спрямовано на підвищення зайнятості малорухливих груп населення.

Більшість садиб регіону стилізовано під український традиційний стиль, в них є живність, окремі садиби пропонують послуги контактного зоопарку («AQUAZOO-Петрополь», «Хутор Петерсона», «Єнотова хата»). У туристів є можливість зайнятись промислами та ремеслами. Так, наприклад, села Приморського та Приазовського районів використовують наявні водні ресурси для рибалки, туристи їдуть до сіл Чкалове, Новокостянтинівка, Салтичія. Зелена садиба «На Хуторі» знаходиться неподалік від Тихонівських ставків, біля річки та лісу. Господарі пропонують проживання в будинку та харчування екологічно чистими продуктами з власного городу.

Екологічний туризм розвивається у с. Соснівка, де на Алеї Дубів ростуть столітні дуби, працює туристичний маршрут Екостежка «Кінна прогулянка», яка пропонує туристам одногодинну кінну екскурсію через дубову алею, рекреаційну та заповідну зони лісництва.

Наукова новизна даного дослідження полягає в тому, що здійснено SWOT-аналіз Зеленої садиби «Алея троянд» (смт. Мирне, Запорізька обл.). Практичну значимість одержаних результатів становлять розроблені рекомендації з метою поліпшення управління Зеленою садибою «Алея троянд» (смт. Мирне, Запорізька обл.). В дослідженні використані – описовий аналіз, SWOT-аналіз, монографічний метод, метод індукції та дедукції, синтезу, логічного узагальнення.

Зелена садиба «Алея троянд» (смт. Мирне) має вигідне унікальне розташування в 1 км від Національного історико-археологічного заповідника «Кам'яна могила», відвідуваність якого до світової пандемії сягала 30 тис. осіб щорічно. Для любителів історії це додаткова причина зупинитись саме в цій садибі. Господарі садиби пропонують відпочинок у стилізованому під український національний стиль будиночку [190].

Найкращим об'єктам агротуризму Запорізької області видаються сертифікати якості міжнародного зразка відповідно з «Системою сертифікації якості в агротуристичному бізнесі CerTour». Перемога Регіонального фонду підтримки підприємництва у міжнародному конкурсі проектів з надання гранту ЄС «Система сертифікації якості в агротуристичному бізнесі» відкрила перед запорізькими об'єктами агротуризму нові можливості для його розвитку, і не лише через виділення коштів, а й завдяки можливості перейняття досвіду інших країн та популяризації запорізьких об'єктів зеленого туризму. Сертифікати якості міжнародного зразку мають зелені садиби Мелітопольського району: «Алея троянд» (смт. Мирне, Мелітопольський р-н), «Гостини у Валентини» (м. Мелітополь, Мелітопольський р-н), «Перлина степу»

[190] Прес-тур «Мелітопольщина туристична». Мелітопольська Районна Рада. URL : http://mrr.gov.ua/?p=10365 (дата звернення: 08.10.2021 р.).

(с. Тамбовка, Мелітопольський р-н), «Соснівський янтар» (с. Соснівка, Мелітопольський р-н), «На хуторі» (с. Оленівка, Оріхівський р-н), «Медландія» (с. Тихонівка, Мелітопольський р-н) (див. табл. 1) [191].

1. Характеристика особливостей садиб

Назва садиби	Властивість	Адреса
«Алея троянд»	відпочинок у стилізованому під український національний стиль будиночку в 1 км від пам'ятки національного значення «Камяна Могила»	72350 Запорізька область, Мелітопольський район, смт. Мирне, вул. Центральна, будинок 5
«У Валентини»	соляна кімната	71630, Запорізька область, м. Мелітополь, вул. Леваневського, 7
«Перлина степу»	активний відпочинок – прокат велосипедів, байдарок та іншого спортивного снарядження	72355, Запорізька область, с. Табмовка, вул. Річна, 50б
«Сосновський бурштин»	сон на вуликах та послуги апітерапії	71630, Запорізька область, м. Мелітополь, с. Сосновка

Джерело: авторська розробка.

Кожна з досліджених садиб має свою особливу унікальність. Так, зелена садиба «У Валентини» пропонує відвідувачам соляну кімнату. «Алея троянд» знаходиться поряд з заповідником «Кам'яна Могила», що дає змогу туристам відвідати визначну пам'ятку історичного минулого національного значення. «Перлина степу» пропонує гостям активний відпочинок – прокат велосипедів, байдарок та іншого спортивного спорядження. А унікальність «Сосновського бурштину» – це сон на вуликах та послуги апітерапії.

Зупинимось більш детально на Зеленій садибі «Алея троянд». Це місце, щоб насолодитися тишею сільської місцевості, провітрити голову, провести вікенд та організувати барбекю. До послуг гостей надається гамак і мангал, приналежності для приготування шашлику. Господарі садиби надають гостям затишне оточення. Господиня садиби – Цесаренко Софія Іванівна: готує для гостей; її донька займається озелененням території, доглядає за живністю, декоративними курочками.

Поряд знаходиться унікальна пам'ятка стародавньої історії, культури та природи «Кам'яна Могила» (3 га) – це залишок сарматського ярусу третичної епохи (14 млн років тому). Це колосальне нагромадження піскових брил, аналоги якого в неогенових товщах порід України невідомі і належного тлумачення подібному скупченню на сьогодні не існує. Пам'ятка внесена до Попереднього списку Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО [192].

[191] Зелені садиби Мелітопольського району отримали сертифікати якості міжнародного зразку. Мелітопольська районна державна адміністрація. URL : http://mrda.gov.ua/novyny/zeleni-sadyby-melitopolskogo-rajonu-otrymaly-sertyfikaty-yakosti-mizhnarodnogo-zrazku/ (дата звернення: 08.10.2021 р.).

[192] Бєлікова М. В., Зайцева В. М. Перспективи розвитку історико-культурних заповідників України в туристичній сфері : монографія. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2018. С. 99.

На сьогоднішній день висота пагорба сягає 12 м. На 1,6 гектарах її площі нараховується біля 3 тис. плит. 14 млн років тому Сарматське море, відступаючи, оголило піщаний пагорб, що з плином часу перетворився на твердий моноліт. Під дією сонця й вітру а також дощу пагорб почав тріскатися. Великі брили повільно почали сповзати до землі. В результаті в Кам'яній Могилі утворилася велика кількість гротів і печер. Різноманітні стародавні палеолітичні племена, мисливці епохи міді і бронзи, а пізніше степові кочовики кіммерійці, скіфи, сармати, гуни, ін. племена селилися неподалік від Кам'яної Могили, використовуючи її як святилище. Жерці перед кожною важливою подією піднімалися на стародавні схили для здійснення магічних обрядів. У 68 гротах і печерах заповідника зосереджено суттєву кількість петрогліфічних комплексів – більше 3 тис. малюнків, починаючи від кам'яного віку до епохи бронзи і більш пізні утворюють унікальну галерею. Вхід до печер для туристів через небезпеку закритий [192, с. 98–99]. Оскільки до заповідника є потік організованих туристів, можна вважати організацію групових екскурсій історико-архітектурним заповідником «Кам'яна Могила» музейним видом туризму.

На території Національного історико-археологічного заповідника «Кам'яна Могила» регулярно проводиться тематичне свято «Жива історія» з театралізованими виставами, під час таких заходів подієвого туризму можна взяти безпосередню участь в піднятті стародавнього щита, метанні спису, молоту, перетягуванні канату, грі «полювання на лисицю» та ін. На території заповідника можна придбати вироби народних умільців, взяти участь в майстер-класах і стрільби з лука, кінних прогулянках, грі на етно-барабанах, горловому співі, подивитися показові виступи історичного фехтування. Бажання туристів отримати нові емоції стимулює їх приток, тому зеленим садибам та заповіднику вигідно бути партнерами в організації заходів подієвого та музейного туризму в регіоні [192, с. 99–100].

Для того, щоб виявити та усунути недоліки зеленої садиби, авторами було використано SWOT-аналіз. SWOT-аналіз дозволяє встановити слабкі сторони і небезпеки зовнішнього характеру, несучи реальну загрозу існуванню Зеленої садиби «Алея троянд». Порівняльний аналіз внутрішніх і зовнішніх чинників дозволяє зрозуміти ступінь ефективності минулої діяльності садиби, виявити наявні проблеми та намітити шляхи їх вирішення (див. табл. 2).

Таким чином, за результатами SWOT-аналізу Зеленої садиби «Алея троянд», співставлення сильних та слабких сторін, можливостей та загроз, необхідно відмітити, що об'єкт має значний рекреаційний потенціал, який має бути репрезентовано на ринку туристичних послуг за допомогою сучасних інструментів маркетингу. Подальші кроки з реалізації ефективного менеджменту сільської території повинен спиратися на стратегічний план розвитку Зеленої садиби «Алея троянд».

2. SWOT-аналіз Зеленої садиби «Алея троянд»

Сильні сторони	Слабкі сторони
- локація в 1 км від Національного історико-археологічного заповідника «Кам'яна Могила»; - екологічно чисте місце; - атмосфера, родом з дитинства, як у бабусі в гостинах; - інтер'єр, стилізований під український традиційний; - має міжнародний сертифікат якості; - смачна домашня кухня (борщ та вареники з вишнею – фірмові страви); - чистота приміщень; - наявність пральної машини; - сучасні санвузли в приміщенні будинку; - мангал; - утримання декоративних птахів для приваблення та розваги відвідувачів та яєць для домашньої кухні; - реклама у вигляді роздачі візитних карток садиби на подієвих заходах та місцевих виставках; - участь у виставках та подіях в контексті подієвого туризму в регіоні.	- немає ні окремого сайту, ні бізнес-сторінки в соцмережах, нестача реклами, PR; - немає окремого входу для гостей; - відсутність WIFI; - можливе розміщення обмеженої кількості осіб – 6 в 3 кімнатах; - відсутність гаража на території; - відсутність фінансування.
Можливості	Загрози
- створити QR код садиби; - випуск рекламно-інформаційної презентаційної продукції; - рекламно-інформаційні заходи з популяризації садиби в соцмережах, активна співпраця із ЗМІ; - на бігбордах з інформацією про об'єкти регіону розміщати QR код садиби; - розміщення інформації про садибу в Google Maps та Google Local Guides; - створення сторінки садиби з віртуальною екскурсією в Facebook, Instagram, на Youtube; - залучення спонсорських коштів через гранти в контексті Програми USAID з	- несприятлива економічна ситуація в Україні, яка ставить серйозні перешкоди для розвитку садиби зі зменшенням потоку туристів; - пандемія; - обмеження переміщення підчас локдаунів в межах певних територій зменшує кількість гостей; - подальша ескалація військового конфлікту на сході України та конфлікту, пов'язаного з анексією Криму, у зв'язку з цим зменшення трафіка туристів, які їхали трасою Харків – Сімферополь і зупинялись
Можливості	Загрози
- аграрного і сільського розвитку (АГРО), що фінансується США; - створення lunch box для гостей при виїзді; - в умовах пандемії зросла зацікавленість в розміщенні за містом, особливо підчас локдаунів, «провітрити» голову та перезавантажитися впродовж 3–5 днів;	- кожний туристичний сезон в садибі на шляху до Азовського моря та до Криму.

- забезпечення можливості в наданні послуг харчування дистанційно; - партнерство власників садиб та заповідника в організації подієвих заходів для приваблення туристів в регіон; - вступ до в ГО «Спілка Сільського зеленого туризму України» та розміщення на відповідному сайті інформації в Мережі «Українська гостинна садиба» з метою обміну досвідом та популяризації інформації про садибу.	

Джерело: авторська розробка.

Оскільки використання рекреаційного потенціалу формує головні пріоритети екосистемного розвитку сільських території, їх збереження, відновлення та «розумне» використання, керівники подібних підприємств мають намагатися утворювати спілки та об'єднання, які б функціонували на місцевому рівні за рахунок підтримки місцевого населення та громад [193].

Позитивна соціальна складова сільського туризму полягає в забезпеченні зайнятості сільського населення в сфері послуг на селі. Тому розвиток даного напрямку можна розглядати як шлях соціального розвитку депресивних сільських районів, який дозволяє зупинити деградацію сільської місцевості, яка страждає від постійного відтоку населення, зокрема, через відсутність роботи [194].

При використанні досвіду країн-сусідів щодо організації сільського туризму необхідно відмітити досвід Білорусі, де в сільській місцевості існує кілька класів агросадиб, критерієм для класифікації яких є рівень комфорту [195]. Залежно від своїх особистих переваг, турист може обрати агросадиби від традиційного сільського будинку до житлового комплексу з усіма зручностями і з розважальним центром.

Стратегія розвитку сільського зеленого туризму полягає в мотивації розвитку як можна більшої кількості підприємств даного виду туризму (сільських садиб) та об'єктів, які надають додаткові послуги (музеї, кафе національної кухні, кінноспортивні бази і т. ін.) в селі. Так як спільна робота всіх перерахованих вище об'єктів складається в комплексний туристичний продукт і є основою ефективного розвитку сільського зеленого туризму в даній місцевості (кластер), отже є конкурентоспроможним видом туризму в порівнянні з іншими видами туризму [196].

---

[193] Сільський зелений туризм – від роз'єднаних садиб до територіальних кластерів. ГО «Спілка сільського зеленого туризму України». URL : https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2021/05/Rutynskyy-Silskyy-zelenyy-turyzm-2018-book.pdf (дата звернення: 08.10.2021 р.).

[194] Добросельский В. В. Аграрный туризм: виды и структура. *Научно-практический журнал*. 2015. URL : http://apej.ru/article/4-2 (дата звернення: 08.10.2021 р.).

[195] Классификация сельских усадеб Беларуси. *Interfax-Запад*. URL : https://interfax.by/news/turizm/otdykh_v_belarusi/23431/ (дата звернення: 08.10.2021 р.).

[196] Чернявая А. Л. Стратегические элементы развития предприятий сельского зеленого туризма в условиях конкурентной среды. *Туристическая библиотека*. URL: https://tourlib.net/statti_tourism/chernyavaya2.htm (дата звернення: 08.10.2021 р.).

У таких садибах туристи деякий час ведуть сільський спосіб життя, знайомляться з місцевою природою, культурою та звичаями за допомогою піших і кінних прогулянок, спілкуються з місцевими жителями. У деяких агрооселях передбачена можливість активного відпочинку. Крім традиційних видів відпочинку, в агрооселях туристам може бути запропонована сільськогосподарська робота на загальних підставах з місцевими жителями [197].

Розвиток подібного виду туризму дозволяє зберегти потенціал території та звернути увагу та її проблеми та перспективи її розвитку як мінімум на місцевому та регіональному рівні. Використання інструментів стратегічного планування розвитку територій вимагає зусиль з боку державної, регіональної та місцевої влади, бізнес-структур, громадських організацій та спілок.

Надання поштовху розвитку туризму як інструменту збереження територій в Україні потребує вирішення декількох основних проблем, які полягають у наступному:

1. Відсутність розробленої методичної та нормативно-правової бази, яка б визначала організаційні умови надання послуг зеленого туризму.

2. Створення сучасних спеціальних інформаційних інтернет-ресурсів для того, щоб потенційні клієнти змогли отримувати всю необхідну інформацію про сільський туризм, об’єкти туризму, їх інфраструктуру, місцезнаходження, умови користування, проведення спеціальних заходів як оффлайн, так і онлайн-формату тощо.

3. Організація підготовки профільних фахівців, навчання та перекваліфікація сільських господарів, незайнятого сільського населення для роботи в секторі зеленого туризму.

4. Необхідність просування сільського туризму як в Україні, так і українського туристичного продукту – за кордоном.

На даному етапі, незважаючи на зростання інтересу туристів до самобутнього українського села, поки ще не сформована загальнодержавна позиція, націлена на збереження та відродження сільських територій. Основною причиною такого стану речей є відсутність системного підходу державних структур та місцевих органів влади до вирішення цих невідкладних завдань.

[197] В Смолевичском районе туристам предлагают поработать в колхозе. Зелений туризм. URL : http://ruraltourism.com.ua/index2.php?a=viewnews&id=166 (дата звернення: 08.10.2021 р.).

1.3. Формування врожайності біомаси міскантусу гігантського залежно від особливостей вирощування культури

Дековець В. О., Кулик М. І.
Полтавський державний аграрний університет

Проблема зниження енергетичної залежності України від непоновних джерел енергії залишається відкритою. Адже частину електричного енергоресурсу Україна імпортує, а частину отримує від атомних електростанцій, термін експлуатації яких майже закінчився. Інші непоновні джерела енергії, такі як природний газ а нафта переважно імпортується і добуваються в нашій країні в недостатніх обсягах. Крім того, поновні джерела енергії використовуються не повністю, включаючи альтернативну енергію рослинних ресурсів, енергію сонця, вітру та геотермальної енергії. Тому питання раціонального використання природних ресурсів залишається відкритим і недостатньо вивченим.

Згідно з прогнозом Світової енергетичної ради, до 2050 року споживання енергії на планеті Земля зросте більш ніж удвічі. При цьому близько 40 % енергетичних потреб планується забезпечити поновлюваними джерелами енергії, в т. ч. за рахунок біоенергетики [198].

Тому, для розвитку біоенергетики в Україні необхідно здійснити пошук шляхів здешевлення різних видів біосировини з економічним обґрунтуванням за їх виробництва [199]. Це передбачає всебічне вивчення енергетичних культур, розробки менеджменту й логістики їх вирощування на основі техніко-економічних рішень [200 , 201]. При цьому необхідно планово оновлювати інфраструктуру територіальних громад, створювати переробні комплекси для виготовлення біопалив з перспективою залучення енергосервісних компаній для постачання альтернативної енергії до споживачів.

Відповідно теоретичного аналізу проведеного Гелетухою Г. Г. із співавторами, визначено, що Україна може задовольнити до 18 % загальної потреби в первинних енергоносіях за реалізації економічного потенціалу біомаси, що є вагомим чинником посилення енергетичної безпеки країни [202].

---

[198] Гелетуха Г. Г., Желєзна Т. А., Праховнік А. К. аналіз енергетичних стратегій країн ЄС та світу і ролі в них відновлюваних джерел енергії. *Аналітична записка БАУ*. 2015. № 13. 35 с.

[199] Кулик М. І., Курило В. Л., Калініченко О. В. Урожайність та енергетична ефективність виробництва відновлюваної рослинної сировини енергетичних культур. *Оптимальні енергетичні системи з урахуванням наявного потенціалу відновлюваних джерел енергії у Лісостепу України* : колективна монографія / за заг. ред. М. І. Кулика, О. В. Калініченка. Полтава : ПП «Астрая», 2019. С. 30–48.

[200] Kulyk M. I., Kurylo V. L., Kalinichenko O. V., Galytska M. A. Plant energy resources: agroecological, economic and energy aspects. Monograf. 2019. 119 p.

[201] Писаренко П. В., Курило В. Л., Кулик М. І. Агробіомаса та фітомаса енергетичних культур для виробництва біопалива. *Розробка та вдосконалення енергетичних систем з урахуванням наявного потенціалу альтернативних джерел енергії : колективна монографія* / за ред. О. О. Горба, Т. О. Чайки, І. О. Яснолоб. Полтава : ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2017. С. 258–266.

[202] Гелетуха Г. Г., Желєзна Т. А., Жовмір М. М., та ін. Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні. Частина 2. Енергетичні культури, рідкі біопалива, біогаз. *Промислова теплотехника.* 2011. Вип. № 1, Т. 33. С. 57–64.

Визначено, що найбільший потенціал рослинної сировини формують енергетичні культури, що мають багаторічний цикл життя та здатні забезпечити щорічне надходження значного обсягу біомаси [203]. Окрім цього енергокультури мають ряд переваг за їхнього вирощування й використання біомаси (рис. 1).



Рис. 1. Переваги вирощування й використання біомаси енергетичних культур

Джерело: авторська розробка на основі [204, 205, 206].

З-поміж найбільш впливових чинників, що обумовлюють врожайність і якість сільськогосподарської продукції та енергетичних культур, вчені [207] визначають погодно-кліматичні та екологічні фактори, і лише потім антропогенний вплив.

---

[203] Кулик М. І., Падалка В. В. Розвиток біоенергетики на основі рослинного енергетичного ресурсу (на прикладі Полтавської області). Управління стратегіями випереджаючого інноваційного розвитку : монографія / за ред. Н. С. Ілляшенко. Суми : Триторія, 2020. С. 109–118.

[204] D'omin Dmytro, Kulyk Maksym, Rozhko Ilona. Agroecological fundamentals of creation of artificial phytocenoses of energy crops for recultivation. *Innovative Approaches to Ensuring the Quality of Education, Scientific Research and Technological Processes: Series of monographs* 43Faculty of Architecture, Civil Engineering and Applied Arts Katowice School of Technology / Edited by Magdalena Gawron-Łapuszek Yana Suchukova. Publishing House of University of Technology, Katowice, 2021. P. 1035–1041.

[205] Тараненко А. О., Кулик М. І., Попов С. І. Агроекологічне обґрунтування вирощування енергетичних культур. Екологічні інновації у підвищенні економічної та продовольчої безпеки України : колективна монографія ; за ред. Т. О. Чайки, І. О. Яснолоб, О. О. Горба. Полтава : ПП «Астрая», 2020. С. 177–184.

[206] Ye D., Farriol X. Preparation and characterisation of methylcelluloses from Miscanthus sinensis. *Carbohydrate Polymers*. 2005. Vol. 62. P. 258–266.

[207] Галицька М. А., Писаренко П. В., Кулик М. І. Гуміфікаційно-мінералізаційні процеси як показник акумуляції карбону в ґрунтах. *Таврійський науковий вісник.* 2018. Вип. 102. С. 130–136.

Підвищення температури повітря і нерівномірний розподіл опадів, які в теплий період відзначаються зливовим характером і не забезпечують ефективного накопичення вологи в ґрунту й призводять до зростання частоти та інтенсивності посухи [208]. Як зазначають автори [209], фізико-географічне положення України багато в чому визначає її досить складний характер у зміні кліматичних умов, що призводить до нестабільності й втрат врожаю в окремі роки, що можуть сягати до 45–50 %.

Відповідно до визначення авторів [210], агроекологія має перспективу комплексних змін у сільськогосподарській та харчовій системах, що переважає над сучасними технічними інноваціями. Агробіорізноманіття має бути розширено відповідно до загального переосмислення екологічних, технологічних, соціально-економічних та політичних аспектів сільського господарства щодо покращення стійкість систем. У зв'язку з чим, вивчення особливостей вирощування енергетичних культур на маргінальних землях є актуальним питанням сьогодення.

Встановлено, що плантації міскантусу слід розміщувати на вивідних полях сівозміни низькопродуктивних ґрунтів, а також вирощувати на маргінальних землях. Система обробітку ґрунту поєднує основний і передсадильний обробітки ґрунту під культуру [211, 212].

Для вирощування рекомендовано українські сорти міскантусу: міскантусу гігантського: «Верум», «Осінній зорецвіт», «Місячний промінь», «Гулівер», «Біотех», «Дієтичний»; міскантусу цукроквіткового – «Снігопад», «Снігова королева»; міскантусу китайського – «Велетень» [213].

Розмножується міскантус гігантський вегетативним способом, частинами кореневища 12–14 см завдовжки із наявними 2–3 бруньками [214]. Заходи допосадкової підготовки ризом – спрямовані для поліпшення посівних якостей садивного матеріалу, а також: прискорити швидкість та дружність з'явлення сходів, забезпечити додатковим живлення рослинам міскантусу та створити захист від патогенів на початкових етапах росту і розвитку, знизити вагову норму висаджування, без зменшення планової густоти рослин (рис. 2).

---

[208] Польовий А. М., Божко Л. Ю. Вплив кліматичних змін на режим зволоження вегетаційного періоду в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2015. № 16. С. 128–139.

[209] Білявський Ю. В., Білявська Л. Г. Аналіз агро-кліматичних та грунтових умов Лісостепу України для вирощування сільськогосподарських та енергетичних культур. Оптимальні енергетичні системи з урахуванням наявного потенціалу відновлюваних джерел енергії у Лісостепу України : колективна монографія / за заг. ред. М. І. Кулика, О. В. Калініченка. Полтава : ПП «Астрая», 2019. С. 7–17.

[210] Chable V., Nuijten E., Costanzo A., Goldringer I., Bocci R., Oehen B., Rey F., Fasoula D., Feher J., Keskitalo M., Koller B., Omirou M., Mendes-Moreira P., Van Frank G., Kader A., Jika N., Mathieu T., Rossi A. Embedding Cultivated Diversity in Society for Agro-Ecological Transition. *Sustainability*. 2020. Vol. 12. P. 784. doi: 10.3390/su12030784

[211] Роїк М. В., Сінченко В. М., Ганженко О. М., Квак В. М., Гументик М.Я., Фучило Я. Д., Бондар С. В., Фурса А.В. Міскантус в Україні : монографія. Київ : ТОВ «ЦП «Компринт», 2019. 256 с.

[212] Gumentyk M., Kharytonov M. Development and assessment of technologies of miscanthus and switchgrass growing in Forest-steppe zone of Ukraine. *Agriculture & forestry*. 2018. Vol. 64, Issue 2. P. 137–146.

[213] Інформаційно-довідкова система «Сорт». URL : http://sort.sops.gov.ua/search/search.

[214] Курило В. Л., Рахметов Д. Б., Кулик М. І. Біологічні особливості та потенціал урожайності енергетичних культур родини тонконогових в умовах країни. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. Вип. 1 (88). С. 11–17.

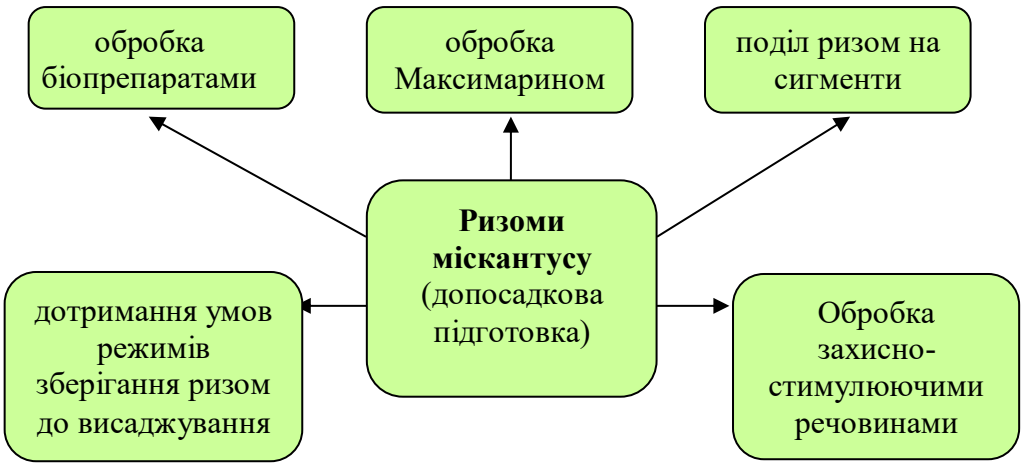


Рис. 2. Способи допосадкової підготовки ризом міскантусу
Джерело: авторська розробка.

Важливим є проведення заходів допосадкової (передсадивної) обробки ризом міскантусу гігантського. Що не тільки створює сприятливі умови росту й розвитку рослин на початкових етапах [215], але й дозволяє отримати підвищений відсоток виходу якісного садивного матеріалу. Авторами встановлено, що за сумісного використання гранул і гелю абсорбенту, як за першого, так і другого строків садіння міскантусу, отримано істотно більшу кількість ризом порівняно з контролем та іншими варіантами [216].

Садіння ризом міскантусу гігантського проводять рано навесні у вологий ґрунт. Не допускається садіння в пізні терміни і в пересохлий ґрунт. Для саджання ризом міскантусу використовують типову розсадосадильну машину або напівавтоматичну картопляну саджалку. При закладці невеликих ділянок розмноження міскантусу гігантського саджання проводять вручну, розкладаючи відрізки кореневища в спеціально підготовлені борозни [217].

Саджання міскантусу гігантського проводиться відрізками кореневищ, що зберігалися протягом зими, або щойнозібраними ризомами. Приживлюваність посаджених відрізків кореневищ міскантусу гігантського становить 80–90 % [218].

В умовах Лісостепу України необхідно висаджувати кореневища (ризоми) масою 70–90 г у ранні строки (I–II декади квітня) на оптимальну глибину 6–8 см та забезпечити густоту рослин 20–22 тис. шт./га. Що дозволить, згідно даних авторів, отримати врожайності сухої біомаси

[215] Демин Д., Зудиков А., Кулик М. В поисках энергии. Новая технология выращивания мискантуса. *Зерно*. 2017. № 2. С. 96–99.
[216] Доронін В. А., Дрига В. В., Кравченко Ю. А., Доронін В. В. Способи підвищення виходу садивного матеріалу міскантусу гіганського. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2018. Вип. 26. С. 11–20.
[217] Курило В. Л., Кулик М. І., Калініченко О. В. Енергетичні культури: підручник. 2020. Полтава : Астрая. 302 с.
[218] Гументик М. Я. Вплив способу садіння міскантусу гігантського на продуктивність ризом в умовах Лісостепу України. *Біоенергетика*. 2017. № 1. С. 26–29.

міскантусу гігантського на рівні 23–25 т/га [219].

Густота насадження ризом міскантусу змінюється у межах 16–20 тис. на 1 га й залежить від обраного способу їх висаджування. Глибина загортання ризом – 5–10 см. Оптимальна врожайність сухої біомаси міскантусу в зоні Лісостепу формується на рівні 25 т/га сухої біомаси за густоти садіння ризом 20 тис/га при схемі висаджування 70 × 70 см [220].

Після садіння міскантусу поле обов'язково прикочується легкими кільчастими котками. Подальший догляд за посадками плантацій міскантусу здійснюють з урахуванням наступних рекомендацій.

У перший рік вегетації при з'явленні сходів міскантусу проводять розпушування ґрунту в міжряддях культиваторами з урахуванням захисної зони рядка. А через два-три тижні після першого розпушування ґрунту проводиться повторна обробка міжрядь [221].

Доведена ефективність боротьби з бур'янами, особливо в перший рік вегетації багаторічних злакових культур при застосуванні міжрядних обробітків ґрунту з одночасним присипанням бур'янів у рядках ґрунтом [222]. За необхідності (значна забур'яненість), насадження міскантусу обробляється гербіцидами, дозволеними для використання на посівах злакових культур [223].

На другий рік вегетації рекомендовано проводити підживлення енергонасаджень міскантусу повним мінеральним добривом з урахуванням родючості ґрунту та виносу елементів живлення рослинами. На третій рік вегетації культури розпушування ґрунту в міжряддях не проводять, так як рослини міскантусу до цього часу колонізують ґрунтовий простір в міжряддях, тому бур'яни не становлять конкуренції рослинам.

При дотриманні вимог до виконання технологічних операцій обробітку міскантусу на енергоплантаціях забезпечується: врожайність сухої речовини біомаси 12–16 т/га (до 25,0 т/га); термін комерційного використання плантацій – 15–20 років і більше. З огляду на високий вміст целюлози і лігніну у надземній вегетативній масі, міскантус є цінною сировиною для виробництва паливних гранул високої якості. Виробничі витрати на вирощування біомаси міскантусу у різних європейських країнах сягають 40–50 євро на 1 т сухої речовини [224].

Також визначено, що одним із способів створення оптимальних фітоценозів за вирощування енергетичних культур є сумісне їх

---

[219] Гументик М., Квак В., Замойський О. Урожайність біомаси міскантусу залежно від кліматичних умов, строків і глибини садіння ризомів у Західному Лісостепу України. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Сер. Агрономія*. 2013. № 17 (1). С. 76–82.

[220] Гументик М. Я., Гончарук Г. С., Гументик В. М. Продуктивність біомаси міскантусу залежно від густоти садіння ризомів в умовах Лісостепу України. *Таврійський науковий вісник*. 2020. № 116, Ч. 1. С. 64–70.

[221] Кулик М. І. Енергетичні культури : навч. посіб. Полтава : Астрая, 2016. 154 с.

[222] Гументик М. Я., Хіврич О. Б., Квак В. М., Замойський О. І Ефективність впливу способів захисту від бур'янів на ріст і розвиток рослин міскантусу в умовах західного Лісостепу України. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2013. Вип. 19. С. 24–27.

[223] Квак В. М. Ріст, розвиток і продуктивність міскантусу за різних норм добрив. *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2012. Вип. 14. С. 548–551.

[224] Caslin, B., Finnan J., Easson L. Miscanthus best practice guidelines Teagasc: Ecclesville Printing Services, 2011. 52 p.

розміщення, або ж застосування покривних культур, що є основою для розробки екологічних технологій [225].

Встановлено, що найвищий економічний і енергетичний ефект можна отримати за умови дотримання енергозберігаючих елементів технології вирощування при культивуванні біомаси на біопаливо, створивши енергетичний конвеєр постачання сировини споживачу [226, 227].

Отже, наведений огляд наукових публікацій свідчить про те, що на даний час не в повній мірі вивчені питання удосконалення технології вирощування міскантусу задля отримання біомаси. Тому необхідно здійснювати пошук додаткових шляхів збільшення врожайності біомаси міскантусу гігантського, що потребує подальшого вивчення та обґрунтування. У зв'язку з чим, ми провели відповідні дослідження в умовах центрального Лісостепу України.

Дослід – однофакторний, закладний у чотирикратній повторності відповідно методики дослідної справи в агрономії [228] в умовах центрального Лісостепу. Вивчали наступні варіанти, що поєднували: варіант 1 (умовний контроль) – без прополювання бур'янів, без удобрення; варіант 2 (контроль) – прополювання бур'янів, без удобрення; варіант 3 (мінеральний азот) – внесення повної дози мінеральних добрив; варіант 4 (біологічний азот) – вирощування міскантусу гігантського з люпином.

Грунт дослідних ділянок характеризувався наступними агрохімічними показниками: вміст гумусу – 3,39 %, азоту легко-гідролізованого – 192,5 мг/кг ґрунту, фосфору – 616 мг/кг ґрунту, калію – 775,0 мг/кг ґрунту, pH – 7,2.

Обліки, спостереження та аналізування проводили на рослинах міскантусу гігантського сорту «Гулівер» другого року вегетації. Використовували затверджені науково-практичні й методичні рекомендації, та наукові методики [229, 230, 231, 232].

За результатами дослідження встановлено, що спосіб вирощування міскантусу гігантського у фітоценозі мав вплив на забур'яненість насаджень (рис. 3).

---

[225] Гументик М. Я. Особливості технології змішаного вирощування біоенергетичних злакових культур для виробництва біопалива. *Біоенергетика*. 2019. № 1. С. 16–18.

[226] Baral, N. R., et al. Techno-Economic Analysis and Life-Cycle Greenhouse Gas Mitigation Cost of Five Routes to Bio-Jet Fuel Blendstocks. *Energy & Environmental Science*. 2019. Vol. 12 (3). P. 807–24. doi: 10.1039/cBee03266a

[227] Гументик М. Я. Оцінка ефективності переробляння біомаси енергетичних культур на біопаливо. *Біоенергетика*. 2016. № 2 (8). С. 10–12.

[228] Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва : Колос, 1985. 336 с.

[229] Писаренко П. В., Горб О. О., Кулик М. І. та ін. Науково-практичні рекомендації до вирощування енергетичних культур та використання фітомаси. Полтава, 2017. 34 с.

[230] Ганженко О. М., Курило В. Л., Гументик М. Я. та ін. Методичні рекомендації з технології вирощування і переробляння міскантусу гігантського. Київ : ТОВ «ЦП «Компринт», 2016. 40 с.

[231] Рахметов Д. Б., Каленська С. М., Федорчук М. І. та ін. Методичні рекомендації з оптимізації технології вирощування міскантусу в різних ґрунтово-кліматичних зонах України. Херсон : ВЦ «Колос»: ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет», 2017. 22 с.

[232] Зінченко В. О., Роїк М. В., Рахметов Д. Б., Гонтаренко С. М., Курило В. Л., Гументик М. Я., Ганженко О. М., Квак В. М. Методика проведення експертизи сортів міскантусу гігантського (Miscanthus × giganteus J. M. Greef & Deuter ex Hodkinson & Renvoize) на відмінність, однорідність і стабільність. УІЕСР, 2012. 16 с.

За варіантами досліду відсоток бур’янів у насадженнях міскантусу гігантського варіював від 3,1 % до 27,0 % і залежав від способу вирощування рослин у фітоценозі. Найменшу забур’яненість енергонасаджень зафіксовано за вирощування міскантусу із люпином, що слугував біогербіцидним екраном та сприяв зниженню забур’яненості.

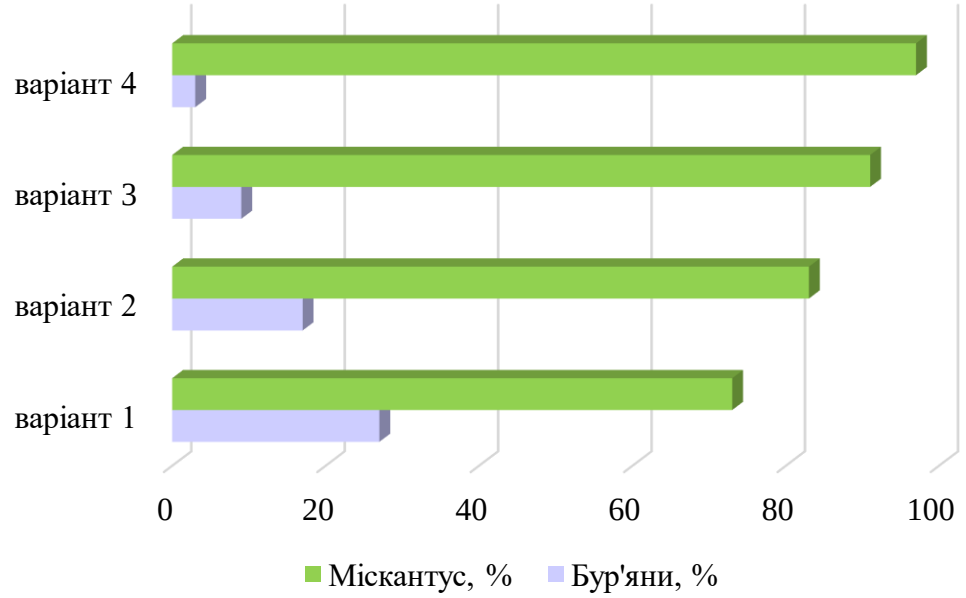


Рис. 3. Забур’яненість насаджень міскантусу гігантського залежно від способу вирощування рослин у фітоценозі

Джерело: авторські дослідження.

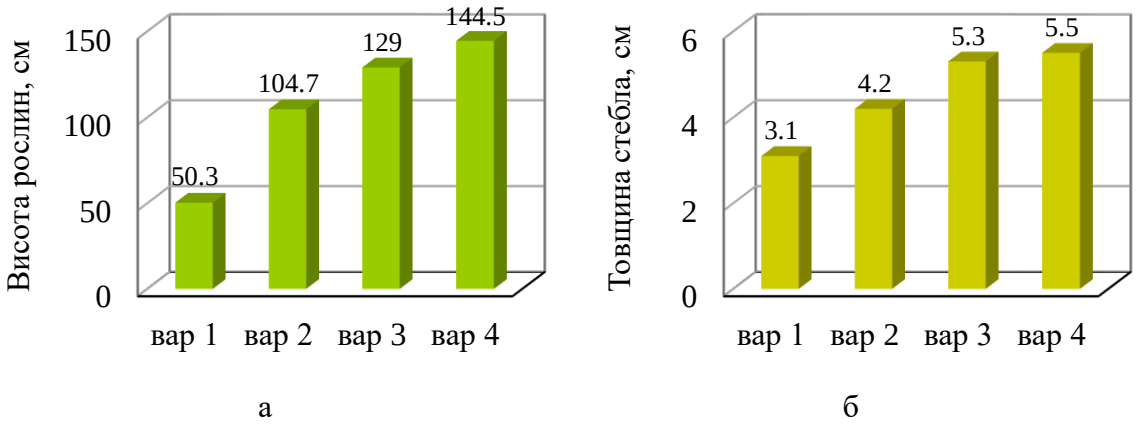
Відмічена мінливість кількісних показників рослин міскантусу гігантського залежно від способу вирощування рослин у фітоценозі (табл. 1).

1. Кількісні показників рослин міскантусу гігантського другого року вегетації залежно від способу вирощування рослин у фітоценозі

Варіанти	Середня довжина стебла, см	Кількість листків на стеблі, шт.	Довжина одного листка, см	Кількість міжвузлів на стеблі, шт.	Середня товщина стебла, см
Варіант 1 (умовний контроль)	50,3	3,1	32,8	2,5	0,7
Варіант 2 (контроль)	104,7	4,2	27,0	6,0	0,7
Варіант 3 (мінеральний азот)	129,0	5,3	51,7	6,3	0,8
Варіант 4 (біологічний азот)	144,5	5,5	47,8	7,1	0,8
$НІР_{05}$	9,8	0,3	3,4	0,2	0,06

Джерело: авторські дослідження.

Встановлено, що засвоєний рослинами азот, як мінеральний так і біологічний (варіанти 3 і 4) мають суттєвий вплив на висоту стеблостою, середню кількість листків на стеблі та товщину (діаметр) стебла міскантусу гігантського (рис. 4).



а б

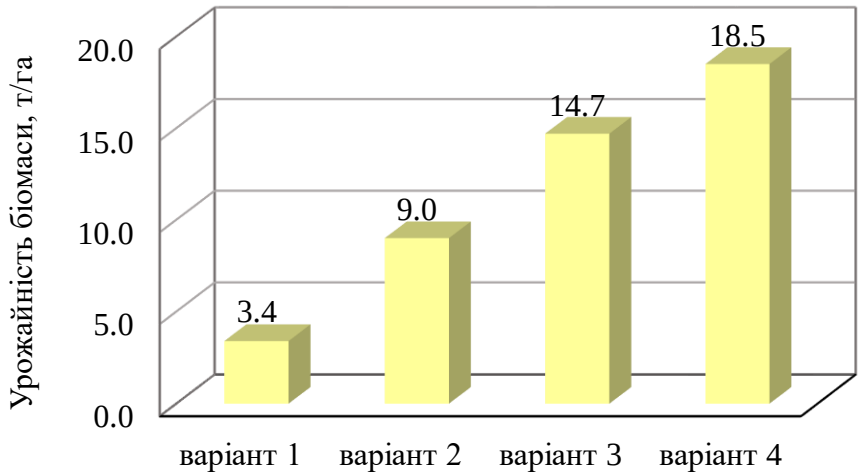
Рис. 4. Висота рослин (а) та товщина стебла (б) міскантусу гігантського залежно від способу вирощування рослин у фітоценозі

Джерело: авторські дослідження.

Середня довжина листків на стеблі міскантусу виявилася найбільшою при застосуванні мінерального азоту – варіант 3 (51,7 см), дещо меншою на варіантах сумісного вирощування міскантусу гігантського з бобовим компонентом – варіант 4 (47,8 см). Відмічена відносно більшу довжина листкової пластинки міскантусу гігантського на забур'яненому контролі – варіант 1 (32,8 см), порівняно із варіантом 2, на якому проводили боротьбу з бур'янами (27,0 см).

Урожайність сухої біомаси міскантусу гігантського на другий рік вегетації виявилася високою на фоні мінерального живлення рослин (варіант 3) – на рівні 14,6 т/га, та майже вдвічі більшою за сумісного вирощування з люпином 18,5 т/га (варіант 4). Контрольні варіанти міскантусу гігантського формували врожайність біомаси менше 10,0 т/га (рис. 5).

Боротьба з бур'янами, на безудобреному фоні дозволяє збільшити врожайність біомаси міскантусу гігантського на 5,6 т/га. Внесення мінеральних добрив, порівняно з контролем збільшує цей показник на 5,7 т/га, застосування сумісних посівів міскантусу гігантського з люпином, що додатково забезпечує рослини біологічним азотом – на 9,5 т/га. Отже, сівба в міжряддях міскантусу гігантського бобового компоненту (люпину) дозволяє знизити кількість бур'янів у енергонасадженнях й одночасно суттєво збільшити врожайність біомаси.

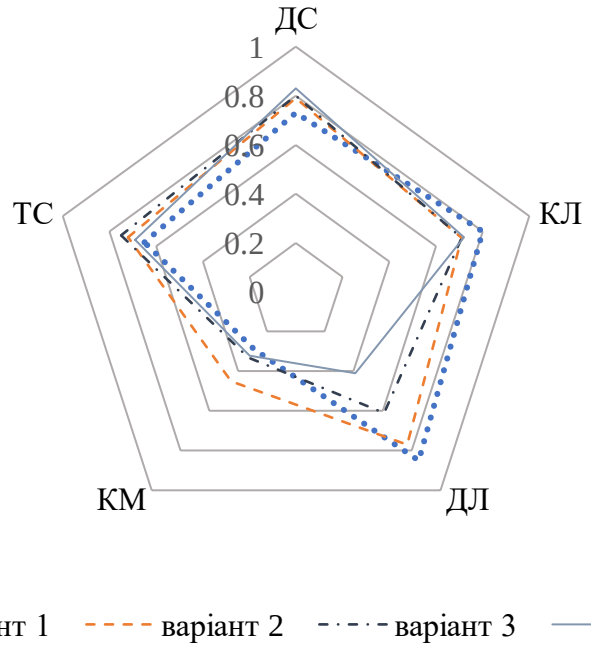


$НІР_{05}$ = 3,43

Рис. 5. Урожайність міскантусу гігантського другого року вегетації залежно від способу вирощування рослин у фітоценозі

Джерело: авторські дослідження.

За результатами кореляційно-регресійного аналізу визначено, що на врожайність за сухої біомасою міскантусу гігантського мають вплив: висота стебла та його товщина, кількість листків на стеблі однієї рослини. Дані показники змінюються у незначних межах залежно від способу вирощування міскантусу у фітоценозі (рис. 6).



Примітка: ДС – довжина стебла, см; КЛ – кількість листків, шт./рослину; ДЛ – довжина листка см; КМ – кількість міжвузлів, шт./рослину; ТС – товщина (діаметр) стебла, см.

Рис. 6. Кореляція між біометричними показниками рослин і врожайністю біомаси міскантусу гігантського з урахуванням способу вирощування рослин у фітоценозі

Джерело: авторські дослідження.

Отже, на формування врожайності біомаси міскантусу гігантського на варіантах сумісного вирощування з люпином суттєвий вплив мають наступні біометричні показники рослин: середня висота стебла (r = 0,83), його діаметр (r = 0,69), кількість листків на стеблі (r = 0,72). Меншою мірою на продуктивність міскантусу впливають: середня довжина одного листка (r = 0,41) та кількість міжвузлів на стеблі (r = 0,32).

Висновки.

1. Науково-обґрунтований менеджмент вирощування енергетичних культур, в т.ч. й міскантусу гігантського дозволяє ефективно управляти енергоплантаціями, що передбачає забезпечення екологічного, агрономічного та економічного ефектів.

2. Біологізація технології вирощування міскантусу гігантського дозволяє знизити вплив на навколишнє природне середовище, зменшити кількість бур'янів у енергоплантаціях за одночасного збільшення врожайності біомаси (до 18,5 т/га), з урахуванням збалансованого природокористування.

3. Встановлено, що врожайність міскантусу гігантського за сухою біомасою при вирощуванні у сумісних насадженнях із люпином обумовлюється висотою стебла та його діаметром й кількістю листків на стеблі. Що підтверджено сильними кореляційними зв'язками між цими показниками (r ≥ 0,7).

2.4. Особливості формування фотосинтетичного потенціалу посівів кукурудзи як енергетичної культури в умовах зміни клімату (RCP 6.0) на території Житомирського Полісся України

Костюкєвич Т. К.
Одеський державний екологічний університет

Використання біопалива як вирішення проблеми скорочення викиду вуглецю та зменшення залежності від викопних видів палива має вирішальні наслідки як для продовольчої забезпеченості, так й для сьогоднішнього та майбутнього землекористування.

Нинішнє розширення та зростання енергетичних ринків внаслідок проведення нової енергетичної та екологічної політики, прийнятої в останнє десятиліття в більшості розвинених країн і в кількох країнах, що розвиваються, змінює роль сільського господарства. Найбільш значущим є підвищення ролі сектора як постачальника сировини для виробництва рідкого транспортного біопалива – етанолу та біодизелю. Сучасна біоенергія є новим джерелом попиту на продукцію фермерів, що обіцяє формування доходів та створення нових робочих місць.

В останні кілька років темпи зростання попиту на біопаливо значно перевищують історично сформовані темпи зростання попиту на

сільськогосподарські товари і врожайності культур. Україна має досить непогані перспективи для виробництва і споживання біологічних видів палива. Однак, той величезний потенціал альтернативної енергетики, яким володіє Україна, не використовується повною мірою. Якщо порівнювати з країнами Євросоюзу, де кукурудза є основним джерелом сировини для заводів з виробництва біогазу, то наша країна ще тільки на шляху до повноцінного використання власних ресурсів [233].

Кукурудза досягає максимальної висоти стебла безпосередньо перед збиранням урожаю, надаючи найбільшу кількість біомаси з гектара. Додатковими перевагами енергетичної культури є невибагливість до води, незначна потреба у засобах захисту та виділення значних обсягів біогазу під час анаеробного зброджування.

Зміст золи в кукурудзі є основним чинником якості для подальшого виробництва біопалива і залежить від технології збирання (цей показник збільшується внаслідок контакту біомаси з ґрунтом).

За характеристиками плавкості золи кукурудза наближається до деревної біомаси, забезпечує кращі умови для спалювання, ніж брати, наприклад, солому зернових колосових культур. Для порівняння: у деревини температура плавлення золи становить близько 1200 ^{0}C, а температура плавлення стебел кукурудзи – близько 1100 ^{0}C.

Крім того, кукурудза містить менше хлору, порівняно зі свіжою (жовтою) соломою зернових колосових культур. Це позитивний фактор у використанні кукурудзи як палива, оскільки сполуки хлору викликають корозію сталевих елементів енергетичного обладнання.

Таким чином, кукурудза є практично ідеальною культурою для виробництва біогазу. Продовжуються інтенсивні дослідження у напрямі пошуку альтернативних кукурудзі культур, але силос кукурудзи залишається основною сировиною.

На сьогоднішній день вже не виникає сумлінь, що зміна кліматичних умов призводить до значної мінливості врожайності багатьох сільськогосподарських культур, у тому числі й кукурудзи [234]. До певного рівня підвищення температури може сприяти зростанню врожайності деяких культур в більш «прохолодних» частинах земної кулі, але якщо вона перевищує оптимальний для даної культури рівень або виникає дефіцит вологи і поживних речовин, то врожайність може зменшитися. Підвищення частоти екстремальних явищ, особливо повеней та посух, також завдає шкоди сільськогосподарським культурам і знижує їх урожайність [235].

---

[233] Костюкевич Т. К. Агрокліматична оцінка умов вирощування кукурудзи на біомасу для використання в енергетичній промисловості на території Поділля. *Використання альтернативних джерел енергії в умовах розвитку сільських територій* : матеріали ІІ Міжнародної науково-практичної конференції (22 листопада, м. Полтава). Полтава : РВВ ПДАА, 2019. С. 68–70.

[234] Deb P., Shrestha S., Babel M. S. Forecasting Climate Change Impacts and Evaluation of Adaptation Options for Maize Cropping in the Hilly Terrain of Himalayas: Sikkim, India. *Theoretical and Applied Climatology*, 2015. Vol. 121. P. 649–667. doi: 10.1007/s00704-014-1262-4

[235] Bassu S., Brisson N., Durand J. L., Boote K., Lizaso J., Jones J. W., Baron C. How Do Various Maize Crop Models Vary in Their Responses to Climate Change Factors? *Global Change Biology*. 2014. Vol. l, Issue 20. P. 2301–2320. doi: 10.1111/gcb.12520

Одним із найпростіших методів відображення можливих змін у кліматичному режимі будь-якої метеорологічної величини є порівняння з минулими даними, зокрема, середніми багаторічними величинами за базовий період. У даному дослідженні за базовий береться період з 1991 по 2015 роки. Для оцінки можливих змін клімату нами було використано сценарій RCP 6.0 (репрезентативні траєкторії концентрації), який є сценарієм стабілізації та на сьогодні вважається найбільш реалістичною можливістю та сценарій RCP 6.0+CO_2, що враховує збільшення CO_2 на 30 % [236].

Оцінка впливу змін клімату на продуктивність кукурудзи виконана на основі динамічної моделі продуктивності посівів сільськогосподарських культур Польового А. М. [237]. В основу моделі покладено систему рівнянь радіаційного, теплового, водного балансів і балансу біомаси (вуглеводів і азоту) у рослинному покриві в системі «середовище – рослина». Система «середовище – рослина» розглядається як складна динамічна система, що розвивається під впливом внутрішніх і зовнішніх факторів. У цій системі виділяються процес росту, розвитку і формування продуктивності рослин у їхній складній взаємодії. Моделювання процесу росту і розвитку рослин містить кількісний опис процесів фотосинтезу, дихання, росту і розвитку рослин. Ідентифікація параметрів моделі проведено на основі даних спостережень на мережі гідрометеорологічних станцій Гідрометеорологічної Служби України Державної служби із надзвичайних ситуацій України [238].

Клімат Житомирського Полісся за своїми особливостями займає проміжне положення між більш вологим і теплим кліматом Волинського Полісся і більш континентальним кліматом східних областей. Розподіл середньої температури повітря за рік для Житомирського Полісся наближається до меридіонального. Ця характеристика зменшується із заходу на схід. Найтеплішим місяцем на досліджуваній території є липень, а найтеплішою декадою – перша декада серпня. Територіальний розподіл середньої місячної температури повітря за липень і першу декаду серпня характеризується збільшенням із заходу на схід.

На території Житомирського Полісся складаються гарні умови для вирощування кукурудзи [239]. В останні роки намітилася тенденція збільшення площ, відведених під обробіток кукурудзи. В 2020 році врожайність кукурудзи на зерно становила 63,1 ц/га, що на 25 % менш ніж у попередньому сезоні. Такий різкий стрибок пов’язано, перш за все, з

[236] Climate change: How do we know? NASA Global Climate Change and Global Warming : Vital Signs of the Planet, accessed June 13, 2018. URL : https://climate.nasa.gov/evidence/ (дата звернення: 29.09.2021).

[237] Полевой А. Н Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1988. 318 с.

[238] Агрокліматичний довідник по території України / за ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіди, А. Л. Прокопенко. Житомир : Полісся, 2019. 82 с.

[239] Костюкєвич Т. К., Азізов Р. Т. Агрометеорологічні умови вирощування кукурудзи на території Житомирського Полісся. *Рубіновські читання* : матеріали ІІІ Всеукр. наук.-практ. конф. Уманський НУС : Редакційно-видавничий відділ, 2021. С. 11–12.

дуже несприятливими агрометеорологічними умовами 2020 року [240]. В середньому в останні роки врожайність кукурудзи становить близько 80–90 ц/га. На території Житомирського Полісся під посівами кукурудзи на зерно в 2020 році було зайнято 250,9 тис. га (21 % від загальної площі ріллі по області), що на 21 % більше ніж у 2019 році (207,6 тис. га).

За останні роки площі зайняті під кукурудзою як в Житомирському Поліссі так й Україні в цілому збільшуються дуже швидко. Різки зміни у динаміці площ почали відбуватися на початку 2000-х рр. Настільки високий приріст посівних площ, пов'язано зі змінами клімату в Україні що відбувають досить швидко – там де раніше кукурудзу майже не вирощували (південні та західні райони) зараз вона дає високі врожаї, а також високим попитом на зерно кукурудзи як в країні та й на міжнародному ринку.

Агрометеорологічні умови вирощування кукурудзи на території Житомирського Полісся за сценарієм RCP6.0 будуть проходити на фоні підвищених температур [241]. Також, за всіма періодами за сценарними даними очікується зменшення кількості опадів, очікується скорочення тривалості періоду вегетації, відповідно й скорочення тривалості міжфазних періодів, це пов'язано зі збільшенням середньої температури повітря, що в свою чергу викликає пришвидшення настання фаз розвитку культури (особливо в критичні періоди розвитку).

Для характеристики показників фотосинтетичної продуктивності кукурудзи за умовами вирощування за різними кліматичними умовами були розраховані: відносна площа листя кукурудзи, чиста продуктивність фотосинтезу, фотосинтетичний потенціал та приріст загальної сухої біомаси в період максимального розвитку.

Слід підкреслити, що вплив змін клімату на формування продуктивності посівів кукурудзи нами розглянуто за умов сучасної агротехніки та сучасних сортів і гібридів культури в припущенні, що вони суттєво не зміняться.

Вивчення впливу окремих технологічних прийомів на ріст і розвиток сільськогосподарських культур, як правило, супроводжується спостереженнями за особливостями фотосинтетичної діяльності в посівах. Це питання надзвичайно важливе, оскільки зміна умов зростання рослин неминуче, прямо або побічно, впливає на продуційний процес, а відповідно й на формування врожаю.

Дослідження [242] свідчать, що продуктивність рослин тісно пов'язана з ростом і фотосинтезом – двома кардинальними фізіологічними

---

[240] Урожай кукурузы: 2020. Самый низкий за 5 лет. URL : https://www.epravda.com.ua/rus/news/2020/11/23/668279/ (дата звернення: 3.11.2021 р.).

[241] Костюкєвич Т. К. Оцінка агрокліматичних умов вирощування кукурудзи як енергетичної культури в умовах зміни клімату на території Житомирського Полісся. *Стійкий розвиток сільських територій у контексті реалізації державної екологічної політики та енергозбереження* : колективна монографія ; за ред. Т. О. Чайки. Полтава : ПП «Астрая», 2021. С. 134–142.

[242] Куперман Ф. М. Морфофизиологическая изменчивость растений в онтогенезе. Москва : Московский университет, 1963. 64 с.

процесами. Створення фотосинтетичного апарату високої активності є першою умовою для отримання значної продуктивності посіву. Друга не менш важлива умова – це створення фотосинтетичного апарату, достатнього за розміром, тобто отримання оптимальної площі листя.

Основними показниками, що характеризують продуційний процес у посівах, є: відносна площа листя, індекс листкової поверхні, фотосинтетичний потенціал, чиста продуктивність фотосинтезу, суха біомаса.

Розглянемо відмінності в інтенсивності нарощування площі листя у кукурудзи за всіма варіантами. Так, площа листя в період максимального розвитку в середньому за багаторічний період становить 6,0 $м^2/м^2$ (табл. 1), за умовами зміни клімату RCP 6.0 (варіант I) очікується зменшення площі листя до 5,1 $м^2/м^2$, за умовами RCP 6.0+CO_2 (варіант II) також очікується зменшення площі листя кукурудзи, але не значне – до 5,7 $м^2/м^2$.

На рис. 1 представлена динаміка накопичення відносної площі листя посівів кукурудзи в умовах зміни клімату RCP 6.0 та RCP 6.0+CO_2 у порівнянні з середніми багаторічними даними. Як бачимо, впродовж вегетаційного періоду динаміка наростання площі листя, як за кліматичними змінами, так й за багаторічними умовами була майже однаковою, але кількісні її показники значно відрізняються. Але у всіх випадках ці значення відповідають міжфазному періоду вегетації викидання волоті – молочна стиглість.

1. Показники фотосинтетичної продуктивності посівів кукурудзи за період вегетації за середніми багаторічними даними у порівнянні з очікуваними за кліматичним сценарієм RCP 6.0

Період, роки	Варіант, сценарій	Період максимального росту			Суха біомаса цілої рослини, $г/м^2$	Урожайність, %
		площа листкової поверхні, $м^2/м^2$	приріст загальної сухої біомаси, $г/м^2$ за декаду	чиста продуктивність фотосинтезу, $г/м^2$ за добу		
1991–2015	Базовий	6,0	367,8	8,9	1513,6	100
2021–2050	RCP6.0	5,1	339,5	8,1	1231,6	78
	RCP6.0+CO_2	5,7	390,8	8,3	1411,2	90

Джерело: авторська розробка.

Взаємозв'язок рослин в агроценозах носить непостійний характер, що залежить від багатьох факторів. Головним завданням для отримання високих врожаїв є створення такого посіву, в якому б максимально розкривалися потенційні можливості фотосинтетичної діяльності рослин в агроценозах. Цього можна домогтися при створенні сприятливих умов для зростання і розвитку рослин.

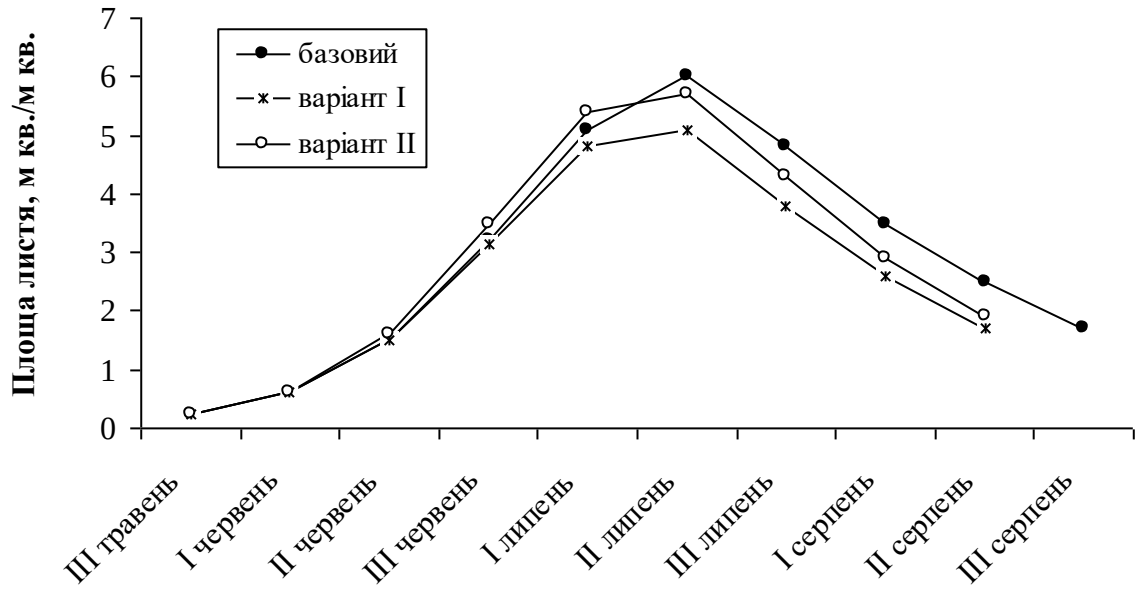


Рис. 1. Динаміка відносної площі листя посівів кукурудзи за період вегетації за середніми багаторічними даними у порівнянні з очікуваними за кліматичним сценарієм RCP 6.0

Джерело: авторська розробка.

Зростання рослини і його біологічна продуктивність – результат, насамперед, фотосинтетичної діяльності, в ході якої утворюється до 95 % органічних сполук. Збільшення сухої біомаси починається, головним чином, слідом за формуванням фотосинтетичної системи листа і здійснення процесу фотосинтезу. Лист як орган фотосинтезу є центром утворення первинних продуктів, їх метаболізації та евакуації в органи запасів.

Одним з показників, що характеризують продуційний процес рослин, є чиста продуктивність фотосинтезу. На рис. 2 представлена динаміка чистої продуктивності фотосинтезу посівів кукурудзи за період вегетації за середньо багаторічними даними у порівнянні з очікуваними за сценаріями.

Максимальне значення чистої продуктивності фотосинтезу посівів кукурудзи в середньому за багаторічними умовами становить 8,9 г/м^2 (табл. 1). За умовами кліматичних змін RCP 6.0 значення чистої продуктивності зменшиться до 8,1 г/м^2, за умовами кліматичних змін RCP 6.0+CO_2 значення чистої продуктивності очікується на рівні 8,3 г/м^2. Це пов'язано з реакцією рослин на підвищення CO_2, так за умов збільшення CO_2 в повітрі відбувається збільшення площі листя.

Така реакція рослин на підвищення CO_2 обумовила і відповідний рівень динаміки загальної сухої біомаси кукурудзи та її приростів (табл. 1). Так, максимальні значення приросту загальної сухої біомаси посівів кукурудзи в середньому за багаторічними умовами становить 367,8 г/м^2. Збільшення значення приросту очікується за кліматичним сценаріям RCP6.0+CO_2 – 390,8 г/м^2, а за умовами кліматичних змін RCP6.0 очікується зменшення до 339,5 г/м^2.

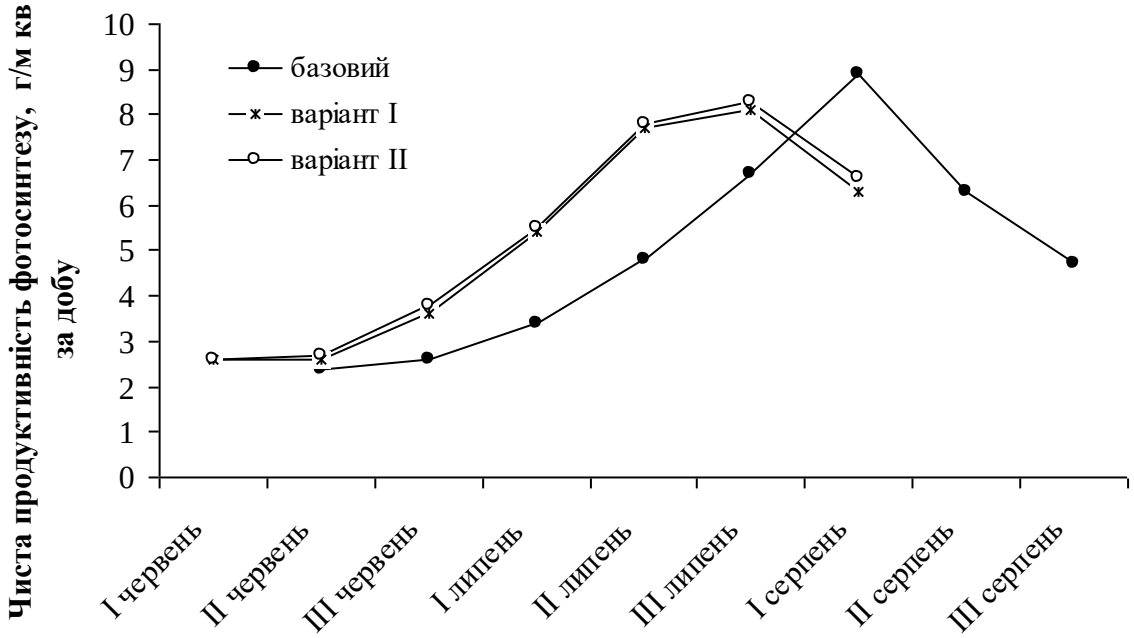


Рис. 2. Динаміка середньої за декаду чистої продуктивності фотосинтезу посівів кукурудзи за період вегетації за середніми багаторічними даними у порівнянні з очікуваними за кліматичним сценарієм RCP 6.0

Джерело: авторська розробка.

Динаміка сухої біомаси цілої рослини кукурудзи за період вегетації за середніми багаторічними даними у порівнянні з очікуваними за сценаріями представлено на рис. 3. Розглянемо ці зміни, так, максимальне значення загальної сухої біомаси посівів кукурудзи в середньому за багаторічними дами становить 1513,6 г/м^2 (табл. 1). При реалізації кліматичного сценарію RCP 6.0+CO_2 очікується зменшення до 1144,2 г/м^2, за умовами кліматичних змін сценарію RCP 6.0 також очікується зниження – до 1231,6 г/м^2.

Головним результатом обробітку будь якої зернової культури, що вирощується на продовольчі цілі, є отримання зерна високої якості. Таким чином, за умовами реалізації кліматичних сценаріїв очікується зменшення врожайності кукурудзи: за варіантом RCP 6.0 – на 22 %, а за варіантом RCP 6.0+CO_2 – на 10 %.

На основі сценарію зміни клімату (упродовж 2021–2050 рр.) та динамічної моделі формування врожаю кукурудзи встановлено, що цілому на території дослідження за умов кліматичних змін очікуються значні зміни в умовах для вирощування кукурудзи на зерно. Зменшення площі листя за умовами кліматичних змін призведе до зниження інших показників фотосинтетичної продуктивності кукурудзи – чистої продуктивності фотосинтезу, сухої біомаси рослини та врожайності зерна. Це пов’язано з перерозподілом кількості опадів під час вегетації за кліматичними умовами сценаріїв та відповідною реакцією рослин на підвищення CO_2. Через більш швидке зростання в умовах підвищених температур кукурудзі не вистачає

часу для формування достатньої кількості біологічного матеріалу, що в свою чергу призвело до зниження врожайності.

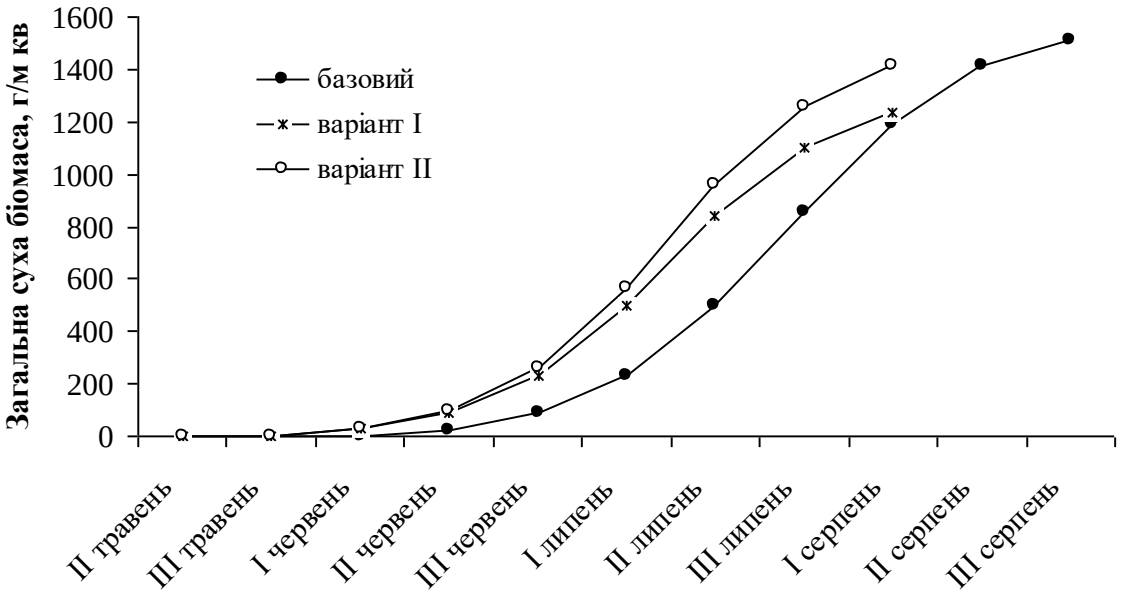


Рис. 3. Динаміка загальної сухої біомаси посівів кукурудзи за період вегетації за середніми багаторічними даними у порівнянні з очікуваними за кліматичним сценарієм RCP 6.0

Джерело: авторська розробка.

Перспективою подальших досліджень є більш детальне врахування просторової та часової мінливості можливих кліматичних змін, проведення досліджень реакції на зміни клімату щодо інших груп сортів та гібридів цієї культури, а також розробка рекомендацій стосовно адаптації агротехніки вирощування кукурудзи в умовах кліматичних змін.

2.5. Проблеми і оптимізація агроландшафтів півдня України при відтворенні сталих агроекосистем

Ладичук Д. О., Шапоринська Н. М.
Херсонський державний аграрно-економічний університет

Для впровадження еколого-меліоративних заходів або підвищення екологічної рівноваги зрошуваних або осушуваних сільськогосподарських ландшафтів необхідно визначення їх сучасного стану. Оцінка сучасного стану агроландшафту, або ландшафтно-меліоративної системи, здійснюється через показники еколого-меліоративного режиму. Вони розглядають основні складові ландшафту (гідрогеологічні умови, ґрунт, поверхневі води та ін.) з метою визначення можливості виникнення негативних процесів (підтоплення земель, вторинне засолення та осолонцювання ґрунтів тощо) та впровадження еколого-меліоративних заходів, які потрібні для запобігання або зниження інтенсивності прояву деградації агроландшафту.

Територія Херсонської області знаходиться в межах степової зони помірного географічного поясу Євразії. Площа області – 28,5 тис. км^2.

Тектонічна будова області – платформена. Це південна частина докембрійської Східноєвропейської платформи з крайовим прогином в сторону Криму. В рельєфі цей прогин виражений як Причорноморська низовина, яка нахилена з півночі на південь. Клімат помірно- континентальний із порівняно м′якою зимою (середні температури зимових місяців -1 – -3 ^{0}C) і жарким та довгим літом (середні температури +22 – +23 ^{0}C [243, 244].

Середньорічна температура дорівнює 9,3–9,8 ^{0}C і має стійку тенденцію до підвищення. Середня багаторічна кількість атмосферних опадів по області близько 400 мм, але в останнє десятиріччя кількість опадів збільшується в середньому на 50–80 мм.

Значна сільськогосподарська освоєність території області, посушливий клімат з частими суховійними вітрами призводять до вітрової ерозії. Площа дефляційно – небезпечних земель складає 1681,7 тис./га. Водна ерозія поширена на схилах долин річки Інгульця, Каховського водосховища та Дніпровського лиману. Всього по області охоплено водною ерозією 264,3 тис. га сільськогосподарських угідь. Площа засолених земель в Херсонській області складає 266,0 тис. га (за даними 2019 р.) [245].

Підтоплення земель є одна з найбільш активно розвинутих сучасних екзогенних інженерно – геологічних процесів Херсонської області. Площа постійного підтоплення області – 7558 км^2 – 34 % від площі

[243] Про Херсоннщину. URL : https://visitkherson.gov.ua/pro-khersonshinu/geografiya-ta-klimatichni-umovi-xersonshhini.
[244] Чорний С. Г., Бойко М. Ф. Екологія Херсонщини. Херсон : Терра, 2001. 156 с.
[245] Averchev A.V., Ladychuk D. A. The impact of regional climate change on the irrigation mode of fruit and vegetable crops in the South of Ukraine *Fourth International Conference of European Academy of Science, Section: Life Sciences & Earth Sciences / Soil Sciences* (20–31 January, 2019, Bonn). Germany : "EAS", 2019. P. 103–105.

області. Найбільш потерпають від підтоплення Каховський (південна частина), Генічеський, Скадовський, Херсонський райони – від 32 до 92 % від загальної площі районів [246].

У сучасних умовах господарювання при реформуванні земельних відносин зі зміною форми власності на землю набувають великого значення у аграрній сфері фермерські та кооперативні господарства. Головним завданням для таких господарств є визначення напрямків господарської діяльності, яка, в значній мірі, визначається і родючістю ландшафтів.

Тому основне спрямування розвитку таких господарств полягає у достовірному визначенні ступеня негативності процесів та явищ, які відбуваються у зрошуваних агроландшафтах і розробці комплексу еколого – меліоративних технологій, спрямованих на підвищення продуктивності сільськогосподарських земель із збереженням водно – болотного та наземного біорізноманіття. Це дозволить розробити засади для формування та відтворення сталих агроекосистем.

Головні питання щодо відтворення сталих агроекосистем спрямовані на визначення динаміки основних показників еколого-меліоративного режиму агроландшафтів у автоморфних та гідроморфних умовах грунтотворення; оцінки зміни продуктивності агроландшафтів різного ступеню антропогенного навантаження; розробці технології оптимізації сільськогосподарських ландшафтів для збереження природних екосистем.

Для оптимізації складових агроландшафтів, на базі багаторічного комплексного польового сільськогосподарського досліду у виробничих умовах та на цілині, із застосуванням методу ключів – аналогів, розглядаються наступні ландшафти під дією антропогенного фактору. Для умов приморських низин розглядаються ландшафти розташовані в межах: СГК «Приморський» Бехтерська СТГ Скадовського району Херсонської області (тривале зрошення на фоні вертикального дренажу); СТОВ «Україна» Генічеська МТГ Генічеського району Херсонської області (тривале зрошення на фоні горизонтального дренажу). Для умов вододільних рівнин розглядаються ландшафти розташовані в межах: Державного підприємства «Дослідне господарство «Асканійське» Асканійської державної с.-г. дослідної станції Інституту зрошуваного землеробства НААН (тривале зрошення); ДДЕАФ «Асканія-Нова» Каховського району Херсонської області (тривале зрошення + богара); фермерських господарств (ФГ) «Красень», «Сагайдачний», «Мрія» Нижньосірогозької ОТГ Каховського району Херсонської області (богара в умовах підтоплення) та біосферного заповідника «Асканія-Нова» НААН (цілина). Результати досліджень систематизовані у відповідності геоморфологічного, гідрогеологічного та ґрунтового районування територій і визначення їх типовості до досліджуваних зрошуваних масивів.

---

[246] Аверчев А. В., Ладычук Д. А., Шапоринская Н. Н. Особенности режима орошения сельскохозяйственных культур на территории Херсонской области в условиях региональных изменений климата. *Фаховий збірник АзНПОГіМ*. 2019. Вип. XXXIX. С. 3–11.

Згідно визначення Голованова О. І. (1993) [247], ландшафт має визначену структуру та будову, динаміку властивостей та станів, обумовленою його стійкістю і способом розвиватися, тобто еволюційно незворотньо змінюватися. Тоді ЛМС (ландшафтно-меліоративною системою називається взаємозалежна система, що складається з природного (ландшафт), технічного (гідромеліоративна система) і управлінського (управління системою) блоків) розглядається тільки як динамічна система. У підтвердження цього встановлено, що кожний окремо показник еколого-меліоративного режиму можна відновити в тих межах, що він мав на одному з попередніх етапів розвитку, але відновити структуру їхньої системної взаємодії практично неможливо (метаморфізм еволюції ЛМС). Виходячи з цього, можна помітити, що втрата екологічної стійкості ЛМС на одному з етапів її еволюції спричиняє перехід її з однієї форми екологічної рівноваги в іншу, котра властива ЛМС на наступному етапі еволюції. Таким чином, якщо ЛМС вийшла з умов екологічної стійкості при даних показниках еколого-меліоративного режиму, то ЛМС перетерпіла зміни (адаптувалася до нових умов свого розвитку) і при них ЛМС знаходиться в іншій формі екологічної рівноваги і має на даному етапі еволюції нову (згідну цим значенням її показників) екологічну стійкість. Тоді, екологічну стійкість ЛМС можна визначити як здатність самозбереження і саморегулювання показників еколого-меліоративного режиму, що характеризують дану ЛМС, в еволюційному розвитку без порушення екологічної рівноваги природного ландшафту [248].

Оцінка еколого-меліоративного режиму агроландшафтів Херсонського Присивашшя (табл. 1) показує, що перевищення рівнями грунтових вод (РГВ) критичної позначки постійно спостерігається на ділянках зрошення без дренажу і, в окремі періоди, на інших ділянках дренажу з різними міждренними відстаннями. Промивний режим зрошення на дослідних ділянках з дренажем не викликає процесу вторинного засолення ґрунту, проте на ділянках зрошення без дренажу спостерігається процес стійкого вторинного засолення ґрунту.

На усіх, без виключення, дослідно-виробничих ділянках спостерігається процес вторинного осолонцювання ґрунтів. Це пояснюється, по-перше, якістю зрошувальної води (можливість вторинного осолонцювання ґрунтів, К = 32,5 %), по-друге, протягом останніх 7–8 років не виконувалась хімічна меліорація ґрунтів щодо запобігання осолонцюванню ґрунтів (внесення кальційвмісних меліорантів). Крім цього, зрошувальна вода потребує меліорації щодо процесів вторинного засолення та підлуження ґрунтів.

[247] Голованов А. И. Мелиорация ландшафтов. *Мелиорация и вод. хоз-во.* 1993. № 3. С. 6–8.

[248] Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель : рекомендации. Москва : ВО Агропромиздат, 1990. 59 с.

Ґрунти на дослідних ділянках є слабкозасолені за вмістом токсичних солей [249] і є слабкогумусні, що потребує обов'язкового внесення органічних добрив з дотриманням рекомендованої сівозміни.

Всі землі з високим заляганням ґрунтових вод схильні до вторинного осолонцювання. При розробці заходів запобігання підтопленню земель необхідно виходити з реальних можливостей антропогенного впливу на фактори підтоплення: іригаційними і організаційно-господарськими можна повністю управляти, гідрогеологічні умови можна певною мірою покращити, метеорологічні можна лише врахувати [250].

1. Оцінка еколого-меліоративного режиму зрошуваних та дренованих ландшафтів у Херсонському Присивашші

Показники	Один. виміру	ГДЗ	Існуючі значення				Оцінка
			1*	2	3	4	
Ґрунти – темно-каштанові та каштанові – зрошення +дренаж							
Вологість ґрунту	%	(0,75–0,85) НВ	19,0–21,0				на зрошенні регулюється поливами
Середня глибина залягання РГВ	м	2,65	2,34	3,38	2,83	2,80	на зрошенні – процес стійкого вторинного засолення грунтів
Загальна, токсична засоленість ґрунту, шар 0–100 см	% на 100 г ґрунту	0,2	0,084	0,092	0,092	0,082	ґрунти слабкозасолені (Базилевич М. І., Панкова О. І., 1972)
		0,1	0,053	0,054	0,059	0,058	
Співвідношення Na, Ca, Mg у ГПК	Na/√Ca	0,5–0,7	1,45	1,04	1,89	2,72	спостерігається процес осолонцювання ґрунтів
	Na/√Mg	0,4–0,6	2,20	1,92	3,68	3,40	
pH ґрунтового розчину	-	7,0	7,8	7,6	7,7	7,6	ґрунти мають лужну реакцію
Мінералізація зрошувальної води	г/дм^3	0,45	0,52				можливість вторинного засолення ґрунтів при тривалому зрошенні
Співвідношення Na, Ca, Mg у зрошувальній воді	$\frac{Na\ 100}{Ca+Mg}$, %	25	32,5				можливість осолонцювання ґрунтів
pH зрошувальної води	-	7,0–7,5	8,2				можливість підлуження ґрунтів
Вміст гумусу у ґрунті	%	4,0	1,7–2,0				ґрунти слабкогумусні, обов'язкове внесення органічних добрив

Примітки: * – варіанти: 1 – зрошення; 2 – зрошення + горизонтальний дренаж В = 240 м; 3 – зрошення + горизонтальний дренаж В = 300 м; 4 – зрошення + горизонтальний дренаж В = 400 м.

Джерело: авторські дані.

[249] Базилевич Н. И., Панкова Е. И. Опыт классификации почв по засолению. *Почвоведение.* 1968. № 11. С. 3–15.

[250] Ладичук Д. О. Принципи екологічного управління ланшафтно-мелиоративними системами півдня України *ЕкоФорум – 2019 :* збірник тез доповідей ІІІ спеціалізованого міжнар. Запорізького екологічного форуму, (29–31 травня 2019 р.). Запоріжжя : Запорізька торгово-промислова палата, 2019. С. 60–63.

При зрошувальних заходах потрібно**,** по-перше, забезпечити умови, при яких подана на зрошуване поле вода буде сприятливо впливати на конкретний ґрунт, а, по-друге, щоб дренажні води, що відводяться і скидаються у вододжерела не порушували екологічної рівноваги. Скидання дренажних, забруднених гербіцидами та іншими технічними компонентами скидних вод у затоку Чорного моря і Сиваш погіршують рекреаційні умови прибережної зони, впливають на природний хімічний склад у Сиваші [251].

Особливо складним й актуальним є забезпечення якості води при рішенні водогосподарських проблем. Кількість та якість води, що подається для зрошення необхідно обґрунтовувати екологічними вимогами та екологічною доцільністю.

Для запобігання серйозних порушень екологічного стану украй важливо комплексно вирішувати проблеми зрошення, зв'язуючи у єдиний комплекс спорудження, що несуть технологічне та природоохоронне навантаження. Це дозволяє створити керовані природно-технічні системи, що значною мірою знижують, а в багатьох випадках, виключають небажаний вплив зрошення.

Екологічна частина проектів зрошення враховує зростаючі масштаби змін водного та сольового балансів меліоративних територій і впливів на навколишнє середовище. Це робиться для того, щоб ризик втрати при зрошенні навіть частини природних багатств (родючості ґрунту, чистої води, видового складу флори і фауни) був виключений цілком або зведений до мінімуму. Таким чином, створюється екологічна надійність меліоративної системи, під якою розуміється здатність системи забезпечувати протягом визначеного часу, при заданих умовах експлуатації, навантаження (вплив) на екологічні або інші комплекси, які не перевищують допустимих значень [252].

На території приморських низин існує ряд проблем: мінералізація зрошувальної води перевищує допустимі межі, тому необхідно знизити мінералізацію і поліпшити катіонний склад води. Для зниження мінералізації в поливну воду подають визначені об'єми прісних вод (розведення), для поліпшення катіонного складу і зниження лужності – додають гіпс (фосфогіпс), кислі мінеральні добрива, крейду, вапняк, кальцієву селітру; підвищення родючості зрошуваних ґрунтів за рахунок попередження процесів осолонцювання і втрат гумусу, при проведенні вегетаційних поливів меліоративно поліпшеною водою, тобто гіпсування. Для того, щоб дана вода не викликала осолонцювання ґрунту, необхідно на кожні 1000 м^3 цієї води вносити 0,014–0,017 т гіпсу; для поповнення гумусового шару і одержання

[251] Обеспечение экологической надежности мелиоративных объектов ; сост. Б. А. Мусиенка ; под ред. Б. П. Карука. Киев : Урожай, 1987. 224 с.

[252] Ладичук Д. О. Принцип адаптації агроландшафтів півдня України до наслідків зміни клімату. *ЕкоФорум – 2021* : збірка тез доповідей V спеціалізованого міжнародного Запорізького екологічного форуму (14–16 вересня 2021 р.). Запоріжжя : Запорізька торгово-промислова палата, 2021. С. 98–99.

високих та стійких урожаїв сільськогосподарських культур, необхідно вносити визначені норми органічних та мінеральних добрив. Рекомендована норма внесення гною 150–200 т/га. Для ведення бездефіцитного за гумусом землеробства повторно вносити гній при нормі 30–40 т/га через 3–4 роки; 100 т/га – через 8–10 років; 200 т/га – через 12–17 років. Великі норми гною (100–200 т/га) доцільно вносити під оранку на глибину 45–50 см; будівництво та відновлення роботи горизонтального дренажу, основного природоохоронного заходу на початково осолонцьованих та засолених землях Херсонського Присивашшя. Якщо вчасно не побудувати дренаж, зрошення викликає підйом ґрунтових вод і, як наслідок, зниження урожайності сільськогосподарських культур. Закритий горизонтальний дренаж впливає на ступінь засоленості поливних ґрунтів, попереджаючи їхнє вторинне засолення, а так само викликає їхнє розсолення при промиванні ґрунту дощуванням; необхідно проводити культуротехнічні роботи. Для захисту зрошуваних земель від ерозії застосовують лісові насадження: полезахисні, приканальні, стокорегулюючі, прияружні, прибалкові та інші.

Оцінка сучасного стану агроландшафтів в районі біосферного заповідника «Асканія-Нова» виконана виходячи з розрахунку комплексу показників еколого-меліоративного режиму, що визначає сукупність вимог до регульованих факторів ґрунтотворного процесу з метою збереження та підвищення родючості ґрунтів і отримання високих та гарантованих урожаїв сільськогосподарських культур (табл. 2). Велику увагу необхідно приділити показникам еколого-меліоративного режиму, величини яких рівні або значно перевищують гранично допустимі значення. По-перше, у всіх ґрунтах спостерігається процес вторинного осолонцювання (процес накопичення у ґрунтово-поглиненому комплексі (ГПК) іонів Na^+ та K^+). До того ж і якість зрошувальної води за цим критерієм може збільшувати негативність прояву вторинного осолонцювання ґрунтів. Крім цього зрошувальна вода має небезпеку з точки зору виникнення вторинного засолення та підлуження ґрунтів. Для того, щоб уникнути цих проявів необхідно: створювати промивний режим зрошення на фоні горизонтального дренажу; вносити кальційвмісні меліоранти (гіпс, вапняк, крейда) у ґрунт та зрошувальну воду (при тому, що у господарствах на сьогодення цьому питанню не приділяється значної уваги).

Оцінка показників еколого-меліоративного режиму, які визначають сучасний стан богарних підтоплених агроландшафтів Нижньосірогозької ОТГ Каховського району, наведена у табл. 3.

Аналіз еколого-меліоративного режиму у господарстві показує, що ведення землеробства у богарних умовах не викликає негативних процесів, які можуть виникнути при невірному використанні зрошення (підтоплення, вторинне засолення та ін.), але з постійним підйомом рівня ґрунтових вод за рахунок зрошення на прилеглих до фермерських господарств територіях виникає можливість в найближчий час, прояву

процесу вторинного засолення ґрунтів, що потребує додаткових еколого-меліоративних заходів. Використовувати для зрошення тут підземні води із свердловин не є можливим.

2. Оцінка еколого-меліоративного режиму ґрунтів у Асканійському степу*

Показники	Один. виміру	ГДЗ	Існуючі значення			Оцінка
			1	2	3	
Ґрунти – темно-каштанові - зрошення						
Вологість ґрунту	%	(0,75–0,85) НВ	18,0–19,0	19,1–21,1	13,2–17,7	на зрошенні регулюється поливами
Глибина залягання РГВ	м	3,2	18,5–29,0	17,0–27,0	17,3–32,1	під цілиною ПВ не повинні обводнювати четвертинні відкладення (15–20 м)
Загальна, токсична засоленість ґрунту, шар 0–100 см	% на 100 г ґрунту	0,2	0,100	0,090	0,102	ґрунти не засолені
		0,1	0,061	0,052	0,066	
Співвідношення Na, Ca, Mg у ГПК	Na/√Ca	0,5–0,7	0,74	0,84	0,70	спостерігається процес осолонцювання ґрунту
	Na/√Mg	0,4–0,6	0,62	1,00	0,67	
pH ґрунтового розчину	-	7,0	6,6–7,0	6,8–7,2	6,9–7,1	ґрунти мають близьку до нейтральної реакцію
Мінералізація зрошувальної води	г/дм^3	0,45	0,52		-	можливість вторинного засолення при тривалому зрошенні
Співвідношення Na, Ca, Mg у зрошувальній воді	$\frac{Na\ 100}{Ca+Mg}$ %	25	32,5		-	можливість осолонцювання ґрунтів
pH зрошувальної води	-	7,0–7,5	8,2		-	можливість підлуження ґрунтів
Вміст гумусу у грунті	%	4,0	2,5–3,0	2,3–2,9	4,0–4,8	обов'язкове внесення органічних добрив

Примітки: *1, 2 – відповідно ділянки у ДПДГ «Асканійське» та ДДЕАФ «Асканія – Нова»; 3 – ділянка на цілині.

Джерело: авторські дані.

Якість такої зрошувальної води може привести до виникнення вторинного засолення, осолонцювання та підлуження ґрунтів вже у перші роки використання.

Але проблема поліпшення водного режиму ґрунтів викликає необхідність впровадження зрошення. Слід відмітити, що для отримання високих та гарантованих урожаїв сільськогосподарських культур в умовах посушливого клімату півдня України необхідно створення оптимального водного режиму грунтів в складних гідрогеологічних та економічних умовах сьогодення. Прогнозні розрахунки режиму зрошення для вирощуваних сільськогосподарських культур показують, що поливна норма

не повина перевищувати 350–400 м^3/га, з проведенням поливів тільки у критичні фази розвитку сільськогосподарських культур. Бажана організація нічних поливів. Це дозволить знизити швидкість підйому рівнів грунтових вод у часі і знизить проблему появи негативніх процесів у грунті.

3. Оцінка еколого-меліоративного режиму богарного підтопленого агроландшафту

Показник	Одиниця виміру	ГДЗ	ФГ середнє	Оцінка
Ґрунти – чорноземи південні – богара				
Вміст гумусу	%	4,0	2,8	зниження вмісту у ґрунті
Загальна засоленість грунту	%	0,2	0,056	процес вторинного засолення ґрунтів не спостерігається
Співвідношення катіонів в ГПК	Na/√Ca	0,4–0,5	0,22	процес осолонцювання не спостерігається
	Na/√Mg	0,3–0,4	0,26	
pH ґрунтового розчину	-	-	7,45	слабко лужне середовище
Рівень ґрунтових вод	м	2,7	4,2	процес вторинного засолення ґрунтів не спостерігається
Мінералізація зрошувальної води	г/дм^3	0,7–0,8	1,89–2,02*	процес вторинного засолення ґрунтів
Співвідношення катіонів в зрошувальній воді	%	25	74,7–105,0*	процес осолонцювання ґрунтів
pH зрошувальної води	-	7,0–7,5	7,55–7,85*	процес підлужен-ня ґрунтів

Примітки: * – при використанні підземних вод.
Джерело: авторські дані.

Ведення еколого-меліоративного моніторингу зрошуваних та прилеглих до них земель та еколого-меліоративна регламентація технологічного впливу на зрошувані землі пов’язується нині з реалізацією спеціальних просторово організованих систем інформаційної підтримки управлінських рішень, у т. ч. оптимізації та поліпшення еколого-меліоративного стану земель на масивах зрошення.

2.6. Екологізація туризму як екологічно збалансований розвиток економіки

Марусей Т. В.
Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка

Туризм – це галузь економіки, яка стрімко розвивається та спричиняє антропогенні навантаження на природні екосистеми. Попит на туристичний продукт і туристичні послуги зумовлений як бажанням підвищити рівень економічної дохідності, створити нові робочі місця та історико-культурною зацікавленістю туристів, так і фізіологічною потребою людини в оздоровленні, лікуванні, відпочинку. Забезпечення охорони довкілля на ряду із отриманням соціально-економічних перспектив має бути одним із першочергових завдань на усіх рівнях. Саме тому актуальним та надзвичайно важливим кроком на шляху до введення туризму в напрям сталого розвитку є розробка та впровадження в дію шляхів та програм екологізації. Це в свою чергу дозволить знайти правильні, екологічно-обґрунтовані напрями розвитку туристичної діяльності, забезпечить охорону та раціональне використання природних багатств, визначить шляхи відновлення пошкоджених природних територій та об'єктів.

Саме посилення ролі туризму як для економічного, так і для соціально-культурного розвитку багатьох країн світу, а також загострення проблем, що невід'ємно пов'язані з його організацією та розвитком, змушують знаходити шляхи та механізми щодо нових, екологічно значимих напрямків його впровадження. Це стало причиною проведення адаптації основних положень та принципів концепції еколого-збалансованого розвитку до контексту туризму. Визначено, що основою еколого-збалансованого розвитку є необхідність встановлення балансу між задоволенням соціально-економічних потреб суспільства, захистом інтересів майбутніх поколінь та забезпеченням якісного екологічного стану довкілля [253].

Туризм – це напрямок, що веде до управління ресурсами таким чином, що економічні, соціальні та естетичні потреби можуть бути задоволені без спричинення значної шкоди довкіллю, порушення основних екологічних процесів та зміни природних екосистем. Враховуючи особливості функціональної схеми туристичної галузі (використання природних та культурно-історичних ресурсів – надання туристичних послуг – отримання економічних прибутків), перші спроби визначення основ збалансованого туризму були зроблені ще у 1988 році Світовою туристичною організацією (СТО). За даними Всесвітньої туристичної організації, у понад 40 державах світу туризм став основним

[253] Ніколаєв К. Д. Екологізація та розвиток сільського зеленого туризму в Україні : монографія. Київ : Видавництво НПУ імені М. П. Драгоманова, 2016. 153 с.

джерелом наповнення бюджету, а у 70 країнах – однією з трьох основних статей. За останні десятиліття кількість туристів у світі неухильно зростала і досягла третини населення планети. За прогнозами фахівців, XXI століття буде століттям туризму.

Важливим показником для регіональних досліджень сталого розвитку туризму є Індекс процвітання країн світу Інституту Legatum (The Legatum Prosperity Index) – комбінований показник, який вимірює досягнення країн світу з погляду їхнього благополуччя та процвітання, публікується з 2006 р. британським аналітичним центром The Legatum Institute. Рейтинг Legatum Prosperity Index публікується з 2003 року. Добробут країн визначається на основі 294 індикаторів, які об'єднані в 12 загальних категорій за трьома розділами: суспільство (безпека, особиста свобода, управління, соціальний капітал), економіка (інвестиційне середовище, бізнес середовище, доступ до ринків, інфраструктура, якість економіки), якість життя (умови життя, здоров'я, освіта, екологія). Укладачі рейтингу використовують дані з відкритих джерел. У 2020 р. Україна посіла 92 місце в глобальному рейтингу добробуту Міжнародної аналітичної організації Legatum Institute, піднявшись за рік на чотири позиції. При цьому Україна перебуває на останній позиції серед країн Східної Європи. На позицію України в Legatum Prosperity Index впливають низькі показники країни у категорії безпека (144 місце у світі), соціальний капітал (147), інституційне середовище (119), здоров'я (115), екологія (110) [254].

Ще одним показником для досліджень екологічного туризму є показник Global Wildlife Travel Index – рейтинг країн з найкращими умовами для еко-туризму. Фахівці вивчили умови для еко-відпочинку у 107 країнах світу. При складанні рейтингу враховувалася кількість національних парків, зусилля держави щодо збереження природи, біорізноманіття, ризики зникнення представників флори та фауни. Очолила рейтинг Фінляндія, 73 % території якої займають ліси, також має 39 національних парків. Україна посіла 71 позицію рейтингу. Умови для еко-туризму в нашій країні близькі до Шрі-Ланки та Непалу (70 та 72 місця відповідно) [255].

Саме тому важливе місце в процесі екологічної орієнтації туристичної діяльності посідає екологізація системи управління, яка полягає у запровадженні нової, екологічно-орієнтовані системи менеджменту туризму. Концепція екологічного менеджменту повинна базуватись на ефективному управлінні діяльністю усієї туристичної галузі, бути направленою на раціональне, екологічно-збалансоване природокористування, збереження та примноження природних цінностей та ресурсів.

---

[254] Україна піднялася у глобальному рейтингу добробуту: у своєму регіоні – остання. URL : https://finance.liga.net/ekonomika/novosti/ukraina-podnyalas-s-poslednego-mesta-v-evrope-po-urovnyu-blagosostoyaniya-reyting-legatum (дата звернення: 19.02.2021 р.).

[255] ТОП-10 країн з найкращим еко-туризмом. URL : https://travel.tochka.net/13895-top-10-stran-s-luchshim-eko-turizmom/(дата звернення: 19.02.2021 р.).

Початковим етапом розвитку екологічного менеджменту у світі можна вважати розробку в 1992 р. Стандарту в галузі систем екологічного менеджменту BS 7750 (Specification for Environmental Management System), який був розроблений Британським Інститутом Стандартизації відповідно до запиту Британської Конфедерації Промисловості.

Пізніше стандарт став підґрунтям для підготовки міжнародних документів, а саме:

- у 1992 році Європейським Співтовариством були підготовлені до видання «Вимоги до екоаудитування»;

- створена система екологічного менеджменту й екоадиту (EMAS);

- у 1993 році були розроблені вимоги до створення Системи екологічного менеджменту й аудитування (Eco-management and audit scheme or EMAS).

Моделлю для розробки європейського рекомендаційного документа EMAS (Environmental Management and Audit System) послужив британський стандарт BS 7750. Стандарт містить вимоги до системи управління навколишнім середовищем, виконання яких необхідне для забезпечення охорони довкілля, а також стандарт дає можливість будь-якому підприємству створити свою власну ефективну систему екологічного менеджменту. EMAS було розроблено для оцінювання й поліпшення екологічних характеристик діяльності підприємств, створення умов для надання населенню екологічної інформації.

Система екологічного менеджменту, відповідно до EMAS, формується зі складових:

- оцінка екологічної ситуації та визначення екологічних проблем;

- визначення завдань, що потребують розв’язання;

- проведення екологічного аудиту конкретних господарських об’єктів;

- впровадження екологічного менеджменту і запровадження екологічної політики. Впровадження системи екологічного менеджменту дає змогу застосовувати системний підхід, чітко розподіляти обов’язки між робітниками, зменшувати витрати на сировину і ресурси. Такі схеми діють у Великобританії, Німеччині та США. В Україні з’являються лише перші проекти EMAS [256].

Основними завданнями та пріоритетами екологізації управлінської діяльності в туризмі є:

– орієнтація на інтелектуальний розвиток як туристів, так і місцевого населення, їх екологічну освіту і просвіту;

– підвищення рівня екологічної культури взаємовідносин туристів та відпочиваючих з природним середовищем шляхом проектування та прокладання нових екологічних стежок, маршрутів та створення екологічно значимих турів, проведення екологічних тренінгів тощо;

[256] Карташов Є. Г. Розвиток міжнародних стандартів в системі природокористування та охорони навколишнього середовища. URL : http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=1074 (дата звернення: 19.02.2021 р.).

– розробка і впровадження екокультурних норм поведінки у природному середовищі з поступовим переходом на рівень високої екологічної культури спілкування з природою;

– виховання у туристів і відпочиваючих потреби не тільки насолоджуватись природним середовищем, але й дбати про його майбутнє, а також сприяти збереженню та відтворенню довкілля як основного ресурсу екологічного туризму;

– забезпечення соціально-економічного розвитку вже розвинених та потенційно можливих туристичних центрів;

– розвиток регіонального та місцевого туристичного підприємництва, особливо – сільського туризму;

– підвищення рівня зайнятості населення у сфері екотуризму;

– зберігання місцевих, звичаїв, традицій та реалізація народних промислів;

– донесення до свідомості туристів інформації про негативні наслідки безвідповідального ставлення людини до природи;

– поліпшення екологічного стану й відтворення природного середовища території міст, селищ, регіонів і держави загалом;

– створення і реалізація найбільш рентабельних екотурів і послуг.

Практичне запровадження принципів екологічного менеджменту в діяльність підприємств рекреаційно-туристичної індустрії означає: дотримання науково обґрунтованих екологічних нормативів споживання води як у готелях, так і під час проведення водних лікувально-оздоровчих процедур; використання лише сучасних технічних засобів водопостачання з метою уникнення її небажаного витікання із кранів, унітазів та душових пристроїв; енергозбереження на всіх стадіях і в усіх видах здійснення й забезпечення рекреаційного процесу (енергозберігаючі технології при будівництві закладів розміщення туристів, використання енергозберігаючих приладів класу А тощо); екологічно доцільне поводження з побутовими відходами (зменшення їх обсягів, розподіл за видами, забезпечення транспортування до місця утилізації тощо); дотримання норм застосування миючих засобів; нешкідливість хімічних засобів для миття та чистки, які одночасно повинні бути біодеградуючими, тобто такими, що розкладаються природним чином; використання екологічно безпечної тари, пакувальних матеріалів, посуду; використання, по можливості, екологічно безпечних джерел енергії; ресурсозбереження на всіх стадіях забезпечення рекреаційного процесу від економії паперу в офісах до заміни постільної білизни та рушників лише за вимогою гостей; розробка та використання екологічно безпечних туристичних маршрутів.

Основними екологічними принципами збалансованого туризму передбачена мінімізація антропогенних тисків, утилізація відходів, використання енерго- та ресурсозберігаючих технологій та

альтернативної енергетики, впровадження систем очищення та повторного використання води, зменшення хімічного та шумового забруднення від туристичного транспорту, розвиток нових, екологічно-орієнтованих видів туризму.

Напрямком впровадження даних принципів та їх реалізації може стати саме екологізація туризму. За рахунок її комплексності та узгодженості управлінських механізмів стане можливим досягнення визначеного принципами сталого розвитку балансу між реалізацією туристичного продукту та раціональним природоспоживанням. В її основі також закладена екологічна освіта, що, в свою чергу, є важливим засобом підвищення екологічної культури та розвитку екологічної свідомості населення. Екологізація дозволить провести повну переорієнтацію туристичної галузі не лише на рівні певного регіону, але й у глобальних масштабах.

Екологічний ризик являє собою ймовірність виникнення несприятливих ефектів для існування екосистем та життєдіяльності суспільства, в тому числі й для здоров'я населення, внаслідок антропогенного тиску на довкілля або впливу природних чинників. Оцінювання екологічного ризику за сучасного стану і-го компонента навколишнього природного середовища визначається функцією:

$$Pci = fi(Kci, Hci),$$

де *Kci* – сучасний стан і-го компонента навколишнього природного середовища;

Hci – сучасний рівень антропогенного тиску на і-й компонент навколишнього природного середовища.

Екологічний ризик погіршення стану атмосферного повітря визначається так:

$$PA = f(Ab\ (b=1, NA), HAk\ (k=1, NHA),$$

де *Ab* – комплексна оцінка сучасного стану атмосферного повітря за Na-тою кількістю b-тих показників;

HAk – інтегральна оцінка сучасного рівня антропогенного навантаження від впливу негативних чинників на атмосферного повітря за *NHa*-тою кількістю *b*-тих показників.

Екологічний ризик для водних екосистем визначається так:

$$PG = f(Gv(v = 1, HG), HGm(m=1, NHG)),$$

де *Gv* – комплексна оцінка сучасного стану поверхневих вод за NG-тою кількістю v-тих показників;

HGm – інтегральна оцінка сучасного рівня антропогенного навантаження на водні екосистеми за NHG-тою кількістю v-тих показників.

Екологічний ризик погіршення стану ґрунтів визначається за формулою:

$$PS = f(Sd(d=1, HS), HSl(l=1, NHS)),$$

де *Sd* – комплексна оцінка сучасного стану ґрунтів за NS-тою кількістю d-тих показників;

HSl – інтегральна оцінка сучасного рівня антропогенного навантаження на ґрунти за *NHS*-тою кількістю l-тих показників.

Екологічний ризик порушення стійкості природних екосистем від радіаційного забруднення визначається за формулою:

$$PR = f(Ra(a=1, HR), HRm\ (y=1, NHR)),$$

де *Ra* – комплексна оцінка сучасного стану радіаційного забруднення території за *NR*-тою кількістю a-тих показників;

HSm – інтегральна оцінка сучасного рівня антропогенного впливу радіаційного забруднення за *NHR*-тою кількістю y-тих показників.

Досягнення критичного стану (*Ккі*) і-го компонента навколишнього природного середовища, за якого відбувається розвиток деградаційних процесів та порушення стійкості екосистеми, може відбутися за декількома сценаріями. По-перше, коли сучасний стан екосистеми знаходиться поблизу критичного, тоді навіть невеликий антропогенний тиск (*Hі*) може призвести до інтенсивного розвитку деградаційних процесів; по-друге, коли антропогенний тиск перевищує допустимі обсяги.

Для більш детального оцінювання екологічного ризику необхідно врахувати здатність екосистеми до самовідновлення, віддаленість екосистеми від джерела тиску, тривалість впливу чинників антропогенного тиску тощо. Тоді ризик порушення стійкості і-го компонента екосистеми може бути виражений функцією:

$$Pi = f\ (Ккі, r, t, Hі, L,),$$

де *Ккі* – критичний стан і-го компонента навколишнього природного середовища;

r – віддаленість екосистем від джерел тиску;

t – час, за який екосистема досягне критичного стану;

L – здатність екосистеми до самовідновлення від негативного ефекту антропогенного тиску Нi.

Сумарний екологічний ризик погіршення стану природних екосистем визначається за формулою [257]:

$$Pсум = 1 – (1 – PA)(1 – PG)(1 – PS).$$

Питання забруднення довкілля є важливим для українців. Тому Міністерство цифрової трансформації України презентувало сервіс

[257] Нещадим Л. М., Тимчук С. В., Кожухівська Р. Б. Екологічний туризм як основа ефективного розвитку туристичного бізнесу в Україні. URL : https://pev.kpu.zp.ua/journals/2019/3_14_uk/55.pdf (дата звернення: 19.02.2021 р.).

«Дія. Відкриті дані», в якому міститься розділ «Екологія». Державні органи відкрили десятки реєстрів у сфері екології: дані про якісний стан поверхневих вод, ліцензії на поводження з небезпечними відходами, дозволи на викиди в атмосферне повітря, на користування надрами та спецводокористування і багато інших. На основі цих даних створено зручні у застосуванні сервіси, які полегшують громадянам пошук інформації про стан довкілля, наявність забруднювачів та потенційно небезпечних об'єктів, які можуть вплинути на їхнє здоров'я, вибір місця проживання та на інші сфери життя.

Перевірити якість води допоможуть інструменти «Чиста вода» та «Відкрите довкілля», які використовують дані Державного агентства водних ресурсів. Вони надають інформацію щодо показників забрудненості найбільших річкових басейнів України. «Чиста вода» також містить список підприємств, які забруднюють річки у кожному регіоні, та обсяги цих забруднень. Сервіси SaveEcoBot, CityScale, EcoCity, ЛУН Місто Air, EcoInfo інтегрують відкриті дані Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів з даними мереж громадського моніторингу щодо забруднення повітря. Таке поєднання дає змогу моніторити обсяги викидів небезпечних речовин підприємствами та обґрунтовано вимагати природоохоронних інвестицій у разі значного забруднення, а мешканцям (або у нашому випадку туристам) – уникати перебування на відкритому повітрі під час небезпечного забруднення атмосфери або обирати житло у районі з менш забрудненим повітрям. Через сервіс «Екомапа» від Міністерства довкілля громадяни можуть подати звернення про виявлені незаконні сміттєзвалища, щоб їх усунули. Також на карті є дані про легальні полігони, а також змога моніторити місця поводжень з небезпечними відходами. У такий спосіб відкриті дані дають змогу підвищити ефективність екологічної політики на національному та регіональному рівнях, а також підвищувати екологічну обізнаність населення та сприяти громадському контролю [258].

Екологізація туризму є науково-обгрунтованою, екологічно-орієнтованою управлінською діяльністю, яка направлена на поліпшення екологічного стану природних комплексів та об'єктів територій туристичної зацікавленості; збереження та відновлення порушених або змінених екосистем за рахунок зміни режиму (способу) їх використання; розрахунок та встановлення допустимої кількості туристів за певний туристичний сезон; модернізацію обладнання та очисних споруд, що застосовуються в туристичній інфраструктурі; підвищення культури виробництва туристичних послуг; екологічну освіту.

Екологічний туризм – це один із найефективніших засобів екологічного виховання, тому що він надає широкі можливості будь-яким категоріям туристів для формування і розвитку цілісного ставлення до

[258] Дія. Відкриті дані. URL : https://diia.data.gov.ua/value/ecology (дата звернення: 19.02.2021 р.).

навколишнього світу з паралельним отриманням знань у різних галузях (біології, екології, географії, краєзнавства, загальної історії). З розвитком суспільства туризм набув різних значень і розгалужень, проте саме екологічний туризм включає усі його види, орієнтовані на збереження природи, налагодження доброзичливих стосунків із місцевим населенням та органами самоврядування. Саме тому цей напрям туризму добре виконує функцію екологічної освіти. У Законі України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» освіта в інтересах сталого розвитку дасть змогу встановити методологічні основи та запровадити безперервну екологічну освіту [259].

Завданням екологічної освіти є формування екологічної свідомості особистості. Вона конкретизується на рівні трьох основних завдань:

– формування адекватних екологічних уявлень, відповідальних суспільних позицій щодо навколишнього середовища;

– формування навичок кваліфікованих, професійних дій щодо навколишнього середовища;

– формування системи вмінь і навичок (технологій) взаємодії з природою.

На сьогодні ефективним напрямком вирішення проблеми взаємодії туризму та навколишнього середовища є розвиток екологізації туризму. Екологічний туризм наразі здатний забезпечувати фінансову підтримку охороні природи та підвищити значимість тих природних ділянок, які повинні зберігатись в незміненому стані. Також екологічний туризм пропонує унікальне рішення, яке забезпечить робочі місця та стабільні доходи населення і збереже недоторканою природу. Екологічно орієнтовані напрямки туризму передбачають обмеження будівництва туристичної інфраструктури, використання екологічних технологій для найбільш поширених видів туризму, підвищення екологічної свідомості туристів та місцевого населення.

Головним фактором розвитку туризму на сьогодні має стати екологічний туризм. Важливою парадигмою екологізації туризму має втілення у довгострокову життєздайну екологічну стратегію, яка здатна забезпечити фінансову підтримку охороні природи, а не отримання короткочасної вигоди.

Екологічний туризм володіє рекреаційними, пізнавальними, еколого-освітніми, виховними аспектами, формує громадську позицію щодо охорони та раціонального використання природних ресурсів, важливості захисту навколишнього природного середовища. Також розвиток екологічного туризму сприяє пошуку альтернативних варіантів сталого розвитку території, раціоналізації природокористування та сприяє формуванню ресурсозберігаючої стратегії [260].

---

[259] Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року : Закон України № 2697-VIII від 28.02.2019 р. URL : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text (дата звернення: 19.02.2021 р.).

[260] Пригара О. Екологічні проблеми туризму та шляхи їх вирішення. URL : https://dspu.edu.ua/hsci/wp-content/uploads/2017/12/008-66.pdf (дата звернення: 19.02.2021 р.).

Екологічний туризм, як особливий вид сфери послуг володіє специфічними особливостями. Одночасно він виконує економічні, соціальні, гуманітарно-комунікаційні (рис.).



Рис. Функції екологічного туризму

Джерело: дані [261].

Необхідною умовою розвитку екологічного туризму може бути розроблення і реалізація механізму його регулювання шляхом застосування таких інноваційних інструментів управління як екологічний аудит, екологічна сертифікація та екомаркування. Застосування екологічного аудиту дає можливість туристичним організаціям не лише дотримуватися законодавства, але й об'єктивно оцінити й визначати екологічні проблеми, вживати необхідні заходи, підвищувати свою конкурентоспроможність тощо.

Таким чином, враховуючи вище зазначені загальні принципи сталого розвитку туристичної сфери, а також стратегічні цілі розвитку сфери туризму та курортів України на період до 2026 року, визначимо стратегічні пріоритети розвитку екологічного туризму на засадах сталості, зокрема:

– формування конкурентоспроможного національного туристичного продукту, привабливого для споживачів;

– ефективне використання наявного туристичного та курортно-рекреаційного потенціалу за сприяння місцевих територіальних громад, що передбачає необхідність мінімізації негативного впливу на природу, з одного боку, та поповнення місцевих бюджетів від туризму, з іншого;

[261] Ніконоров С. М. Соціально-економічна сутність екологічного туризму. URL : https://tourlib.net/statti_tourism/nikonorov.htm (дата звернення: 19.02.2021 р.).

– системне підвищення якості інфраструктури курортів та рекреаційних територій;

– популяризація та реклама кращих туристичних екологічних маршрутів, зокрема одноденних приміських;

– вивчення зарубіжного досвіду ведення екологічного туризму та можливості запровадження кращих зразків туристичного бізнесу в національну практику;

– запровадження таких інноваційних інструментів управління як екологічний аудит, екологічна сертифікація та екомаркування;

– підвищення рівня екологічної освіти та виховання [262].

Отже, на даний час встановлено основні аспекти екологізації туризму для еколого-збалансованого розвитку, які полягають у збереженні та відновленні вразливих, екологічно нестійких природних територій; усуненні потенційних та існуючих джерел впливів на довкілля в процесі туристичної діяльності; узгодженому плануванні туристичної активності з іншими видами економічної діяльності; впровадженні у туристичну галузь екологічно м'яких технологій; мінімізації тисків та навколишнє середовище за рахунок рівномірного розподілу туристів (у часі і просторі) та створенні альтернативних зон відпочинку. Саме ці принципи стимулюють екологізацію туризму як напрям еколого-збалансованого розвитку економіки.

2.7. Розмноження фундука вегетативним методом

Сімченко О. О.
Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Ліщина та її культурні форми – фундуки, мають велике наукове і практичне значення та заслуговують на важливе місце у розведенні горіхоплідних рослин.

Введення перспективних сортів фундука у промислові насадження, фермерські та присадибні сади гальмується відсутністю ефективних методів його розмноження, а відтак – дефіцитом садивного матеріалу. Для збереження господарсько – цінних ознак та сортових особливостей фундука необхідно використовувати способи вегетативного розмноження, у тому числі вертикальними відсадками. Це дає змогу прискорити вирощування саджанців, збільшити вихід садивного матеріалу, створювати генетично однорідні клони, а також швидше впроваджувати перспективні сорти у виробництво [263, с. 70–72; 264].

[262] Про схвалення Стратегії розвитку туризму та курортів на період до 2026 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 26.03.2017 р. № 168-р. URL : http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/168-2017 (дата звернення: 19.02.2021 р.).

[263] Косенко І. С., Опалко А. І., Опалко О. А. Фундук: Прикладна генетика, селекція, технологія розмноження і виробництво. Київ : Наукова думка, 2008. 256 с.

[264] Косенко І. С. Філогенез роду ліщини (Corylus L.). *Інтродукція рослин*. 1999. № 2. С. 68–72.

Фундук у світовому виробництві серед горіхоплідних культур посідає третє місце після мигдалю та волоського горіха, в Україні це практично нова плодова культура. Відтворення багаторічних насаджень сортів і форм фундука та підвищення продуктивності цих насаджень визначаються, перш за все, наявністю садивного матеріалу. Фундук розмножується насіннєвим і вегетативним способами. Перевагою вегетативного розмноження порівняно з насіннєвим є збереження в потомстві всіх господарсько – біологічних характеристик материнської рослини. Тому створення промислових плантацій здійснюється садивним матеріалом вегетативного походження, – щоб зберегти спадкові властивості сортів. Тільки за умови створення плантацій з районованих та перспективних сортів можна розраховувати на високий врожай горіхів – 10 ц/га і більше. Крім того, вегетативно розмножені рослини вступають у пору плодоношення на 2–3 роки раніше, ніж сіянці [265, 266].

Фундук розмножують відсадками, зеленими живцями, кореневищами, поділом куща і щепами. Для вегетативного розмноження використовують тільки апробовані маточні кущі сортів фундука.

Початком вегетації фундука є цвітіння, яке настає до розпускання листя, коли температура повітря вдень підвищується до плюс 12 °С. Сережки видовжуються, пильники лопаються і з них вилітає велика кількість пилку жовтого кольору, яким за допомогою вітру запилюються жіночі квітки [263,267]. Вегетаційний період у фундука 180–200 днів. Фундук починає плодоносити при вегетативному розмноженні на 3–4 рік, а при насіннєвому на 6–7 рік. Високі врожаї горіхів дають насадження з 10–12 до 18–25 років [268].

Для запобігання поширенню хвороб, особливо вірусних, вегетативне розмноження виконують на спеціальних маточниках, на які обмежують доступ сторонніх і не проводять щеплення чи інші операції, під час яких може відбутись інфікування маточних рослин. У маточниках рослини висаджують на відстані 0,5–2 м у ряду і 3–4 м між рядами. Для закладання маточників використовують сертифіковані однорічні саджанці або рослини отримані з культури in vitro після дорощування [269].

Пересаджені рослини зрізують на висоті 10 см від рівня ґрунту. Протягом двох наступних сезонів одержані пагони формують так, щоб сприяти утворенню максимальної кількості порослевих пагонів.

---

[265] Спосіб розмноження фундука : пат. № 98106 Україна / І. С. Косенко, О. А. Балабак, А. І. Опалко, Г. А. Тарасенко, А. В. Балабак ; заявл. 22.12.2014 ; опубл. 10.04.2015, Бюл. № 7.

[266] Ткаченко З. Н. Некоторые особенности фундука в прикубанской зоне садоводства. Краснодар : КубГАУ, 2001. 85 с.

[267] Орешники / Ф. А. Павленко, Ф. Л. Щепотьев, В. И. Добровольский и др. *Культура орехоплодных*. Москва : Госиздат сельскохозяйственной литературы. 1957. С. 5–128.

[268] Павленко Ф. А., Слюсарчук В. Е., Сытник И. И. Промышленное разведение фундука. Обзорн. информ. : ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1988. 36 с.

[269] Балабак О. А. Створення та добір сортименту фундука (Corylus domestica Kosenko et Opalko) для промислових насаджень в Україні. *Гетерозис: досягнення та проблеми* (18–20 березня 2015 р.). Умань : ВПЦ «Візаві», 2015. С. 10.

Ефективне розмноження відсадками починається на третьому році після садіння [270].

Спосіб розмноження фундука відсадками полягає в укоріненні молодих пагонів або гілок без відокремлення їх від материнського куща. У практиці застосовують три способи розмноження відсадками: відсаджування в канавки (або дужкою), горизонтальними пагонами (розкладками) і підгортанням вертикальних пагонів.

Техніка розмноження фундука відсадками досить нескладна. При розмноженні відсаджуванням у канавки восени або рано навесні біля куща викопують канавки глибиною 10–15 см, довжиною 40–80 см (залежно від довжини пагонів, які укладають). У канавки укладають пагони, прикріплюючи їх до дна дерев'яними гачками. Верхню частину пагонів виводять назовні і прив'язують їх до вертикальних кілків. Після цього канавки засипають землею, змішаною з перегноєм, і поливають. Після поливу земля осідає і створюється вологе середовище, необхідне для утворення коренів. Перед укладанням пагона в канавку з нижнього його боку роблять глибокі поперечні надрізи кори (до деревини). Якщо із землі виходить висока верхівка, її зрізають, залишаючи частину заввишки 50–60 см. Найінтенсивніші корені у відсадків утворюються в місці згину пагона. Недоліком цього способу розмноження є те, що з одного пагона одержують лише один відсадок.

Застосовуючи другий спосіб – розмножування горизонтальними пагонами можна одержати 3–5 відсадків з кожного пагона. Для цього восени або рано навесні добре розвинені однорічні пагони прикріплюють до дна неглибоких канавок, але нічим їх не вкривають. Роблять це дуже дбайливо, щоб усі бруньки на пагоні збереглися і лишилися неушкодженими. У червні майже кожна брунька утворює вертикальний пагін. Кращі з них, що досягають 12–15 см, підгортають на дві третини висоти. Перед першим підгортанням на горизонтально укладеному пагоні роблять надрізи кори до деревини. Протягом літа пагони підгортають 2–3 рази.

За літературними даними, вертикальні відсадки найперспективніший спосіб розмноження, який дозволяє отримати в перший рік рослину зі сформованим стовбуром і розвиненою кориневою системою. Вертикальні пагони, розміщені ближче до основи відсадка, ростуть швидше, а тому їх слід прищипувати на висоті 35–40 см. Після укорінення їх відокремлюють з частиною горизонтального відсадка і висаджують у розсадник на один рік, а більш розвинені – безпосередньо в сад.

Застосовуючи ці способи відсадкового розмноження фундука, закладати відсадки краще всього навесні у квітні в період розпукування бруньок. У цей період гілки й пагони добре гнуться і не ламаються. А взагалі закладання відсадків дужкою можна провадити протягом всього вегетаційного періоду.

---

[270] Махно В. Г. Использование рода Corylus в декоративном и промышленном садоводстве. *Субтропическое и декоративное садоводство*. 2014. Т. 50. С. 232–235.

Розмноження фундука підгортанням вертикальних пагонів найкраще застосовувати на спеціальних маточних відсадкових плантаціях, які закладають із найцінніших сортів. Кущі на таких плантаціях розміщують за схемою 3×1 м. Таке розміщення дає можливість повністю механізувати обробіток міжрядь і частково процес підгортання [271].

У розсадниках степової зони кущі фундука висаджують у борозни на глибину 15–20 см, що сприяє поліпшенню умов зволоження, і кущі, зрізані на другий або третій рік після висаджування, дають на відсадкових плантаціях дуже розвинену поросль, яку підгортають протягом літа 2–3 рази. Перший раз підгортають у кінці травня – у першій половині червня, коли висота рослин досягає приблизно 25 см. У міру їх росту підгортання повторюють, але так, щоб третина верхівки не була засипана землею. Висоту горбка доводять до 50 см.

Перед першим підгортанням для кращого утворення коренів паростки біля основи двічі чи тричі перетягують м'яким дротом. Близько 25 % паростків куща залишають без перетяжок, для кращого живлення кореневої системи. Дуже високі паростки прищипують.

Застосування цього способу дає можливість одержати від одного куща від 10 до 20 добрих відсадків. З гектара зрошуваної відсадкової плантації можна щороку одержувати до 50 тисяч саджанців фундука.

Недоліком розмноження фундука укоріненням вертикальних відсадків є те, що нові молоді пагони відростають у фундука слабо і пагони, які б були придатними для обгортання, можна одержати не кожен рік, а тільки через рік, або навіть і два роки.

Своєчасне і достатнє зрошення протягом усього вегетаційного періоду не тільки підвищує якість відсадків, а й сприяє збільшенню їх виходу з одиниці площі на 30–40 %.

Велику кількість відсадків можна одержати, використовуючи для цього старі скелетні гілки, які підлягають видаленню. Для таких гілок залежно від розміру їх крони викопують неглибокі траншеї завдовжки 1,5 м, завширшки 1 м і завглибшки 12–18 см. У таких траншеях закріплюють крону скелетних гілок. Гілки крони рівномірно розкладають на дні ями і прикріплюють дерев'яними гачками, а їх верхівки підв'язують до вертикальних кілочків. Потім їх засипають пухкою землею так, щоб укладені гілки знаходились на глибині 25–27 см. Якщо підв'язані до кілочків верхівки надто високі, їх зрізують секатором, залишаючи надземну частину заввишки не більше 50–70 см. Надземну частину відсадка укорочують також рано навесні наступного року. Це сприяє кращому утворенню коренів і галуженню надземної стеблової частини відсадка. Після такого обрізування на них утворюються добре

[271] Павленко Ф. А. Размножение фундука. Москва : ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1969. 28 с.

розвинені пагони заввишки 30–60 см. З них заготовляють живці для щеплень та бруньки (вічка) для окулірування.

При всіх способах розмноження фундука відсадки добре укорінюються лише в районах з достатнім зволоженням. У посушливих районах треба обов'язково застосовувати поливи і мульчування горбків. Поливають відсадки протягом літа три–чотири рази при нормі 600–1000 $м^3$ води на 1 га. Для мульчування використовують торф, перегній, листя або осоку. При підгортанні краще застосовувати чорнозем у суміші з перегноєм.

Для розмноження фундука рекомендовано підгортати кращі маточні кущі пухкою землею. Це сприяє активному утворенню порослі, яка після підгортання до осені добре вкорінюється. Необхідно підгортати також і ті кущі, у яких скелетні стовбурці зрізані на пень для омолоджування, що дає можливість використовувати для розмноження частину порослі, яка вкоренилась, причому таку поросль слід висаджувати у розсадники на 1–2 роки.

Кузнецов С. Н. запропонував досить оригінальний спосіб розмножування фундука окулірованням з наступним переведенням щепленої частини на власні корені. Цей спосіб полягає в тому, що з насіння фундука або дикої ліщини вирощують сіянці, потім окулірують їх тим сортом, який намічено для розмноження. Одержаний культурний пагін пригинають і присипають землею. У наступному році він добре вкорінюється, після чого його можна використовувати для висаджування на постійне місце. Частину культурного пагона, що вкоренився, розміщену ближче до місця щеплення, залишають. На ній утворюються нові пагони, які також укорінюються, після чого їх використовують для садіння. Це дає можливість на несортових сіянцях фундука або ліщини виростити сортовий матеріал, а також найраціональніше використати живці цінних культурних сортів.

Викопують відсадки восени або навесні. Восени – після закінчення вегетації, звичайно у жовтні, навесні – перед розпукуванням бруньок. Викопувати починають з відсадків, розміщених на краях горбка. Для цього вздовж відсадка роблять вертикальну щілину на 7–10 см глибше укладеної гілки материнського куща. Потім загостреним дерев'яним кілком у цю щілину відсипають землю, частково звільняючи від неї корені відсадка. Після цього під відсадок заглиблюють лопату і повільно піднімають його разом із землею, яку струшують. Відсадок і товсті корені відрізують секатором. Так само викопують і решту відсадків. Найкраще цю роботу виконувати удвох. Викопані відсадки розрізують секатором на частини, але так, щоб кожна з них мала корені і стеблові пагони. Потім їх сортують за ступенем укорінення, прикопують і згодом висаджують у шкілку.

Викопуючи вертикальні відсадки, спочатку лопатою відкидають землю з краю горбків, а потім дерев'яним кілком руйнують весь горбик, звільняючи корені від землі. Після цього садовим секатором або ножівкою

якнайнижче зрізують кожен відсадок окремо. Ті відсадки, які були перетягнуті дротом, краще не зрізувати, а відламувати, нахиляючи їх.

Розмноження зеленими живцями. У дослідах з висаджених 723 здерев'янілих (зимових) живців фундука вкоренилося лише 9, або 1,2 %. Результати дослідів свідчать про те, що зимові живці можуть укорінюватися, проте потрібні ще дальші дослідження з метою вивчення техніки і умов живцювання.

Перспективнішим є зелене живцювання. Проведені дослідження показали, що після обробки зелених живців гетероауксином і висаджування їх у холодний парник кількість укорінених рослин сорту збільшилася.

Спосіб розмноження поділом куща полягає в тому, що викопаний або викорчуваний кущ фундука розрубують на частини з таким розрахунком, щоб кожна з них мала корені і пні заввишки 15–20 см. Такі частини куща добре приживлюються, тому їх звичайно висаджують відразу на постійне місце. Спосіб цей має обмежене застосування. Так, наприклад, його застосовуюсь при розріджуванні густих плантацій шляхом видалення частини кущів.

Фундук можна щепити живцями. Це роблять навесні, застосовуючи способи, відомі у садовій практиці: вприклад, у розщіп і за кору. Найкращі результати дає щеплення за кору під час повного весняного сокоруху. У цей період можна також окулірувати вічками, що проростають, але найчастіше це роблять під час літнього сокоруху (в південних районах степової зони, на Південному березі Криму і в Карпатах – у липні, у Лісостепу і в північних районах Степу – першій половині серпня). При цьому слід пам'ятати, що зростання прищеп і вічок з прищепою у фундука відбувається не гірше, ніж, наприклад, у яблуні або груші, якщо дотримуватись усіх правил щеплення.

Живці для весняних щеплень і окулірування заготовляють взимку і зберігають у льодовні або в буртах під снігом. Для літніх окулірувань їх заготовляють не пізніше як за 20–24 години до використання. Від заготівлі до використання живці для літнього окулірування зберігають у льодовні в посудині з водою, у вологому моху або мішковині.

Як підщепи для щеплень і окуліровок можна використовувати сіянці популяцій фундука, ліщини звичайної, різнолистої і ведмежої.

Для більшої гарантії приживлюваності рекомендується окулірувати двома вічками. Якщо обидва вічка, або хоч одне з них приживляться, такий саджанець використовують для садіння.

Із наведених способів вегетативного розмноження важко надати перевагу якомусь одному, бо багато залежить від конкретної мети чи поставленого завдання, умов вирощування, можливостей та інших чинників. Навіть у США, одній з найбільш передових країн у справі

високих технологій, поряд з культурою тканин успішно розвивається вегетативне розмноження відсадками [272].

Для відновлення порослевої здатності доводиться на 1 рік давати плантації відпочинок, тобто не закладати відсадки. Але треба пам'ятати, що всі прийоми відсадками розмноження фундука укорінюють відсадки протягом одного вегетаційного періоду тільки за умови достатнього зволоження ґрунту. У посушливих районах необхідний 3–4 – разовий полив відводків за нормою 700–1000 $м^3$ води на 1 га і мульчування торфом, перегноєм, а найкраще зеленою свіжоскошеною травою. При укладанні та підв'язування відсадків до кілочків слід залишати їх надземну частину довжиною не більше 50–60 см. Це сприяє посиленню кореня-формування і розгалуження надземної частини, що дуже важливо при формуванні куща на плантації.

При горизонтальному методі відсадків гілку покласти строго горизонтально, з неї вгору лізе кілька пагонів. Потім гілку прикопати, під кожною брунькою утворюються коріння, і можна отримати кілька рослин. Маткову гілку (брунька) потрібно прищіплювати міцно до землі і добре поливати. До осені виростає «гребінець» пагонів, і все зі своїм корінням – можна ділити. А можна сортове дерево закопувати в дві сторони кілька років поспіль. Основні скелетні гілки стають ніби кореневищем, утворюються підземні стовбури, оброслі корінням. А зверху стоять стіною плодоносні гілки. Це значно підвищує посухостійкість. У нашому кліматі при нестачі вологи і недостатньому підходу підводних вод, цей прийом використовується для поливу як допоміжний.

Найбільш доцільно економічно розмножувати фундук зеленими живцями й відсадками. За розмноження вертикальними й горизонтальними відсадками доцільно використовувати стимулятори коренеутворення й органічні субстрати для підгортання. Бажано, щоб маточник закладався оздоровленим вихідним матеріалом, адже продуктивність насаджень з такого матеріалу вища.

Також результати досліджень вказують на те, що репродуктивна здатність досліджуваних маточних рослин фундука, вихід укорінених вертикальних відсадків залежать в тому числі і від субстрату.

Дані варіанти розмноження ще потребують ретельнішого вивчення та дослідження, примноження, щоб в подальшому ефективно використовувати, адже це є невід'ємною частиною українського національного надбання.

[272] Hummer Kim. Hazelnut Genetic Resourcesat the Corvallis USDA Germplasm Repository. *Fifth Intrnational Congresson Hazelnut* (August 27−31). 2000. P. 27.

2.8. Влив природно-кліматичних умов на урожайність і адаптивність гречки

Тригуб О. В.[1], Куценко О. М.[2], Ляшенко В. В.[2], Чайка Т. О.[3]
[1]Устимівська дослідна станція рослинництва Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН
[2]Полтавський державний аграрний університет
[3]Полтавське відділення академії наук технологічної кібернетики України

Традиційно Україна за вживанням гречаної крупи займає місце в першій п’ятірці серед країн світу, забезпечуючи значну частину власних потреб за рахунок її експорту сумнівної якості з інших держав, при цьому щорічні обсяги виробництва гречки стабільно знижувалися до 2019 р. (рис. 1). Вирішити проблему недостатнього виробництва зерна гречки можливо лише через збільшення її посівних площ і впровадження у виробництво сортів, які здатні в умовах зміни кліматичних факторів реалізовувати високий потенціал продуктивності у високі врожаї у виробничих умовах.

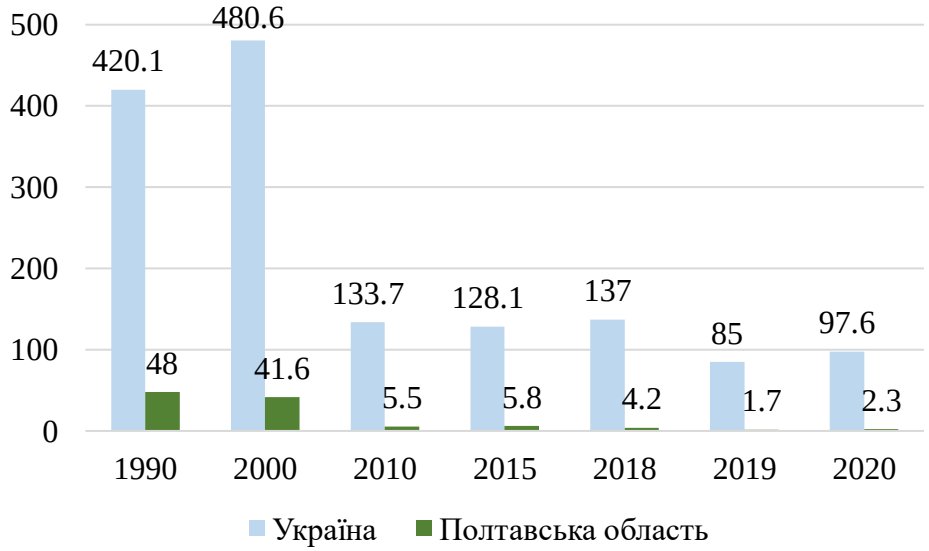


Рис. 1. Виробництво гречки в Україні та Полтавській області, тис. т
Джерело: побудовано за [273].

Сучасні сорти гречки, як вітчизняної так і зарубіжної селекції, є потенційно високопродуктивним матеріалом, який в більшості своїй володіє комплексом необхідних для виробництва параметрів за урожайністю та якістю продукції [274, 275, 276]. Однак щорічні значні коливання рівня реалізації цього потенціалу через залежність від

[273] Рослинництво України 2020. Статистичний збірник ; за ред. О. Прокопенка. Київ : Держстат, 2021. 183 с.
[274] Алексеева О. С., Елагин И. Н., Тараненко Л. К., Бочкарева Л. П., Малина М. М., Рарок В. А., Яцишин О. Л. Культура грачихи. История культуры, ботанические и биологические особенности. Ч. 1. Каменец-Подольский : Издатель Мошак М. И., 2005. 192 с.
[275] Алексеєва О. С., Тараненко Л. К., Малина М. М. Генетика, селекція і насінництво гречки. Київ : Вища школа, 2004. 213 с.
[276] Тараненко Л. К., Яцишен О. Л. Принципи, методи і досягнення селекції гречки (Fagopyrum esculentum Moench.). Вінниця : ТОВ «Нілан-ЛТД», 2014. 222 с.

погодно-кліматичних умов природного середовища, в останні роки зробило гречку нішовою культурою, яку більшість виробників використовують лише як страхову. Підтвердженням цьому є зменшення посівних площ під гречкою в Україні до найнижчих рівнів 69,2 тис. га в 2019 р. та до 84,1 тис. га в 2020 році [273].

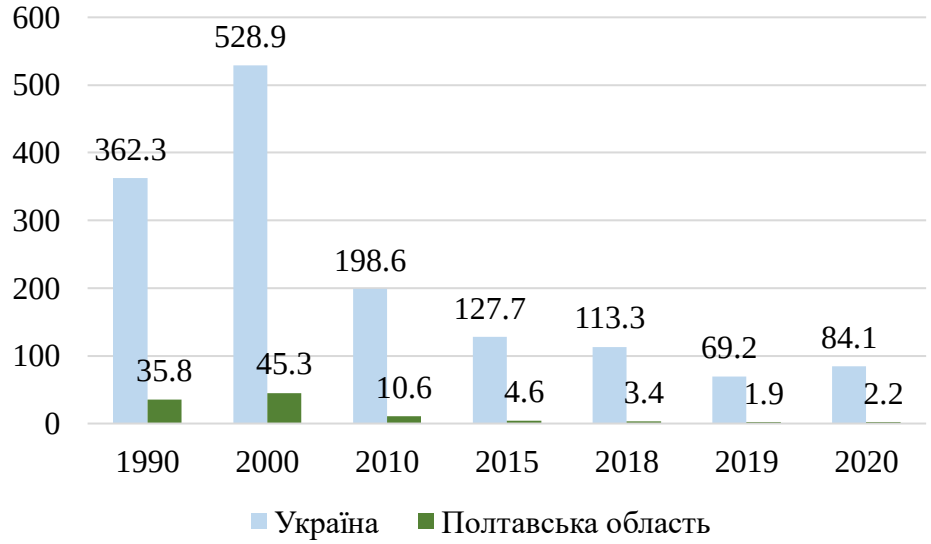


Рис. 2. Площа, з якої зібрано гречку в Україні та Полтавській області, тис. га

Джерело: побудовано за [273].

Працею багатьох дослідників гречки і селекціонерів, із величезного і надзвичайно різноманітного генофонду виділено, відселектовано та передано у виробництво сорти з потенціалом зернової продуктивності понад 40 ц/га; створено матеріал з відмінними характеристиками за медоносністю, з підвищеним вмістом антиоксидантних речовин, скоростиглі сорти як складники сівозмін із пожнивними компонентами та такі, що мають високі рослини із сильним гілкуванням та швидким ростом вегетативної маси придатні для використання в якості зеленого добрива [277].

Однак, надзвичайно висока потенційна продуктивність гречки їстівної (*Fagopyrum esculentum* Moench.) реалізується у виробництві лише на 10–15 %, а біологічні можливості – на 3–5 %. Під час вегетації гречкова рослина може формувати до 3 тис. квіток [274], але в реальності при збирані отримуємо менше 50 зернин. Отже, фактично урожайність гречки останні роки незначно перевищує 10 ц/га (рис. 3).

Невирішеною проблемою при цьому залишається надзвичайна чутливість рослин до параметрів умов середовища, як у фази вегетативного, так і генеративного розвитку. Всі зусилля виробничників можуть звести нанівець пізні весняні заморозки, посуха перших літніх

[277] Алексеева О. С., Елагин И. Н., Тараненко Л. К., Бочкарева Л. П., Малина М. М., Рарок В. А., Яцишин О. Л. Селекция и семеноводство гречихи. Культура гречихи. Каменец-Подольский : Издатель Мощак М.И., 2005. Ч. 2. 240 с.

місяців чи високі температури в період цвітіння [278].

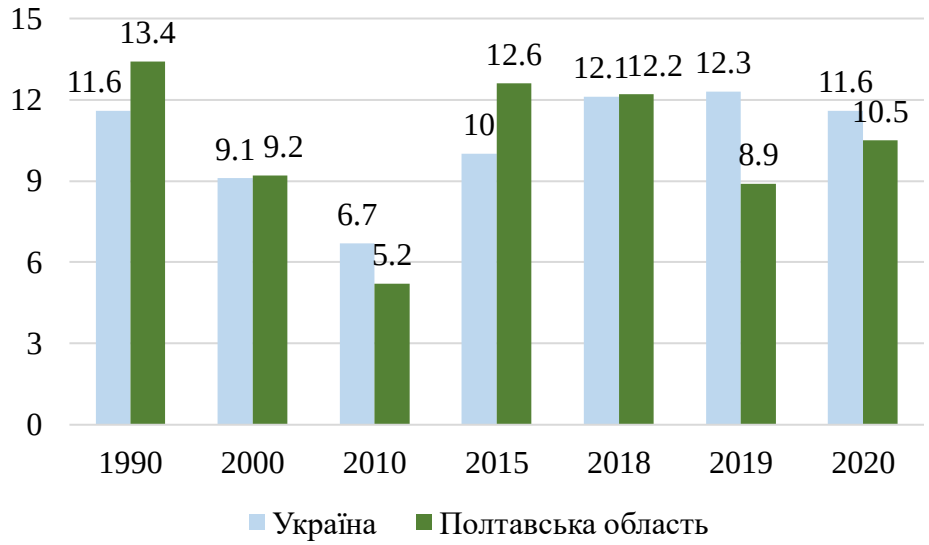


Рис. 3. Урожайність гречки в Україні та Полтавській області, ц/га

Джерело: побудовано за [273].

Отримані в процесі наших досліджень дані підтверджують визначену дослідниками гречки тенденцію значного впливу погодно-кліматичних умов на рівень урожайності культури. Разом з тим виявлено різні рівні та дещо різні тенденції у напрямах такого впливу в залежності від рівня стиглості колекційного матеріалу, що може бути суттєвим фактором при вивченні вихідного матеріалу гречки для різних зон та напрямків використання [278].

За головний диференціюючий фактор прийнято рівень урожайності і його зміну в залежності від рівня прояву факторів середовища, за характеристику погодно-кліматичних умов років вирощування – сума температур та опадів і рівень гідро-термічного коефіцієнта (ГТК), як маркерний показник, що пов'язує рівень температури вегетаційного періоду із кількістю опадів. Отримані дані визначають значне різноманіття рівня погодно-кліматичних умов різних років дослідження від максимально позитивних для рослин гречки (ГТК ≈ 1,0) до екстремальних (максимально віддалених від 1,0) (табл. 1).

За результатами наших досліджень в умовах Устимівської дослідної станції рослинництва (Устимівської ДСР) було доведено важливість застосування гідро-термічного коефіцієнта як інтегрального показника, при визначенні сукупного впливу кліматичних факторів на урожайні характеристики рослин гречки, опис їх біологічних та морфологічних особливостей [279].

---

[278] Тригуб О. В., Куценко О. М., Маренич М. М., Ляшенко В. В. Оцінка впливу погодно-кліматичних факторів на рівень урожайності сортового матеріалу гречки. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2020. № 2. 2020. С. 12–18. doi: 10.31210/visnyk2020.02.01

[279] Тригуб О. В., Куценко О. М., Ляшенко В. В., Дудка К. О. Оцінка урожайності та адаптивних характеристик генофонду гречки. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2021. № 3. С. 27–36. doi: 10.31210/visnyk2021.03.03

1. Рівень гідро-термічного коефіцієнта за період вивчення колекційного матеріалу гречки (2014–2020 роки)

Роки вивчення	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	За вегет. період
2014	0,93	1,03	0,82	0,67	0,65	1,09	0,84
2015	0,35	1,04	1,96	0,66	0,13	0,60	0,91
2016	0,87	1,71	0,92	0,50	0,93	0,13	0,83
2017	0,46	0,60	0,22	1,32	0,05	0,66	0,55
2018	0,24	0,44	0,48	0,65	0,04	0,95	0,46
2019	0,82	2,28	0,85	0,81	0,21	0,60	0,91
2020	0,37	1,77	0,39	0,42	0,03	0,42	0,51
Середні багаторічні	1,65	1,01	0,97	1,11	0,94	1,30	1,11

Джерело: авторські дослідження.

Як видно, найбільш сприятливий період культивації гречки у квітні–вересні є умови 2014, 2015 та 2019 рр., коли ГТК у межах 0,84–0,91. При цьому, в 2014 р. такий рівень гідро-термічного коефіцієнта визначила нормальна кількість опадів при підвищених температурах. В 2019 р. на загальний рівень ГТК вплинула надмірна кількість опадів в травні, яка змусила перенести посів на максимально пізні терміни – ІІІ декаду травня.

Окрім екстремальних умов 2017 р., коли на фоні підвищених температур мала місце майже повна відсутність опадів, інші роки вивчення мали сприятливі умови і в період «сходи–цвітіння». Найбільш екстремальними умовами вирізняється період «повне цвітіння–достигання» (липень–серпень). У більшості років вивчення в цей період спостерігаються максимально екстремальні умови (особливо в серпні), коли температура повітря перевищує середньобагаторічний показник на 2,2–6,2 ºС при майже повній відсутності опадів (2,4 мм у 2020 р. і 3,2 мм у 2018 р.) [280].

Таким чином доцільно враховувати, що урожайний потенціал сорту гречки проявляється в конкретних умовах року, при цьому деякі параметри середовища є більш сприятливими для рослин окремих сортів, що пояснюється специфічністю регіонів походження – місць призначення використання сортового матеріалу. У зв'язку з цим, з 218 зразків гречки їстівної (*Fagopyrum esculentum* Moench.) із 7 країн світу було відібрано групу з 39 зразків найбільш цінних генотипів, що вирізняються максимальним вираженням показників адаптивної пристосованості до дії чинників середовища в різні періоди вегетативного та генеративного розвитку.

Так, в середньому за роки вивчення урожайність сортів досліджуваної групи коливалася від 155 до 268 г/м^2 за середнього показника 217 г/м^2 (табл. 2). При цьому рівень реакції сортового матеріалу на специфічні умови певних періодів вегетації суттєво відрізнявся, викликаючи зміну урожайності за роками. Найбільш суттєво вплинули умови періодів «масове цвітіння-достигання», оскільки у

[280] Звіти Устимівської дослідної станції 2014–2020 роки.

гречки в цей період визначається скільки зерна сформується рослиною та скільки з нього залишиться до збирання [281].

З метою визначення найбільш прийнятних та комплексних показників для оцінки урожайності й адаптивності сортів гречки нами було використано значний масив показників (табл. 2): середня урожайність (Ус), коефіцієнт варіації (V), коефіцієнт лінійної регресії (b_i), коефіцієнт дисперсії (S^2_i), стійкість сортів до стресу (Y_{min}–Y_{max}), генетична пластичність ((Ymax+Ymin)/2), індекс стабільності (IC), гомеостатичність (Hom), селекційна цінність (Sc).

За результатами вивчення групи зразків коефіцієнт варіації становив 16,1, з коливаннями від 5,5 до 28,8 %. При чому мала місце загальна тенденція – значна зміна рівня врожайності за роками в усіх сортів, як реакція на покращення умов вирощування. До врожайних і більш стабільних сортів можна віднести – Популяція 7/07, Володар та Роксолана (Хмельницька обл.), П-332, П-455, П-485 (Полтавська обл.), Слобожанка (Сумська обл.), Марта і Арєса (Мінська обл.), Батир (Татарстан) і Ceska Krajova (Чехія). Більшою пластичністю відзначався сортовий матеріал: Єлена (Хмельницька обл.), СИН 3/02, Софія (Київська обл.), П-330, П-620 (Полтавська обл.), Ярославна, Селяночка, Руслана (Сумська обл.) [279].

За результатами проведених досліджень виявлено, що коефіцієнт лінійної регресії (b_i) коливався від 0,303 до 1,947. Більш пластичними (b_i=1,082–1,947) виявилися сорти: Єлена, Подолянка, Роксолана, Академічна, Популяція 7/07 (Хмельницька обл.), Ольга, Надійна, СИН 3/02, Софія (Київська обл.), П-330, П-455, П-620 (Полтавська обл.), Ярославна, Сумчанка, Селяночка, Руслана, Слобожанка (Сумська обл.), Арєса (Російська Федерація). Такі сорти мають високу потенційну продуктивність і здатні її в повній мірі розкрити в умовах інтенсивних технологій і, особливо, за сприятливих погодних умов.

До більш стабільних за рівнем врожайності віднесено матеріал з меншим рівнем коефіцієнта дисперсії (від 0,001 до 0,010) – сорти Володар (Хмельницька обл.), Детермінант 11 та П-485 (Полтавська обл.), Аніта Бєлорусская, Ілія, Чаровніца, Лакнея та Марта (Республіка Білорусь), Агідель, Уфімская, Пріморская 7, Батир, Мордовская 124 (Російська Федерація), Грушовская (Польща), Ceska Krajova (Чехія), Бай Чен (Китай), Кетавасе (Японія), Арно (Канада) [282].

До сортів з найбільшим коефіцієнтом генетичної пластичності за результатами дослідження віднесено – Єлена, Роксолана, Популяція7/07, Володар (Хмельницька обл.), Ольга, СИН 3/02, Софія (Київська обл.),

[281] Тригуб О. В., Куценко О. М., Ляшенко В. В. Оцінка рівня врожайності сортів гречки. *Інновації управління продуктивністю та поліпшення якості зерна пшениці озимої (присвячена академіку, доктору сільськогосподарських наук, професору Г. П. Жемелі)* : матеріали Всеукр. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Полтава, 30 верес. 2021). Полтава, 2021. С. 101–105.

[282] Тригуб О. В., Куценко О. М., Ляшенко В. В. Оцінка стабільності та пластичності сортів гречки. *Розвиток сільських територій на засадах екологічності, енергонезалежності й енергоефективності* : матеріали І Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Полтава, 11 лист. 2021). Полтава, 2021. С. 34–37.

П-330, П-332, П-455, П-620, Детермінант 11, П-485 (Полтавська обл.), всі сорти створені в Інституті с.-г. Північного Сходу, Марта (Республіка Білорусь), Батир (Російська Федерація), Ceska Krajova (Чехія).

2. Показники рівня врожайності й адаптивності сортів гречки в умовах Устимівської ДСР, 2014–2020 рр.

№ п/п	Назва сорту	Ус	V	b_i	S^2_i	Ymin-Ymax	(Ymax+Ymin)/2	IC	Hom	Sc
1	Єлена	0,23	24,5	1,62	0,0030	-0,11	0,23	44,11	8,34	0,14
2	Подолянка	0,21	19,6	1,16	0,0016	-0,07	0,22	57,06	13,01	0,15
3	Роксолана	0,25	20,3	1,49	0,0025	-0,10	0,26	50,60	12,17	0,17
4	Популяція 7/07	0,23	19,5	1,34	0,0021	-0,09	0,24	52,64	13,21	0,16
5	Академічна	0,18	28,7	1,52	0,0028	-0,11	0,18	48,54	6,06	0,10
6	Володар	0,22	9,6	0,62	0,0004	-0,04	0,22	44,12	24,02	0,18
7	Ольга	0,22	23,1	1,48	0,0025	-0,10	0,23	43,59	9,36	0,14
8	Надійна	0,18	28,8	1,50	0,0026	0,10	0,18	38,78	6,03	0,10
9	Рута	0,16	25,3	1,14	0,0015	-0,08	0,16	43,45	7,79	0,09
10	СИН 3/02	0,25	26,4	1,95	0,0044	-0,13	0,26	33,95	7,16	0,15
11	Софія	0,23	24,5	1,64	0,0031	-0,11	0,23	48,58	8,35	0,14
12	П-330	0,27	24,9	1,97	0,0045	-0,13	0,28	34,72	8,09	0,17
13	П-332	0,23	16,8	1,10	0,0015	-0,07	0,24	38,95	17,79	0,17
14	П-455	0,24	19,5	1,40	0,0023	-0,09	0,25	37,11	13,17	0,17
15	Детермінантна 8	0,21	22,4	1,31	0,0021	-0,08	0,22	57,45	9,93	0,14
16	П-620	0,24	20,2	1,45	0,0024	-0,09	0,25	48,39	12,28	0,17
17	Детермінант 11	0,22	5,5	0,30	0,0001	-0,02	0,22	30,09	37,89	0,20
18	П-485	0,23	12,2	0,82	0,0008	-0,05	0,24	37,06	13,43	0,19
19	Ярославна	0,23	23,1	1,56	0,0028	-0,10	0,24	39,20	9,35	0,15
20	Сумчанка	0,22	22,9	1,46	0,0025	-0,09	0,23	38,81	9,53	0,14
21	Селяночка	0,24	20,2	1,43	0,0023	-0,09	0,25	20,74	12,28	0,16
22	Руслана	0,22	22,1	1,43	0,0024	-0,10	0,23	19,06	10,21	0,14
23	Слобожанка	0,23	19,4	1,25	0,0019	-0,08	0,24	10,38	13,35	0,16
24	Аніта Бєлорусская	0,21	5,6	0,35	0,0001	-0,02	0,21	21,80	28,15	0,19
25	Ілія	0,22	7,3	0,46	0,0003	-0,03	0,22	10,36	22,82	0,19
26	Чаровніца	0,20	14,4	0,81	0,0008	-0,06	0,20	17,07	24,18	0,15
27	Лакнея	0,21	7,7	0,48	0,0003	-0,03	0,22	18,99	23,39	0,18
28	Марта	0,23	10,4	0,62	0,0006	-0,05	0,23	12,08	16,36	0,19
29	Арєса	0,22	17,3	1,08	0,0014	-0,08	0,22	17,44	16,69	0,16
30	Агідель	0,21	8,5	0,51	0,0003	-0,04	0,21	26,41	18,45	0,17
31	Уфімская	0,21	9,9	0,60	0,0004	-0,04	0,21	12,41	21,38	0,17
32	Пріморская 7	0,20	9,4	0,54	0,0003	-0,03	0,20	11,23	16,42	0,16
33	Батир	0,23	12,8	0,83	0,0008	-0,06	0,23	14,68	20,71	0,18
34	Мордовская 124	0,19	6,3	0,33	0,0001	-0,02	0,19	17,75	25,15	0,17
35	Грушовская	0,20	13,2	0,76	0,0007	-0,05	0,20	34,60	18,67	0,15
36	Ceska Krajova	0,22	9,0	0,58	0,0004	-0,04	0,22	28,62	21,81	0,18
37	Бай Чен	0,21	10,5	0,64	0,0005	-0,04	0,21	25,51	15,12	0,17
38	Кетавасе	0,20	6,1	0,34	0,0001	-0,02	0,20	14,60	35,79	0,18
39	Арно	0,20	5,7	0,34	0,0001	-0,02	0,21	20,15	32,88	0,18
Середнє у групі		**0,22**	**16,1**	**1,03**	**-0,068**	**-0,07**	**0,22**	**31,47**	**19,36**	**0,16**

Джерело: авторські дослідження.

Інший показник – стійкість сортів до стресу (Y_{min}–Y_{max}), є характеристикою стабільності, так як визначає зменшення рівня врожайності від дії стрес-фактора. Отримані величини добре унаочнюють

коливання виходу зерна з одиниці площі. За цим показником (від -0,100 до -0,133), як найменш стабільні сорти виділилися – Єлена і Академічна (Хмельницька обл.), Надійна, СИН 3/02, Софія (Київська обл.), П-330 (Полтавська обл.), Ярославна (Сумська обл.).

Проведені підрахунки за індексом стабільності (ІС) принципово не змінили склад групи із сортів мало стійких до стресів, але дещо розширили його. За нашими даними до такої групи (з коливанням понад 40 %) потрапили: всі сорти селекції Інституту круп'яних культур Подільського АТУ (Хмельницька обл.), Ольга, Рута, Софія (Київська обл.), Детермінантна 8, П-620 (Полтавська обл.). Близькими до них (коливання 30-40%) також були значення у сортів різного географічного походження: Надійна, СИН 3/02, П-330, П-332, П-455, П-485, Ярославна, Сумчанка, Грушовская. Найбільш стійкими до впливу стрес-факторів показали себе сорти в яких коливання рівня урожайності не перевищувало 20 % – Руслана, Слобожанка (Сумська обл.), Ілія, Чаровніца, Марта, Арєса та Лакнея (Республіка Білорусь), Уфімская, Приморская 7, Батир, Мордовская 124 (Російська Федерація), Кетавасе (Японія) [279].

Запропонована група показників дозволила роздиференціювати групу вивчення і виділити цінний для селекції матеріал. Було віднайдено зразки: з підвищеними параметрами урожайності, але зі значним коливанням цього показника; матеріал, що володіє підвищеною урожайністю та проявляє стабільність у формуванні її рівня в роки з екстремальними погодними умовами; сорти, що володіють високою генетичною пластичністю.

За даними вивчення, підвищеним рівнем гомеостатичності (Hom>20) вирізнялися сорти гречки – Володар (Хмельницька обл.), Детермінант 11 (Полтавська обл.), Аніта Бєлорусская, Ілія, Чаровніца і Лакнея (Республіка Білорусь), Уфімская, Батир, Мордовская 124 (Російська Федерація), Ceska Krajova (Чехія), Кетавасе (Японія) і Арно (Канада). Ці сорти найбільш стабільно реалізовували свій генетичний потенціал в змінних умовах середовища. Найбільш низькою (Hom<10 %) гомеостатичність виявилася в досить урожайних (понад 0,210 кг/м^2), але сильно чутливих до зміни параметрів середовища сортів – Єлена, Ольга, СИН 3/02, Софія, П-330, Ярославна, Сумчанка.

До групи найбільш цінних зразків за показником селекційної цінності (Sc≥0,170), як головного критерію включення матеріалу до селекційного процесу зі створення нових сортів з підвищеними параметрами урожайних і адаптивних характеристик, за результатами дослідження було включено сорти – Роксолана, Володар (Хмельницька обл.), П-332, П-455, Детермінант 11, П-485 (Полтавська обл.), Селяночка, Слобожанка (Сумська обл.), Аніта Бєлорусская, Ілія, Лакнея, Марта (Республіка Білорусь), Агідель, Уфімская, Батир, Мордовская 124 (російська Федерація), Ceska Krajova (Чехія), Кетавасе (Японія) і Арно (Канада). Цей показник дозволяє виділити сорти з поєднанням підвищеної урожайності та стабільного прояву її за кроками.

2.9. Енергетичний студентський кооператив як драйвер розвитку шерінгової економіки

Чала Н. Д., Китаєв А. С., Андросов Є. В.
Національний університет «Києво-Могилянська академія»

Університети у 2020–2021 через пандемію COVID-19 та оголошення карантину стикнулися з безпрецедентними викликами: впровадження дистанційного формату навчання та необхідністю утримувати порожні університетські будівлі і споруди. Впровадження дистанційного навчання дозволяє суттєво розширювати контингент студентів, вимагає розвитку інформаційних технологій і платформ та змінює навантаження на аудиторії, університетські будівлі. В таких умовах університети мають впроваджувати бізнес-моделі, які б дозволили створювати додаткові центри генерації доданої вартості – нових продуктів та послуг, залучати зовнішні та внутрішні інвестиції, уникаючи ризиків через диверсифікацію джерел прибутку. Використання моделі співфінансування проектів, яка об'єднує власників (різних об'єктів і форм) та/або праці для досягнення спільних цілей у різних сферах господарської діяльності, може вирішити цю проблему. Такі бізнес-моделі притаманні економіці співпраці (шерінговій економіці).

Економіка співпраці (шерінгова економіка) у світі зростає стрімкими темпами. Розмір шерінгової економіки щодо загальної економіки ЄС оцінюється у 26,5 млрд євро (0,17 % ВВП ЄС-28 у 2016 році). За підрахунками, близько 394 тис. осіб зайняті у шерінговій економіці у ЄС-28 (0,15 % усіх зайнятих ЄС-28). Найбільші ринки шерінгової економіки знаходяться у Франції (6,5603 млрд євро), Великобританії (4,6377 млрд Євро), Польщі (2,7366 млрд євро) та Іспанії (2,5243 млрд євро). Загалом сім найбільших ринків економіки співпраці в ЄС (Франція, Великобританія, Польща, Іспанія, Німеччина, Італія та Данія) становили близько 80 % загального обсягу спільних доходів ЄС-28 у 2016 році [283]. Провідні бізнес-школи вивчають бізнес-моделі Uber, BlaBlaCar, Kickstarter, Airbnb та інші, які базуються на ідеї співпраці (шерінгу). За оцінками PwC [284] до 2025 року шерінгова економіка зросте до 335 мільярдів доларів, тож половина доходів на ринках піде компаніям із моделлю спільного використання, що свідчить про високу ефективність цієї бізнес-моделі.

В праці [285] Хамарі Д., Сьоклінт М. та Укконен А. провели дослідження мотивації залучення до спільного споживання товарів та

[283] Study to monitor the economic development of the collaborative economy at sector level in the 28 EU Member States. Final Report. 23.02.2018. EUROPEAN COMMISSION. URL : https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/0cc9aab6-7501-11e8-9483-01aa75ed71a1.

[284] Sharing or paring? Growth of the sharing economy. PriceWaterhouseCoopers Magyarország Kft. 2015. URL : https://www.pwc.com/hu/en/kiadvanyok/assets/pdf/sharing-economy-en.pdf.

[285] Juho H., Sjöklint M., Ukkonen A. The sharing economy: Why people participate in collaborative consumption. *Journal of the association for information science and technology*. 2016. 67.9. P. 2047–2059. URL : https://asistdl.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/asi.23552.

послуг, здійснивши опитування користувачів відповідних інтернет-ресурсів та сервісів. Було з'ясовано, що мотивація до споживання за моделлю шерингової економіки пов'язана з наступними факторами: сталість, задоволення від діяльності та економічні вигоди, забезпечені спільним споживанням. Таким чином, створення в університетах кооперативу вирішує наступні проблеми: об'єднує університетську спільноту, яка роз'єдналася внаслідок дії карантинних обмежень і переведення зайнять у дистанційну форму; впроваджує ефективну бізнес-модель і допомагає залучити інвестиції; створює платформу для розвитку студентського підприємництва. Дана стаття описує case study створення Енергетичного студентського кооперативу в українському університеті як механізму підвищення енергоефективності університету та розвитку студентського підприємництва.

Науковці виділяють наступні кооперативи, які створюються в університетах: навчальні кооперативи [286], студентські підприємницькі кооперативи [287 , 288], дослідницькі кооперативи, викладацькі кооперативи. Безперечною перевагою створення кооперативів в університеті дослідники називають підвищення ефективності та результативності за рахунок співпраці та об'єднання зусиль учасників. Фінська дослідниця Pekka Hytinkoski [289] розглядає студентські кооперативи як інноваційний метод навчання підприємництву. Польська дослідниця Krystyna Zimnoch [288] розглядає кооперативи як центри впливу громадянського суспільства у підприємництві, за допомогою них громада об'єднує ініціативи активних громадян і може реалізовувати власні інтереси і проекти. Громадяни по всьому світу об'єднуються в організований кооперативний світ для вирішення місцевих проблем виробників та споживачів, спрямовують зусилля щодо створення альтернатив нинішньому домінуючому способу виробництва та споживання. Як і в XIX столітті, альтернатива представлена харчовими кооперативами [290]. Останні роки показали зростання інтересу до кооперативної організації, особливо як наслідок їх трансформації та розширення в нові сфери діяльності. Отже, наведені дослідження

[286] O'Neal P. V., McClellan L. C., Jarosinski J. M. A new model in teaching undergraduate research: A collaborative approach and learning cooperatives. *Nurse Education in Practice*. 2016. Vol. 18. P. 80–84. doi: 10.1016/j.nepr.2016.03.008

[287] Geravandi S., Cheshmehkabudi F. *The Challenge & Benefit of Student Cooperatives Entrepreneurship* (Case study: Cooperatives' 4802, Faculty Agriculture at Razi University). URL : http://ajcoop.mcls.gov.ir/article_108289_14522.html?lang=en.

[288] Zimnoch K. The Role of Student Cooperatives in Education in Poland in the 21st Century. *Rural environment. Education. Personality.* 2018. Vol. 11. URL : https://www.researchgate.net/profile/Krystyna-Zimnoch/publication/325224181_The_Role_of_Student_Cooperatives_in_Education_in_Poland_in_the_21st_Century/links/5b71c154a6fdcc87df7445a8/The-Role-of-Student-Cooperatives-in-Education-in-Poland-in-the-21st-Century.pdf.

[289] Hytinkoski P. A. Student cooperatives in the light of entrepreneurship education. *Universitatea Cooperatist-Comercială din Moldova: Anale ştiinţifice*. 2012. Vol. XI. P. 295–304. URL : http://www.uccm.md/ro/images/stories/pdf_uri/anale/anale_v11_UCCM.pdf.

[290] Zimnoch K. Food Cooperatives in the Twenty-first Century. Economic and the Noneconomic Reasons for Creation. In I. Simberova, O. Zizlavsky, F. Milichovsky (Eds.). *Proceeding of Selected Papers of International Scientific Conference Smart and Efficient Economy: Preparation for the Future Innovative Economy*, 2016. Vol. 21. P. 514–522.

беззаперечно доводять, що університетські кооперативи є ефективною формою організації освітнього та дослідницького процесу в університетах.

Енергетичними кооперативами є об'єднання громадян, підприємств та організацій, метою яких стає реалізація локальних проектів в енергетичній сфері. Найчастіше енергетичні кооперативи спрямовують свої зусилля на децентралізоване, екологічне і незалежне від компаній та концернів виробництво енергії. Енергетичні кооперативи надають громадянам можливість зробити свій внесок у боротьбу з глобальним потеплінням, а також у реалізацію концепції енергетичного переходу: переходу від не екологічного використання не відновлювальних енергоресурсів (вугілля, нафта, газ, ядерне паливо тощо) до енергозабезпечення шляхом використання відновлювальних джерел енергії (вітрова, сонячна енергія тощо). Енергетичні кооперативи здійснюють свою діяльність, як правило, в таких сферах як виробництво енергії (сонячна енергія, вітрова енергія, біогаз, когенерація, тобто комбіноване виробництво тепла та електроенергії); продаж альтернативної енергії (електроенергії, теплоенергії, газу); купівля й експлуатація енергомереж; послуги, спрямовані на ефективне використання енергії (надання консультацій, енергозберігаюча санація будівель, реалізація різноманітних проектів з енергоефективності).

Енергетичні кооперативи ефективно працюють на енергетичному ринку Сполучених Штатів Америки, який є найбільшим у світі і на якому діють понад 3 200 компаній, з яких трохи менше тисячі беруть участь в генерації. Одним із найбільших гравців енергетичного ринку США є громади, що об'єдналися в енергетичні кооперативи. Велику кількість сільських енергетичних кооперативів у США були засновані у першій половині XX століття, коли вони стали основою електрифікації сільських районів у цій країні.

Це стало результатом прийняття закону про електрифікацію сільської місцевості (The Rural Electrification Act) у 1936 році та формування Адміністрації для електрифікації сільської місцевості (REA – Rural Electrification Administration). Усі ці заходи стали результатом того, що компанії, які постачали електроенергію в містах, не бачили для себе можливості отримати суттєві прибутки від електрифікації сільської місцевості. В той же час місцеві громади були готові об'єднуватися заради підключення до електричного струму.

Зараз, енергетичні кооперативи в США володіють та обслуговують 42 % (2,7 млн миль) електроліній США, що обслуговують понад 20 мільйонів підприємств, будинків, шкіл та ферм у 48 штатах. У 2019 році американські електричні кооперативи повернули своїм споживачам понад 1,3 млрд дол. кредитів на капітал, при цьому понад 66 % електроенергії, яку постачають кооперативи своїм членам, надходить з низько- або нульових вуглецевих джерел.

Використання моделі енергетичних кооперативів дозволяє суттєво скорочувати витрати через те, що їх активи (розподільчі мережі разом із усім обладнанням, що забезпечує передачу електроенергії), належать не компаніям, що орієнтовані на максимізацію своїх прибутків, а безпосереднім користувачам послуг. Кооперативи задовольняють очікування членів шляхом скорочення викидів за допомогою комбінації заходів щодо зменшення викидів на електростанціях та переходу палива на природний газ та відновлювані джерела енергії. Отже, в період з 2005 по 2019 роки енергетичними кооперативами досягнуто зниження викидів діоксиду сірки на 83 %, зниження викидів оксиду азоту на 69 %, зниження викидів вуглекислого газу на 18 % [291].

Сільські енергокооперативи доставляють до кінцевих споживачів 11 % усієї електроенергії, що постачається щорічно споживачам у США, а також генерують близько 5 % загальної кількості електроенергії, що виробляється у США. Енергетичні кооперативи є роботодавцями для 72 тис. американців. Оперування електромережею вимагає значної технічної компетенції та організаційної спроможності, адже сучасні електричні мережі — складні з погляду техніки та їх організації, особливо коли до них приєднані сторонні виробники електроенергії або споживачі.

Конкурентами енергетичних кооперативів в США є великі вертикально-інтегровані компанії, тому в інтересах підтримки високого рівню надійності постачання енергії своїм членам енергетичні кооперативи об'єднуються в кооперативні асоціації. Прикладом такої асоціації енергетичних кооперативів є Tochstoune Energy Cooperatives, що об'єднує понад 750 енергетичних кооперативів. Об'єднання в асоціацію надає локальним енергетичним кооперативам низку можливостей та переваг, серед яких можна виділити:

- обмін досвідом та популяризацію найуспішніших практик у сфері управління електричними мережами й менеджменту енергетичних кооперативів;
- лобіювання власних інтересів в органах влади на федеральному рівні та рівні штатів;
- проведення спільних досліджень і розробок, організація інноваційної діяльності;
- зменшення витрат на послуги зовнішніх підрядників і консультантів;
- популяризацію моделі енергетичних кооперативів, як драйвера у впровадженні заходів з енергоефективності.

Енергетичні кооперативи працюють здебільшого, як неприбуткові організації. Відповідно до американського законодавства, такий статус можуть мати кооперативи, які отримують не менше 85 % доходу від своїх

[291] America's Electric Cooperatives, NRECA News. April 2021. URL : https://www.electric.coop/wp-content/uploads/2021/06/Co-op-Facts-and-Figures.pdf.

членів. При цьому законодавство вимагає, щоб можливий прибуток був розподілений між членами кооперативу, які часто реінвестують прибутки у вдосконалення роботи енергетичного кооперативу. Проте, крім них, існує велика кількість кооперативів, що забезпечують своїх членів найрізноманітнішими енергетичними ресурсами і послугами. Так, Piedmont Biofuels Cooperative, розташований у місті Пітсборо (штат Північна Кароліна), забезпечує своїх членів біодизелем. Дизельне паливо кооператив виробляє із відходів харчової промисловості – відпрацьованої соняшникової, арахісової, соєвої олій, а також із жиру, що виділяється при смаженні сосисок і м'яса птиці у закладах харчування. Членство у кооперативі дає змогу його учасникам економити на заправці своїх автомобілів дизельним пальним, при цьому кооператив виконує важливу соціальну функцію – переробляє відпрацьовані відходи харчової промисловості.

Ще один приклад енергетичного кооперативу в США – Evergreen Energy Solutions, що займається встановленням сонячних електростанцій у Клівленді, наймає на роботу насамперед місцевих мешканців, а серед його клієнтів – клівлендські клініки, госпіталь місцевого університету, Case Western Reserve University, муніципальні служби міст Клівленд й Евклід. Таким чином, енергетичні кооперативи в США успішно працюють протягом більш ніж 100 років, зайнявши певні сегменти в економічній моделі енергетики США та виконуючи важливі інноваційні та соціальні функції. Також важливу роль енергетичні кооперативи відіграють в Європейському Союзі, як важливий елемент політики Європейського Енергетичного співтовариства щодо створення інтегрованого загальноєвропейського енергетичного ринку, перш за все у частині поліпшення екологічної ситуації через сприяння використанню відновлюваної енергії та енергоефективності, а також розвинення конкуренції на регіональному рівні та масштабуванні ефективних енергетичних рішень.

У Німеччині, Енергетичними кооперативами є об'єднаннями громадян, підприємств та організацій, метою яких стає реалізація різноманітних локальних проектів в енергетичній сфері. Найчастіше енергетичні кооперативи спрямовують свої зусилля на децентралізоване, екологічне і незалежне від компаній та концернів виробництво енергії. Кооперативи є формою так званої громадської участі/активності тобто участі громадян у окремих політичних процесах та прийнятті політичних рішень, переважно на регіональному та комунальному рівнях.

Існують різні моделі енергетичних кооперативів – від створених виключно фізичними особами, тобто так званих енергетичних кооперативів громадян до комунальних кооперативів, учасниками яких є комуни (громади), комунальні підприємства та енергетичні кооперативи громадян.

Енергетичні кооперативи здійснюють свою діяльність, як правило, в таких сферах:

- виробництво енергії (сонячна енергія, вітрова енергія, біогаз, когенерація, тобто комбіноване виробництво тепла та електроенергії);
- продаж альтернативної енергії (електроенергії, теплоенергії, газу);
- купівля й експлуатація енергомереж.
- послуги, спрямовані на ефективне використання енергії (надання консультацій, енергозберігаюча санація будівель, реалізація різноманітних проектів з енергоефективності) тощо.

Сьогодні Німецький кооперативний союз «Райффайзен» об'єднує 860 енергетичних кооперативів (160 тис. осіб) та підтримує федеральне представництво енергетичних кооперативів у Берліні. Основним завданням федерального представництва енергетичних кооперативів є представлення інтересів кооперативів на федеральному рівні в політичних процесах, пов'язаних із концепцією енергетичного повороту. Як правило, до кооперативів застосовуються ті самі податкові правила, що й до господарських товариств, крім визначених законодавством винятків, наприклад, інструменту кооперативної компенсації, не оподатковується, а тому може слугувати додатковим стимулом для громадян об'єднуватися в кооперативи. Крім того, у Німеччині від сплати податку на прибуток юридичних осіб звільняються кооперативи, що займаються виключно обробкою власної сільськогосподарської продукції у формі виробництва біогазу з рослинних та тваринних відходів, якщо членами такого кооперативу є лише селяни/сільськогосподарські підприємці.

Федеральне міністерство економіки та енергетики Німеччини у рамках заходів з підтримки використання відновлювальних енергій на ринку теплової енергії, передбачає підтримку фізичних осіб, громад та підприємств, у тому числі кооперативів, у розмірі 300 млн євро на рік на побудову та розвиток опалювальних систем, що працюють на біомасі й сонячній енергії, теплових насосів та геотермального опалення. Така підтримка надається у вигляді фінансових дотацій від Федерального відомства економіки та експортного контролю для малих проектів у приватних будівлях та на підприємствах, а також шляхом надання кредитів з низькими процентними ставками чи фінансових дотацій на погашення заборгованості за процентами від Банку реконструкції (KfW) для великих об'єктів.

Програма спрямована на модернізацію існуючих будівель та промислових/індустріальних процесів. При спорудженні нових будівель допомога надається лише для визначених інноваційних проектів, оскільки законодавство передбачає загальний обов'язок орієнтуватися на відновлювальну енергію при зведенні нових будівель. Енергетичні кооперативи також можуть отримати допомогу на проекти з енергоефективності від федеральних земель, які можуть передбачати дотації та іншу допомогу в межах своїх бюджетів. Безумовно важливою є також інформаційна допомога щодо можливостей фінансування проектів,

яка надається Федеральним міністерством економіки та енергетики через спеціальну базу даних, а також іншими установами. Таким чином, в Німеччині енергетичні кооперативи також є важливим інструментом залучення ресурсів фізичних осіб для фінансування локальних енергетичних та впровадження інноваційних проектів із високим рівнем суспільного та громадського контролю.

Енергетична стратегія України до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» [292] ставить за мету досягнення цільових показників з енергетичної безпеки та енергоефективності, забезпечення інноваційне оновлення енергетичного сектору та його інтеграцію з енергетичним сектором ЄС. Для досягнення цієї мети Стратегією визначено пріоритети: лібералізація ринків; ефективне регулювання; створення умов для залучення інвестицій у галузь. Цілями Стратегії визначено: формування свідомого та енергоефективного суспільства; досягнення енергетичної незалежності ПЕК; демонополізація сфери та розвиток ринків; інвестиційна привабливість; забезпечення мережевої інтеграції; створення сучасної системи управління.

Аналіз досвіду функціонування енергетичних кооперативів в Україні показує, що вони сприяють досягненню поставлених цілей Стратегії на найнижчому рівні: громад, організацій, громадян. На приклад, Березділвський енергетичний кооператив було засновано у 2018 році у Березділвській ОТГ (Хмельницька обл). Засновниками стали: приватні особи, ГО «Екоклуб» та КП «Березділв». Усі члени кооперативу незалежно від внеску мають лише один голос, при цьому прибуток вони отримують в залежності від частки внеску. Кооператив випускає паливні брикети із соломи, купленої у місцевих фермерів. Перед створенням кооперативу було проведено переговори з місцевими фермерськими господарствами та досягнуто домовленості щодо закупівлі залишків соломи, які раніше залишалися на полях. Ці ж фермери є членами кооперативу. Брикети використовуються для опалення однієї із шкіл цієї об'єднаної територіальної громади. Для встановлення сонячних електростанцій на дахах бюджетних та комунальних будівель, орендованих у міста, було створено у 2018 році у місті Славутич (Київська область) Муніципальний енергетичний кооператив «Сонячне місто». Членами кооперативу є приватні особи та КП «Агенція регіонального розвитку» м. Славутич. Отже, заснування та розвиток енергетичних кооперативів в Україні відповідає пріоритетам державної політики у сфері енергетики та енергетичної безпеки. Таким чином, рішення щодо створення Енергетичного студентського кооперативу в університеті обумовлено вирішенню як проблем самого університету: підвищення

[292] Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» : Розпорядження КМУ від 18.08.2017 р. № 605-р. URL : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text.

енергоефективності, надання практичних навичок підприємництва, проведення практичних прикладних досліджень, так і сприяє реалізації пріоритетів державної Енергетичної стратегії України.

У відповідності до чинного законодавства України [293] університети мають право засновувати інші юридичні особи, які провадять свою діяльність відповідно до напрямів навчально-науково-виробничої, інноваційної діяльності закладу вищої освіти. Правовою підставою створення Енергетичних кооперативів в Україні слугують закони України: «Про кооперацію» [294], «Про споживчу кооперацію» [295], «Про товариства з обмеженою та додатковою відповідальністю» [296]. Закон України «Про кооперацію» визначає кооператив як юридичну особу, утворену фізичними та/або юридичними особами, які добровільно об'єдналися на основі членства для ведення спільної господарської та іншої діяльності з метою задоволення своїх економічних, соціальних та інших потреб на засадах самоврядування.

Розвиток кооперативної моделі розвитку бізнесу в економіці спільного користування потребує залучення до цього процесу молоді, яка з одного боку є більш відкритою до інновацій, а з іншого бере участь у навчальних процесах. У цьому контексті Енергетичний Студентський Кооператив здатен формувати модель поведінки молоді із активним використанням моделей шерінгової економіки з демонстрацією їх переваг та потенціалу розвитку. Енергетичний студентський кооператив створюється членами кооперативу за пайовими внесками. Членом кооперативу може бути будь-хто, хто належить до університетської спільноти: студенти, випускники – члени асоціації випускників, викладачі та співробітники університету. Управління кооперативом здійснює правління у відповідності до статутних документів. Бізнес-модель Енергетичного студентського кооперативу представлено на рис. 1.

Члени Енергетичного студентського кооперативу обирають Правління, яке здійснює операційне управління господарською діяльністю. Основна господарська діяльність Енергетичного студентського кооперативу зосереджена на наданні послуг прокату електросамокатів та електромобілів. Безпосередньо техніко-інженерний бізнес-процес створення послуги складається з генерації сонячної енергії (для чого встановлюється сонячна електростанція із встановленою потужністю 30 кВт, системи накопичення енергії із запасом ємності 150 кВт, швидкісної зарядної станції потужністю 50 кВт з 3 постами видачі потужності) та заряду електросамокатів та електромобілів.

---

[293] Про вищу освіту : Закон України від 01.07.2014 № 1556-VII. URL : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text.

[294] Про кооперацію : Закон України від 10.07.2003 № 1087-IV. URL : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1087-15#Text.

[295] Про споживчу кооперацію : Закон України від 10.04.1992 р. № 2265-XII. URL : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2265-12#Text.

[296] Про товариства з обмеженою та додатковою відповідальністю : Закон України від 06.02.2018 р. № 2275-VIII. URL : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2275-19#Text.

Передбачається трансформація та накопичення електричної енергії з двох джерел – 1) сонячної електростанції (0 грн\кВт*год) та 2) міської мережі (за нічним тарифом – 1,15 грн\кВт*год або стандартним тарифом – 2,39 грн\кВт*год) для забезпечення потреб певної будівлі кампусу із дисконтом 20 % (1,91грн\кВт*год – енергоефективний компонент) та продажу електроенергії для швидкісного зарядження електромобілів (8 грн\кВт*год).

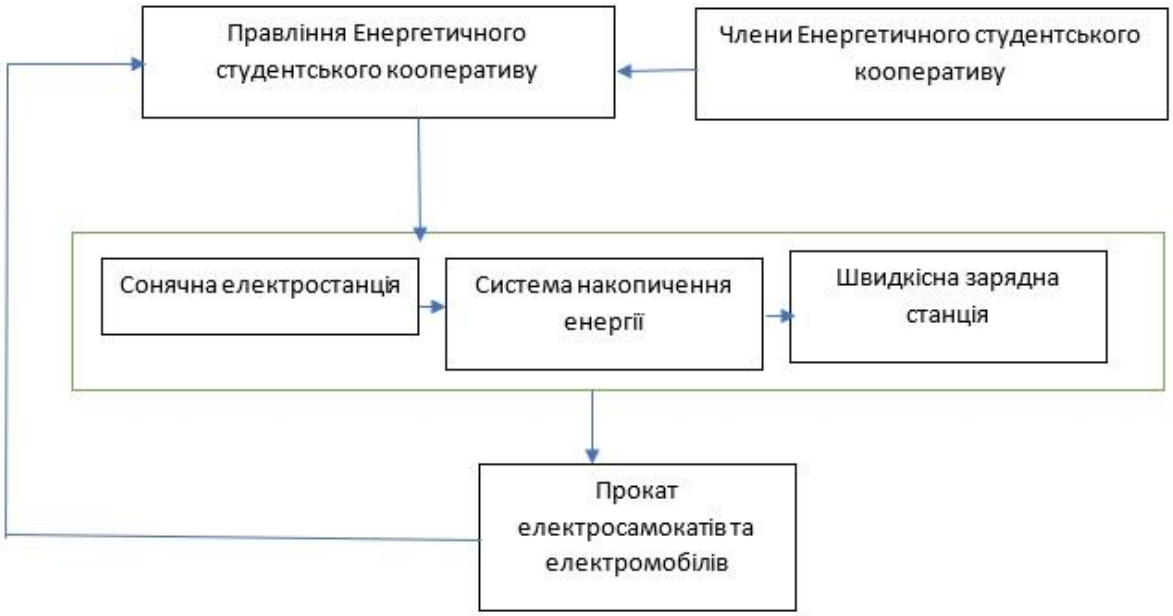


Рис. 1. Бізнес-модель Енергетичного студентського кооперативу
Джерело: авторська розробка.

Ці техніко-інженерні бізнес-процеси залучають до співпраці студентів з факультетів інформаційних та природничих наук. Студенти, що вивчають суспільні науки, зайняті в адмініструванні прокату електромобілів та електросамокатів, прогнозуванні попиту на послуги кооперативу, розробці маркетингових моделей просування послуг з подальшим дисконтованим продажем електромобілів та електросамокатів за залишковою вартістю впродовж 1–2 років.

Енергетичний студентський кооператив є унікальним, оскільки об’єднує слухачів з різних освітніх програм: екологів, маркетологів, правників, інформатиків, соціологів. Такий міждисциплінарний хаб, що побудований з використанням бізнес-моделей шерінгової економіки, сприяє розробці та реалізації унікальних практичних рішень, проведенню науково-прикладних досліджень та впровадженню дуальних освітніх програм у сфері енергоефективності та сталого розвитку. Студенти мають можливість під час навчання виконувати практичні завдання на замовлення потенційних майбутніх роботодавців. Представлений case study створення Енергетичного студентського кооперативу в українському університеті може бути масштабований та поширений на інші навчальні заклади.

Висновки:

1. Університетські кооперативи є бізнес-моделлю економіки співпраці (шерінгової економіки). Наукові дослідження безперечно доводять їх важливість та ефективність для освітніх програм з підприємництва, зокрема покращують можливості отримання практичних навичок студентів. Крім того, науковці звертають увагу на високу результативність дослідницьких університетських кооперативів.
2. Створення Енергетичного студентського кооперативу в університеті зумовлено необхідністю вирішити внутрішні управлінські проблеми: підвищити якість навчання за рахунок введення практичної складової, забезпечувати енергетичну трансформацію економіки країни у контексті пріоритетів державної Енергетичної стратегії України.
3. Енергетичний студентський кооператив як бізнес-модель шерінгової економіки створює платформу для співпраці слухачів з різних навчальних програм, що додає їм міждисциплінарних компетенцій та практичного спрямування. Дана бізнес-модель може бути масштабована на інші заклади освіти.

РОЗДІЛ 3

НАПРЯМИ ТА ПІДХОДИ ЩОДО ЗБЕРЕЖЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ПРИРОДНО-РЕСУРСНОГО ПОТЕНЦІАЛУ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

3.1. Особливості біології та аспекти вирощування малопоширених енергетичних культур в Україні та світі

Дьомін Д. Г., Кулик М. І., Рожко І. І.
Полтавський державний аграрний університет

Сьогоденні тенденції свідчать про виснаження непоновлюваних джерел енергії та неспинного удорожчання традиційних видів палива. У зв'язку з чим виникає потреба у диверсифікації паливно-енергетичного комплексу й пошуку резервів для виробництва власної екологічно чистої енергії. При цьому важливим чинником зменшення енергозалежності України є використання поновлюваного ресурсу енергетичних культур для виробництва біопалив [297].

Створення власного джерела біоенергетичної сировини для виробництва твердого біопалива сприятиме укріпленню енергетичної безпеки України й зменшить її залежність від імпорту енергетичних ресурсів. Що передбачає досягнення значного екологічного ефекту [298], а саме – вплив на довкілля: родючість ґрунтів, їх водний та повітряні режими, біорізноманіття. Окрім цього, замкнений цикл – від виробника до споживача біопалив дозволить збільшити ефективність виробництва біомаси та знизити вплив на навколишнє середовище [299]. При цьому необхідно звертати увагу на очищення забруднених ґрунтів. В цьому випадку енергокультури можуть успішно виконувати фіторемедіаційну функцію. Адже площі забруднених земель в Україні щороку зростають. Це пов'язано із пестицидним навантаженням, внесенням необґрунтованих доз мінеральних добрив, міграцією полютантів, радіоактивним забрудненням тощо [300].

Відповідно до твердження Пришляк Н. В., очікується, «що з усіх відновлюваних джерел енергії, найбільший внесок, особливо у коротко- та середньостроковій перспективі, буде отримано від біомаси». При цьому біоенергетичні культури «потенційно можуть стати вагомою альтернативою традиційному паливу в XXI столітті» [301].

---

[297] Kaletnik G., Pryshliak N., Tokarchuk D. Potential of production of energy crops in Ukraine and their processing on solid biofuels. *Ecologycal Engeneering & Environmental Technology*. 2021. Vol. 22, Issue 3. P. 59–70. doi: 10.12912/27197050/135447

[298] Міскантус в Україні. Київ : ТОВ «ЦП «Компрінт», 2019. С. 7.

[299] Kulyk M. I., Kurylo V. L., Kalinichenko O. V., Galytska M. A. Plant energy resources: agroecological, economic and energy aspects : monograf. 2019. 160 p.

[300] Kulyk M., Galytska M., Samoylik M., Zhornyk I. Phytoremediation aspects of energy crops use in Ukraine. *Agrology*. 2019. Vol. 2, Issue 1. P. 65–73. doi: 10.32819/2617-6106.2018.14020

[301] Пришляк Н. В. Потенційні можливості вирощування біоенергетичної сировини на виробництво твердого біопалива. *Агросвіт.* 2021. Вип. 1–2. С. 33-45.

Енергетичні культури – трав'янисті рослини, чагарники, швидкоростучі дерева, або інші види рослин, біомаса яких може використовуватися як сировина для виробництва біопалив (твердих, рідких та газоподібних) [302, 303].

З-поміж енергетичних культур, найбільш поширеними на території Україні, достатньо вивченими за ботаніко-біологічними особливостями та аспектами технології вирощування є представники родини тонконогих: просо прутоподібне, міскантус гігантський та вербових – верба прутовидна [304, 305].

На сьогодні всебічно досліджується значна кількість й малопоширених енергетичних культур [306 , 307]. Вивчається їх інтродукційні властивості, елементи технології вирощування й особливості використання їхньої фітомаси. Також обґрунтовуються шляхи, види та способи використання біомаси енергетичних культур для виробництва біопалив [308, 309, 310]. Що спонукає вчених до детального вивчення та обґрунтування агротехнології вирощування малопоширених енергетичних культур.

З-поміж малопоширених енергетичних культур в Україні, на цей час, що змістовно досліджуються у світі задля використання у вигляді сировини для біопалив, виокремлюють наступні: Сорговник поникаючий *(Індіанграсс, IndianGrass, Sorghastrum nutans (L.) Nash)*, Трава Колумба *(Columbus Grass, Sorghum almum Parodi)* та Біг Блюестем *(Big Bluestem, Angropogon Gerardi)* [311, 312].

Малопоширені енергетичні культури також мають ряд переваг в вирощуванні й використанні біомаси (рис. 1).

---

[302] Гелетуха Г. Г., Железная Т. А., Трибой А. В. Перспективы выращивания и использования энергетических культур в Украине. *Промышленная теплотехника.* 2015. Ч. 2. Т. 37. № 5. С. 58–67.

[303] Кулик М. І., Калініченко О. В. Відновлювані джерела енергії із рослинної сировини : термінологічний словник. Полтава, 2017. 60 с.

[304] Кулик М. І., Курило В. Л. Енергетичні культури для виробництва біопалива : довідник. Полтава : РВВ ПДАА, 2017. 74 с.

[305] Роїк М. В., Курило В. Л., Гументик М. Я. та ін. Фітоенергетичні культури. *Агроном.* 2013. Вип. 3. С. 193.

[306] Рахметов Д. Б. Біологічні основи інтродукції та вирощування нових сортів одно- і багаторічних видів родини Malvaceae в Лісостепу України : дис. … д-ра с.-г. наук : 06.01.09. Київ, 2001. 568 с.

307 Рожко І. І., Дьомін Д. Г., Кулик М. І. Вплив біометричних показників рослин на врожайність біомаси інтродукованих малопоширених енергетичних культур. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2021. Вип. (2). С. 114–123. doi: 10.31210/visnyk2021.02.14

308 Кулик М. І., Падалка В. В. Розвиток біоенергетики на основі рослинного енергетичного ресурсу (на прикладі Полтавської області). Управління стратегіями випереджаючого інноваційного розвитку : монографія / за ред. Н. С. Ілляшенко. Суми : Триторія, 2020. С. 109–118.

[309] Rozhko I., Kulyk M. The use energy crops in order to improve marginal lands. *Priority directions of science and technology development* : The 5 th International scientific and practical conference (January 24–26, 2021). Kyiv, 2021. P. 29–34.

[310] Писаренко П. В., Курило В. Л., Кулик М. І. Агробіомаса та фітомаса енергетичних культур для виробництва біопалива: Розробка та вдосконалення енергетичних систем з урахуванням наявного потенціалу альтернативних джерел енергії : колективна монографія / за ред. О. О. Горба, Т. О. Чайки, І. О. Яснолоб. Полтава : ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2017. С.258–266.

[311] Дьомін Д. Г., Кулик М. І. Перспективні малопоширені енергетичні культури для отримання біологічної сировини та рекультивації ґрунтів. *Організація діяльності в агропромисловому комплексі та актуальні питання ветеринарії :* матеріали І міжнар. спеціал. наук. конф. (м. Хмельницький, 5 березня, 2021 р.). Вінниця : Європейська наукова платформа, 2021. С. 7–9.

[312] Kulyk M., D'omin D., Rozhko I. Reclamation of marginal lands using rare energy crops. In: European vector of development of the modern scientific researches : collective monograph. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2021. doi: 10.30525/978-9934-26-077-3-2717

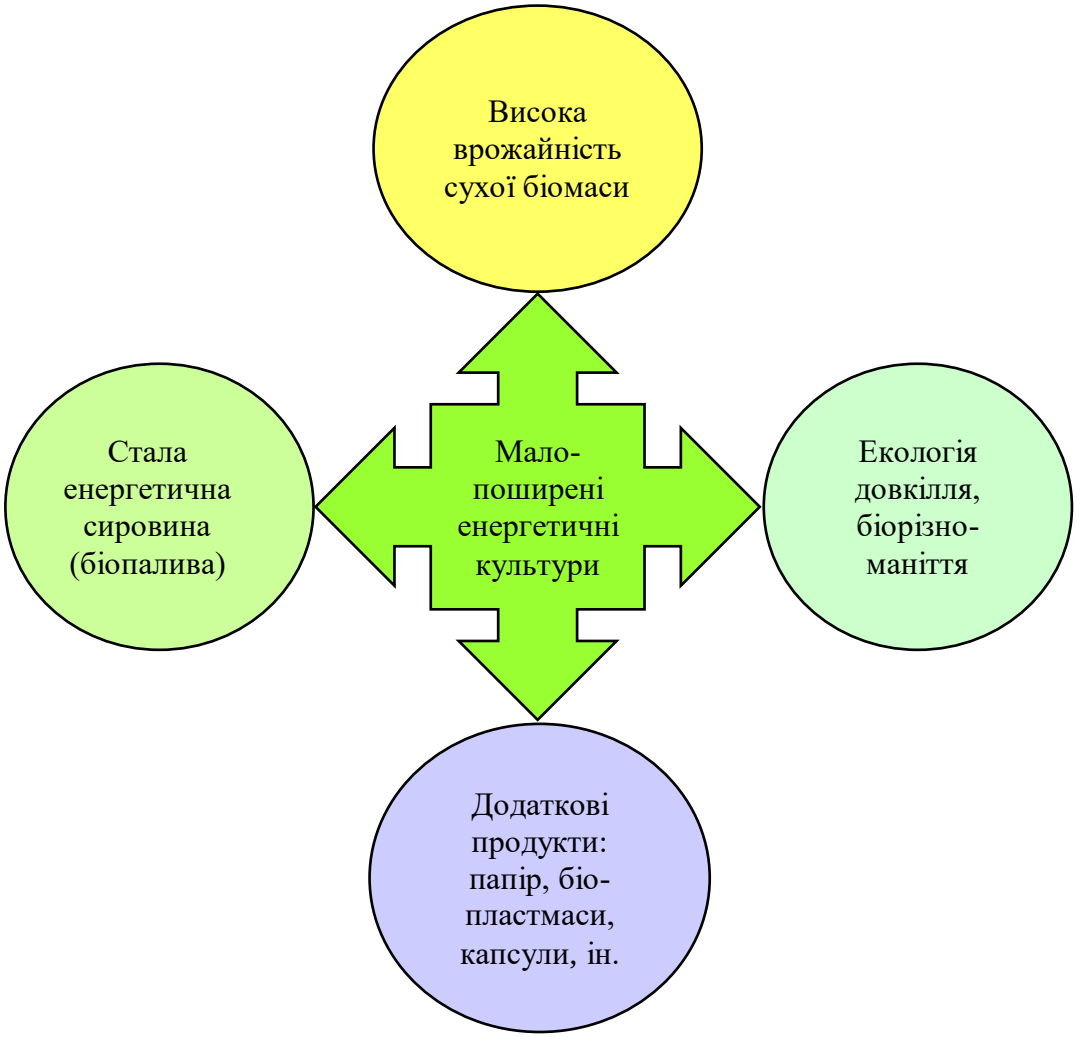


Рис. 1. Переваги вирощування й використання біомаси малопоширених енергетичних культур

Слід відмітити й особливості малопоширених енергетичних культур.

Сорговник поникаючий *(Індіанграсс, Indiangrass, Sorghastrum nutans (L.) Nash)* [313 , 314] застосовується для боротьби з ерозією, для озеленення ландшафтів і поліпшення біорізноманіття. Сорговник поникаючий – є злаком теплого сезону в екосистемі високотравних прерій Північної Америки. Природнє середовище існування культури – відкриті поля та луки. Рослини пристосовані до ґрунтів з глибоким заляганням вологи, починаючи від важких глинистих ґрунтів і глинистих пісків із діапазоном pH від 4,8 до 8,0. Сорговник має середню толерантність до засолення та посухи. Вегетативна маса відростає з підземних кореневищ (ризом), розмножується також генеративно. Норма висіву насіння в одновидових посівах становить 4–5 кг/га; в сумішках 10–50 % від рекомендованої. Насіння – дуже дрібне, 1 кг має близько 350 000 насінин. Висота рослин сягає 1,8–3,2 м; мінімальна глибина проникнення коріння

[313] Henning J. Big bluestem, Indiangrass, and Switchgrass. Bulletin G4673. University of Missouri Cooperative Extension. 1993.

[314] FAO, 2010. Grassland Index. A searchable catalogue of grass and forage legumes. FAO, Rome, Italy. URL : https://web.archive.org/web/20170403072111/http://www.fao.org/ag/AGP/AGPC/doc/Gbase/data/pf000318.htm.

60–70 см. Врожайність біомаси, відповідно до умов вирощування може бути 10–15 т/га. Сорговник вирощують на одній ділянці до 15 років, а максимальна врожайність біомаси досягається з третього року вегетації.

Андропогон Жерарді або Біг Блюестем *(Big Bluestem, Andropogon gerardii Vitman)* – трав'яниста багаторічна рослина. Використовується для боротьби з ерозією грунтів має фіторемедіаційні властивості та може використовуватись в тваринництві, поліпшує біорізноманіття. Походять рослини з Північної Америки, мають толерантність до широкого спектру ґрунтових умов і рівнів вологості. Урожайність біомаси близька до врожайності Сорговника поникаючого, Колумбової трави і Світчграсу – саме тому, все частіше, він розглядається як потенційна сировина для альтернативних видів палива та целюлози, включаючи паливні гранули і целюлозний етанол. При використанні в виробництві гранульованої сировини з біомаси або інших варіантів застосування, що вимагають сухої речовини, Біг Блюестем слід збирати восени, щоб мінімізувати втрату сухої біомаси, так як, найчастіше, він вилягає за зиму. Деякі дослідження показали, що біомаса Біг Блюестем має меншу зольність, ніж у інших спеціалізованих енергетичних культур. Тому Біг Блюестем застосовують як сировину для виробництва біопалив.

Висота рослин Біг Блюестему сягає 1,8–2,5 м; мінімальна глибина проникнення коріння 50 см; має високу посухостійкість і помірну солестійкість. Норма висіву насіння в одновидових посівах становить 4,5–6 кг/га; в сумішках 10–50 %. Насіння – дуже дрібне, 0,5 кг має близько 288 000 насінин. Врожайність біомаси становить 10–12 т/га. Біг Блюестем вирощують на одній ділянці 12–14 років, а максимальна врожайність біомаси досягається з третього року вегетації [315].

Сорго багаторічне (Трава Колумба, *Columbus Grass, Sorghum almum Parodi).* Наразі ця культура поширена по всьому світу (в межах 25° північної широти та 30° південної довготи і висоти над рівнем моря до 700 м). Це типовий природній багаторічник, злак теплого сезону [316].

Сорго багаторічне відрізняється високою урожайністю біомаси і насіння, має високу морозостійкість. Вирощують цю культуру за певною технологією [317]. Рослини формують значну кількість пагонів й мають товсті короткі кореневища, основна маса кореневої системи розташовується на глибині 1,8–2,5 м. Стебла товсті і тверді, можуть досягати до 4,5 м. Листки довгі, ланцетні, завширшки 2,5–4,0 см, покриті восковим нальотом. Суцвіття являє собою велику пірамідальну волоть з

[315] Kulyk M., D'omin D., Rozhko I. Reclamation of marginal lands using rare energy crops. European vector of development of the modern scientific researches *:* collective monograph / edited by authors. 2nd ed. Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2021. P. 136–157. doi: 10.30525/978-9934-26-077-3-27

[316] Chable V., Nuijten E., Costanzo A., Goldringer I., et al. Embedding Cultivated Diversity in Society for Agro-Ecological Transition. *Sustainability*. 2020. Vol. 12. P. 784. doi:10.3390/su12030784

[317] D'omin D., Kulyk M., Rozhko I. Agroecological fundamentals of creation of artificial phytocenoses of energy crops for recultivation. Innovative Approaches to Ensuring the Quality of Education, Scientific Research and Technological Processes : series of monographs /Ed. M. Gawron-Łapuszek, Y. Suchukova. Katowice : Publishing House of University of Technology, 2021. P. 1035–1041.

вторинними і третинними гілочками, які зазвичай поникають у міру дозрівання насіння. Цвітіння відмічають після 8 тижнів після сівби. Перехреснозапильна культура [318].

Оптимальними умовами вирощування для сорго багаторічного є річна кількість опадів від 460 до 760 мм, середня денна температура від 15 до 22°С. Його вирощують на родючих, добре дренованих й суглинкових ґрунтах або важких глинистих, з pH ґрунту від 5,0 до 8,5. Багаторічне сорго може витримувати тривалі періоди посухи, але не витримує перезволоження або затоплення. Ріст й розвиток рослин погіршується при понижених температурах, але вони можуть перенести легкі заморозки, якщо рослини добре укорінилися. Сорго є толерантним до широкого спектру ґрунтових умов і рівнів вологості; наявна висока посухостійкість; помірна солестійкість [319].

Норми висіву насіння для сорго становить 8,5–10 кг/га. Врожайність біомаси 18–20 т/га. Сорго багаторічне вирощують на одній ділянці до семи років, а максимальна врожайність біомаси досягається з другого року вегетації [317].

Отже, за морфо-біологічними особливостями малопоширених енергетичних культур можна зробити узагальнення щодо можливості рослинами продукувати значний обсяг біомаси при тривалому вирощуванні. При цьому за їх вирощуванні на маргінальних землях, окрім ґрунтових умов необхідно приділяти увагу впливу і розподілу основних ресурсів, таких як вода та азот, в екосистемах. Наприклад, з метою вивчення цього впливу в природньому середовищі, автори [320] дослідили вплив довготривалого застосування зрошення та внесення азоту на еко-фізіологічні характеристики рослин: Біг Блюестему та Сорговника поникаючого. Обидва види реагували на зрошення з підвищеним водним потенціалом і зниженим при внесенні азотних добрив. Однак, лише у Сорговника поникаючого чистий фотосинтез і провідність продихів були збільшеними при додаванні води та азоту. Проте Бородач Жерарді навпаки, відносно не реагував на досліджувані чинники.

Вивчаючи малопоширені енергетичні культури в умовах Степу України [321, 322], дослідники встановили, що з-поміж видового складу кращі біометричні показники рослин та врожайність за сухою біомасою

---

[318] Kulyk M., Shokalo N., Dinets O. Morphometric indices of plants, biological peculiarities and productivity of industrial energy crops. Development of modern science: the experience of European countries and prospects for Ukraine : monograph. Riga, Latvia : «Baltija Publishing», 2019. P. 411–431. doi: 10.30525/978-9934-571-78-7

[319] Cook B. G., Pengelly B. C., Brown S. D., et al. Tropical forages. CSIRO, DPI&F(Qld), CIAT and ILRI, Brisbane, Australia. 2005. URL : https://www.feedipedia.org/node/378.

[320] Silletti A. M., Knapp A. K.. Responses of the Codominant Grassland Species Andropogon gerardii and Sorghastrum nutans to Long-term Manipulations of Nitrogen and Water. *The American Midland Naturalist.* 2001. Vol. 145, Issue 1. P. 159–167. doi: 10.1674/0003-0031(2001)145[0159:ROTCGS]2.0.CO;2

[321] Дьомін Д. Г., Щербак Є. Ю., Кулик М. І. Потенціал біомаси малопоширених енергетичних культур. *Сучасні напрями та досягнення селекції і насінництва сільськогосподарських культур* : Матеріали наук.-практ. інтер.-конф. / Тищенко В. М. (відп. ред.). ПДАА, 2021. С. 43–47.

[322] Рожко І. І., Дьомін Д. Г., Кулик М. І. Вплив біометричних показників рослин на врожайність біомаси інтродукованих малопоширених енергетичних культур. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2021. № 2. С. 114–123. doi: 10.31210/visnyk2021.02.142

формувало сорго багаторічне, найнижчу – Біг Блюестем. При цьому визначено, що середнє значення за даними показниками мали посіви Сорговника поникаючого. Коефіцієнт енергетичної ефективності виробництва біомаси Сорговника поникаючого та сорго багаторічного у середньому перевищив 2,0. Це характерно для середньої ефективності виробництва біомаси. У Біг Блюестема рівень енергетичної ефективності виробництва біомаси був низьким (менше 1,0).

Нашими попередніми дослідженнями встановлено також залежність між кількісними показниками рослин малопоширених енергетичних культур: зі збільшенням висоти рослин буде зростати їх кількість та навпаки. Визначено динаміку щорічного збільшення біометричних показників рослин енергетичних культур від першого по третій вегетаційний рік. Найбільшу висоту та густоту стеблостою формують Сорговник поникаючий та сорго багаторічне. З-поміж енергетичних культур, обраних для дослідження, найбільшу врожайність за сухою біомасою мали сорго багаторічне та Сорговник поникаючий, відповідно 8,0 і 5,0 т/га. Суттєво менший цей показник виявився у Бородача Жерарді. Визначено, що біометричні показники рослин за висотою і густотою стеблостою вносять суттєвий вплив на рівень врожайності біомаси досліджуваних енергетичних культур, що підтверджує прямолінійний кореляційний зв'язок ($r > 0,71$).

Спеціальні біоенергетичні культури, такі як Світчграс, Міскантус, Індіанграс та Біг Блюестем, водночас можуть бути як целюлозною сировиною, для виробництва біопалив, так і в якості культур, що використовують задля збереження або покращення якості ґрунту та навколишнього середовища [323].

З метою вивчення впливу біоенергетичних культур на ґрунти, автори вивчили зміни властивостей суглинкового ґрунту. Їхні дослідження стосувалися вивчення фону неорганічних добрив, реакції рослин світчграсу і різних сумішей з іншими менш поширеними енергетичними культурами, у тому числі, й такими як Біг Блюестем і Сорговник поникаючий. Дослідження проводилися протягом декількох років в умовах східної частини штату Небраска [324]. У першому експерименті авторами було використано два фактори дослідження: два терміни збору врожаю (серпень і листопад) і норми внесення азоту (N), фосфору (P) і калію (K). Рівні азотних добрив (0, 60 і 120 кг/га) були на основних ділянках, на інші ділянки додавали різні норми внесення азоту (0, 22 і 44 кг/га), а, також, різні норми внесення калію (0, 11 і 22 кг/га).

Другий експеримент даних авторів включав шість ділянок енергетичних культур, що висаджувалися з чотирьох моно-насаджень

[323] Adler P. R., Sanderson M. A., Weimer P. J., Vogel K. P. Plant species composition and biofuel yields of conservation grasslands. *Ecological Applications*. 2009. Vol. 19, Issue 8. P. 2202–2209. doi: 10.1890/07-2094.1

[324] Waramit N. Native warm-season grasses: Species, nitrogen fertilization, and harvest. A dissertation submitted … for the degree of PhD, Iowa State University, Ames, Iowa. 2010. URL : https://www.researchgate.net/publication/254610740_Native_warm-season_grasses_Species_nitrogen_fertilization_and_harvest_date_effects_on_biomass_yield_and_composition.

(монокультур): Світчграс, сорт «Shawnee», Світчграс, експериментальний гібрид «Kanlow», Сорговник поникаючий, сорт «Chief», Міскантус гігантеус (M×G); і двох травосумішей: перша – Андропогон Жерарді, сорт «Goldmine» + Сорговник поникаючий, сорт «Warrior» + світчграс, сорт «Shawnee»; друга – Андропогон Жерарді, сорт «Bonanza» + Індіанграсс, сорт «Scout» + Світчграс, сорт «Shawnee».

Автори у першому досліді встановили, що терміни внесення неорганічних добрив і збору врожаю не вплинули на біомасу коренів Світчграсу, вміст вуглецю в ґрунті, агрегатну стабільність ґрунту та інші його властивості. У другому досліді, кумулятивна біомаса коренів під монокультурою Сорговника поникаючого сорту «Chief» була нижчою, ніж під іншими монокультурами та сумішами трав, за винятком Міскантусу.

Ці результати свідчать про те, що неорганічні добрива та терміни збору врожаю, в короткостроковій перспективі, не впливають на властивості ґрунту, але монокультура Сорговника поникаючого може мати нижчу кореневу біомасу, ніж інші трави. Загалом, внесення добрив не викликало змін у біомасі коренів і властивостях ґрунту, а монокультура Сорговника поникаючого мала нижчу кумулятивну кореневу біомасу порівняно зі сумішами та монопосівами Світчграсу. Це свідчить про те, що вибір культури впливає на накопичення кореневої біомаси.

Автори вважають за необхідне проведення подальшого моніторингу для визначення довгострокових змін у біомасі коренів і властивостей ґрунту в цих біоенергетичних системах культур.

Аналогічно, 6-річні насадження з простих сумішей Біг Блуестему, Сорговника поникаючого та Світчграсу не мали значного впливу на вміст вуглецю в ґрунті, загальне співвідношення азоту та пари вуглець-азот порівняно з монокультурами. Проте, Сорговник поникаючий мав нижчу кореневу біомасу порівняно з усіма іншими травами, крім Міскантуса. Також підтвердженим є той факт, що максимальної врожайності біомаси багаторічні трави «теплого сезону» досягають приблизно за 3–5 років.

Таким чином, результати досліджень авторів свідчать про те, що вплив неорганічних добрив і сумішей трав на утворення коренів і властивості ґрунту, протягом зазначеного вище періоду часу та типу ґрунту, може бути обмеженим або взагалі відсутнім. Дослідники встановили, що відсутність реакції кореневої біомаси та властивості ґрунту і на внесення добрив може бути пов’язано із типом ґрунту. Відсутність відмінностей у біомасі коренів між чотирма травами «теплого сезону» (Біг Блуестему, Сорговника поникаючого, Світчграсу і Міскантусу) свідчить про те, що ці трави мають подібні характеристики коренеутворення, за винятком Сорговника поникаючого. Також, автори вважають за необхідне проведення подальших досліджень, щоб перевірити довгостроковий вплив добрив і сумішей на утворення коренів і властивості ґрунту.

Багаторічні трави «теплого сезону» цікаві науковцям і як біоенергетична сировина через їх високу продуктивність з мінімальною кількістю вхідних матеріалів у широкому діапазоні середовищ. Відповідно до результатів досліджень науковців [325] встановлено, що рівень азоту та терміни збору врожаю є критичними чинниками для управління під час оптимізації врожаю біомаси багаторічних трав теплого сезону. Мета даного досліду полягала в кількісній оцінці впливу норм і термінів внесення азотних добрив, у поєднанні з термінами та частотою збирання біомаси, на врожайність. Дослідження проводилось у 2014 та 2015 роках на чотирьох польових ділянках у Міссурі. Результати досліджень авторів засвідчують, що перенесення збору врожаю біомаси до листопада збільшило врожайність на всіх ділянках. Врожайність біомаси, зібраної в листопаді, при нормі азоту ≥ 67 кг/га покращили врожайність біомаси багаторічних трав теплого сезону. Хоча внесення азотних добрив підвищило врожайність, часткова факторна продуктивність внесеного азоту не збільшувалася при щорічних нормах азоту >34 кг/га. Відповідно до кожної стратегії збору врожаю, роздільне (кількаразове) внесення азоту, зазвичай, не покращувало врожайність біомаси порівняно зі стратегіями одноразового застосування.

В той же час, при затримці збору врожаю до листопада або перших заморозків, як у випадку одноразового збирання врожаю, так і в випадку дворазового збирання врожаю, за вегетаційний період, спостерігалася більша врожайність біомаси протягом 2 років. Навпаки, стратегії збору врожаю з раннім осіннім (вересневим) врожаєм призвели до зниження врожайності біомаси. Оскільки збирання біомаси є однією з операцій, що забирають значну кількість часу та енергії, рішення щодо частоти збирання необхідно приймати на основі енергетичних балансів та наявності робочої сили та техніки протягом вегетаційного періоду.

Щодо впливу дати збору врожаю біомаси і складу біомаси рослин відповідно до мети її для подальшого використання, в дослідженні [326] наведені фактори, що прямо на це впливають. Польове дослідження проводилося в штаті Айова, протягом 2006 та 2007 років. Експеримент поєднував вивчення наступних культур: Біг Блюестем *(Andropogon gerardii Vitman)*, східний гамаграс *(Tripsacum dactyloides L.)*, Сорговник поникаючий *(Sorghastrum nutrans L. Nash)*, Світчграс *(Panicum virgatum L.)*. Основні ділянки були розділені на: ділянки з трьома нормами внесення азоту (0, 65 і 140 кг/га), і градаціями з 10-ма датами збору врожаю. Протягом обох років затримка збору врожаю збільшувала концентрації целюлози, лігніну та вуглецю, але зменшувала концентрації

[325] Kszos L. A., Downing M. E, Wright L. L., et al. Bioenergy Feedstock Development Program Status Report. Environmental Sciences Division Publication Number 5049. Oakridge National Laboratory, 2000.

[326] Waramit N., Moore K. J., Heggenstaller A. H. Composition of native warm-season grasses for bioenergy production in response to nitrogen fertilization rate and harvest date. *Agronomy Journal*. 2011. Vol. 103, Issue 3. P. 655–662. doi: 10.2134/agronj2010.0374

азоту і зольність, однак величина цих ефектів різнилася між видами. У середньому, у біомасі Біг Блюестему була найвища концентрація целюлози (430,5 г/кг) і вуглецю (450,5 г/кг), тоді як біомаса Світчграсу мала найвищу концентрацію лігніну (58,5 г/кг) серед чотирьох видів. Найнижча концентрація золи (47,5 г/кг) була у Біг Блюестем, тоді як у Сорговника поникаючого була найнижча концентрація азоту (5,5 г/кг). Зі збільшенням рівня внесення азоту, середня концентрація азоту, вуглецю, целюлози та лігніну збільшувалася на 19–29 %, 0,6–2,2 %, 0,7–5,7 % і 5,6–23,9 % відповідно до видів, тоді як вміст золи зменшувався на 1,8–18,4 % відповідно. Загалом, результати досліджень авторів свідчать про те, що трави «теплого сезону», мають оптимальний склад для використання їх біомаси в виробництві біопалива, за умов внесення азотних добрив в кількості 140 кг/га і підзимових дат збору біомаси.

Також важливим чинником, що впливає на врожайність біомаси енергетичних рослин, беззаперечно, є кількість опадів [327]. Авторами досліджено вплив екстремальних змін опадів на кількість біомаси та обмін CO_2 та H_2O в екосистемі трьох C_4 трав «теплого сезону»: *Andropogon gerardii Vitman, Panicum virgatum і Sorghastrum nutans (L.) Nash.* протягом трьох років. Культури вирощували за таких умов: екстремальної посухи (26 % від норми), з середнім (норма) та надзвичайно великим рівнем вологи (174 % до норми). Екстремальне зниження кількості опадів спричинило зниження на 55, 40 та 40 % відповідно по рослинах, інтенсивності фотосинтезу на рівні листя, продихової провідності та ефективності використання води. Екстремальне збільшення кількості опадів також зменшило ефективність використання води до 44 % у всіх культур, у порівнянні з нормою. Дослідженням доведено, що, на відміну від помірної зміни клімату, екстремальне збільшення кількості опадів може бути настільки ж шкідливим, як і екстремальне зменшення їх кількості.

З метою найкращої демонстрації потенціалу вирощування біоенергетичної сировини, розроблені рекомендовані протоколи для створення тестових ділянок багаторічних трав [328]. Визначено, що порівняно з травами прохолодного сезону, створення травостою з багаторічних трав «теплого сезону» вимагає більших заходів для боротьби з бур'янами. Боротися з бур'янами на насадженнях Світчграсу рекомендовано за допомогою попереднього внесення суміші 2,3 л атразіну з 0,6 л квінклораку на гектар (використовувався препарат Paramount®). На посівах Біг Блуестему та Сорговника поникаючого, перед сходами рекомендовано застосовувати імазапік (препарат Plateau®) з нормою внесення 0,3 літрів на гектар. На всіх ділянках енергокультур

[327] Connor E. W., Hawkes C. V. Effects of extreme changes in precipitation on the physiology of C4 grasses. *Oecologia*. 2018. Vol. 188, Issue 2. P. 355–365. doi: 10.1007/s00442-018-4212-5

[328] Vogel K. P., Masters R. A. Frequency Grid: A Simple Tool for Measuring Grassland Establishment. *Journal of Range Management*. 2001. Vol. 54, Issue. 6. P. 653–655.

рекомендовано знищувати дводольні бур'яни в рік сівби, шляхом скошування над рослинами енергокультур в літні місяці, або обприскування рекомендованими препаратами.

Дослідження енергетичного потенціалу біомаси природоохоронних пасовищ у штаті Міннесота, США, було виконано по «моделі змішаних факторів» [329]. Метою дослідження було встановлення чинників виходу біоетанолу з біомаси енергетичних культур – трав «теплого сезону». Було використано 60 великих природоохоронних пасовищних ділянок, домінуючими травами на яких були Біг Блуестем і Сорговник поникаючий. У середньому, за всіма місцями та роками, теоретична ефективність перетворення етанолу становила 450 л/т, а концентрація рослинного азоту становила 7,1 г/кг, обидва результати подібні тим, що буди отримані при мононасадженнях такої енергетичної культури, як Світчграс. При визначені факторів, що впливають на біоенергетичний потенціал біомаси авторами встановлено, що зміни кількості отриманого біоетанолу були майже виключно через зміну обсягів врожаю біомаси, і, ніяким чином, не залежали від якості біомаси. В результаті цього досліду знайшла підтвердження теза про те, що, у разі вирощування енергетичних рослин з метою отримання біоетанолу, розробка системи вирощування, направлена на збільшення врожаю біомаси, є більш економічно обґрунтованою, ніж система направлена на коригування складу біомаси енергетичних рослин.

Отже, на основі змістовного огляду літератури нами зроблені наступні висновки щодо аспектів інтродукції, морфологічних й біологічних особливостей, аспектів агротехнології вирощування та можливості використання на біопаливні цілі малопоширених енергетичних рослин.

Висновки.

1. Вивчення, підбір та вирощування на маргінальних землях малопоширених енергетичних культур необхідно здійснювати з урахуванням біологічних особливостей рослин, на основі агроекологічного моніторингу та агрономічного обґрунтування. Що дозволить створити ефективні штучні фітоценози, які забезпечать отримання значного обсягу сталої рослинної біомаси.

2. Для збалансованого вирощування та використання малопоширених енергетичних культур як рослинної сировини необхідно враховувати екологічні аспекти. Для зменшення навантаження на навколишнє середовище рекомендовано закладати енергоплантації й культивувати енергокультури на маргінальних землях, що мають низьку родючість, ознаки деградації та потребують рекультивації

3. Для рекультивації маргінальних земель, отримання сталої рослинної сировини, рекомендується вирощувати Сорговник поникаючий та сорго багаторічне, а також Бородач Жерарді. Що

[329] Jungers J. M., Fargione J. E., Sheaffer C. C., Wyse D. L., Lehman C. Energy potential of biomass from conservation grasslands in Minnesota. USA, Epub. 2013. doi: 10.1371/journal.pone.0061209

підтверджується біологічними особливостями даних культур та їхніми інтродукційними властивостями й потенціалом біомаси.

4. Агротехнологія вирощування малопоширених енергетичних культур на маргінальних землях повинна здійснюватися на основі еколого-адаптивних елементів із урахуванням біологічних особливостей рослин та певних територіальних умов.

5. Доведена ефективність сумісного вирощування малопоширених енергетичних культур разом із світчграсом або міскантусом гігантським. Що дозволяє збільшити врожайність та отримати значні обсяги біомаси для виробництва біопалива.

3.2. Організація державного управління водними ресурсами відповідно до басейнового принципу

Жукова О. Г., Гончаренко А. В.
Київський національний університет будівництва та архітектури,

Кінець XX – початок XXI століття характеризується погіршенням екологічної ситуації на планеті. Найважливішою складовою екологічно безпечного розвитку природних і соціально-економічних систем є таке природокористування, яке передбачає організацію використання водних ресурсів, при якому забезпечується сталий розвиток і протягом тривалого часу зберігається для цього достатній водно-ресурсний потенціал. XIX століття характеризується значними негативними змінами оточуючого середовища, викликаними безконтрольним використанням природних ресурсів, розвитком промисловості та транспорту, що призводить до збільшення споживання води і водночас зростання її забруднення. Особливо помітним це стало протягом останніх 50 років, коли вплив людини на водний цикл планети досягнув глобального масштабу [330, 331, 332].

Розподіл водних ресурсів, так як і потреби суспільства в них, на Землі нерівномірні. Загальні запаси води Землі складають 1359 млн м^3, серед яких всього 2–3 % прісні води. Водозабезпеченість на одного жителя коливається від 0,69 у Північній Африці до 96,2 у Сибірі і на Далекому Сході та 219 тис. м^3/рік у Канаді і на Алясці [333].

Запаси легкодоступної прісної води розміщені на планеті дуже нерівномірно. Наприклад, в Африці лише близько 10 % населення забезпечені регулярним водопостачанням, а в Європі цей показник

[330] Концепція розвитку водного господарства України. URL : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1390-14#Text.

[331] Водний кодекс України. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1995, № 24, ст. 189. URL : http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80.

[332] Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. Вид. офіц. Київ : Твій формат, 2006. 240 с.

[333] Тарасова М. Ю., Александров И. А. Институциональные аспекты управления природопользованием. *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Сер. Економічна*. 2008. Вип. 34-2 (138). С. 4–11.

перевищує 95 %. Найкраще забезпечена водними ресурсами Південна Америка, дещо гірше — Північна Америка та Європа. У багатьох регіонах великі ріки та озера розміщуються на порівняно малоосвоєних територіях: Амазонка, річки Росії та Канади [334].

Нераціональне використання водних ресурсів на планеті призвело до зменшення водозабезпеченості на одного жителя у Європі на 22 % (від 5,9 до 4,6 тис. м^3/рік), Азії на 47% (від 9,6 до 5,1 тис. м^3/рік), в Африці на 54 % (від 37,2 до 21,3 тис. м^3/рік), у Північній Америці на 4 3% (від 37,2 до 21,3 тис. м^3/рік), у Південній Америці на 54 % (від 105 до 48,8 тис. м^3/рік).

Водні ресурси – невід'ємна складова природокористування, яка в умовах ринкових взаємовідносин розглядається як товар. Нерівномірний територіальний розподіл водних ресурсів та значне антропогенне навантаження призводять до гострого дефіциту води.

Проблема раціонального використання водних ресурсів вкрай важлива для України. Це пов'язано з тим, що Україна відноситься до держав з найменшим забезпеченням водними ресурсами та значним антропогенним навантаженням.

На даний момент водне господарство України має значну кількість проблем, у тому числі: поглиблення тенденції нераціонального водокористування; незадовільна якість води в природних водних об'єктах; значне зростання матеріальної шкоди від негативного впливу внаслідок виникнення паводків, підтоплення території підземними водами, заболочування, вторинне засолення земель, водна ерозії, зниження кількості інвестицій у розвиток водного господарства.

Проблеми що вище наведені, призвели до старіння основних водогосподарських фондів та відсутності основного капіталу в водному господарстві. Також хочемо відмітити, що сучасні проблеми цієї галузі поглиблюються в області водогосподарського комплексу. Водний фонд майже на 100 % залишається державною власністю, а у водогосподарському комплексі в результаті приватизації виникли різноманітні форми власності.

З метою визначення максимально раціонального напрямку природокористування, було визначено пріоритетні напрямки, які забезпечать стійкий розвиток водогосподарського комплексу країни. При цьому в якості природньої одиниці управління водокористуванням необхідно розглядати річний басейн, в рамках якого повинен виконуватись аналіз наявної ситуації, та прийматись рішення щодо розподілу водних ресурсів.

Діюча національна екологічна політика в галузі сталого природокористування та використання водних ресурсів передбачає використання принципів Європейської Рамкової Водної Директиви 2000/60/ЕС, метою якої є захист та поліпшення якості природних ресурсів,

[334] Данилов-Данильян В. И. Вода – стратегический фактор развития России. *Вестник Российской академии наук*. 2007. Т. 77, № 2. С. 108–114.

сприяння збалансованому використання водних ресурсів. Головним принципом системи управління зазначеної в Директиві є використання інтегрованої моделі басейнового управління.

На сьогоднішній день водне господарство України має велику кількість проблем, серед яких: поглиблена тенденція марнотратного водокористування; незадовільна якість води в природних об'єктах; значне зростання в останні роки матеріальної шкоди від шкідливої дії вод внаслідок паводків, від підтоплення територій підземними водами, заболочування, засолення та водної ерозії; суттєве зменшення інвестування водного господарства. Ряд перерахованих проблем призвели до старіння основних водогосподарських фондів, та відсутності навіть елементарного відновлення капіталу водного господарства.

Також хочемо відмітити, що сучасні проблеми цієї галузі поглиблюються у зв'язку з диспропорціями у співвідношенні права власності та елементів водогосподарського комплексу. З метою покращення водогосподарської ситуації, була розроблена Концепція розвитку водного господарства України [330]. Основною метою якої є визначення стратегічних цілей та основних напрямків щодо створення умов для підвищення екологічної стійкості та збалансованого розвитку водогосподарського комплексу, поліпшення водозабезпечення населення та водогосподарських потреб із дотриманням оптимальних умов водокористування; підвищення якості води, зменшення збитків та соціального напруження; збереження водних систем [331].

В період з 1990 по 2020 рік спостерігається істотне зниження виробництва товарів та послуг, а відповідно і кількість водоспоживання та скидання стічних вод. Проте покращення якісного та кількісного стану водних ресурсів не спостерігається. Навпаки, відмічається погіршення якості води за мікробіологічними, органолептичними, фізико-хімічними, санітарно-токсикологічними показниками, виснаження водних ресурсів, деградація водних екосистем та негативний вплив змін клімату [333, 334].

Спостерігається загострення проблеми забезпечення доступу населення до водних об'єктів та питної води, що пов'язане із неефективністю систем управління у сфері охорони та відновлення водних ресурсів, розвитку водного господарства, меліорації земель. Діюча система управління водокористування та охорони водних ресурсів носить адміністративно-територіальний характер або галузевий, що призвело до малої ефективності заходів щодо регулювання водокористування та ресурсного потенціалу водних об'єктів.

Питання ефективності управління природними ресурсами, аспекти їх організаційного забезпечення висвітлені в працях Яцика А. В., Данилова-Данильяна В. І. , Удод В. М., Тарасової М. Ю., Драгана І. О., Осадча Н. М., Клебанова Н. С., Осадчий В. І., Набиванець Ю. Б. та ін. Більшість

наукових праць не враховують у повній мірі особливості водних екосистем України та різноманітність ставлення до них.

Так, оосновним документом у галузі водної політики ЄС є Директива № 2000/60/ЄС від 23 жовтня 2000 р., більше відома як Водна Рамкова Директива (ВРД). Актуальність адаптації національної стратегії охорони водних ресурсів до положень ВРД посилює наявність в Україні ряду спільних із державами-членами ЄС транскордонних річкових басейнів. Директива вимагає від держав-членів проведення попередньої оцінки ризиків затоплення для визначення річкових басейнів та пов'язаних з ними прибережних районів, для яких такий ризик існує. В цю попередню оцінку обов'язково входить опис затоплень, що відбулися в минулому і щодо яких існує ймовірність їх повторення, а також історичні карти затоплень.

Наразі система управління водними ресурсами носить адміністративно-територіальний та галузевий характер, в результаті чого заходи щодо регулювання використання та відновлення водних ресурсів не дають бажаного ефекту. Тому з метою удосконалення басейнового принципу управління та наближення водогосподарювання до дотримання принципів сталого розвитку.

Процес управління водними ресурсами в усьому світі пройшов ряд значних удосконалень і реформ, та свідчить, що басейновий принцип управління ефективний, і забезпечує дотримання вимог щодо покращення якості та безпечного водокористування.

Виділяють декілька основних моделей басейнового управління водними ресурсами:

- англійська модель, яка передбачає повну приватизацію;
- французька модель, яка передбачає приватизацію через делегацію повноважень;
- німецька модель, яка передбачає часткову приватизацію та створення наглядової ради.

Водний кодекс України передбачає впровадження принципу басейнового управління в управлінні водними ресурсами країни. Однак до цього часу не існує офіційного рішення в Україні про визначення кордонів річкових басейнів або басейнових округів, тому управління водними ресурсами в Україні все ще ґрунтується на адміністративно-територіальному поділі країни.

Басейновий принцип являє собою сучасний підхід управління основною одиницею – річковим басейнів із чітко визначеними екологічними, соціальними та економічними зв'язками. Україна розділена на наступні сім основних річкових басейнів, які всі впадають в Чорне море, крім Західного Бугу, що впадає в Балтійське море: басейн Дніпра (покриває 65 % країни), басейн Дністра (12 %), басейн Дунаю (7 %), прибережний басейн, що охоплює всі малі річки, які безпосередньо

впадають в Азовське море і Чорне море (7 %), басейн річки Сіверський Донець (4 %), басейн Південного Бугу (3 %) і басейн Західного Бугу (2 %).

Екологічний стан водних ресурсів тісно пов'язаний із економікою та розміщенням продуктивних сил, соціальними і побутовими умовами життя.

Так, коефіцієнт скидання шкідливих речовин у водойми складає 24,4 м^3/Га (в регіоні промислового Придніпров'я – 104,6 м^3/Га, Західного Полісся – 2,0 м^3/Га, Українських Карпат – 9,0 м^3/Га, Поділля – 2,9 м^3/Га, Київського Придніпров'я – 5,4 м^3/Га, Лівобережного Придніпров'я – 8,2 м^3/Га, Причорномор'я – 17,6 м^3/Га, Криму – 8,8 м^3/Га) [335, 336].

Сьогодні очевидним стало те, що змінені величини і режими річкового стоку, якісне виснаження вод призводять до порушення життєвого циклу гідробіонтів [337, 338] і в цілому ініціюють деградаційні процеси в водній екосистемі. Зазначені зміни в водних системах сприяють порушенню механізму гомеостазу.

Водний басейн виступає основним індикатором стану навколишнього середовища, а саме екологічного стану, який зумовлений як антропогенним впливом, так и дією специфічних модифікуючих факторів навколишнього середовища. Використання басейнового принципу управління водними ресурсами дозволяє запобігати кількісному та якісному виснаженню водних екосистем, зменшити негативний техногенний вплив.

Басейновий принцип управління водними ресурсами передбачає наступне:

- комплексність захисту всіх водних об'єктів водного басейну;
- широке залучення соціуму та громадських організацій;
- послідовне вдосконалення законодавства;
- відкритість процедур обговорення та прийняття фінансових рішень.

Інтегроване управління водними ресурсами – це система управління, побудована на обліку та моніторингу всіх видів водокористування, розташованих у межах регіональних екосистем відповідних річкових басейнів, що враховує інтереси різних галузей та ієрархічних рівнів водокористування, залучає всі зацікавлені сторони до процесу прийняття рішень та сприяє ефективному й сталому їх використанню.

На основі проведених досліджень та досвіду країн ЄС було виділено основні принципи інтегрованого управління водними басейнами річок та сформовано відповідну структурну схему (рис. 1).

До основних принципів інтегрованого управління водними ресурсами слід віднести:

---

[335] Данилов-Данильян В. И. Водные ресурсы мира и перспективы водохозяйственного комплекса России. Москва : ООО «Типография Левко», 2009. 88 с.

[336] Данилов-Данильян В. И., Лосев К. С. Потребление воды: экологические, экономические, социальные и политические аспекты. Москва : Наука, 2006. 221 с.

[337] Батлук В. А. Основы экологии. Київ : Знання, 2007. 519 с.

[338] Сухарєв С. М., Чундак С. Ю., Сухарєва О. Ю. Основи екології та охорони довкілля. Київ : Центр навчальної літератури. 2006. 394 с.

- управління поверхневими водними ресурсами здійснюється в межах території басейну річки;

- об'єктом управління являються всі елементи водогосподарської інфраструктури та види водокористування;

- інтегроване управління водними ресурсами за басейновим принципом враховує інтереси всіх учасників процесу та регулюють їх вплив на водні екосистеми, ефективність користування;

- передбачається відкритість та прозорість інформації.

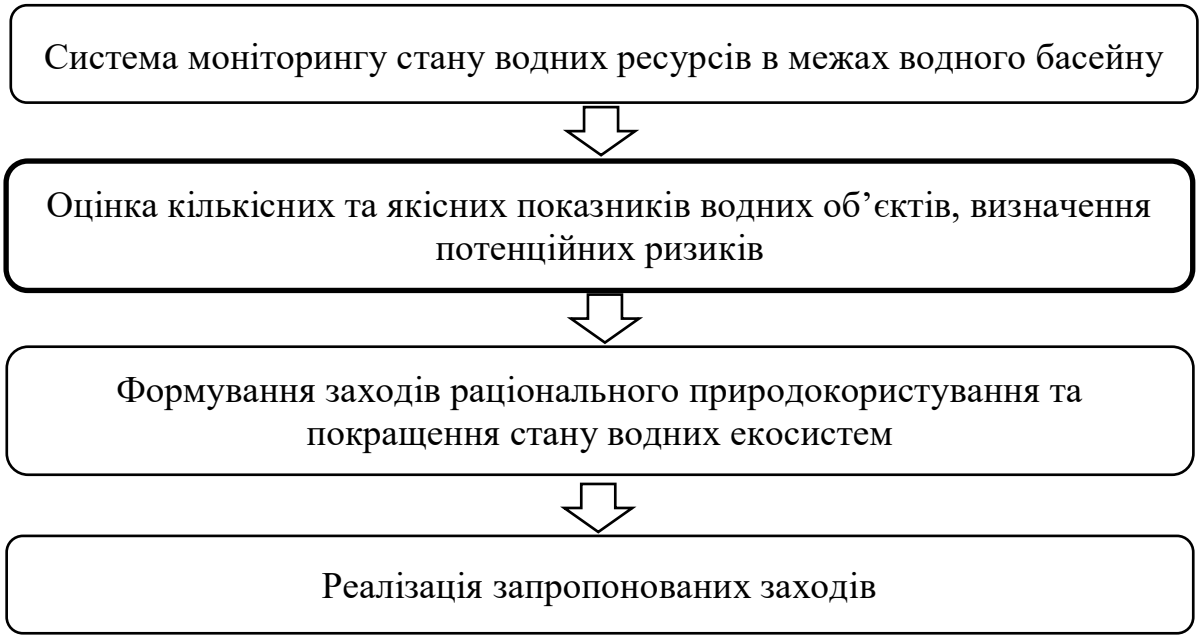


Рис. 1. Структурна схема інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом

Висока концентрація промислового та сільськогосподарського виробництва, транспортної інфраструктури, в поєднанні з високою щільністю населення, створили надзвичайно високе техногенне і антропогенне навантаження на біосферу – найвищу в Україні і Європі. Сумарне техногенне навантаження на одиницю території регіонів Східної України в 4 рази вище середнього по Україні. Для Донецького краю водоспоживання та водопостачання є однією з основних екологічних проблем, що потребують невідкладного рішення, оскільки об`єм скидів неочищених і недостатньо очищених вод досягають майже 30 % від загальних скидів в Україні [335]. Область є однією з найменш забезпечених водними ресурсами в Україні. На 1 людину припадає близько 0,23 тис. $м^3$ місцевого річкового стоку на рік (в Україні в середньому на 1 людину припадає 1,14 тис. $м^3$ місцевого річкового стоку на рік).

На території Житомирської області протікає 2822 річок загальною довжиною 13,7 тис. км. В структурі гідрографічної сітки області великих річок немає, середніх річок – вісім: Случ, Уборть, Ствига, Словечна, Уж, Тетерів, Ірша, Ірпінь, загальною довжиною в межах області – 996,6 км.

Всього річок довжиною понад 10 км – 321, їх загальна довжина становить 6692 км. Струмків довжиною менше 10 км нараховується 2491, їх загальна довжина 7062 км.

Основний вплив водокористування на водні ресурси області зумовлюються безповоротним водозабором і скидом забруднених стоків у водні об'єкти. Хоча обсяги використання води мають щорічну тенденцію до зменшення, проте ступінь антропогенного навантаження на ресурсний водний потенціал залишається досить великими.

Аналіз екологічного стану басейну дає можливість виділити основні причини існуючого положення і визначити коло найбільш важливих проблем, які вимагають поетапного вирішення. Рівень забруднення басейних басейнів річок відбувається внаслідок неефективної роботи більшості споруд щодо очищення стічних вод та систем водовідведення; високим антропогенним навантаженням на басейни річок, як наслідок екстенсивного способу розвитку економіки; недосконалість і недотримання чинного економічного механізму водокористування та здійснення природоохоронних заходів, виділення коштів на водоохоронні цілі; неефективне управління та недотримання природоохоронного законодавства.

Під впливом речовин антропогенного походження відбувається процес трансформації водного басейну, який можна представити наступною послідовністю:

- 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, але зберігаються основні структурні параметри самоорганізації екосистем;
- структурна перебудова екосистем 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 екосистем, знижується саморегулююча здатність;
- на стадії якісного виснаження водних систем (перевищення кратності ГДК по відношенню до «фонового» стану в 10 разів) знижується не тільки саморегулююча, але й асимілююча здатність тощо.

В розвитку водних екосистем основна роль зберігається за біотою (асимілююча та саморегулююча здатності) із-за важливості тих функцій, які виконують живі організми. На рівні гідробіоценозів відбуваються специфічні реакції та сумарні ефекти (синергізм, зміни метаболічних та біосинтетичних процесів тощо), що позначається на різних рівнях біотичної самоорганізації водних екосистем в процесі їх розвитку.

Оцінка потенціалу водних об'єктів є підставою для розробки інтегрованого плану управління. Цей показник оцінюється завдяки співвідношенню обсягів води (обсяг витрат на водоспоживання та

розбавлення стічних вод) до обсягів сумарного надходження води на територію з урахуванням об’єму нормативно очищених зворотних вод.

План управління включає оцінку небезпек, ризиків, методи заохочення сталих методів раціонального використання водних ресурсів. Пріоритетним напрямком є забезпечення безпечних умов життєдіяльності людини, а також заходи покращення природних механізмів процесів саморегуляції.

Таким чином, у більшості країн ЕС процес управління водними об’єктами здійснюється за басейновим принципом, який є найефективнішим з відомих на сьогоднішній день. Басейновий принцип управління водними об’єктами дозволяє визначати основні напрямки та передумови управління якісним та кількісним станом поверхневих та підземних водних об’єктів, дає можливість реалізувати стратегію державної політики, яка спрямована на запобігання виснаження водних об’єктів.

3.3. Агроекологічні особливості вирощування гороху в умовах змін клімату в Вінницькій області

Колосовська В. В.
Одеський державний екологічний університет

Тривалий час основною зернобобовою культурою в Україні був горох. Цінність гороху обумовлена його здатністю формувати досить високі і стабільні врожаї зерна в порівнянні з іншими бобовими культурами, а також хорошими показниками якості зерна і нетривалим вегетаційним періодом. Він є одним з кращих попередників для озимих культур.

Горох – одним з дешевих джерел високоякісного білка. Також, він належить до одного з кращих покращувачів ґрунтів, так як за вегетаційний період зв'язує з повітря близько 100 кг/га азоту в діючій речовині. Завдяки бульбочковим бактеріям в ризосфері рослин зосереджується корисний комплекс мікроорганізмів, що оздоровлює ґрунт. Горох є найкращим попередником в сівозміні для більшості сільськогосподарських культур [339].

Сучасні біотехнології відкривають нові можливості використання гороху в техніці (виробництва спирту, біодеградуючих полімерів та ін.), в медицині і фармацевтиці.

Як зернобобова рослина, горох цінний і в агротехнічному відношенні. Він за допомогою бульбочкових бактерій, які поселяються на корінні, засвоює азот повітря. При сприятливих умовах горох залишає в ґрунті до 100–120 кг/га азоту, що рівнозначно 20–25 т/га гною.

[339] Рожков А. О. Рослинництво : навч. посібник. Харків : Тім Пабліш Груп, 2017. 363 с.

Високий вміст білка, позитивний вплив на родючість ґрунту, доцільність посіву як парозаймаючої, проміжної, післяукісної культури, можливість вирощування в різних регіонах зумовлюють вагоме народногосподарське значення гороху.

Останнім часом посівні площі гороху значно зменшилися (в 2014 році посівні площі гороху по Україні зменшились до 154 тис. га, а виробництво – до 360 тис. тон). Зростання попиту на зерно гороху на світовому ринку спричинило збільшення виробництва гороху в Україні у три рази (2017 – посівна площа становила 410 тис. га, а вже в 2018 р. – зросла до 430 тис. га).

Горох – культура великих потенційних можливостей і при створенні оптимальних умов вирощування забезпечує високі врожаї зеленої маси і зерна. Завдяки високій врожайності та кормової цінності, горох набув широкого розповсюдження по всій території України. Значні коливання врожайності гороху визначаються впливом погодних умов на фотосинтетичну продуктивність рослин. Урожайність гороху залежить від технології вирощування, клімату, сортів та багатьох інших факторів.

Перепоною для одержання високих урожаїв гороху є несприятливі природно-кліматичні умови останніх років, брак стабільного попиту на внутрішньому ринку, складне економічне становище сільгосппідприємств, тому все частіше сільгоспвиробники віддають перевагу культурам, ризики і витрати на вирощування яких є меншими, а обсяги виробництва – більшими, а також не оптимізована й малоефективна технологія вирощування гороху.

Горох – найбільш скоростигла зернобобова культура. Період вегетації в залежності від сорту і умов вирощування коливається в межах від 70 до 140 днів. Горох – холодостійка культура. У польових умовах набухання і проростання зерен починається при температурі 2–5 ºС. Оптимальною для росту і розвитку гороху є температура 22–25 °С. При температурі 35 °С процес росту зупиняється, рослини знаходяться в пригніченому стані. Горох відноситься до вологолюбних культур. Для одержання високих врожаїв необхідна вологість ґрунту 70–80 % НВ.

Врожай забирають багаторазово, по мірі формування бобів. Знімаються боби добре заповнені горошком, які не почали втрачати яскраво-зеленого забарвлення. В міру дозрівання гороху кількість цукру зменшується, а білка і крохмалю збільшується.

Горох – культура високородючих ґрунтів. Найвищі врожаї отримують на чорноземах, сірих лісових і окультурених дерново-підзолистих ґрунтах [340].

Прояви і наслідки глобальних змін клімату стають все більш відчутними в Україні. За останні 130 років температура в світі зросла приблизно на 0,85 °С. За останні 25 років темпи глобального потепління прискорилися,

[340] Зінченко О. І. Рослинництво : практикум. Вінниця : Нова Книга, 2008. 536 с.

перевищивши 0,18 °С за десятиліття. За останні 20 років середньорічна температура зросла на 0,8 °С, в результаті чого погодні умови на більшій частині території нашої держави стають більш жорсткими і непередбачуваними. Погодні умови в більшості регіонів України на сьогоднішній день є малосприятливими для накопичення і збереження продуктивної вологи в ґрунті – основного фактора отримання якісних сходів зернобобових культур. Тривала відсутність опадів і високі температури повітря призвели до критичного зниження продуктивної вологи в ґрунті.

Зважаючи на важливість цієї культури, розглянемо як будуть змінюватись умови розвитку гороху під впливом змін клімату в Вінницькій області [341, 342].

Дослідження впливу змін клімату на агрокліматичні умови вирощування та урожайність гороху на території Вінницької області України проводилися шляхом порівняння показників за базових умов (період 1990–2010 рр.) та сценарних варіантів. Розглядалися два сценарних періоди: 2011–2030 та 2031–2050 рр. Як теоретична основа для виконання розрахунків та порівняння результатів були використана розроблена Польовим А. М. модель агроекологічних врожаїв сільськогосподарських культур.

На рис. 1 представлена динаміка надходження ФАР за вегетаційний період гороху та прирости сухої маси його еталонних врожаїв за базовий період (1990–2010 рр.). Можна бачити, що на початку вегетаційного періоду культури надходження ФАР становить 174 кал/(см^{2}·доба). Потім прихід ФАР зростає повільно до 5–6 декади розвитку і в ці декади її максимальна кількість становить 250 кал/(см^{2}·доба). З сьомої–восьмої декади розвитку надходження ФАР починає поступово зменшуватись і становить в останню декаду вегетації 245 кал/(см^{2}·доба).

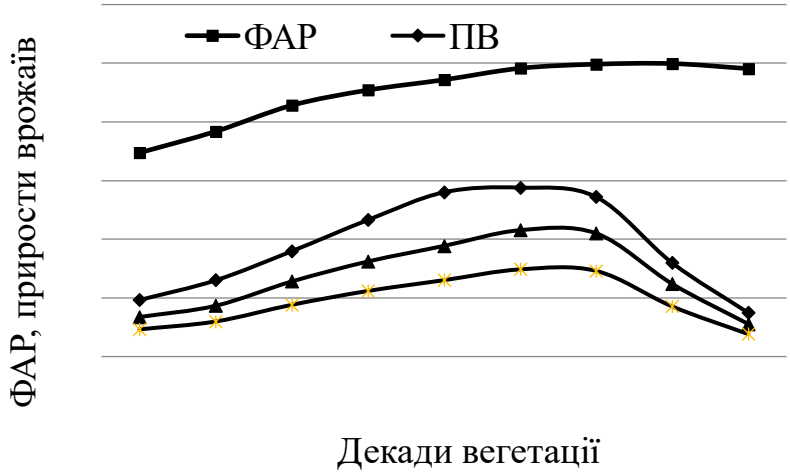


Рис. 1. Динаміка ФАР (кал/(см^{2}·доба) та прирости сухої маси (г/м^{2}) врожаїв гороху за базовий період (1990–2010 рр.)

Джерело: авторські розрахунки.

[341] Сайко В. Ф. Наукові основи землеробства в контексті змін клімату. *Вісник аграрної науки.* 2008. № 11. С. 5–10.

[342] Степаненко С. М., Польовий А. М., Лобода Н. С. та ін. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України. Одеса : ТЕС, 2015. 520 с.

Співставлення сум фотосинтетично-активної радіації з величиною потенційного врожаю гороху показує, що відповідно надходженню ФАР змінюються і прирости потенційного врожаю (ПВ). На початку вегетації приріст сухої маси ПВ становить 48 г/м^2, досягає найбільшого значення 144 г/м^2 у шосту декаду вегетації, а потім починає поступово знижуватися до 37 г/м^{2}наприкінці вегетації.

Температура, значення якої відповідає максимальній продуктивності культури, називається оптимальною (ТОР). Ця температура має нижню (ТОР1) та верхню (ТОР2) межу. Оптимальна для фотосинтезу температура повітря змінюється впродовж всього періоду вегетації гороху. Хід температурних показників вегетаційного періоду за базових умов представлений на рис. 2.

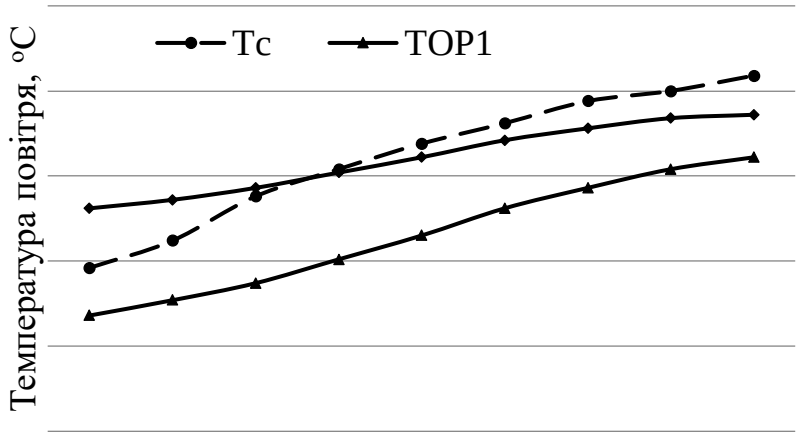


Рис. 2. Динаміка температурного режиму вегетаційного періоду гороху за базовий період

Джерело: авторські розрахунки.

Як можна бачити з рисунка, оптимальний діапазон температур для гороху коливається у межах 6,8–20,9 °С. Нижня межа температурного оптимуму починається з 6,8 °С, поступово зростає, досягає максимуму 16,1 °С у дев'яту декаду. Верхня межа температурного оптимуму починається з 13,1 °С, поступово зростає до 18,6 °С в дев'яту декаду вегетації.

Температурна крива середніх за декаду температур повітря починається з 9,6 °С, поступово підвищується від декади до декади і досягає максимальних значень 20,9 °С в дев'яту декаду вегетації. Можна бачити, що середньодекадна температура повітря дещо перевищувала верхню оптимальну межу. Перевищення становить 0,2–2,3 °С.

Також треба відзначити, що протягом всієї вегетації середньодекадна температура була на 2,8–4,8 °С вище за нижню оптимальну межу.

Хід показників зволоження розвитку гороху представлено на рис. 3. Сумарне випаровування ($E_Ф$) посіву на початку вегетації складає близько 15 мм. Сумарне випаровування посіву зростає в міру наростання

температури повітря та рослинної маси і з 3 по 9 декаду вегетації коливається у межах 21–32 мм.

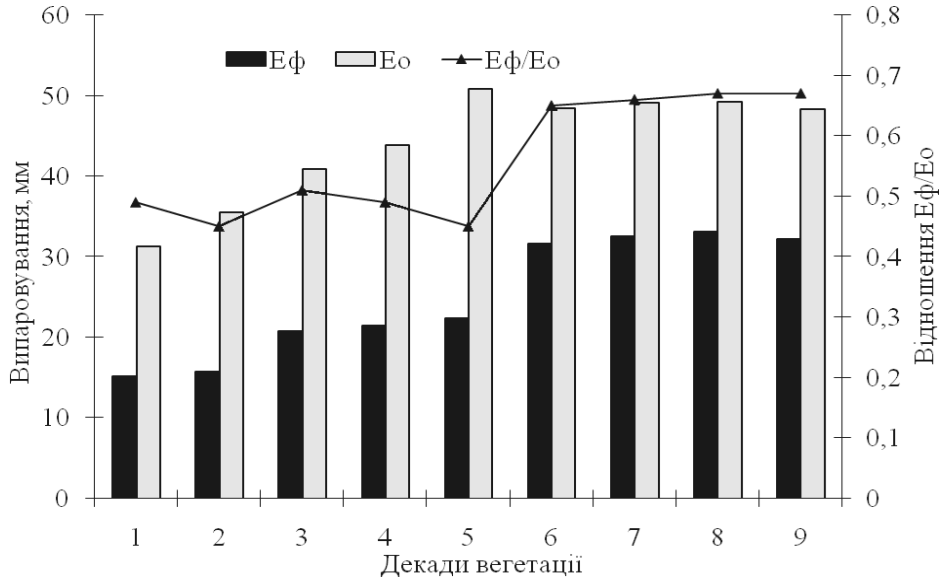


Рис. 3. Динаміка режиму зволоження вегетаційного періоду гороху (базовий період – 1990–2010 рр.)

Джерело: авторські розрахунки.

Потреба рослин у воді (E_o) також зростає від другої до 9 декади вегетації і коливається у межах від 36,1 до 48,3 мм.

Відношення $E_ф/E_o$, яке характеризує умови вологозабезпеченості посівів, впродовж вегетації становить по декадах 0,49–0,51 відн. од. і тільки наприкінці вегетації збільшується до 0,65–0,67 відн. од.

Метеорологічно можлива врожайність будь-якої культури (ММВ) є інтегральною характеристикою агрометеорологічних умов вирощування. З рис. 1 видно, що на початку вегетації приріст ММВ складає 33 г/м^2. Починаючи з другої декади вегетації прирости кожної декади збільшуються і досягають максимального значення 108 г/м^2 у шосту–сьому декади. Потім прирости поступово знижуються і в останні три декади вегетації ріст практично припиняється.

Аналіз приростів дійсно можливої врожайності посівів гороху показав, що в першу декаду вегетації приріст ДМВ не перевищує 23 г/м^2, потім протягом вегетації він поступово зростає і його максимальне значення у шосту – сьому декади вегетації становить 74 г/м^2. Після сьомої декади приріст суттєво падає, а останні дві декади вегетації росту також практично не відбувається.

На рис. 4 представлена динаміка надходження ФАР за вегетаційний період гороху та прирости сухої маси його еталонних врожаїв за перший сценарний період (2011–2030 рр.). Можна бачити, що динаміка декадного ходу ФАР протягом вегетаційного періоду культури за перший сценарний період повністю співпадає з базовою.

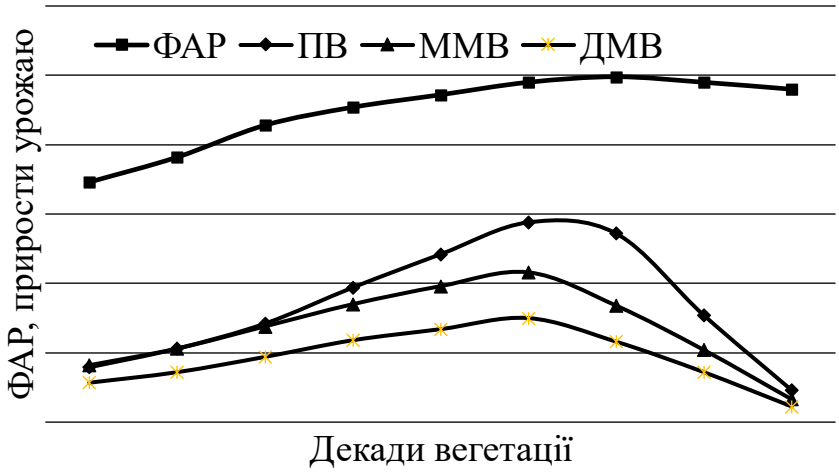


Рис. 4. Динаміка ФАР (кал/(см^2·доба) та прирости сухої маси (г/м^2) врожаїв гороху (2011–2030 рр.)

Джерело: авторські розрахунки.

На початку вегетації приріст сухої маси ПВ становить 35 г/м^2·дек., досягає найбільшого значення 144 г/м^2·дек. у шосту декаду вегетації. З сьомої до дев'ятої декади поступово знижується з 136 до 23 г/м^2·дек.

Хід температурних показників вегетаційного періоду за умов першого сценарного періоду представлений на рис. 5.

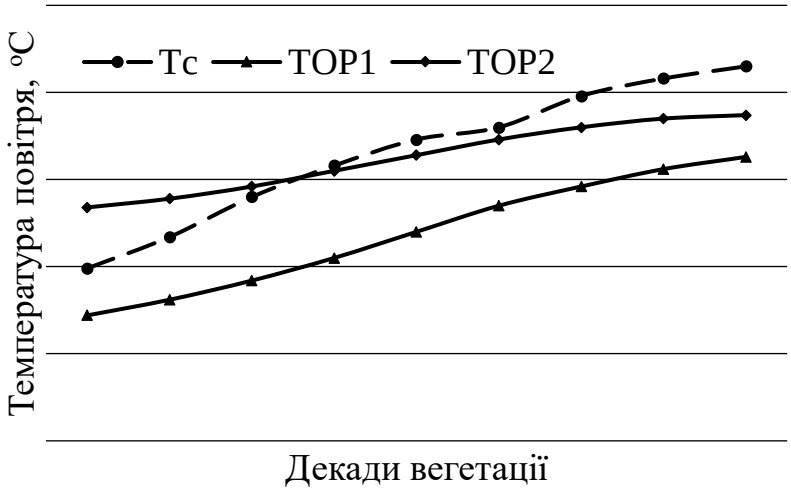


Рис. 5. Динаміка температурного режиму вегетаційного періоду гороху (2011–2030 рр.)

Джерело: авторські розрахунки.

Оптимальний діапазон температур для гороху коливається у межах 6,8–20,9 °С. Температурна крива середніх за декаду сценарних температур повітря (Тс) починається з 9,9 °С, поступово підвищується від декади до декади і досягає максимальних значень 21,5 °С в дев'яту декаду вегетації. Можна бачити, що з четвертої по дев'яту декади вегетації включно

середньодекадна сценарна температура повітря перевищує верхню оптимальну межу. Перевищення становить 0,3–2,8 ºС.

Хід показників зволоження розвитку гороху за умов зміни клімату представлено на рис. 6. Сумарне випаровування ($Е_Ф$) посіву на початку вегетації складає 19 мм. Сумарне випаровування посіву зростає в міру наростання температури повітря та рослинної маси протягом 2–8 декад вегетації і коливається від 20 до 35 мм. В останню декаду вегетації воно зменшується до 31 мм.

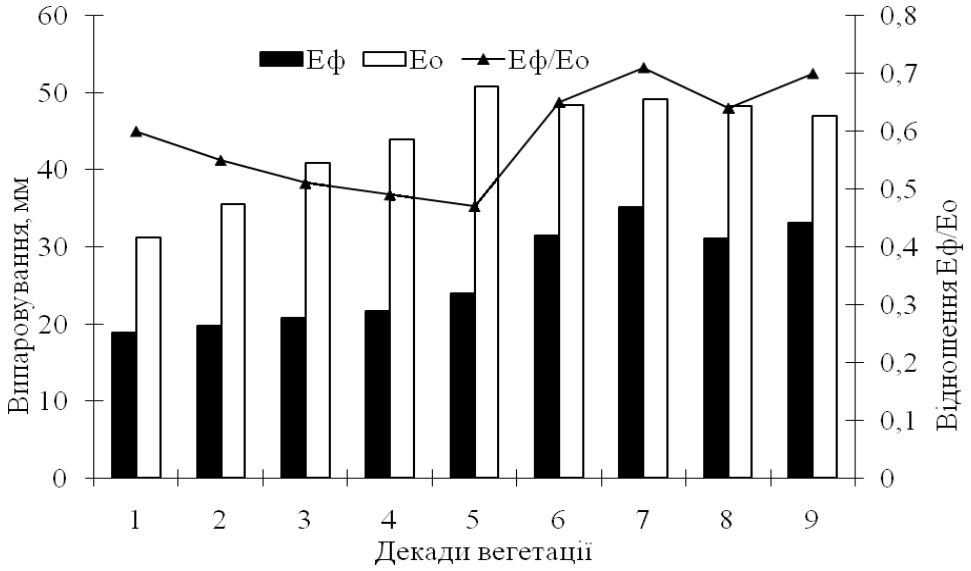


Рис. 6. Динаміка режиму зволоження вегетаційного періоду гороху (2011–2030 рр.)

Джерело: авторські розрахунки.

Як і у базовий період потреба рослин у воді ($Е_о$) суттєво збільшується від другої до 5 декади вегетації і коливається у межах від 31 до 51 мм, протягом останніх чотирьох декад потреба рослин у воді зменшується і наприкінці вегетації становить 47 мм.

Відношення $Е_ф/Е_о$, яке характеризує умови вологозабезпеченості посівів, впродовж вегетації становить по декадах 0,47–0,71 відн. од.

Таким чином, можна сказати, що за умов реалізації першого сценарного періоду показники теплозабезпеченості вегетаційного періоду гороху порівняно з базовими зміняться дуже несуттєво. Разом з тим, очікуються зміни умов вологозабезпеченості по декадах вегетації, її значення збільшаться, що, ймовірно, спричинить зростання як ММВ, так і ДМВ гороху. Це припущення підтверджується даними, представленими на рис. 4. З цього рисунку видно, що на початку вегетації приріст ММВ складає 41 г/м^2·дек. Починаючи з другої декади вегетації прирости кожної декади збільшуються і досягають максимального значення, близько 110 г/м^2·дек. у шосту декаду. Потім прирости поступово знижуються і в останні три декади вегетації приріст ММВ практично припиняється.

Аналогічна ситуація спостерігається і стосовно приростів ДМВ. Аналіз сценарних приростів ДМВ гороху показав, що в першу декаду

вегетації приріст ДМВ не перевищує 28 г/м^2, потім протягом вегетації він поступово зростає і його максимальне значення у шосту декаду вегетації становить 75 г/м^2. Після шостої декади приріст суттєво падає, а останні три декади вегетації росту також практично не відбувається (прирости ДМВ, як і прирости ПВ та ММВ вельми незначні).

На рис. 7 представлена динаміка надходження ФАР за вегетаційний період гороху та прирости сухої маси його еталонних врожаїв за другий сценарний період (2031–2050 рр.).

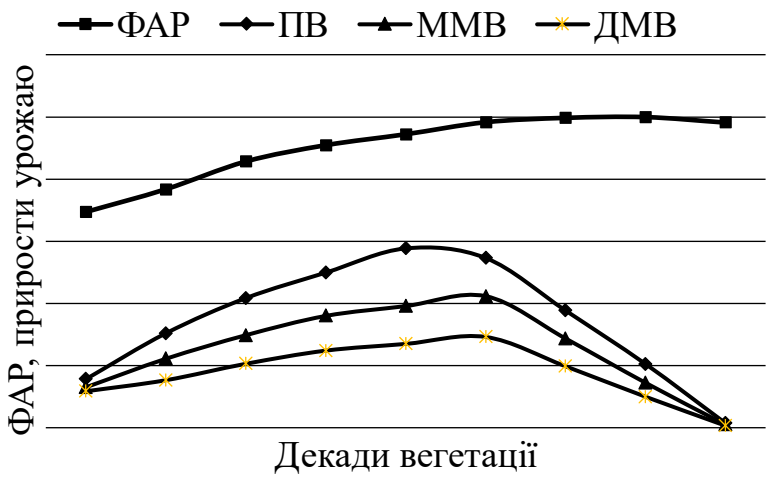


Рис. 7. Динаміка ФАР та прирости сухої маси врожаїв гороху (2031–2050 рр.)

Джерело: авторські розрахунки.

Можна бачити, що на початку вегетаційного періоду культури надходження ФАР становить 174 кал/(см^2·доба). Прихід ФАР зростає повільно до 7–8 декади вегетації і становить 250 кал/(см^2·доба). З восьмої декади розвитку надходження ФАР починає поступово зменшуватись і становить в останню (дев'яту) декаду вегетації 245 кал/(см^2·доба).

На початку вегетації приріст сухої маси ПВ становить 40 г/м^2, досягає найбільшого значення 150 г/м^2 в п'яту декаду вегетації, потім досить різко знижується, а протягом останньої декади приріст припиняється.

Хід температурних показників вегетаційного періоду за умов другого сценарного періоду представлений на рис. 8. Температурна крива середніх за декаду сценарних температур повітря (Тс) починається з 10,5 ºС, поступово підвищується від декади до декади і досягає максимальних значень 23,1 ºС в сьому декаду вегетації. Потім, поступово знижуючись, досягає наприкінці вегетації значення 22,0 ºС.

Можна бачити, що починаючи з четвертої декади і до кінця вегетації середньодекадна сценарна температура повітря перевищує верхню оптимальну межу, причому це перевищення є досить суттєвим і в окремі декади становить більше 5 ºС. Таким чином можна бачити, що вегетація гороху у другий сценарний період буде проходити на фоні температур,

що перевищують оптимальні. За таких умов особливий інтерес представляє аналіз умов вологозабезпеченості.

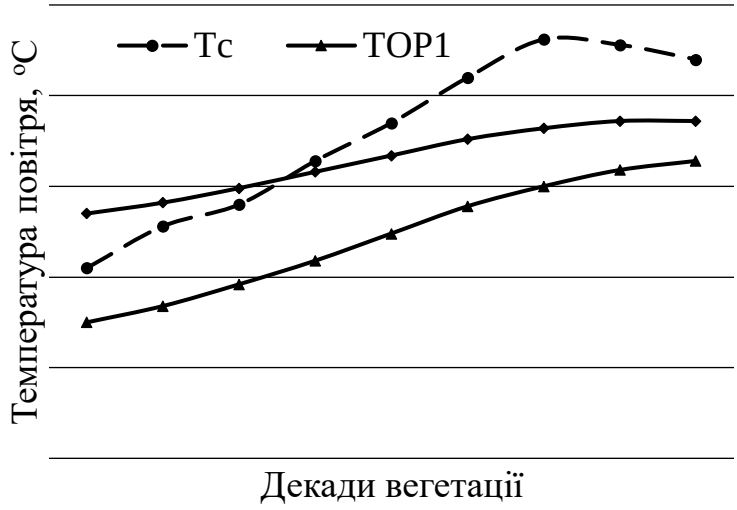


Рис. 8. Динаміка температурного режиму вегетаційного періоду гороху (2031–2050 рр.)

Джерело: авторські розрахунки.

Хід сценарних показників зволоження гороху за умов зміни клімату представлено на рис. 9. Сумарне випаровування ($Е_Ф$) посіву на початку вегетації складає 17,9 мм. Сумарне випаровування посіву зростає в міру наростання температури повітря та рослинної маси практично з першої і до восьмої декади вегетації і коливається від 18 до 35 мм. В останню декаду вегетації воно знижується до 33 мм.

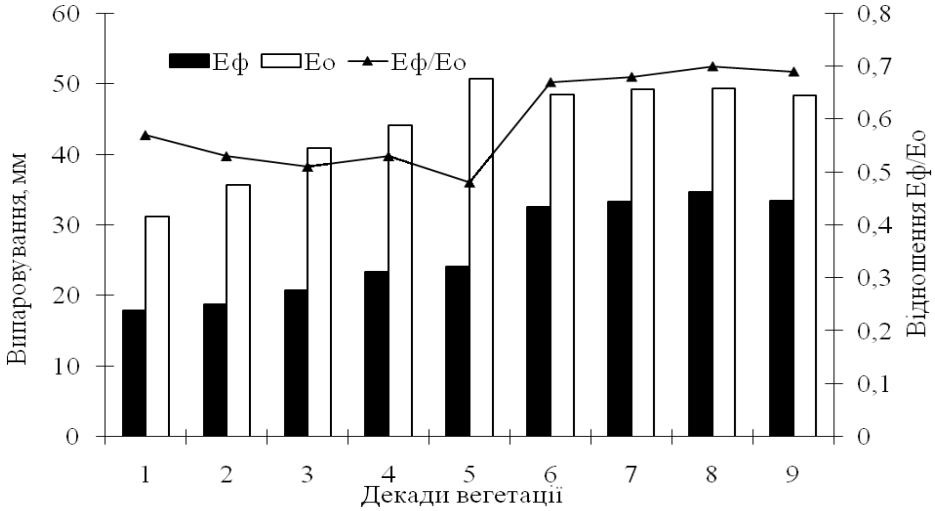


Рис. 9. Динаміка режиму зволоження вегетаційного періоду гороху (2031–2050 рр.)

Джерело: авторські розрахунки.

Як і у попередніх варіантах потреба рослин у воді ($Е_о$) суттєво збільшується протягом двох третин вегетаційного періоду. Найбільшого значення вона досягає в 5 декаду вегетації і становить відповідно 51 мм. Протягом останньої третини вегетації потреба рослин у воді зменшується

і наприкінці вегетації становить 48 мм. Величини $E_ф/E_o$ впродовж вегетації змінюються по декадах від 0,48–0,69 відн. од.

Таким чином, бачимо, що за умов реалізації другого сценарного періоду показники теплозабезпеченості вегетаційного періоду гороху порівняно з базовими та першими сценарними зміняться досить несуттєво. Разом з тим, як і у перший сценарний період, очікуються дуже суттєві зміни умов вологозабезпеченості по декадах вегетації, що, також сприятиме збільшенню як ММВ, так і ДМВ гороху.

З цього рисунку видно, що на початку вегетації приріст ММВ складає 32 г/м^2. Починаючи з другої декади вегетації прирости кожної декади збільшуються і досягають максимального значення 105 г/м^2 у шосту декаду. Потім прирости різко знижуються і в останні дві декади вегетації приріст ММВ практично припиняється. Аналогічна ситуація спостерігається і стосовно приростів ДМВ. Аналіз сценарних приростів ДМВ гороху показав, що в першу декаду вегетації приріст ДМВ не перевищує 29 г/м^{2}дек., потім протягом вегетації він поступово зростає і його максимальне значення у п'яту–шосту декади вегетації становить 67–73 г/м^{2}дек. Після шостої декади приріст суттєво падає, а останні дві декади вегетації росту також практично не відбувається (прирости ДМВ, як і прирости ПВ та ММВ вельми незначні). Аналізуючи отримані результати, бачимо, що потенційний врожай гороху має найвищі показники в другий сценарний період. Перспективою подальших досліджень є більш детальне врахування параметрів агроекологічних умов вирощування культури стосовно досліджуваної території.

3.4. Економіко-математичне моделювання портфеля агроекологічних інвестицій з урахуванням ЦСР

Мареха І. С.
Сумський державний університет

Сільське господарство як система, що найбільш тісно пов'язана з навколишнім середовищем, в умовах глобальних екологічних викликів поступово переходить на новий рівень екопросторового розвитку. Так, сталий аграрний сектор забезпечує доступність продуктів харчування, засоби до існування, а також інклюзивне національне зростання і стимулює позитивні перетворення у відповідності до Порядку денного на період до 2030 року, в рамках якого були задекларовані Цілі Сталого Розвитку (ЦСР). У нових глобальних реаліях сільськогосподарське землекористування виступає не стільки традиційною галуззю економіки, скільки ЦСР-системою. На економічному рівні поняття сталості агросистеми необхідно досліджувати через її інвестиційну привабливість.

Послідовна імплементація ЦСР-підходу у дослідження інвестиційної привабливості сільськогосподарського землекористування в умовах екологічних обмежень становить особливий науково-практичний інтерес.

Дослідження сільськогосподарського землекористування з точки зору імплементації Цілей Сталого Розвитку є відносно новим явищем для вітчизняної та зарубіжної науки. Більш поширеним є традиційний інтерес до сільського господарства як соціо-еколого-економічної системи. Декомпозиція складових сталого розвитку простежується по відношенню до соціальних [343], екологічних [344] та економічних [345][346] інваріант. Втім, задекларовані у 2015 році Цілі Сталого Розвитку сформували нове підґрунтя для дослідження господарських систем та можуть володіти функцією методу для подальшого аналізу їхньої сталості.

Інвестиційна діяльність у сфері сільськогосподарського землекористування повинна здійснюватися у відповідності до принципів ЦСР. Втім оцінки сучасного сільськогосподарського землекористування у розрізі регіонів України свідчать про наявність високого ризику інвестування у деяких областях, зокрема у Сумській [347 , с. 53]. Потенційний інвестор буде насамперед керуватися такими інвестиційними характеристиками як дохідність та ризик і оптимізувати даний корелят, виходячи з певної власної мотивації.

Спираючись на світовий досвід портфельного інвестування в агросферу, пропонуємо побудувати нашу модель на наступних загальноприйнятих концептуальних та методологічних підходах:

1. Теорія портфельного аналізу Марковіца Г. – ґрунтується на положеннях, що вкладення заданого обсягу інвестиційного капіталу в один об’єкт інвестицій є ризикованішим, ніж інвестування цієї ж суми в різні об’єкти (принцип диверсифікації). Завдяки диверсифікації можна зменшити сукупний ризик портфеля інвестицій. Правило формування портфеля інвестицій формулюється як необхідність оптимізації співвідношення «ризик-прибутковість» за заданого обсягу інвестиційних ресурсів [18]. У нашому дослідженні висновки Марковіца Г. щодо оптимізації портфеля цінних паперів застосовуються з метою формування портфеля реальних агроекологічних інвестицій на рівні регіону. Модифікація підходу американського економіста полягає, перш за все, у розумінні ризику як ймовірності виникнення еколого-економічного збитку для певних інвесторів, чиї мотиви присутності в агросекторі також підлягають врахуванню у нашій моделі.

---

[343] Страпчук С. Соціальна складова сталого розвитку сільськогосподарських підприємств. *Економічний аналіз*. 2020. Т. 30. № 3. С. 258–267.

[344] Страпчук С. І. Екологічна складова сталого розвитку сільського господарства. *Бізнес Інформ*. 2021. № 2. С. 143–151.

[345] Мацибора Т. В. Інвестиційний потенціал аграрного сектору України: формування та розвиток. *Економіка АПК*. 2020. № 6. С. 49–58.

[346] Рослинництво у Сумській області: статистичний щорічник. 2020. Головне управління статистики у Сумській області. 174 с.

2. Таксономія Світової організації торгівлі – врахована при здійсненні вибору об’єкта інвестування, а саме екологічно чистого елітного насіння певних сільськогосподарських культур, які, згідно з класифікацією СОТ, відносяться до заходів зеленої скриньки та підлягають нарощуванню.

3. Національна класифікація джерел фінансування інвестицій – прийнята до уваги при обґрунтуванні стратегій залучення коштів в агросферу з розмежуванням останніх за мотивами інвестування. Так, запропоновано будувати інвестиційні портфелі для кожного консервативного інвестора: держави, банку, сільськогосподарського підприємства та іноземного агента.

Дослідження впливу екологічного чинника на інвестиційну привабливість сільськогосподарського землекористування пропонуємо здійснювати з позиції екологічних проблем використання ґрунтово-земельних ресурсів (рис. 1).



Рис. 1. Напрями деструктивного впливу екологічного чинника в сільськогосподарській еколого-економічній системі

Джерело: сформовано автором.

У нашій моделі формування портфеля інвестицій відбувається для чотирьох типів інвесторів, кожному з яких притаманна власна мотивація та критерії інвестиційної поведінки. Так, критеріями відбору об’єкта інвестицій виступають: у рамках державної стратегії інвестування – продовольча безпека; для банківської стратегії інвестування – рентабельність виробництва; стосовно стратегії самоінвестування – рівень витратності виробництва; відносно іноземного інвестора – експортна орієнтація вирощуваних сільськогосподарських культур.

Екологічно обумовлений ризик інвестування у сфері сільськогосподарського землекористування знаходимо за формулою:

$$R(DW_{si}) = DW_{si} * \left(\frac{1}{\left(\frac{R_i}{100} + 1 \right)} \right) \ (i = \overline{1,m}), \qquad (1)$$

де $R(DW_{si})$ – екологічно обумовлені втрати очікуваного s-тим інвестором доходу від і-того напрямку інвестування, грн/га;

DW_{si} – очікуваний s-тим інвестором дохід від і-того напрямку інвестування, грн/га;

R_i – еколого-економічний ризик відтворення сільськогосподарської еколого-економічної системи, %;

s – тип інвестора (держава, банк, власний капітал, іноземний капітал);

m – кількість культивованих культур, що є уразливими до впливу екологічного фактору.

Конкретизуємо наше дослідження по відношенню до регіональної агрогосподарської системи на прикладі Сумської області.

Еколого-економічні ризики відтворення сільськогосподарської еколого-економічної системи визначаються за формулою:

$$R_{ij} = \sum_{i=1}^{m} \Delta r_{ij} * |E_i| \ , \ (j = \overline{1,n}) \ , \qquad (2)$$

Δr_{ij} – ризикова компонента моделі, або екологічно обумовлені втрати урожайності, зниження ціни або зростання виробничої собівартості на вирощування *i*-тої культури, вирощуваної на території певного регіону, %;

E_i – коефіцієнт еластичності прибутку *i*-тої культури відносно урожайності, ціни реалізації або виробничої собівартості;

m – кількість культивованих культур в регіональній сільськогосподарській еколого-економічній системі, що є уразливими до дії екологічного фактора, а саме: пшениця, ячмінь, кукурудза, соняшник;

n – кількість районів.

Змоделюємо сценарії прояву еколого-економічного збитку для інвестора:

Сценарій 1. Еколого-економічний збиток інвестора може проявлятися у формі екологічно обумовлених втрат урожайності, обумовлених впливом, зокрема, фактору підвищеної кислотності ґрунту.

Сценарій 2. Еколого-економічний збиток інвестора може проявлятися у формі екологічно обумовленого зниження ціни реалізації внаслідок погіршення екологічної якості сільськогосподарських рослин.

Сценарій 3. Еколого-економічний збиток інвестора може проявлятися у формі зростання додаткових екологічних виробничих витрат на подолання кислотності ґрунту.

Оптимізація портфеля агроекологічних інвестицій відбувається завдяки модифікації підходу американського економіста Г. Марковіца «ризик-дохідність» та адаптації його до умов реального інвестування. У роботі застосовується консервативний підхід до інвестування, що передбачає побудову портфелів за критерієм мінімізації інвестиційного ризику, обумовленого впливом фактору екологічної нестабільності якості ґрунтів для конкретного інвестора.

Модель оптимального портфеля агроекологічних інвестицій може бути представлена у вигляді системи рівнянь:

$$\begin{cases} R(DW_s) = \sum_{i=1}^{m} \sum_{j=1}^{n} X_i * v_{ij} * L_s \rightarrow \min \\ \sum_{i=1}^{m} X_i = 1; \\ X_i \geq 0 \end{cases} \quad (3)$$

де $R(DW_s)$ – екологічно обумовлений ризик, понесений *s*-тим інвестором, внаслідок порушення якості природних компонентів довкілля в регіональній сільськогосподарській еколого-економічній системі;

X_i – вектор-рядок значень інвестиційного портфеля агроекологічних інвестицій, обчислений для *s*-того інвестора, що визначає оптимальну структуру інвестицій, відкориговану на рівень впливу екологічного фактора;

L_s – вектор коефіцієнтів індивідуальних переваг *s*-того інвестора, що визначає протоструктуру агроекологічних інвестицій;

v_{ij} – структурні компоненти матриці екологічно обумовлених прихованих втрат очікуваного *s*-тим портфельним інвестором доходу від порівнюваних інвестиційних альтернатив;

$$v_{ij} = (R(DW_i) + R(DW_j)) * r_{ij}, \quad (4)$$

де $R(DW_i)$ – екологічно обумовлені приховані втрати очікуваного *s*-тим портфельним інвестором доходу від першої порівнюваної інвестиційної альтернативи, що виникають внаслідок впливу фактора екологічної нестабільності ґрунтів;

$R(DW_j)$ – екологічно обумовлені приховані втрати очікуваного *s*-тим портфельним інвестором доходу від другої порівнюваної інвестиційної альтернативи, що виникають внаслідок впливу фактора екологічної нестабільності ґрунтів;

r_{ij} – коефіцієнт кореляції між прибутком від порівнюваних інвестиційних альтернатив у сфері сільськогосподарського землекористування.

За Марковіцем Г., середньозважена ефективність портфеля агроекологічних інвестицій (*D*) визначається шляхом множення питомої ваги *i*-того напрямку інвестування (x_i) на очікуваний *s*-тим портфельним інвестором дохід:

$$\begin{cases} D = \sum_{i=1}^{m} x_i * DW_{si} \\ \sum_{i=1}^{m} x_i = 1 \\ x_i \geq 0 \end{cases} \quad (6)$$

Моделювання портфеля агроекологічних інвестицій у даному випадку відбувається з урахуванням ЦСР (табл. 1).

Результати моделювання портфельних інвестицій у сільському господарстві на прикладі Сумського регіону за 2020 рік представлені у табл. 2–4. При проведенні досліджень використовувалися дані зі статистичного щорічника Головного управління статистики у Сумській області [6][348] та матеріали Сумського патентно-технологічного центру «Облдержродючість».

1. Фактор ЦСР в запропонованій моделі портфеля агроекологічних інвестицій

ЦСР	Як враховується в моделі
ЦСР-2: подолання голоду	У якості об'єкта вкладення інвестиційного капіталу нами обрана галузь рослинництва (вирощування пшениці, ячменю, кукурудзи та соняшнику) як первинна ланка забезпечення продовольчої безпеки у світі в цілому та в регіоні зокрема.
ЦСР-3: міцне здоров'я	У нашій моделі вводиться умова екологізації інвестицій, а саме спрямування їх на придбання екологічно чистого елітного насіння (пшениці, ячменю, кукурудзи та соняшнику), що сприяє зростанню продуктивності в регіональній еколого-економічній агропродовольчій системі та гарантує отримання на виході продукції, безпечної для здоров'я населення.
ЦСР-17: партнерство заради стійкого розвитку	Інвестування регіональної сільськогосподарської еколого-економічної системи відбувається в рамках стратегічного набору інвестицій на засадах кооперації та партнерства. Так, у моделі існує умова, що інвестування сільськогосподарського землекористування здійснюється одразу ж з позиції чотирьох інвесторів (держави, банку, власних коштів аграрія та іноземного представника). Вибір найбільш оптимальної інвестиційної стратегії з точки зору найбільш повного задоволення еколого-економічних інтересів є завданням дослідження.

Джерело: розроблено автором.

[348] Рослинництво у Сумській області: статистичний щорічник. 2020. Головне управління статистики у Сумській області. 174 с.

2. Сценарій 1: оптимальний портфель агроекологічних інвестицій, сформований для Сумського регіону за 2020 р. за умови, що фактором еколого-економічного збитку інвестора є підвищена кислотність ґрунту

Показники ефективності інвестицій	Інвестиційні альтернативи			
	пшениця	ячмінь	кукурудза	соняшник
Оптимальна структура агроекологічних інвестицій, %	19[1)] 22[2)] 28[3)] 21[4)]	28[1)] 20[2)] 24[3)] 33[4)]	39[1)] 17[2)] 46[3)] 38[4)]	14[1)] 41[2)] 2[3)] 8[4)]
Ризик портфеля агроекологічних інвестицій, грн/га	83,60[1)] 182,81[2)] 9,61[3)] 1,47[4)]			
Дохідність портфеля агроекологічних інвестицій, грн/га	1070,58[1)] 1479,98[2] 1378,41[3)] 65,14[4)]			

Примітки: [1)]Державна інвестиційна стратегія. [2)] Банківська інвестиційна стратегія. [3)] Стратегія самоінвестування. [4)] Іноземна інвестиційна стратегія (оцінки у дол. США).

Джерело: розраховано автором.

3. Сценарій 2: оптимальний портфель агроекологічних інвестицій, сформований для Сумського регіону за 2020 р. за умови, що фактором екологічного збитку інвестора є занижена ціна реалізації продукції через погіршення екологічної якості рослин

Показники ефективності інвестицій	Інвестиційні альтернативи			
	пшениця	ячмінь	кукурудза	соняшник
Оптимальна структура агроекологічних інвестицій, %	18[1)] 23[2)] 25[3)] 15[4)]	24[1)] 22[2)] 16[3)] 23[4)]	45[1)] 18[2)] 56[3)] 43[4)]	13[1)] 37[2)] 3[3)] 19[4)]
Ризик портфеля агроекологічних інвестицій, грн/га	89,31[1)] 237,04[2)] 9,85[3)] 1,89[4)]			
Дохідність портфеля агроекологічних інвестицій, грн/га	1025,37[1)] 1408,85[2] 437,35[3)] 49,76[4)]			

Примітки: [1)]Державна інвестиційна стратегія. [2)] Банківська інвестиційна стратегія. [3)] Стратегія самоінвестування. [4)] Іноземна інвестиційна стратегія (оцінки у дол. США).

Джерело: розраховано автором.

4. Сценарій 3: оптимальний портфель агроекологічних інвестицій, сформований для Сумського регіону за 2020 р. за умови, що фактором еколого-економічного збитку інвестора є додаткові витрати на екологізацію (зниження кислотності ґрунту)

Показники ефективності інвестицій	Інвестиційні альтернативи			
	пшениця	ячмінь	кукурудза	соняшник
Оптимальна структура агроекологічних інвестицій, %	22[1)] 21[2)] 42[3)] 36[4)]	31[1)] 18[2)] 28[3)] 40[4)]	32[1)] 16[2)] 30[3)] 24[4)]	15[1)] 45[2)] 0[3)] 0[4)]
Ризик портфеля агроекологічних інвестицій, грн/га	56,84[1)] 853,53[2)] 9,32[3)] 1,16[4)]			
Дохідність портфеля агроекологічних інвестицій, грн/га	1159,20[)] 1594,36[2] 1601,25[3)] 21,58[4)]			

Примітки: [1)]Державна інвестиційна стратегія. [2)] Банківська інвестиційна стратегія. [3)] Стратегія самоінвестування. [4)] Іноземна інвестиційна стратегія (оцінки у дол. США).

Джерело: розраховано автором.

З метою досягнення загального добробуту, задекларованого у Порядку денному в області сталого розвитку на період до 2030 року, необхідні кардинальні дії, що відповідають принципам сталості і спрямовані на викорінення причин злиденності та голоду. Одним з таких заходів є екологізація сільського господарства.

Низька інвестиційна привабливість сільського господарства визначається природно-ресурсною особливістю галузі і пов’язаними з цим екологічними ризиками. В умовах нераціонального агрогосподарювання має місце обмеження присутності інвестиційного капіталу з огляду на природно-ресурсну залежність галузі і пов’язані з цим екологічні ризики. У роботі зроблено спробу оптимізувати портфель агроекологічних інвестицій з урахуванням ЦСР-підходу.

Запропоновано методику до формування оптимальних інвестиційних портфелів з точки зору задоволення індивідуальних переваг кожного з чотирьох розглянутих інвесторів – держави, банку, аграрія-самоінвестора та іноземного агента. Дані підходи передбачають удосконалення методу Марковіца Г. на основі врахування екологічних факторів й мотиваційних чинників та адаптовані до умов реального інвестування.

3.5. Сталий розвиток природно-ресурсного потенціалу сільських територій

Сиротюк Г. В.
Львівський національний аграрний університет

На рівень національної та продовольчої безпеки країни та стабільність її економіки прямий вплив має розвиток сільських територій. Недосконале законодавче та нормативне забезпечення щодо напрямів сталого розвитку сільських територій, неналежна державна підтримка стримують розвиток українського села. Тому державна політика в плані розвитку сільських територій має бути ефективною та цілеспрямованою для того, щоб забезпечити інтенсивний та сталий їх розвиток.

Розвиток сільських територій напряму пов'язаний з розвитком сільського господарства, яке нині є одним із першорядних сегментів економіки України. Звідси, виникає необхідність стабільної державної підтримки даної галузі, оскільки основною ціллю аграрного сектору є забезпечення продовольчої безпеки країни, позиціонування України як високорозвиненої аграрної країни світу та створення економічної основи для підвищення добробуту сільських жителів та розвитку сільських територій. Таку ціль можна буде досягти при умові розширеного відтворення у сільськогосподарському виробництві та відновлення ресурсного потенціалу сільських територій.

На сьогодні сільським територіям України притаманна розбалансованість як в економічному, так і соціальному аспекті. Найгострішими проблемами сільського розвитку залишаються: безробіття, відсутність мотивації до праці, бідність, трудова міграція, занепад соціальної інфраструктури тощо. Це створює передумови для росту міграційного потенціалу сільського населення та нестійкого сільського розвитку.

Основоположні напрями розвитку сільських територій на засадах сталості визначено у Постанові КМУ «Про затвердження Державної стратегії регіонального розвитку на 2021–2027 роки» [349], а також у проєкті Закону України «Про Стратегію сталого розвитку України до 2030 року» [350]. Проте дані документи потребують окремих уточнень та доопрацювань, скажімо в плані трактування поняття «сільські території».

Поділяємо думку Д. Богданова, що сталий розвиток сільських територій – це процес якісних змін, спрямованих на стабільне соціально-економічне зростання сільських територій, підвищення ефективності сільської економіки, рівня зайнятості та якості життя сільського

[349] Про затвердження Державної стратегії регіонального розвитку на 2021–2027 роки : Постанова КМУ від 05.08.2020 р. № 695. URL : https://u.to/KopyGg (дата звернення: 01.11.2021 р.).

[350] Про Стратегію сталого розвитку України до 2030 року : Проєкт Закону України. URL : https://u.to/Q4pyGg (дата звернення: 20.10.2021 р.).

населення на основі вжиття комплексу економічних, соціальних та екологічних заходів державного й місцевого рівня. Науковець виділяє чотири групи чинників, які визначають умови і потенційні можливості, які нами узагальнені та подані схематично на рис. 1.

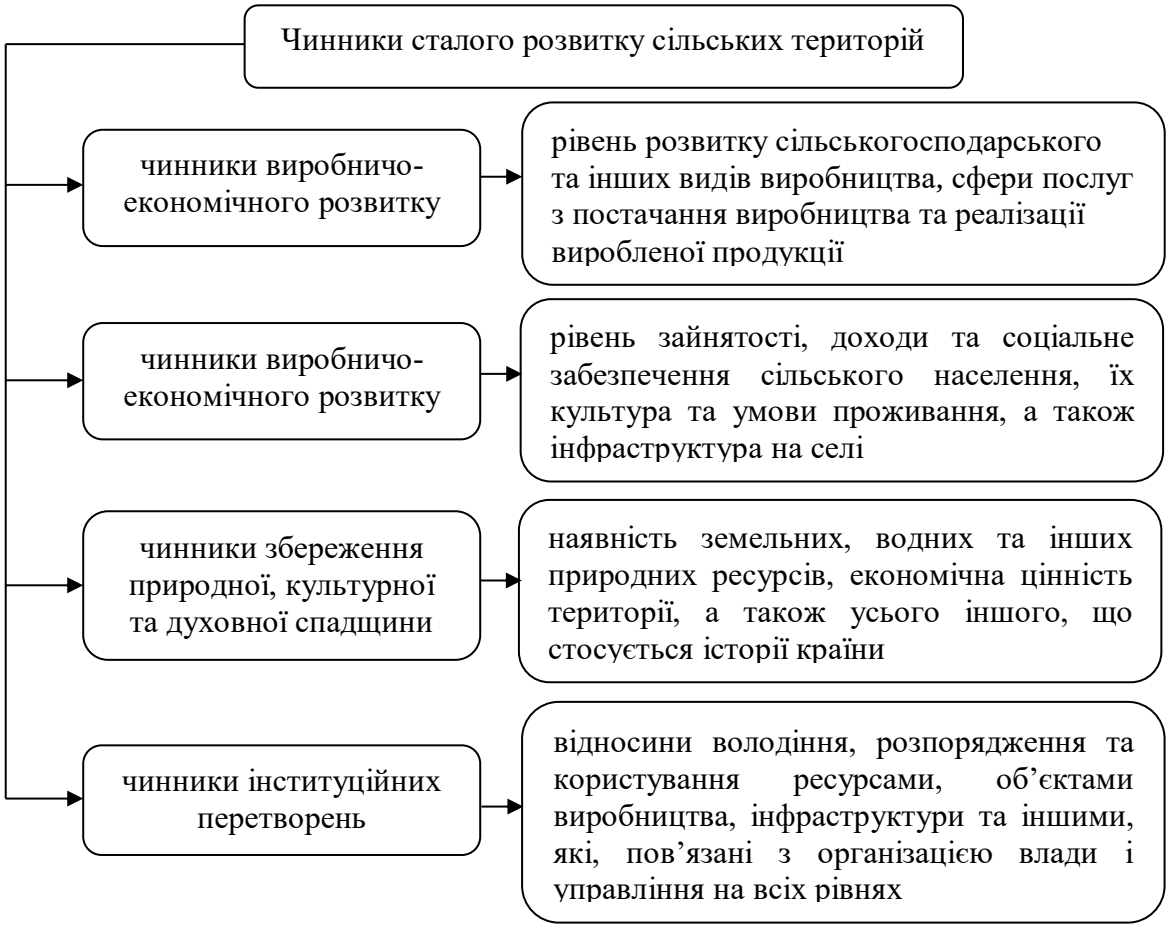


Рис. 1. Чинники сталого розвитку сільських територій

Джерело: узагальнено автором на основі [351].

Досліджуючи проблеми розвитку і використання ресурсів сільських територій варто виділити основні функцій, які вони виконують:

- виробнича (направлена на забезпечення продовольчої безпеки держави, тобто задоволення потреб населення в продуктах харчування, а промисловість – сировиною)
- політична (сільське населення є опорою стабільності в суспільстві);
- житлова (територія проживання);
- соціально-демографічна (відтворення сільського населення, забезпечення трудовими ресурсами аграрної та інших галузей);
- культурно-етнічна (сприяє збереженню національних мов і культури, народних традицій, звичаїв, обрядів, фольклору, досвіду ведення господарства, охороні пам'яток природи);
- екологічна (підтримує екологічну рівновагу в агробіоценозах, сприяє утриманню заповідників, національних парків тощо);

[351] Богданов Д. С. Завдання сталого розвитку сільських територій. *Агросвіт*. 2017. № 7. С. 60–62.

- рекреаційна (створює умови для покращення здоров'я та відпочинку населення);

- просторово-комунікаційна (надає просторовий базис для розміщення виробництв і обслуговування інженерних комунікацій).

Доцільно звернутися до позитивного досвіту країн Європейського Союзу з питань політики розвитку сільських територій, де основними тенденціями є:

- посилення процесу децентралізації;
- диверсифікація сільськогосподарського виробництва;
- реструктуризація сільського господарства;
- розвиток соціальної сфери на селі;
- діяльність фондів підтримки малого та середнього бізнесу;
- розвиток інфраструктури.

Напрямки розвитку сільських територій країн ЄС подано в рамках Common Agricultural Policy (CAP), де визначено заходи з управління сільськогосподарських ринків, в тому числі виплата дотацій фермерам. Політика розвитку сільських територій включає три напрямки:

1) підтримка виробників сільськогосподарської продукції;
2) захист довкілля;
3) підтримка комплексних проєктів розвитку сільської інфраструктури.

Фінансування розвитку сільських територій країн ЄС здійснюється за рахунок European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD), яким на 2014–2020 роки було виділено € 99,6 млрд. За вказаний період також було розроблено 118 програм розвитку сільських територій в 28 країнах ЄС [352].

Зважаючи на підписання Україною Угоди про асоціацію з ЄС, політику розвитку сільських територій доцільно адаптувати до спільної аграрної політики ЄС. У процесі підготовки до вступу в ЄС країни-кандидати мають можливість отримати допомогу на створення інституцій, покликаних забезпечити наближення до його вимог, сприяння транскордонній співпраці, розвиткові регіональному і сільському та людських ресурсів. У даному плані корисним є досвід реалізації ЄС програми Special Accession Program for Agriculture and Rural Development (SAPARD) [353], яка передбачає надання допомоги в організації заходів, спрямованих на забезпечення ефективної політики аграрного виробництва та сільського розвитку, країнам-кандидатам на вступ до ЄС: Болгарії, Естонії, Латвії, Литві, Польщі, Румунії, Словаччині, Словенії, Угорщині, Чехії, Хорватії. Мета програми – сприяння впровадженню в цих країнах засад спільної аграрної політики ЄС, принципів сталого розвитку аграрного сектору та сільських територій. Керівними принципами SAPARD є поліпшення ефективності функціонування

[352] Європейський досвід законодавчого регулювання державної підтримки та розвитку сільських населених пунктів. URL : http://euinfocenter.rada.gov.ua/uploads/documents/28937.pdf (дата звернення: 22.10.2021 р.).

[353] Special accession programme for agriculture and rural development (SAPARD). URL : https://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=2512 (дата звернення: 20.10.2021 р.).

ринкових механізмів, досягнення стандартів якості, збереження і створення нових робочих місць та охорона довкілля.

Зауважимо, що сьогодні важливим кроком щодо покращення екологічного стану у країнах ЄС є впровадження та реалізація ідей концепції «зеленої економіки», тобто такої економіки, яка призводить до поліпшення добробуту і соціальної рівності з одночасним зниженням економічних ризиків і дефіциту природних ресурсів. Розвиток галузей «зеленої» економіки в Україні має призвести до інвестицій в нові галузі (відновлювану енергетику, енергоефективність, стійке землеробство, сферу природоохоронних послуг тощо), створення робочих місць та трансформації частини вже існуючих, надаючи більше екологічних та соціальних переваг [354].

Ефективне функціонування сільських територій та їх розвиток на засадах сталості залежать від раціонального використання їх ресурсного потенціалу.

Сільські території володіють величезним ресурсним потенціалом, різноманітними природно-кліматичними, соціально-культурними та економічними ресурсами. Його раціональне, багатофункціональне використання – найважливіший чинник сталого соціально-економічного розвитку країни.

Ресурсний потенціал, від якого залежить розвиток і економічної і соціальної сфер життя людського суспільства, складається на основі поєднання природних умов певної території, а також органічно пов’язаних з нею трудових і матеріально-технічних ресурсів, що утворюють в своїй єдності сприятливі або малосприйнятливі умови середовища проживання.

Ресурсний потенціал також включає обсяги використання ресурсів для виробництва, визначає ефект спільної їх дії і можливість адаптуватися до мінливих умов навколишнього середовища. Тому важливість розгляду категорії «ресурсний потенціал» сільських територій обумовлена і тим, що цілі і завдання по досягненню ефективних результатів їх розвитку в значній мірі визначаються не наявними на даний момент ресурсами, а ресурсним потенціалом.

Отже, ефективне функціонування та використання ресурсного потенціалу стає необхідною передумовою збалансованого розвитку сільських територій в середньо- і довгостроковій перспективі.

Ресурсний потенціал сільських територій доцільно розглядати в єдності трьох стадій його створення: формування, використання та відтворення.

Формування ресурсного потенціалу сільських територій – це процес розподілу природних чинників між суб’єктами господарювання з метою забезпечення балансу економічних інтересів підприємницьких структур, територіального утворення та господарств населення.

---

[354] Сиротюк Г.В. Розвиток сільського господарства на засадах «зеленої» економіки. *Актуальні проблеми сучасного бізнесу: обліково-фінансовий та управлінський аспекти* : матеріали І Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (19–21 березня 2019 р.). Ч. 1. Львів : ЛНАУ, 2019. С. 111–112.

Використання ресурсного потенціалу сільських територій має здійснюватися ефективно, а це залежить від якості системи управління ресурсами на рівні суб'єктів господарювання та територіального утворення.

Процес відтворення ресурсного потенціалу сільських територій створює певні передумови для сталого розвитку всієї територіальної системи і залежать від фінансового стану суб'єкта господарювання, стратегії його розвитку, кон'юнктури ринку тощо.

Ресурсний потенціал сільських територій країни та окремих її регіонів складається з таких компонентів: природно-ресурсний; трудовий; туристично-рекреаційний та виробничий.

Важлива роль належить природно-ресурсному потенціалу окремого регіону, який визначає місце регіону в територіальному поділі праці та має прямий вплив на спеціалізацію даного регіону. Власне наявність певних природних умов та ресурсів є стимулом для розвитку економіки регіону.

Природно-ресурсний потенціал території включає лише виявлені природні ресурси, що розглядаються предмети праці, засоби виробництва і предмета споживання.

Природно-ресурсний потенціал є досить динамічною системою, якій властиві зміни до складу, величини та масштабів використання. Він визначається сукупністю всіх видів природних ресурсів на даній території у визначений час, що задіяні в господарську діяльність. Постійне зростання масштабів господарської діяльності, в результаті якої використовується дедалі більше природних ресурсів, призводить до порушення рівноваги в навколишньому природному середовищі та в кінцевому результаті – до загострення соціально-економічних проблем. Водночас із зменшенням запасів невідновних ресурсів відбувається забруднення довкілля, особливо атмосферного повітря, водних ресурсів, погіршується родючість земель тощо, що негативно впливає на здоров'я людини.

Тому погоджуємось з позицією Бондаренка В. М., що у складі природно-ресурсного потенціалу варто виділяти екологічний потенціал, оскільки екологічна ситуація в регіонах визначатиме можливості розвитку і розміщення продуктивних сил та рівень сприятливості територій для проживання і життєдіяльності людей [355]. Екологічна проблема є найбільш життєво важливою проблемою, оскільки йдеться про сталий розвиток сільських територій, країни, і що найголовніше – про нормальні умови життя та про здоров'я населення.

Основними характеристиками природно-ресурсного потенціалу є географічне положення, агрокліматичні умови, особливості рельєфу та територіальне розміщення складових природного потенціалу. Він включає мінеральні, земельні, водні, лісові, біологічні, рекреаційні та кліматичні ресурси, а також екологічний потенціал (рис. 2).

[355] Бондаренко В. М. Ресурсний потенціал регіону: методологія формування та перспективи розвитку. Вінниця : Меркьюрі-Поділля, 2012. 400 с.



Рис. 2. Складові природно-ресурсного потенціалу сільських територій

Джерело: побудовано автором.

Ефективне використання природно-ресурсного потенціалу та розвиток природно-сировинної бази з дотриманням принципів екологічності є найважливішим чинником зростання економіки країни та її регіонів. Сталий розвиток повинен базуватись на розв'язанні проблем природно-ресурсної безпеки через інституційні та організаційні засади господарювання, розвиток суспільної свідомості й актуалізації екологічних пріоритетів життєдіяльності, створення умов для сталого використання місцевих ресурсів на всіх рівнях.

Природно-ресурсний потенціал сільських територій Львівської області нараховує 470 родовищ мінерально-сировинних ресурсів, його структуру подамо на рис. 3.

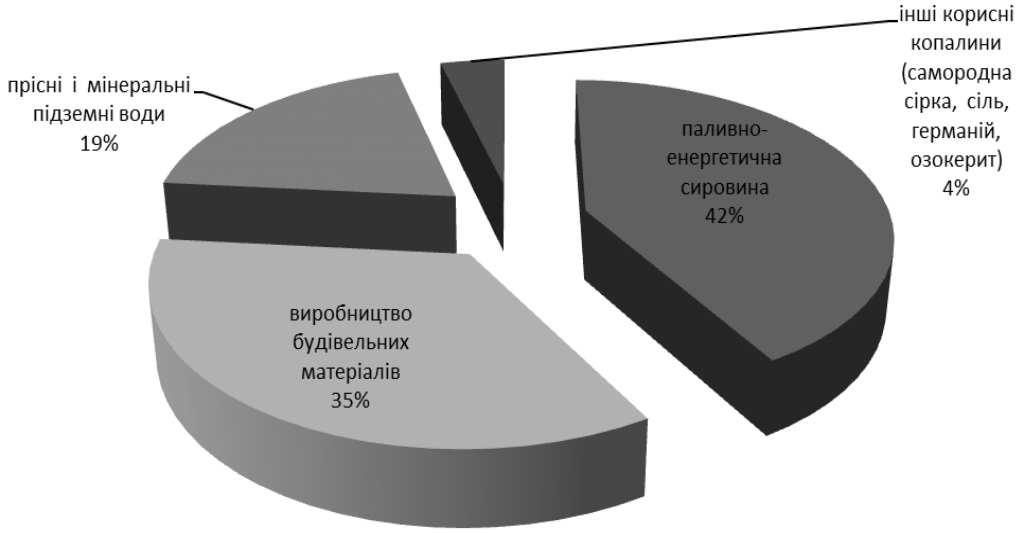


Рис. 3. Структура природно-ресурсного потенціалу Львівської області

Джерело: побудовано автором на основі [356].

[356] Стратегія розвитку Львівської області на період 2021–2027 років. URL : https://loda.gov.ua/article/art5cbf3e8804547 (дата звернення: 20.10.2021 р.).

Для більш детального ознайомлення з наявність природно-ресурсного потенціалу досліджуваного регіону скористаємося даними табл. 1.

1. Природно-ресурсний потенціал Львівської області

Вид ресурсу	Наявність ресурсу
Газ	38 родовищ вільного газу, добувні поклади яких становлять 114,9 млрд м³, а це 8,4 % від загальних запасів України
Нафта	19 родовищ нафти з добувними промисловими покладами 216,0 млн т, що становить 18,8 % загальних запасів України
Газовий конденсат	8 родовищ газового конденсату з добувними промисловими покладами понад 2 млн т, що становить 1,1 % від загальних запасів України
Нетрадиційний (сланцевий) газ	поклади виявлені в «Олеській площі», що займає близько 6,5 тис. км²
Кам'яне вугілля	Львівсько-Волинський басейн володіє запасами 700 млн т. У межах Тяглівського і Любельського родовищ загальні запаси становлять 1,1 млрд т
Торф	128 родовищ торфу
Гірничохімічна і гірничорудна сировина	Бориславське родовище озокериту з промисловими запасами 113,67 тис. т; 15 соляних родовищ у Стебнику і Дрогобичі; самородна сірка
Будівельні матеріали	сировинна база будівельних матеріалів налічує 14 видів корисних копалин (гіпс, вапняк, крейда тощо)

Джерело: складено за даними [356].

З наведених даних бачимо, що природно-ресурсний потенціал Львівщини є досить різноманітним та добре розвіданим. Незважаючи на значне вичерпання природно-ресурсної бази внаслідок її несистемної експлуатації в минулому, вона за різноманітністю ресурсів, рідкісністю та їх запасами становить матеріальний добробут економічного розвитку регіону.

Одним із методів проведення діагностики використання природно-ресурсного потенціалу та обґрунтування пріоритетів у розвитку сільських територій, є застосування SWOT-аналізу. Даний метод дозволяє виявити сильні і слабкі сторони, основні можливості і загрози в сталому розвитку сільських територій та використанні їх природно-ресурсного потенціалу (табл. 2).

Проведений SWOT-аналіз показує, що область має потужний природно-ресурсний потенціал, використання якого лімітується низкою проблем, для подолання яких доцільно обрати чітку стратегію.

Отже, природно-ресурсний потенціал відіграє суттєву роль у забезпеченні цілей сталого розвитку регіонів та його сільських територій, оскільки його величина, ступінь залучення до господарського обігу мають великий вплив на галузеву структуру виробництва, характер розміщення продуктивних сил, територіальну організацію господарства та активність зовнішньоекономічної діяльності.

2. SWOT-аналіз використання природно-ресурсного потенціалу Львівської області

Сильні сторони	Слабкі сторони
✓ значні запаси кам'яного вугілля, газового конденсату, сланцевого газу, торфу; ✓ 18,8 відсотків загальноукраїнських запасів нафти; ✓ 8,4 відсотків загальноукраїнських запасів природного газу; ✓ виробництва будівельних матеріалів (гіпс, глина, пісок, вапняки, крейда); ✓ наявність магістральних залізничних та автомобільних доріг поблизу родовищ корисних копалин; ✓ забезпеченість території водними ресурсами; ✓ наявність унікальних мінеральних підземних вод; ✓ значні родовища торфових лікувальних грязей; ✓ лісистість території області в 2 рази перевищує середню по Україні.	✓ відсутність дієвої державної політики підтримки розвитку регіону, використання його природно-ресурсних можливостей; ✓ самовільна, несанкціонована вирубка лісових насаджень; ✓ висока вартість дозволів на розвідку та видобуток корисних копалин; ✓ недостатній рівень розвідки корисних копалин; ✓ технічна й технологічна відсталість окремих виробництв, пов'язаних з використанням природних ресурсів регіону.
Можливості	**Загрози**
✓ підвищення інвестиційної привабливості та покращення бізнес-клімату в регіоні; ✓ вигідне розташування регіону для розширення співпраці з країнами Європейського Союзу; ✓ значний потенціал відновлюваних джерел енергії; ✓ наявність перспективних запасів вуглеводневої сировини та сировини для виробництва будматеріалів.	✓ недосконаліть системи управління лісовим господарством та відтворенням лісових ресурсів; ✓ екологічні проблеми зберігання та утилізації відходів; ✓ загрози техногенно-екологічного характеру при не вирішенні проблем протипаводкової безпеки, забруднення поверхневих вод, порушення надр гірничими розробками; ✓ орієнтація іноземних партнерів, в основному, на експлуатацію мінерально-сировинних ресурсів регіону.

Джерело: власна розробка автора.

Провідну роль в розвитку країни відіграє ефективність використання природно-ресурсного потенціалу, так як більшість виробництв в основі ланцюга формування доданої вартості містять окремий природний ресурс чи їх сукупність. Саме від ефективності використання природно-ресурсного потенціалу залежатиме траєкторія економічного розвитку країни загалом, окремих її регіонів, сільських територій та добробут населення.

3.6. Методологія розробки та створення репрезентативних заповідних об'єктів в агроландшафтах

Совгіра С. В., Миколайко В. П.
Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини

При розробці схем екологічної мережі або екологічного каркаса, як це прийнято в територіальному плануванні, важливо дотримуватися законодавства України. Це пов'язано з тим, що запропоновані структурні елементи мережі повинні бути обов'язково захищені нормативними актами. Всі земельні ділянки, включені до екологічної мережі, повинні не тільки знаходитись в регламентованих умовах використання, але вони мають реєструватися. Іншими словами, для кожної ділянки має бути свій окремий режим використання, виходячи з його ролі в підтриманні екологічної стабільності як навколишньої місцевості, так і всієї території регіону.

Робляться спроби оцінки репрезентативності екомережі. У контексті проблеми формування екологічної мережі України, агроландшафти привертають увагу екологів, фізгеографів та ландшафтознавців. Теоретичною основою створення і функціонування екологічної мережі є праці закордонних вчених.

Історичні витоки ідеї екомережі висвітлені у працях Мак Артура Р. і Вільсона Е. з теорії острівної біогеографії [357] та Даймонда Дж. [358], які розглядають обґрунтування шляхів вирішення проблем охорони природної рослинності в умовах значної антропогенної трансформації. Jongman R. розглядає контекст і концепцію екологічних мереж та описує європейський досвід їх формування [359], Foman R. [360] – американський.

Вітчизняні вчені застосовуючи власні дослідження та напрацювання закордонних колег активно працюють у напрямі отримання природоохоронного ефекту від функціонування екологічної мережі. Проводяться дослідження і у напрямі дослідження та оптимізації стану ландшафтних комплексів у межах Південно-Бузького екологічного коридору Мудрак О. [361], Костюшин В. [362], Гудзевич А. [363].

Розвиток екомережі із застосуванням методу біоцентрично-мережевої ландшафтної структури обґрунтовано зарубіжними вченими, зокрема

---

[357] MacArthur R. H., Wilson E. O. The Theory of Island Biogeography. Princeton; N. J. : Princeton University Press, 1967. 203 p.

[358] Diamond J. M., May R. M. Island biogeography and the desing of natural reserves. *Theoretical Ecology*. Oxford Blackwell, 1981. P. 228–252.

[359] Jongman R. H. G., Pungetti G. P. [eds.] The context and concept of ecological networks. *Ecological networks and greenways, concept, design and implementation*. 2004. P. 7–33.

[360] Foman R. T. Land Mosaics: The ecology of landscapes and regions. Cambridge: University Press, 1995. 623 p.

[361] Мудрак О. В., Мудрак Г. В., Кушнір С. Л. Функціонально-просторові особливості збалансованого природокористування в межах Бузького екокоридору. *Збалансоване природокористування*. 2014. № 1. С. 20−27.

[362] Південно-Бузький меридіональний екологічний коридор: стислий огляд біорізноманіття та найцінніші території/ Костюшин В., Куземко А., Онищенко В., Чорна Г. та ін. Чорноморська програма Ветландс Інтернешнл. Київ, 2007. 92 с.

[363] Гудзевич А. В. Проблеми й перспективи Південнобузького екокоридору в умовах міста Вінниці. *Наукові записки ВДПУ імені Михайла Коцюбинського. Сер. «Географія»*. 2014. Вип. 26. С. 12−16.

чеськими Bucek A., Lacina J. [364].

Відтак, розробка методології створення репрезентативних заповідних об'єктів в агроландшафтах є актуальним і продиктованим сьогоденням.

Методологічну основу дослідження склали основні ідеї та положення сучасної конструктивної географії, теоретичні положення стосовно оцінки екосистемних послуг, а також особливостей формування і управління ПЗФ в контексті Порядку денного в галузі розвитку на період до 2030 року.

Концепція «Рушійні чинники – навантаження – стан – вплив – реакція» була прийнята Європейським агентством з навколишнього середовища в 1999 р. [365]. Цей підхід призначений для виявлення причинно-наслідкових зв'язків і систематизації інформації з метою вирішення проблем в сфері навколишнього середовища, який розглядає природні і соціально-економічні системи в тісному взаємозв'язку. Він виконує функцію моста, який з'єднує науку з практикою організації створення нових заповідних територій.

Концептуальною ілюстрацією причинно-наслідкових зв'язків між взаємодіючими компонентами соціальної, економічної та екологічної систем є рушійні чинники зміни навколишнього середовища, які створюють навантаження на навколишнє середовище, що, в свою чергу, позначається на його стані. Потім в результаті «впливів» змінюється стан екосистем і соціально-економічного середовища. Негативні впливи викликають реакцію з боку суспільства, наприклад, спонукають його до вироблення політики/рішень, спрямованих на превентивне управління природоохоронними територіями. Якщо політика дає очікуваний ефект, то її практична реалізація впливає на рушійні фактори, навантаження і впливи.

Для прийняття управлінських рішень логіка моделі DPSIR служить основою щодо розбудови мережі природно-заповідних територій та об'єктів в площині сталого розвитку [366].

На міжнародному рівні визначальну роль у збереженні біотичного різноманіття відіграє діяльність міжнародної організації «Всесвітній фонд дикої природи» (WWF). Концепція збереження біорізноманіття WWF зводиться до виділення найбільш значущих (в природному відношенні) регіонів, яким необхідно приділяти максимум уваги. Для цього колективом авторів [367] розроблено розподіл земної кулі на «екорегіони». Під екорегіонами розуміється порівняно значна частина землі або акваторія, в межах якої поширені подібні за особливостями

---

[364] Bucek A., Lacina J. Vytvareni uzemnich systemu ekologicke stability jako predpoklad zachovani genofondu. *Aktualni problemy ochrany fauny*. UVO CSAV a KSPPOP. Brno, 1983. P. 117–123.

[365] Про внесення змін до Державної стратегії регіонального розвитку на період до 2020 року : Постанова Кабінету Міністрів України від 20.12.2017 р. № 1089. URL : http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1089-2017-п (дата звернення: 12.04.2018 р.).

[366] Варивода Є. О. Управління природно–заповідними територіями та об'єктами Харківської області на засадах екосистемного підходу. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Сер. Екологія*. 2017. Вип. 16. С. 53–60.

[367] Санников П. Ю. Сеть особо охраняемых природных территорий Пермского края: современное состояние и перспективы развития : дисс. … канд. геогр. наук. Пермь, 2014. 207 с.

геологічної будови, рельєфу, клімату, гідрології, грунтового покриву, а також за складом флори і фауни екосистеми [368]. Цей поділ ґрунтується на більш великомасштабному районуванні суші на біоми.

Із загального переліку були відібрані екорегіони, дослідження територій які найбільш репрезентативно представляють основні наземні, прісноводні і морські місцеперебування.

Для цього використано показники видового багатства, кількість ендемічних або реліктових видів, родів, родин, наявність незвичайних екологічних або еволюційних явищ (незвичайні адаптивні пристосування, що зберегли великі популяції деяких хребетних і їх міграційні шляхи), унікальність типу екосистем на глобальному рівні. Внаслідок, складено широко відомий список екорегіонов «Global 200», найбільш важливих для збереження різноманіття дикої природи Землі [369].

До списку Global 200 включено 142 наземних, 53 прісноводних та 43 морських екорегіонів. За даними WWF ці території включають 95 % існуючого біотичного різноманіття планети.

Для збереження біотичного різноманіття на глобальному рівні Всесвітній фонд дикої природи проводить роботу з організації репрезентативної системи природоохоронних територій в екорегіонах із списку Global 200. Це робота зі створенням нових і розширення існуючих природоохоронних територій, а також до підвищення ефективності їх діяльності в пріоритетних екорегіонах.

Світова і вітчизняна практика сприяла використанню широкого спектру загальнонаукових (ретроспективний, статистичний, аналогій, системно-структурний, оцінювання, моделювання, прогнозування) та спеціальних (геоінформаційний, історико-географічний, еколого-географічного аналізу, типології, картографічний, аерокосмічний, районування) методів.

Обробка, збереження і візуалізація аналітичної інформації проводилася за допомогою технологій ГІС, комп'ютерного моделювання з використанням програм Corel Draw, Google Earth тощо. Інформаційною базою дослідження були матеріали Державного комітету та обласних управлінь статистики, фондові матеріали Міністерства енергетики та обласних управлінь екології та захисту довкілля, архівні джерела, нормативно-правові документи, а також дані експедиційних досліджень авторів.

Основним підходом, що застосовується для оптимізації мереж природоохоронних територій окремих регіонів і країн, є *GAP-аналіз.* Термін «GAP» у перекладі з англійської мови означає розрив, пробіл. GAP-аналіз – це уніфікована методика пошуку недоліків збереження біорізноманіття на тій чи іншій території. Такий підхід розвивається близько двох десятків

[368] Olson D. M., Dinerstein E. The Global 200: Priority ecoregions for global conservation. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 2002. Vol. 89, Issue 2. P. 199–224.

[369] Olson D. M., Dinerstein E. The Global 200: Priority ecoregions for global conservation. *Annals of the Missouri Botanical Garden*. 2002. Vol. 89, Issue 2. P. 199–224.

років. Це один з загальноприйнятих інструментів реалізації конвенції про біорізноманіття, прийнятої в Ріо-де-Жанейро [370].

Методика GAP-аналізу включає такі етапи.

1. Визначення «фокусного біорізноманіття» та ключових природоохоронних цілей. Суть етапу полягає у візначенні ключових «точок» біорізноманіття (наприклад, окремих таксономічних груп, типових й унікальних екосистем, всього комплексу біорізноманіття), збереження яких ставиться за мету дослідження. Крім того, на цьому етапі візначається певна достатня ступінь охорони. Зазвичай вона виражається за допомогою кількісних показників (наприклад, 10 % від половини місць існування тощо).

2. Оцінка значущості і картографування всіх знайдених об'єктів. На цьому етапі проводиться інвентаризація і картографування всіх значущих для дослідження об'єктів. В результаті створюється геоінформаційна база даних, яка відображає розташування і ряд ключових характеристик досліджуваних об'єктів.

3. Аналіз значущості, відповідності завданням і цілям, категорій та картографування територій, що охороняються. В рамках цього етапу аналогічна процедура проводиться для природоохоронних територій.

4. Аналіз зібраної інформації і визначення недоліків. На цьому етапі відбувається накладання карт виявлених цінних природних об'єктів і карт природоохоронних територій. В результаті з'являється карта недоліків (розривів) в полі збереження різноманітності території.

5. Ранжування недоліків (розривів) за ступенем значущості. Виявлені недоліки в збереженні біорізноманіття ділять за ступенем пріоритетності створення.

6. Формулювання стратегії й управлінські заходи. На цьому етапі відбувається розробка комплексу пропозицій про те, як слід заповнювати виявлені недоліки мережі природоохоронних територій. Це може бути створення нових, розширення існуючих територій, що охороняються або додавання буферних зон до них або введення інших форм охорони природи. У деяких випадках доцільно впровадження підходів до сталого використання ресурсів за межами природоохоронних територій.

У практичному сенсі GAP-аналіз в рівній мірі застосовується як для збереження окремих компонентів природи (іноді окремих видів або груп видів), так і для підтримки загального комплексу біорізноманіття.

Перевагою такого підходу є врахування відповідності існуючих меж, категорій, статусів і профілів природоохоронних територій їх реальному стану. Виявлені недоліки можуть бути не тільки фактичними (територіальними), а й проблемами в управлінні, або недоліками, викликаними невідповідним станом території, що охороняється. Для визначення пріоритетності перспективні природоохоронні території

[370] Методичні рекомендації щодо визначення максимального рекреаційного навантаження на природні комплекси та об'єкти у межах природно-заповідного фонду України за зонально-регіональним розподілом. Київ : Вид-во Українського фітосоціологічного центру, 2003. 51 с.

ранжуються за ступенем значущості. Увага приділяється соціальним і економічним інтересам місцевого населення як одного з трьох обов'язкових елементів сталого розвитку.

Головною особливістю GAP-аналізу є його гнучкість.

Спочатку такий підхід розроблявся для досить великих екологічних регіонів (наприклад, екорегіони WWF). Проте на практиці GAP-аналіз нерідко здійснюється для окремих країн, або окремих адміністративних районів або провінцій цих країн. Тимчасовий, фінансовий, науковий розмах досліджень в цьому випадку може бути різним. Тому GAP-аналіз трансформується від розробок, заснованих на порівнянні існуючого біорізноманіття з біорізноманіттям мереж природоохоронних територій, до комплексних досліджень, які вимагають повного збору та ретельного аналізу даних, використання спеціальних програм для визначення оптимальних розмірів природоохоронних територій, їх меж і розташування.

На регіональному рівні використано принцип «кожному регіону – свій заповідник», відповідно до мети збереження ландшафтного різноманіття. Для досягнення мети використовується *географічний підхід*. В рамках цього підходу межі природоохоронних територій порівнюються з диференціацією природного середовища.

Вибір одиниць природної диференціації залежить від детального розгляду території. Для регіонів вибір падає на ботаніко-географічне, ландшафтне районування, екорегіони WWF та інші схеми поділу.

Схожих поглядів дотримувалися засновники заповідної справи Андрієнко Т., Божко О., Брусака В., Гриневецький В., Гродзинський М., Давидюк В., Дідух Я., Данилюк А., Деркач О., Денисик Г., Жижин М., Зінько Ю., Ковальчук І., Кравчук Я., Костюшин В., Кагало О., Маринич О., Марушевський Г., Мельничук В., Мовчан Я., Мішенін Є., Патрушева Л., Пащенко В., Попович С., Реймерс Н., Руденко Л., Стойко С., Стеценко Н., Таращук С., Царик П., Черемнова А., Шевченко В., Шеляг-Сосонко Ю., Шевчук В. та інші. Під регіоном малися на увазі ті чи інші великі одиниці ландшафтного, або ботаніко-географічного поділу країни.

У рамках цього підходу географічна система заповідників оцінювалась за репрезентативністю існуючої природоохоронної мережі в співвідношенні з розподілом території на природні зони. На цій основі розроблено рекомендації щодо створення нових заповідників.

Головний недолік географічного підходу полягає у відсутності ряду важливих даних у вихідній інформації. Так, на схемах природного районування не враховуються унікальні природні об'єкти, рекреаційна привабливість території, рідкісні та зникаючі види тварин і рослин, що включені до Червоної книги. Крім того, часто залишається поза увагою ступінь господарського освоєння території.

В Україні, крім ландшафтного різноманіття, широка увага приділяється збереженню компонентного різноманіття. Так, ряд авторів

(Іваненко Є., Мудрак О., Попович С., Устименко П.) розглядають значення мережі природоохоронних територій для збереження геологічних пам'яток, різних типів ґрунтів, видів флори і фауни). Автори, що використовують для оцінки репрезентативності *компонентний підхід*, реалізують два методи. Перший з них полягає в порівнянні нанесених на карту ареалів тих чи інших видів, явищ або об'єктів з межами природоохоронних територій. Другий метод заснований на порівнянні списку типів компонентів, зазначених на природоохоронній території із загальним списком різновидів природного компонента всієї розглянутої території. В результаті робиться висновок про те, яка частина загального різноманіття компонента охороняється в межах природоохоронної території.

Теоретичні уявлення про підтримку екологічної рівноваги сформульовані в роботі Аріон О. [371]. Для цього, на думку автора, необхідно зберігати найбільш вразливі верхів'я річок. На його погляд найбільш значущими є місця перетину декількох великих водозаборів.

Такий підхід дозволяє фокусуватися на конкретних проблемах охорони геологічного, гідрологічного, грунтового, ботанічного, зоологічного різноманіття території. При достовірності інформації оцінка представленості компонентного різноманіття дає можливість враховувати навіть найдрібніші (в просторовому відношенні) об'єкти.

Відзначимо також ряд досліджень цінних природних об'єктів компонентної спрямованості. Серед них роботи по виділенню цінних геологічних, ботанічних, лісових, зоологічних територій, що потребують охорони (Калениченко Н. (1986, 1992), Силецький Ю. (1992), Стефанков Л. (1996), Мовчан Ю. (2005), Бондар А. (2006), Гордієнко М. (2006), Гончаренко Г. (2009, 2016), Лаврик О. (2009, 2010, 2018), Василюк О. (2011), Костюшин В. (2011), Малась Н. (2013), Бондарук Г. (2013), Дейнека А. (2014), Завадська А. (2014), Яблоков В. (2014), Бойченко С. (2015, 2017), Гаврилюк Р. (2015) та ін.).

Головна мета таких робіт – виділення об'єктів, що підлягають охороні, а не оцінка репрезентативності існуючих природоохоронних територій для того чи іншого компонента.

Разом з тим необхідно відзначити недоліки і труднощі подібних оцінок. У переважній більшості випадків автори констатують лише наявність або відсутність дозволу на природоохоронні території. Незрозумілим залишається чисельність популяції, її структура та інші видові характеристики.

У разі якщо дослідження стосується біотичних видів залишається питання про достатню ступінь їх охорони. Під таким заходом може матися на увазі розмір території, здатної забезпечити довгострокове існування популяції; мінімальний розмір популяції, необхідний для

[371] Аріон О. В. Оптимізаційний ландшафтно-екологічний аналіз природоохоронних територій (на прикладі Державного парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва «Качанівка» : автореф. дис. … канд. геогр. наук. Київ, 1999. 23 с.

успішного розмноження, полювання, захисту від хижаків тощо. Очевидно, що такий захід буде мати відчутні відмінності для рослин і тварин, для птахів і рептилій тощо. Автори, які використовують для оцінки компонентний підхід, часто взагалі не торкаються цього питання, оскільки мають в розпорядженні тільки дані про видовий склад. Це означає, що наявність виду в межах природоохоронних територій прирівнюється до гарантії успішного виживання популяції.

Необхідно враховувати відносність вихідних даних. Ареали, зображені на картах, можуть бути сильно генералізованими (особливо на дрібномасштабних картах). Чисельність виду, як правило, далеко не однакова в центральній частині ареалу і на його периферії.

При такому підході межа природоохоронних територій найчастіше виділяється лише за поширенням власне охоронного компонента. За межами охорони залишаються інші компоненти природи, які забезпечують збереження об'єкта охорони.

До 1991 р. основним методом забезпечення екологічного балансу в Україні була *розробка територіальних комплексних схем охорони природи* (ТЕРКСОП). ТЕРКСОП – науково обгрунтований комплексний план охорони природи великої території. Схема включає нормування навантажень на середовище за всіма видами господарської діяльності, виділення проблемних ареалів, встановлення планувальних обмежень в розміщенні підприємств для збереження параметрів середовища і підтримання екологічного балансу [372].

В останні роки в Україні, за аналогією з Європейськими країнами, увага приділяється створенню екологічних каркасів територій. Основним методом, що використовувався для виконання цієї мети, є *створення екологічних мереж (екологічних каркасів) територій*. Найбільшого поширення цей напрям одержав в країнах Європи у зв'язку з реалізацією пан'європейської стратегії збереження ландшафтного та біологічного різноманіття [373]. Цей документ передбачає створення загальноєвропейської екологічної мережі (каркаса) територіальної охорони природи. Створення такої мережі (каркаса) передбачає виявлення всіх цінних для збереження біорізноманіття територій і забезпечення їх охорони в рамках єдиної функціонально і територіально пов'язаної системи, що включає ядра мережі, екологічні коридори, буферні зони та відновлені природні або напівприродні території.

Основним елементом екологічного каркаса є ядра або центри. Це території, що виконують середовищетвірні функції, які безпосередньо забезпечують екологічну рівновагу. Основою ядер екологічного каркаса

---

[372] Сотник І. М., Горобченко Т. В. Методичні підходи до оцінки інтегрального ресурсо-соціо-екосистемного ефекту від використання екосистемних послуг. *Вісник Сумського державного університету. Сер. Економіка*. 2012. № 4. С. 5–11.

[373] Стейн Ж. Всеєвропейська екологічна мережа. *Збереження та моніторинг біологічного та ландшафтного різноманіття в Україні* : матеріали Міжнар. конф. (Київ, 19–20 чер. 2000 р.). Київ : Національний екологічний центр України, 2000. С. 22–25.

є великі природоохоронні території, що володіють значним біотичним і ландшафтним різноманіттям [374].

Елементом екологічного каркаса є екологічні коридори, що представляють основні шляхи матеріально-енергетичного обміну між ядрами (центрами) каркаса. Такими коридорами стають долини річок і струмків, ланцюги гір і височин, боліт, що збігаються зі шляхами міграції живих організмів. Для зниження негативного антропогенного впливу навколо ядер і коридорів екологічного каркаса створюються буферні зони.

Для заповнення розривів екологічної мережі, викликаних селитебною і сільськогосподарською фрагментацією території, створюються зони екологічної реставрації. Такими зонами є полезахисні і придорожні лісосмуги, ставки, сільськогосподарські угіддя, що заростають.

Інший напрям оцінки мережі природоохоронних територій з позиції підтримання екологічної рівноваги – використання *басейнового принципу*. У цьому випадку досліджувана територія ділиться на водозабірні території певної площі або порядку. Для кожного водозабору визначається число, площа і частка природоохоронних територій. Ряд авторів (Морозова Г. (1912), П'ясецький А. (1912), Рутковський В. (1949), Дубаха А. (1951), Молчанов А. (1960), Рахманов В. (1962), Горохова З. (1967), Шеляг-Сосонко Ю. (1967), Алпатьєв А. (1969), Харитонов Г. (1963, 1976), Сурмач Г. (1971), Бяллович Ю. (1972), Николаєнко В. (1980), Івонін В. (1983, 1993), Шагалов В. та ін. (1984), Зиков І. (1986), Калениченко Н. (1986, 1992), Гордієнко М. (2006), Бондар А. (2006), Бондарук Г. (2013), Дейнека А. (2014), Бойченко С. (2017) та ін.) використовують басейновий принцип для оцінки мережі природно-заповідних територій.

Сукупність уявлень про значення природоохоронних територій в збереженні різноманіття окремих компонентів природи, біотичного і ландшафтного різноманіття, а також підтримання екологічної рівноваги реалізується у вигляді *комплексного підходу.*

Прикладом оцінки стану мережі природоохоронних територій за допомогою комплексного підходу є дослідження Кревер В., Стішова М., Онуфрені І. [375].

Завдання систематизації великого масиву розрізненої атрибутивної і просторової інформації про об'єкти вирішується за допомогою геоінформаційних систем (ГІС). Існуючі в Україні ГІС і вебресурси з питань розвитку системи природоохоронних територій охоплюють як окремі території та об'єкти ПЗФ, так і регіони та країну загалом, тобто їх розробляють на локальному, регіональному та загальнодержавному рівнях [376].

---

[374] Conserving Europe's Natural Heritage. Towards a European Ecological Network / G. Behhett (ed.). London; Dordrecht; Boston, 1994. 334 p.

[375] Environmental indicators: Typology and overview / TNO Centre for Strategy, Technology and Policy, The Netherlands. Copenhagen, 1999. 19 p. URL : http://ilm.geogr.uni–jena.de/fileadmin/Geoinformatik/projekte/brahmatwinn/Workshops/FEEM/Indicators/EEA_tech_rep_25_Env_Ind.pdf (last accessed: 12.04.2018 p.).

[376] Корогода Н. П. Використання ГІС при проектуванні екомереж. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Сер. Географія*. 2005. Вип. 51. С. 47–48.

Досвід впровадження засобів ГІС та вебтехнологій у процес картографічного забезпечення створення, управління та підтримки окремих напрямів діяльності установ ПЗФ різних категорій (науково-дослідної, природоохоронної, моніторингової, туристичної, еколого-просвітницької тощо) наведено, зокрема, в публікаціях представників Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, тут також висвітлені проблеми організаційного, фінансового та кадрового характеру, що гальмують їх повноцінний розвиток у цій галузі в Україні.

Одним з напрямів їх широкого використання є *сфера тематичного картографування*, що охоплює створення не тільки окремих карт, але і таких складних картографічних творів, як атласи.

Концепція картографування природокористування базується на трактуванні природокористування як комплексної сфери людської діяльності, що включає природну, господарську та соціальну складові і грунтується на комплексі природничо-наукових, соціально-економічних і картографічних знань. Картографічний метод дослідження є найбільш ефективним методом вивчення і оцінки територіальної організації природокористування, що відображає складну систему зв'язків між господарством, розселенням, виробничою і соціальною інфраструктурами і природним середовищем. Ця сфера діяльності формує свою територіальну структуру, що має різні зв'язки з природним середовищем – тобто територіальну організацію природокористування.

У процесі аналізу робіт складено серії карт, що відображають особливості природокористування в різних регіонах Південно-Бузького екокоридору на різних рівнях узагальнення (регіональному, локальному), і запропоновано тематичну (сюжетну) класифікацію карт, що характеризують різні аспекти взаємодії суспільства і природи [377].

Наведена система взаємопов'язаних і взаємодоповнюючих карт, складання яких спирається в основному на типологічний метод дослідження, дозволяє проводити поглиблений аналіз різних складових механізму взаємодії суспільства і природи. Кожна пара карт симетричних ланок, що стоять в схемі на одному рівні, відображає з різних боків один і той же аспект їх взаємодії. У цю схему включені карти, які мають давню історію створення і є необхідними ланками в дослідженні сформованого природокористування і стану навколишнього середовища (оцінки природних умов і ресурсів, використання земель тощо). На особливу увагу заслуговують карти нової тематики, такі, як карти антропогенного впливу на природне середовище, які включають: виявлення видів впливу, джерел забруднення, визначення функціональних напрямів впливу і величини потоків речовини і енергії між суспільством і природою; карти перетворення природного середовища як результату діяльності людини, на яких показані накопичені зміни природних

[377] Систематизація регіональних екомереж та перспективних заповідних територій Південно-Бузького меридіонального екологічного коридору : колективна монографія / Совгіра С., Гончаренко Г., Миколайко В. та ін. Умань : Сочінський М. М., 2018. 480 с.

комплексів, виражені в поєднанні біотичних і геохімічних видів порушень. Центральне місце в схемі відводиться картам природокористування, пов'язаним з усіма групами карт.

Проведені дослідження дозволили виробити основні принципи застосування картографічного методу для вирішення природоохоронних завдань: принципи комплексності, системності та регіональності.

Комплексне картографування полягає в охопленні всіх аспектів взаємозв'язку суспільства і природи, включаючи картографування природоохоронного потенціалу, використання і охорони природних комплексів та ресурсів, галузевої і територіальної структури природокористування, впливу на природне середовище та соціально-економічних і геоекологічних наслідків антропогенної діяльності.

Вивчення і картографування природоохоронного потенціалу в різних регіонах полягає у виявленні особливостей взаємодії господарської діяльності з природним середовищем в різних природних і соціально-економічних умовах, у виявленні зональних, регіональних і локальних структур природоохоронного потенціалу, особливостей їх просторово-часової мінливості і специфіки їх взаємозв'язків з природним середовищем.

Без проведення класифікації природно-господарських комплексів, виявлення рис подібності та відмінності, особливостей їх розташування і підпорядкування, неможливо складання карт природоохоронного потенціалу.

Розробка класифікацій – складний процес, який вимагає не тільки глибокого знання проблеми, що досліджується, але і деяких логічних правил. Арманд Д. (1975) сформулював правила поділу понять стосовно географічних класифікацій. Вид, як найменша одиниця класифікації, завжди входить до складу більш великого виділу – роду, типу. Сума виділених видів повинна дорівнювати обсягу родового поняття. Неприпустимо, щоб в межах роду, типу були види, що не відносяться до даного роду або підпорядковуються іншій, більш високій одиниці класифікації.

В межах одного ступеня класифікації, підпорядкованого одному родовому поняттю, має витримуватися тільки одна класифікаційна ознака, що дозволяє більш широко використовувати метод провідного фактора. Якщо при розробці класифікації заздалегідь відібрати кілька найбільш істотних ознак і виявити їх супідрядність, кожна з них виступатиме в якості провідної у цій класифікації. Інші ознаки можуть вважатися другорядними, супутніми, і не повинні впливати на виділення самостійних комплексів.

Для картографування природоохоронного потенціалу потрібна попередня систематизація типів природоохоронних територій за їх цільовим призначенням і природними властивостями території. Оскільки єдиного підходу до класифікації природоохоронного потенціалу не існує, відповідно до викладених вище уявлень про класифікації пропонується при картографуванні використовувати вищезазначені принципи.

Важливою класифікаційною ознакою є інтенсивність впливу на природне середовище. За ступенем господарського освоєння території діляться на три основні групи: 1) переважно середовище природоохоронного значення та екологічного резерву; 2) екстенсивного господарського використання; 3) інтенсивного господарського використання.

Важливою характеристикою картографування потенціалу природо-заповідних об'єктів представляється визначення їх потенційних і виконуваних функцій, в зв'язку з тим, що багато комплексів одночасно виконують кілька функцій, які часто суперечать одна одній, а фактичне використання деяких природних комплексів не відповідає їх функціональному призначенню.

Такий підхід дозволив виявити і відобразити на картах просторово-часові особливості природоохоронного потенціалу (склад, співвідношення, цільове призначення видів природоохоронного потенціалу, форми і способи організації виробництва в різних природно-зональних і геолого-геоморфологічних умовах, історію освоєння, інтенсивність використання ресурсів, геоекологічну обстановку та ін.), забезпечити різну ступінь узагальнення інформації і створювати карти різного територіального охоплення.

Наприклад, для лісгоспів вимогою точності картографії є дециметровий діапазон. Такого результату можна досягти, лише проведенням геодезичних робіт в польових умовах. Так, на погляд Клименко М. , в першу чергу потрібно проводити знімальні роботи меж землекористування та квартальної мережі. Зйомка меж виділів занадто кропіткий процес, який потребує багато часу та непідйомних в наш час витрат для підприємств. Через це, насамперед потрібно зробити картографічний «кістяк» – межі кварталів, тоді як межі виділів поступово набудуть заданої точності в результаті ведення господарської діяльності підприємства, за умови використання ним геодезичних пристроїв у процесі відводів [378].

Наприклад, для виготовлення точної електронної карти квартальної мережі лісогосподарським підприємствам необхідно пройти такі етапи.

1. Аналіз існуючих матеріалів та підготовка проектних точок для зйомки.

2. Зйомка геодезичними пристроями в натурі запроектованих точок на перетинах квартальних просік та квартальних меж з межею землекористування [379].

3. Обробка даних в камеральних умовах, узгодження результатів робіт від існуючої державної геодезичної мережі або мережі стаціонарних GNSS-станцій [380].

---

[378] Методологія та організація наукових досліджень (в екології): підручник / Клименко М. О., Петрук В. Г., Мокін В. Б. та ін. Херсон : Олді-плюс, 2012. 474 с.

[379] Maelfait H., Belpaeme K. The Belgian Coastal Atlas: moving from the classic static atlas to an interactive data-driven atlas. *Journal of Coastal Conservation*. 2009. № 14. P. 13–19.

[380] Шеляг-Сосонко Ю. Р., Гродзинский М. Д., Романенко В. Д. Концепция, методы и критерии создания экосети Украины. Киев : Фитосоциоцентр, 2004. 144 с.

4. Побудова нової квартальної мережі на основі даних зйомки.

5. Передача інформації до лісовпорядних підприємств для подальшого використання.

Отже, точна електронна карта надає такі переваги, а саме:

– точну накладку результатів зйомки на лісовпорядний планшет без допоміжних точок прив'язки;

– винесення таксаційних виділів на місцевість за координатами.

Необхідними передумовами створення електронної карти, як точної картографічної основи лісогосподарського підприємства, є такі:

– геодезична зйомка квартальної мережі території підприємства за допомогою сучасних GPS-приймачів і мережі GNSS-станцій до проведення базового лісовпорядкування;

– ревізія і корекція ортофотопланів, що будуть використані при проведенні лісовпорядкування;

– використання спеціального програмного забезпечення для контурного дешифрування аерофотознімків на підготовчій стадії лісовпорядних робіт [381].

Особливим методом систематизації розміщення природоохоронного потенціалу, що має різне використання, служить *процес районування на різному рівні узагальнення природоохоронного потенціалу*.

З 2000-х років карти природоохоронної тематики є невід'ємною складовою атласів усіх регіональних рівнів, зокрема, це: «Національний атлас України» (2007); «Україна. Еколого-географічний атлас» (2006), «Екологічний атлас України» (2009); «Автономна Республіка Крим» (2003), «Комплексний атлас Київської області» (2009), екологічні атласи Харківської області (2005), Львівщини (2007), Дніпропетровської області (2009) та інші.

Крім атласів, картографічне відображення територій та об'єктів природно-заповідного фонду є у спеціалізованих виданнях, таких як: «Атлас об'єктів природно-заповідного фонду України» (2003), «Природно-заповідний фонд України: території та об'єкти загальнодержавного значення» (2009) тощо [382]. Ці видання вміщують карти, картосхеми, ілюстрації та інформацію (місце розташування, площа, підстава та мета створення, основна характеристика чи опис тощо) про заповідні території та об'єкти загальнодержавного і місцевого значення всіх регіонів України.

Недоліком їх є неможливість поновлення наведених даних та необхідність їх актуалізації у зв'язку зі зростанням кількості та розмірів територій ПЗФ.

Подібні видання розроблені в деяких областях – «Донбас заповідний: науково-інформаційний довідник-атлас (2008), «Атлас заповідних

---

[381] Соболев Н. А., Руссо Б. Ю. Стартовые позиции экологической сети Северной Евразии: рабочая гіпотеза. *Предпосылки и перспективы формирования экологической сети северной Евразии. Охрана живой природы*. 1998. Вып. 1 (9). С. 22–31.

[382] Національний Атлас України. Київ : ДНВП «Картографія», 2007. 440 с.

об’єктів Луганщини» (2009), довідник «Природно-заповідний фонд Київської області» (2012), що свідчить про дефіцит сучасних картографічно-довідкових творів регіонального рівня.

Нами створено реєстр та атлас природоохоронного потенціалу Південно-Бузького екокоридору. На першому етапі робіт над їх створенням зібрано і систематизовано великі картографічні, ілюстративні та атрибутивні матеріали про різні компоненти Південно-Бузького екокоридору, що представляють результати багаторічних наукових досліджень і зберігаються в «Літописах природи», розрізнених публікаціях, в архівах і фондах. Крім того, спеціально для збору відсутніх даних і складання тематичних карт авторами організовано комплексні екологічні експедиції в район досліджень.

Новий та перспективний напрям з картографічного забезпечення розвитку ПЗФ пов’язаний із застосуванням сучасних *веб-технологій.*

Нині створено значну кількість вебресурсів, присвячених природоохоронним територіям. Назвемо ті, що найповніше представляють Україну.

Це, зокрема, «Атлас об’єктів природно-заповідного фонду України» [383], що містить описи більш ніж 6500 територій та об’єктів природно-заповідного фонду. Кожній з категорій (типу) територій та об’єктів загальнодержавного та місцевого значення присвячено окрему карту. Наведено рік заснування об’єкта та його площа.

До них відноситься також і спільний проект Програми ООН з навколишнього середовища (UNEP) та Міжнародного союзу охорони природи (IUCN) – геопортал ProtectedPlanet.net [384], що є веб-інтерфейсом Всесвітньої бази даних природоохоронних територій (World Database on Protected Areas). ProtectedPlanet надає повноцінний інтерактивний сервіс на основі Google Maps, що дозволяє користувачам здійснювати інтуїтивний пошук і формувати просторові запити, відображати статистичну, текстову і графічну інформацію про природоохоронні території, зберігати цю інформацію тощо. Україна у Всесвітній базі даних природоохоронних територій представлена списком з 5268 природоохоронних об’єктів та територій (станом на жовтень 2017 року). Атрибутивні дані вміщують назву об’єкта, рік заснування, розмір площі та відповідність категоріям, встановленим IUCN.

Всеохоплюючу базу даних природоохоронних територій загальнодержавного, регіонального та місцевого (в декількох областях) значення розміщено на сторінці у «Вікіпедії: вільній енциклопедії» «Природно-заповідний фонд України [385]. Дано їх стислий опис,

---

[383] Атлас об’єктів природно–заповідного фонду України на порталі «Природа України». URL : http://pzf.land.kiev.ua.

[384] Програми ООН з навколишнього середовища (UNEP) та Міжнародного союзу охорони природи (IUCN) – геопортал ProtectedPlanet.net. URL : www.protectedplanet.net.

[385] Вікіпедії: вільній енциклопедії «Природно-заповідний фонд України». URL : https://uk.wikipedia.org/wiki/Природно-заповідний_фонд_України.

геолокацію та багато фотографій, в тому числі зроблених у рамках щорічних фотоконкурсів з 2013 р. – «Вікі любить Землю».

Ще одним джерелом є офіційний веб-сайт «Природно-заповідний фонд України» Міністерства енергетики та захисту довкілля України [386], на якому представлені тільки установи ПЗФ: природні та біосферні заповідники, національні природні парки, ботанічні сади та парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва), та вміщена інформація з бази даних Чорноморської Програми Wetlands International щодо водно-болотних угідь України, включених до переліку водно-болотних угідь міжнародного значення (Рамсарський список), а також перспективних для включення в нього.

На регіональному рівні станом на кінець 2019 року тільки 5 областей мали відповідний веб-картографічний сервіс, розміщений на веб-сайтах державних установ. Проведений аналіз картографічних творів та веб-ресурсів свідчить про недостатність повноцінного інформаційного та картографічного забезпечення сучасного розвитку ПЗФ України на загальнодержавному та регіональному рівнях та його невідповідність вимогам сучасного розвитку науки і технологій.

Окремі винятки з цього правила пов'язані з діяльністю вітчизняних неурядових екологічних організацій, наукових установ та закладів, громадськості.

Систематизовані атрибутивні дані були організовані в єдину базу даних, а картографічні твори приведені до єдиної проекції і системи координат у створеній в середовищі ArcGIS (ESRI) геоінформаційній системі долини річки Південний Буг. У зв'язку з надзвичайною динамічністю Південно-Бузького екокоридору, наявні тематичні та топографічні карти були уточнені і актуалізовані за космічними і аерофотознімками високої і надвисокої роздільної здатності.

На другому етапі робіт на основі принципів комплексного системного картографування розроблено логічну концепцію реєстру атласу як картографічної моделі природоохоронного потенціалу Південно-Бузького екокоридору.

На третьому етапі розроблено методи візуалізації наявної просторової і атрибутивної інформації, легенди до тематичних карт, складені серії картографічних і інфографічних творів і підготовлені пояснювальні записки до них.

Робота над реєстром та атласом дозволила нам виділити особливості комплексного атласного картографування для об'єктів, які є унікальними в світовому масштабі і мають видатну природоохоронну цінність:

1) багатофункціональність та доступність для широкої аудиторії. Будучи одночасно і довідником, і путівником з природоохоронних

[386] Природно–заповідний фонд України : Офіційний веб-сайт Міністерства екології та природних ресурсів України. URL : http://pzf.menr.gov.ua.

об’єктів, Атлас має оприлюднювати результати фундаментальних і прикладних досліджень у формі, зрозумілій і цікавій не тільки вузьким спеціалістам, а й студентам, туристам і іншим категоріям користувачів. Цей принцип розповсюджується не тільки на пояснювальні записки до картографічних творів, але й на самі карти, найчастіше визначаючи їх набір і зміст, застосування тих чи інших способів відображення характеристик і оформлення картографічних творів в цілому;

2) системність і комплексність представлення об’єкту, що виявляється в двох аспектах: а) в поданні об’єкта як сукупності його компонентів, як динамічної системи з новими властивостями, які не є простою сумою властивостей окремих складових; б) в характеристиці об’єкта особливої природоохоронної значимості як частини більшої системи – території, що охороняється/системи природно-заповідних територій/системи унікальних об’єктів тощо;

3) природоохоронна проблематика як обов’язкова складова всіх тематичних блоків: при висвітленні будь-якої тематики особлива увага приділяється непостійності того чи іншого компонента екосистеми, які є загрозами, необхідності вивчення і збереження природного об’єкта і ролі природно-заповідних територій у цьому збереженні.

Наступним еволюційним етапом робіт систематизації, візуалізації і популяризації наукової екологічної інформації про унікальні об’єкти нам бачиться створення атласної інформаційної системи – електронної версії паперового Атласу, що володіє розширеними функціональними можливостями, в тому числі можливостями масштабування, навігації, адресного пошуку, картометричних і більш складних аналітичних функцій, властивих ГІС.

У роботі, початковим етапом є інвентаризація природного різноманіття. Різноманітність як природоохоронних територій, так і інших територій оцінюється за 3 групами критеріїв:

1) забезпечення географічної репрезентативності. Географічний підхід включає аналіз результатів дешифрування даних дистанційного зондування;

2) забезпечення збереження біотичних видів. Для цього використовується компонентний підхід. Проводиться порівняння видового складу Червоних книг регіонів і України зі списками видів, що мешкають на природоохоронних територіях. Достатність охорони виду оцінює група регіональних і загальнодержавних експертів;

3) збереження інших цінних природних територій. Оцінка за даним критерієм здійснюється за допомогою аналізу представленості інших територіальних форм охорони природи. У число таких форм увійшли: водно-болотні угіддя міжнародного значення, ключові орнітологічні території, ліси високої природоохоронної цінності (включаючи малопорушені лісові території), території поширення рідкісних рослинних угруповань України і зосередження диких родичів культурних рослин.

Крім того, оцінка проведена і за іншими показниками. До них увійшли: високий рекреаційний потенціал окремих територій; наявність особливо цікавих абіотичних об'єктів; забезпечення екологічної рівноваги в регіонах і підтримання популяцій видів, що мають господарсько-економічне значення. Окремо проводиться оцінка відповідності діючих категорій природоохоронних територій і реально виконуваних ними функцій. Визначаються оптимальні категорії для мережі природоохоронних територій національного значення. Також наведені результати дослідження ступеня антропогенної трансформації існуючих природоохоронних територій і приклади «уявної» охорони. Надалі території, надзвичайно трансформовані, виключаються з аналізу.

На основі компонентного підходу аналізувалося збереження цінних геологічних, гідрологічних, ботанічних і зоологічних об'єктів. За допомогою ландшафтного підходу здійснювалася оцінка представленості різних типів ландшафтів в мережі природоохоронних територій. Ці дані доповнені аналізом соціально-економічного та екологічного стану. Результат роботи – комплекс рекомендацій зі створення нових і розширення частини існуючих природоохоронних територій.

За результатами інвентаризації складається список територій, рекомендованих для доповнення мережі природоохоронних об'єктів. Всі рекомендовані території ранжуються за ступенем значущості, визначається оптимальна черговість їх створення. Для кожної із запропонованих територій рекомендована категорія і територіальний тип (нова природоохоронна територія, розширення існуючої природоохоронної території, створення кластерної природоохоронної території, приєднання кластерів до вже існуючої природоохоронної території тощо). Подібний підхід досить складний і трудомісткий, вимагає залучення великого числа фахівців, фінансових і тимчасових витрат. У цьому полягає його головне обмеження. Разом з тим знімаються основні недоліки компонентного і ландшафтного підходів.

Аналіз робіт, присвячених дослідженню стану мереж природоохоронних територій, дозволяє виділити 5 типів оцінок.

1. Значення ролі мережі природоохоронних територій для збереження компонентного (геологічного, гідрологічного, грунтового, ботанічного, зоологічного) різноманіття визначається порівнянням типів компонентів, зазначених на природоохоронних територіях, із загальним списком різновидів природного компонента всієї розглянутої території.

2. В рамках екосистемного підходу провідну роль відіграє біота. Це зумовило виділення особливого напряму оцінок мереж природоохоронних територій з точки зору збереження біорізноманіття. Відповідно до конвенції ООН збереження біорізноманіття має включати рівні від генетичного до екосистемного. Тому збереження компонентного різноманіття (якщо мова йде про рослинність і тваринний світ) можна

прирівняти до збереження біорізноманіття на популяційно-видовому рівні.

3. Під час оцінки мережі природоохоронних територій для збереження ландшафтного різноманіття в основному використовується географічний підхід. Принцип «кожному регіону – свій заповідник» ліг в основу мережі заповідників. Збереження ландшафтного різноманіття прирівнювалося до збереження біорізноманіття на екосистемному рівні.

4. Оцінка ролі мережі природоохоронних територій в підтриманні екологічної рівноваги визначається за часткою природоохоронних територій на водозабірних територіях. Розвиток мережі природоохоронних територій для підтримки екологічного балансу досягається через створення екологічних каркасів територій і створення природоохоронних територій у верхів'ях великих річок.

5. Комплексний підхід – поєднання уявлень про значення природоохоронних територій для збереження різноманіття окремих компонентів природи, біотичного і ландшафтного різноманіття, а також підтримання екологічної рівноваги.

На наш погляд, комплексний підхід повніше інших відповідає концепції сталого розвитку і одночасно дає найбільш адекватну оцінку репрезентативності мережі ПЗФ.

Як показано вище, деякі типи оцінок частково збігаються одна з одною, що нерідко викликає плутанину. Для запобігання нечіткості слід визначити специфіку термінів, що застосовуються в роботі.

У якості компонентного різноманіття розглядається багатство різних складових екосистем, за винятком біоти. Збереження біорізноманіття має на увазі збереження окремих видів біоти, а також цінних біоценозів і екосистем. Збереження ландшафтного різноманіття передбачає оцінку представленості природних зон, районів (зональні й азональні утворення) в мережі природоохоронних територій.

Під географічним різноманіттям мається на увазі загальний комплекс ландшафтного, біологічного та компонентного різноманіття. Крім відмінностей, що відображають специфіку підходів до оцінки репрезентативності виділяються особливості, характерні для ряду робіт.

Відзначено два рівня репрезентативності: репрезентативність цілої мережі природоохоронних територій і окремих природоохоронних об'єктів.

У першому випадку (Білик Р., Корогода Н., Перун Н., Самійленко В., Триснюк Т., Українець Р.) автори природне різноманіття досліджуваного регіону порівнюють з різноманітністю мережі природоохоронних територій.

У другому – частина авторів (Бащенко М., Василюк О., Гончар О., Денисик Г., Конякін С., Костів Л., Марущак О., Мудрак О., Яцентюк Ю., Яворський Б.) оцінюють репрезентативність окремих природоохоронних територій. Відбувається порівняння їх природоохоронної, а іноді і соціально-економічної значущості.

Наступна «точка біфуркації» в дослідженнях з оцінки репрезентативності – питання про критерії оцінки передбачуваної природоохоронної мережі. Критерієм, найчастіше, служить еталонна міра частки площі природоохоронних територій щодо території регіону в цілому.

Такі рекомендовані частки природоохоронних територій в різних джерелах значно варіюють; їх діапазон становить від 10 до 90 %.

На сьогоднішній день частка природоохоронних територій Південно-Бузького екокоридору від загальної площі регіону становить 5,4 %. Вважаємо реалістичним збільшення частки природоохоронних територій до 10–12 %. Це відповідає рекомендаціям міжнародних природоохоронних організацій (Світовий конгрес національних парків, 1992; Міжнародний союз охорони природи, 2012).

Остання особливість досліджень з оцінки репрезентативності – відмінності у висновках. Будь-яка робота проводиться з метою розвитку існуючої природоохоронної мережі.

Логічний підсумок цих досліджень – розробка комплексу рекомендацій щодо доповнення мережі природоохоронних територій. Незалежно від використаних підходів рекомендації, що формулюються авторами, істотно розрізняються. На наш погляд, можна виділити такі типи рекомендацій.

1. Рекомендації не пропонуються. Автори обмежуються тільки інвентаризацією природної різноманітності і порівнянням з різноманітністю, спостережуваною в межах природоохоронних територій.

2. Територія ділиться на певні зони, ділянки, райони, яким в подальшому присвоюється рівень природоохоронної значущості, цінності. Залежно від використовуваного підходу такими територіями можуть бути ландшафти, природні зони, підзони, екорегіони (виділені WWF) зони ботаніко-географічного районування тощо.

3. Ряд територій виділяється в якості рекомендованих, але для них невизначені рекомендовані площа і межі, категорії, статуси і профілі, пріоритетність створення.

4. Складено перелік територій, рекомендованих для доповнення мережі природоохоронних територій. Для кожної з них визначено пріоритетність щодо інших, рекомендовані межі і площа, категорія, статус і профіль.

Останній тип рекомендацій є найповнішим і трудомістким. Такі рекомендації створюють основу для практичної реалізації оптимізації мережі ПЗФ.

3.7. Екологічна безпека та охорона навколишнього природного середовища в сільській місцевості

Степаненко Т. О., Макєєва Л. М., Мокєрова Н. В.
Державний біотехнологічний університет

Охорона навколишнього природного середовища, раціональне використання природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки життєдіяльності людей – основна умова сталого економічного та соціального розвитку України. З цією метою держава здійснює екологічну політику, спрямовану на збереження навколишнього середовища, захисту життя і здоров'я населення від негативного впливу, зумовленого забрудненням навколишнього природного середовища, досягнення гармонійної взаємодії суспільства і природи, охорону та раціональне використання і відтворення природних ресурсів.

Науково-технічний прогрес посилюючи безпеку соціально-економічних відносин водночас призвів до появи небезпеки для здоров'я людини та довкілля. З'явився третій складовий національної безпеки – екологічна безпека. Екологічна безпека – це стан, при якому не порушується екологічна комфортність життя, реалізується здатність протистояти загрозам життю, здоров'ю всіх живих істот і, в першу чергу, людині, включаючи її благополуччя, права на безпечне середовище життя, джерела життєзабезпечення, природні ресурси. Визначення екологічної безпеки сформульовано у Законі України «Про охорону навколишнього природного середовища» [387]. Тут вона подається, як стан довкілля за якого забезпечується запобігання погіршенню екологічної обстановки та виникненню небезпеки для здоров'я людей.

Непродумана політика держави з питань промислового розвитку за попередні роки зумовила кризовий стан навколишнього природного середовища та призвела до екологічних проблем. Сучасний стан екологічної ситуації стає небезпечним не лише для нинішнього, а більшою мірою, для майбутніх поколінь, що суперечить принципам сталого розвитку та несе загрозу подальшому розвитку держави. На сучасному етапі розвитку суспільних відносин проблема забезпечення екологічної безпеки виходить на перше місце, оскільки вона покликана забезпечити таке використання природних ресурсів, що сприятиме їх природному відновленню або заміщенню. Сьогодні практично неможливо зменшити обсяги споживання природних ресурсів, щоб виправити ситуацію, що склалась, адже, потреби населення постійно зростають і значно перевищують темпи зростання його чисельності.

[387] Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 р. № 1265-XII. URL : http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/1264-12/page (дата звернення: 04.11.2021 р.).

Питання, які окреслюють теоретико-інституційні підходи до визначення поняття «екологічної безпеки», охорони навколишнього середовища досліджували такі вчені: Бабміндра Д., Барбашова Н., Белов С., Бистряков І., Горлачук В., Данилишин П., Добряк Д., Вернадський В., Качинський А., Крамная О., Половян О., Тихонов А., Трегобчук В., Ходаківська О. та інші.

Основною метою дослідження є визначення екологічної безпеки та охорони навколишнього середовища в сільській місцевості.

Аграрний сектор економіки України зумовлений забезпечувати продовольчу безпеку та продовольчу незалежність держави. За останні роки спостерігається погіршення екологічного стану сільськогосподарських угідь та зниження родючості ґрунтів – найціннішого джерела забезпечення продовольчої безпеки та добробуту населення.

За даними ННЦ «Інститут ґрунтознавства і агрохімії ім. О. Н. Соколовського» через ерозію ґрунтів щорічно втрачається близько 11 млн т гумусу, 0,5 млн т азоту, 0,4 млн т фосфору та 0,7 млн т калію, інтенсивно збільшуються площі кислих і солонцюватих ґрунтів, 38 % орних земель країни є переущільненими [388].

Серед найгостріших екологічних проблем сільського населення України слід виділити проблеми засмічення природи побутовими відходами, проблему забруднення атмосфери шкідливими викидами, забруднення води, ґрунтів, вплив хімічних засобів (пестицидів, гербіцидів) на якість вирощування сільськогосподарської продукції, проблеми знищення лісів та неякісної води.

Зважена екологія – цілеспрямований добробут об’єднаних територіальних громад. Адже, не кожна громада має достатньо можливостей для вирішення проблемних питань у сфері екології. Це стосується громад з недостатньо розвиненою інфраструктурою та матеріальною базою. Тому тільки через активну позицію сільських жителів можливо покращити екологічне становище та досягти бажаного результату.

На сьогодні для місцевих громад створені такі умови, у яких вони можуть активно й ефективно вирішувати територіальні екологічні проблеми. Однак сама громада має навчитись лобіювати ці проблеми зі своїми можливостями.

Питання природоохоронної сфери перш за все регулює Конституція України [389] та Закон України від 25.06.1991 р. № 1264-XII «Про охорону навколишнього природного середовища» [387]. Також відповідно до ст. 33 Закону України від 21.05.1997 р. № 280/97-ВР (остання редакція від 29.08.2021 р.) «Про місцеве самоврядування

[388] Федоров М. М., Ходаківська О. В., Корчинська С. Г. Розвиток органічного виробництва / за ред. М. М. Федорова, О. В. Ходаківської. Київ : ННЦ ІАЕ, 2011. 46 с.

[389] Конституція України від 28.06.1996 р. URL : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр#Text (дата звернення: 04.11.2021 р.).

України» [390] до «екологічного» відання виконавчих органів сільських, селищних, міських рад належать, зокрема:

1. Підготовка і подання на затвердження проектів місцевих програм охорони довкілля, участь у підготовці загальнодержавних і регіональних програм охорони довкілля;

2. Підготовка і внесення на розгляд громади пропозицій щодо прийняття рішень про організацію територій і об'єктів природно-заповідного фонду місцевого значення та інших територій, що підлягають особливій охороні; внесення пропозицій до відповідних державних органів про оголошення природних та інших об'єктів, що мають екологічну, історичну, культурну або наукову цінність, пам'ятками природи, історії або культури, які охороняються законом, підготовка і внесення на розгляд ради пропозицій щодо прийняття рішень про оголошення в місцях масового розмноження та вирощування потомства дикими тваринами «сезону тиші» з обмеженням господарської діяльності та добуванням об'єктів тваринного світу.

Вирішення економічних та екологічних проблем у сільському господарстві необхідно розглядати через екологобезпечне використання земель, що має базуватися на екологічно збалансованому підході до використання природних ресурсів, що дає змогу забезпечити відновлення родючості ґрунтів, підвищити продуктивність сільськогосподарських угідь.

З кожним роком кількість населених пунктів в Україні зменшується. На території колишніх сіл створюють сміттєзвалища, місця для захоронення шкідливих речовин та ін. За даними офіційного веб-порталу Верховної Ради України станом на 2021 р. порівняно з 2000 р. зникло 367 сіл (рис. 1).

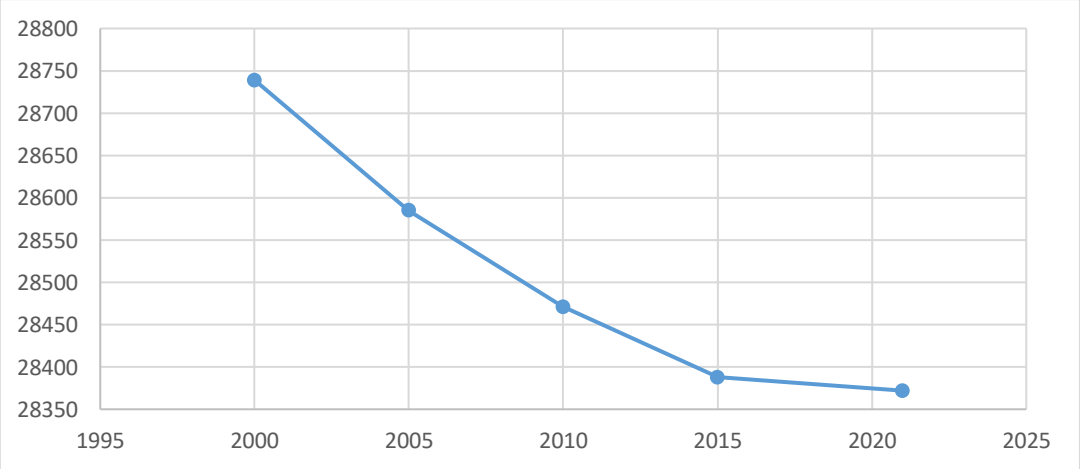


Рис. 1. Кількість сільських населених пунктів в Україні (станом на 01.01.2021 р.)

Джерело: авторська розробка за даними офіційного веб-порталу Верховної Ради України.

Органи місцевого самоврядування мають право затверджувати місцеві екологічні програми. Як правило, громади майже не

[390] Про місцеве самоврядування України від 21.05.1997 р. № 280/97-ВР : Закон України. URL : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/280/97-вр#Text (дата звернення: 05.11.2021 р.).

переймаються питаннями екології: інколи їм невідома проблема мешканців через відсутність взаємодії між ними, а інколи (найчастіше) – немає коштів та не вистачає часу для пошуків вирішення проблеми.

Сучасна успішна екологічна політика не може бути результатом дій лише місцевої влади, у тому числі вона не може відбуватись лише за органів місцевого самоврядування. Це результат взаємодій і співпраці різних суспільних груп населення, як на локальному, базовому, регіональному так і на національному рівнях.

Екологія – складна сфера, яка є не лише вичерпною, але й важко відновлюваною, схильною до постійних змін. А тому відповідальність за екологічні питання лежать на територіальній громаді. І до неї також варто це доносити та спільно вирішувати ті чи інші проблеми. А громада спочатку має їх окреслити, виділити серед них першочергові та другорядні, дорого вартісні та бюджетні. А вже потім треба шукати шляхи їх вирішення та складати плани фінансування на майбутнє.

Нами було розроблено стуктурно-логічну модель екологічної безпеки та охорони навколишнього природного середовища сільських територій , яка передбачає формування ефективної системи запобіжних заходів і контролю за їх виконанням щодо екологічної безпеки життєдіяльності сільського населення й охорони навколишнього природного середовища в сільській місцевості (рис. 2).

На виконання поставлених цілей необхідно спрогнозувати алгоритм дій:

- утилізація й знешкодження заборонених і непридатних до використання пестицидів, що зберігаються на складах;
- збільшення обсягів виробництва продукції рослинництва у результаті вжиття запобіжних заходів щодо захисту від забруднення поверхневих та підземних вод сільських населених пунктів і сільськогосподарських угідь на цих територіях;
- попередження втрати гумусу та погіршення фізико-хімічних та агроекологічних властивостей ґрунтового покриву через запобігання масовим пожежам на сільськогосподарських угіддях у літній період при спалюванні соломи на полях;
- поліпшення екологічного стану ґрунтів, недопущення вмісту в ґрунтах шкідливих речовин вище гранично допустимих концентрацій, зокрема: свинцю – 20 мг/кг, ртуті – 2,1, нікелю – 4,0, фтору – 10,0 мг/кг;
- забезпечення радіаційної безпеки території для проживання населення;
- збільшення частки підприємств, в яких запроваджено системи управління хімічними речовинами згідно з міжнародними стандартами, у загальній сукупності підприємств, що використовують небезпечні хімічні препарати;
- збільшення частки утилізованих відходів та скорочення кількості несанкціонованих сміттєзвалищ;



Рис. 2. Структурно-логічна модель екологічної безпеки та охорони навколишнього природного середовища сільських територій

Джерело: авторська розробка.

- вилучення зі складу орних земель і переведення під залісення та залуження малопродуктивних і деградованих земель, вапнування та гіпсування ґрунтів;

- суворе дотримання регламентів застосування пестицидів у сільському господарстві та посилення комунікацій між бджолярами та аграріями з метою недопущення загибелі бджіл;

- створення власної індустрії виробництва хімічних меліорантів на базі розвитку цехів з переробки місцевих карбонатних порід;

- збільшення урожайності сільськогосподарських культур на площах, де проводилась хімічна меліорація земель;

- приріст врожаю від проведення культур-технічних заходів;

- додатковий чистий дохід від проведення гіпсування засолених і солонцюватих ґрунтів, вапнування кислих ґрунтів;

- збільшення частки органічних сільськогосподарських угідь.

Тож, в результаті антропогенної діяльності людини відбуваються значні зміни в навколишньому середовищі. А зміни довкілля впливають на всю екосистему.

Екологічна безпека гарантується громадянам України здійсненням широкого комплексу взаємопов'язаних політичних, економічних, технічних, організаційних, державно-правових та інших заходів. Діяльність фізичних та юридичних осіб, що завдає шкоди довкіллю, може бути припинена за рішенням суду.

Переважна більшість заходів, що спрямовуються на посилення національної безпеки так чи інакше стосуються екологічної безпеки, як її складової.

Найбільшими екологічними проблемами сільського населення, на думку громадян, в населених пунктах є:

— *сміття* (нерегулярний вивіз сміття, засмічення міських вулиць і зелених зон, відсутність інфраструктури для сортування і нестачу сміттєспалювальних заводів);

— *якість повітря* (загазованість, смог і забруднення повітря, що призводять до необхідності впровадження системи вимірювання якості повітря);

— *якість води* (питна вода низької якості та потребує експертиз щодо можливості її вживання);

— *інші екологічні проблеми* (вирубування зелених насаджень, а також зміни клімату).

Для розв’язання представлених екологічних проблем необхідно задіяти чималий матеріальний, адміністративний та інституційний ресурс. Проте, перш за все, необхідно підвищити екологічну культуру людей, що автоматично призведе до очищення вулиць та зелених зон від сміття.

За додержанням вимог природоохоронного законодавства здійснює державний нагляд (контроль) Державна екологічна інспекція України (ДЕІУ)

та її територіальні органи. Ці функції закріплені положенням про ДЕІУ, затвердженим постановою КМУ від 19.04.2017 р. № 275 [391]. Однак на місцях стежити за додержанням екологічних вимог можуть саме мешканці, залучаючи для вирішення таких питань не лише органи місцевої та державної влади, але й представників бізнесу, волонтерів або спонсорів.

Серед найчастіших порушень, що стосуються екологічного стану навколишнього середовища на сільській території, можна виділити такі: спалювання відходів, випал сухої рослинності, неправильна експлуатація водойм, засмічення зелених зон та вулиць. Чи є якісь бюджетні механізми впливу на порушників природоохоронного законодавства? Так, він існує.

Цивільно-правова відповідальність передбачає обов'язок юридичних та фізичних осіб відшкодування шкоди, заподіяної ними внаслідок порушення нормативів, вимог та норм екологічної безпеки, тобто покладає на винних осіб майнові або інші зобов'язання.

Чинне екологічне законодавство (ст. 69) [387] передбачає відшкодування заподіяної шкоди, як правило, в повному обсязі без застосування норм зниження розміру стягнення та незалежно від плати за забруднення навколишнього природного середовища та погіршення якості природних ресурсів. Згідно із затвердженим переліком багато видів діяльності та об'єктів становлять підвищену екологічну небезпеку для навколишнього природного середовища. Законодавство відносить такі види діяльності та об'єкти до джерел підвищеної екологічної небезпеки. Особи, які володіють джерелами підвищеної екологічної небезпеки, зобов'язані компенсувати заподіяну шкоду громадянам та юридичним особам, якщо не доведуть, що шкода виникла внаслідок стихійних природних явищ чи навмисних дій потерпілих.

Шкода може бути заподіяна як навколишньому природному середовищу, так і здоров'ю та майну громадян або майну юридичних осіб. Відшкодування шкоди, спричиненої навколишньому природному середовищу, передбачається двома способами: в натурі або грошовому вираженні згідно із затвердженими у встановленому порядку таксами, а також методиками обчислення розміру шкоди, а за їх відсутності — за фактичними витратами на відновлення порушеного стану навколишнього природного середовища.

Зауважимо, сміттєвий колапс у нашій державі може трапитись із кожним населеним пунктом. Однак здебільшого його створюють саме мешканці. Тож вирішувати проблему треба зі зміни свідомості. Адже скільки не постав урн для сміття або не прибери сміттєзвалищ, сміття все одно буде з'являтись.

[391] Про державну екологічну інспекцію України : Постанова Кабінету Міністрів України від 19.04.2017 р. № 275. URL : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/275-2017-п#Text (дата звернення: 04.11.2021 р.).

Треба сказати, що більшість ОТГ починають успішно запроваджувати екологічну політику на своїх територіях. Однак багато управлінських рішень виявляються неефективними через різноманітні причини.

Інтенсифікація сільськогосподарського сектору призводить до посилення деструктивних процесів у навколишньому природному середовищі. У цьому зв'язку існує нагальна потреба у екологізації технологій та управлінських рішень на основі використання досвіду провідних країн світу. Подальше формування політики екологізації сільського господарства України має відбуватися у напрямку розроблення ефективних механізмів стимулювання охорони навколишнього середовища та підвищення результативності існуючого інструментарію, передбаченого законодавством.

Для ефективного використання земель сільськогосподарського призначення, перш за все, необхідно дотримуватися комплексу елементів технологій вирощування сільськогосподарських культур, спрямованих на збереження, відновлення та підвищення родючості ґрунту і як наслідок отримання високих врожаїв, а, отже, і прибутку.

Система заохочення землевласників та землекористувачів до здійснення землеохоронних заходів повинна включати заходи як прямого, так і побічного економічного стимулювання. Критерієм економічного стимулювання є підвищення родючості землі відносно їх базового рівня. А це потребує для кожної земельної ділянки агрохімічних паспортів чи сертифікатів якості ґрунтового покриву, які разом із сертифікатами на право власності стануть базовими кадастровими документами для здійснення будь-яких операцій з обігу земель.

Підвищення ефективності сільськогосподарських угідь, підвищення урожайності сільськогосподарських культур передбачає збільшення кількості внесення добрив до науково рекомендованих оптимальних норм; пропорційного внесення азотних добрив протягом вегетації на основі даних ґрунтової та рослинної діагностики; застосовування змішаної органо-мінеральної системи удобрення, застосування інтегрованої системи захисту рослин від бур'янів; впровадження регуляторів росту; високоякісного виконання всіх технологічних операцій, забезпечення якого передбачає підвищення фондооснащеності господарства та фондоозброєності праці у господарстві за рахунок поновлення активної частини основних виробничих фондів, тобто збільшення інвестицій у сільськогосподарське виробництво.

Забезпечення відтворення і підвищення родючості ґрунтів передбачає впровадження у практику систем екологобезпечних ґрунтозахисних технологій обробітку ґрунту, адаптованих до зональних особливостей із залученням систем біологічного захисту рослин та використанням альтернативних мінеральним добрив; залучення альтернативних джерел поповнення органіки.

Найближчі перспективи екологізації розвитку на території місцевих громад повинні спиратися на зупинення руйнуючого впливу територіально-виробничих комплексів на навколишнє природне середовище та природно-ресурсний потенціал. У перспективі важливим залишається перехід до сталого екологічно-збалансованого розвитку територіально-виробничого комплексу на основі відродження унікальних складових його природно-ресурсного потенціалу та цілеспрямованого зростання якості середовища життєдіяльності людей.

Таким чином, на наш погляд, постає необхідність створення сучасного комплексу взаємопов'язаних правових, організаційно-господарських, науково-технічних та державних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища на основі комплексного підходу до раціонального використання природних ресурсів.

Вирішення питань раціонального використання земель є основою підвищення економічної ефективності сільськогосподарського виробництва. Тож вирішення економічних та екологічних проблем природокористування у сільському господарстві необхідно розглядати через екологобезпечне використання земель, яке має базуватися на екологічно збалансованому підході до використання природних ресурсів, що дає змогу забезпечити відновлення родючості ґрунтів, підвищити продуктивність сільськогосподарських угідь.

Екологічна безпека, як фактичний стан довкілля, є сукупністю певних його властивостей та створюваних діяльністю людини умов, за яких з урахуванням економічних, соціальних чинників і науково обґрунтованих допустимих навантажень на об'єкти біосфери утримуються на мінімально можливому рівні ризики антропогенного впливу на довкілля та забезпечується збереження життєдіяльності людей.

Тож, стратегічною метою сталого сільського розвитку є забезпечення збалансованого економічного, демографічного, соціального та екологічного розвитку сільських територій на основі підвищення конкурентоспроможності й дохідності сільськогосподарського виробництва, диверсифікації господарської діяльності, охорони й раціонального використання природних, трудових і виробничих ресурсів сільських територій, досягнення соціальних стандартів і нормативів проживання для сільського населення.

3.8. The modeling peculiarities of pollutions propagation of the different origin in saturated-unsaturated media

Telyma S. V.
Institute Hydromechanics of NAS of Ukraine

The current problems of environmental pollution including the underground hydrosphere requires in our time more in-depth and comprehensive research. It is clear that understanding the processes of groundwater pollution is impossible without the clarification of its mechanisms. Researches on groundwater pollution are devoted to many scientific works but most of them mainly investigate the mathematical models of ground water pollution and in a lesser extent are considering the mechanisms of the processes of propagation the pollutions of different origin in water media although in our opinion their understanding is very important [392, 393, 394, 395].

In the given work the analysis of mechanisms of propagation of groundwater pollution and methods of its forecasting on the basis of numerical-analytical models of geophiltration and mass transfer are considered.

It can be noted that the existing methods of studying groundwater contamination indicate that both the fundamental and methodological aspects of the study of this process are still not well understood.

In recent years the problems of groundwater pollution have come from the standpoint of modern methodology which includes mandatory field research which are then tested and used to identify systems that are characterized by their structure, parameters and behavior.

These characteristics are also studied on physical models for determining the behavior of systems for simplified conditions.

Such experiments allow us to examine and validate the models and to reconcile them with the source data.

Once the model has already been created then there may be cases of repeated field studies to determine the new parameters that are required when creating model is under conditions of insufficient information. After this the model is used to predict and compare the results of modeling with field data.

It is known that the quality of water used for water supply and technical needs depends on the type of groundwater, the properties of the aquifers and the physical and chemical processes occurring in this environment. During of contamination of aquifers it can be distinguished several periods of the time of movement of pollutants that have its own characteristics. At first there is a flushing of sources of

[392] Alekseev V. S., Kommunar G. M., Sherzhukov B. S. Masstransfer in saturated rocks. VINITI, iss. Hydrogeology, Engineering geology. Moscow,1989. P. 1–142 [In Russian].

[393] Verigin N. N. Forecasting methods of the salt regime in soils and ground waters. Moscow, 1979. 336 p. [In Russian].

[394] Mironenko V. A. Solution the problems of ground water protection on the numerical models. Moscow, 1992. 240 p. [In Russian].

[395] Belyaev N. N., Korenyuk E. D., Khrushch V. K. Computer simulation of movement dynamics and groundwater contamination. Science and Education. Dnepropetrovsk, 2001. 156 p. [In Russian].

pollution due to infiltration of atmospheric precipitation and flows of groundwater in the horizons themselves. Then there is the movement of contaminated water and substances through the unsaturated zone in the aquifers and then the process of pollution is occurred in the horizons themselves.

As a rule the movement of pollutants occurs according to the scheme of convective dispersion which in turn depends on the intensity of the mixing of the pollutants with water and the extent of pollution. The processes of mixing and scattering of pollutants to a large extent depend on the degree of heterogeneity of the aquifer.

The spreading of pollution can not be considered as a purely mechanical process since the aquifers are not chemically inert and therefore the physico-chemical and biological mechanisms that characterize metabolic processes between rock and water, between bound and unbound water and the phenomenon of self-cleaning underground waters should to take into account on.The following factors influence on the pollution of underground waters: mechanical (filtration rate, density and viscosity of pollutants), the form of pollution sources, duration of interaction and the degree of contact between sources of pollution and water, the process of dilution and the conditions of exploitation of the horizons; geological and hydrographic factors (properties of horizons, types of horizons, climatic and hydrological conditions); chemical and biochemical factors (chemical properties of rocks and pollutants, self-cleaning processes such as bacteriological decomposition, chemical sediment, sorption, gas exchange and microorganisms influence).

Contamination can be mineral, chemical, biological, radioactive, due to pesticides and organic substances and natural and technogenic origin(sewage and waste waters).

As experience shows in the estimation of pollution it is necessary to create such models that most adequately reflect the process of pollution of the water environment. The use of simple differential equations of the diffusion state is valid only for asymptotic regimes which depend on the degree of heterogeneity of the medium. Upon reaching the asymptotic regime the heterogeneity can be considered as an equivalent solid homogeneous medium. Therefore the problem of the scale of the phenomenon under study is one of the main factors in the assessment of pollution. It should be noted that even with a large number of local parameters characterizing the medium at the macroscopic level at the microscopic level it is almost impossible to describe it [393, 394].

To this end the concept of large-scale levels of research which varies depending on the degree of heterogeneity of the medium was introduced. As numerous studies have shown the phenomenon of pollution has the same nature at each level that is it can be described by the same parameters and their values have an important content, for example: in laboratory conditions the value of the coefficient of dispersion varies from several millimeters to the first centimeters while for a scale of several meters (for example in the range of the

well influence) it may have a value of several decimeters and on a scale of several kilometers it up to several tens of meters.

The adequacy of the model of the pollution process is a prerequisite for the analysis and forecasting of its distribution. In this case the problems of formation of sources of pollution, their mixing with the aquifer, determination of the probable direction of distribution and the possibility the determining of the scatter coefficients in field conditions should be clarified.

Mass transfer of a polluting substance during mixing may be unstable and instead of a simple dispersion profile the scatter tongues may develop due to differences in density, velocities and viscosities of the liquid phase. The formation of tongues can be explained by the fact that the effect of molecular diffusion and actually scattering during the time of their formation is incomplete. On the other hand the study of this mechanism allows to improve the models of the pollution process itself.

The process of spreading pollution is due to the heterogeneity of the rocks and the directions of its main motion which depends on their local inhomogeneities and thus affecting on the local velocities of the transfer of contamination. Determination and description of the prevalence directions of contamination is of great importance in the simulation of local areas such as for example in the zones of influence of water intake wells where the redistribution of the mechanical composition of the rocks that make up these zones is taking place.

In this regard the flow in cracked rocks can be considered as a large-scale problem as for the study of pollution in these rocks on a large scale one can proceed to the consideration of an equivalent homogeneous medium. In smaller scales the flow in cracked rocks can be considered as occurring mainly on the main directions of fracture. In this case the various equations are used to estimate the mass transfer in relation to their redistribution rate in the rocks.

During groundwater contamination the particular importance have the unsaturated zone which is an intermediate zone of transfer of contaminants that penetrate from the surface of the earth in the soil and is also a place of passage of various chemical reactions.

The quality of water entering the groundwater surface depends on the time of its movement in the unsaturated zone and this time depends on the hydrodynamic characteristics of the flow, the processes of dispersion and the presence of stagnant stationary liquid formations that are not part of the main stream but are hydraulically connected with it and exchange with polluting substances at the expense of molecular diffusion. These mechanisms delay the displacement of the front of pollution in relation to the flow of water. The problems associated with the receipt of contaminants in the unsaturated zone may relate to the exchange processes between the flow of contaminants and the aquifer [392, 393].

In a saturated-unsaturated medium the metabolic processes between the phases involving the pollutants are very important. This phenomenon depends

on the nature of the pollutants, the flow velocity, the physical and chemical properties and the structure of the porous medium.An important point in the evaluation of adsorption processes is the experimental reception of isotherms of adsorption especially in cases of slowed kinetics of exchange processes in a non-uniform environment for example when increasing the density of the soil decreasing of its properties to maintain iodine and also access to oxygen which creates favorable conditions for anaerobic treatment of pollutants.

In defining the protective zones and criterias for protection against pollution all contamination mechanisms described above should be investigated. In general they depend on the scale of the investigated process, namely: in the zone of influence of the intake wells they are characterized by the time of the presence of pollutants and the radius of the zone of influence; in the scale of the operation area of the aquifer and for the management of sources of pollution it is necessary to use the material balance of physico-chemical exchange processes. For all intermediate scales it is necessary to use modeling, analytical dependencies and results of experimental research.

As mentioned above the transport of pollutants in aquifers is due to convection (advection), molecular diffusion, adsorption and biochemical processes. Among these mechanisms the processes of convection and dispersion are inherent in all pollutants. The dispersion can be defined as the mechanical mixing of pollutants in the interconnected flow field.

As known the polluted groundwater consists of the different inhomogeneous liquids with different concentrations and composition and the movement of polluted water in the water-bearing layers are complicated by various processes of interaction with water and rocks. These processes include the diffusion of pollutants into the area of pure groundwater and low permeable deposits, sorption of substances by rocks, cation exchange between the pore solution and the framework of the rock, the influence of the oxidation-reducing processes on the migration of pollutants in underground waters, the destruction of matter in its and others.The same processes especially the sorption and destruction of matter and it diffusion in a weak permeable layers influence of on the reduction of the concentration of pollutants in groundwater thereby causing the self-cleaning of contaminated groundwater.Taking into account on the importance of these processes in agricultural productivity the influence of ones on the migration of pollutants and fertilizers in groundwater is considered.

According to the peculiarities of hydrodynamic processes the following models of the movement of contaminated water in the water-bearing layersr can be distinguished: plunge displacement, dispersion of the interface and diffusion outflow in a weakly permeable deposits [392, 393]. This models of motion of the system of two liquids are based on the theoretical premise of the plunge displacement of one fluid of another and are widespreaded due to the relative simplicity and convenience of practical

application of the resulting calculated dependencies.In scientific literature the plunge displacement is defined as the movement of two liquids in a layer with a sharp boundary between them on the different sides of which the mineralization of liquids (or the concentrations of matter in them) remain unchanged and is characterized by the complete extrusion of one fluid by another. In the general case the motion of all particles of a liquid does not necessarily have to occur at the same speed and the boundary of the divisions moves in parallel to itself. For example in a semi-limited layer or layer-stripe the movement of the front fresh and salt waters for scheme of plunge displacement will be occurred in different flow lines with different velocity and the position of the fronts at different times of time will not be equilibrated with each other. In these conditions the boundary of the liquid section will be vertical, all particles of the boundary of the division will move at the same speed and in the process of movement the boundary of the divisions will move remaining equilibrium with its original (vertical) position.One of the main features of the plunge displacement consists on that the sharp boundary of the separation of liquids have place which based on the assumptions of the microhomogeneous structure of the porous space (the same pore size) and the absence of diffusion from the region contaminated with the area of pure groundwater. With these assumptions there is no dispersion (smearing) of the interface boundary and it remains clear. Note that the conditions of the sharp boundary of the separation of liquids and the invariability of their initial mineralizations suggest the absence of the interaction of these fluids between themselves and the rocks.

The main mechanism of the matter transfer during plunge extrusion is the convective one along with the flow of water. The velocity of a substance dissolved in water is the same as the velocity of water in pores:

$$V_m = V/n, \quad (1)$$

where V – flow velocity; n − porosity of aquifers.

The rate of filtration depends on the boundary conditions formed at the boundaries of the aquifer, the filtration properties of the soils, as well as the type of water intake (or injection) construction and its productivity. For conditions of uniformity in the filtration properties of a water-bearing layer and one-dimensional plane motion with a constant gradient I the filtration rate is equal to $V=kI$,where k – coefficient of filtration of the layer.

The length of the path x_o which in the conditions of the plunge displacement passes the boundary of the liquid section during time t is determined by the expression:

$$x_o = V_m t\ . \quad (2)$$

In premise of plunge displacement the position of the front of the water (or filtration front) at each moment of time coincides with the front of the substance contained in the water (or the front of the contamination). Since the

initial salinity (or concentration of matter) of the water is assumed to be the same from the boundary of the section the problem of the distribution of water mineralization (or concentration of matter) on the various sides of the boundary of the division with at the plunge displacement is not raised. The mineralization of water changes spin-free during the passage through the boundary of the separation from the initial mineralization of contaminated water to the initial mineralization of pure natural waters. Knowing the boundary of the division and the initial values of mineralization of contaminated water it possible immediately to determine which mineralization in the reservoir will be on one side of the boundary of the division and which on the other.

In the presence of diffusion in all rocks (capillaries) the transfer of matter from the area of contaminated water to the area of pure water will occur due to the concentration gradient of matter. This movement of matter is carried out in the absence of convective transfer. In underground waters diffusion is characterized by the same laws as in a liquid in a free volume that is the diffusion flow Q through the cross section W in the direction of x is determined by Fick's law [394]:

$$Q=-D_m W dc/dx, \quad (3)$$

where $D_m=n\lambda D_{mo}$ − coefficient of molecular diffusion in a porous medium, m^2/day, n − porosity of the medium, λ − a parameter dependent on the winding of the filtration pathway in the porous medium and equal to 0.5–0.7 for uncemented sands and 0.25 to 0.5 for cemented sands; D_{mo} − coefficient of molecular diffusion in the free volume of the liquid.

Under the influence of diffusion first the cutting edge of the separation of liquids will begin to smear and instead of a jump transition from polluted to pure water a transition zone is formed in which the gradual change of the concentration of matter from the maximum value in contaminated waters to the minimum in pure waters occurs. Such a diffusion transition zone is formed in each pore. Since diffusion originates from the initially sharp boundary of the fluid divisions which coincides with the position of the front of the plunge displacement then on one side of the boundary of the division to the right of it in the region C_0 the concentration of matter begins to increase in comparison with the initial concentration C_0 and on the left in the region C_1 the concentration of the substance will begin to fall compared with the initial concentration C_1.Thus the front of the plunge displacement will be located inside the diffusion transition zone.

The combined effect of a mechanical dispersion (or hydro dispersion) due to micronuniformity of the porous space and molecular diffusion forms a single transition zone the dimensions of which increase over time and within which the front of the plunge displacement is located.

The dispersion of a substance occurs both along the flow of groundwater (longitudinal dispersion) and across it (transverse dispersion). The longitudinal dispersion is usually much more transverse.

The most important parameter characterizing dispersion of the substance in groundwater is the microdispersion (m^2/day) which is expressed by the following formula:

$$D=D_d + D_m = \delta v + D_m, \quad (4)$$

where $D_d = \delta v$ − the coefficient of mechanical dispersion due to uneven pore size, m^2/day; δ − parameter of the geometric structure of the porous space comparable to the diameter of the particles, m; V − filtration rate, m/day.

The addition D_d describes the convective transfer of matter and the term D_m is a molecular diffusion transfer of a substance. If molecular diffusion occurs both in the absence of groundwater movement and in its presence then the mechanical dispersion of a substance occurs only under conditions of groundwater movement that is at convection. Due to the combination of diffusion and convective factors of the dispersion in the diffusion factor D in the scientific literature it is also called as the coefficient of convective (or filtration) diffusion. In the most cases $D_d > D_m$. The value D_m is the order of $10^{-5} – 10^{-6}$ m^2/day, and the value D_d is approximately $10^{-4}…10^{-3}$ m^2/day. The value of δ varies from millimeters in sandy rocks to tens of centimeters and meters in cracked rocks.

The role of convection and diffusion in the transport of matter can be estimated by the dimensionless *Peckle criterion:* $P_e = VL/D$ where L − characteristic linear size of the porous medium. As a value L suggests taking the size of the layer or the length of the segment of the layer in which the principal change in the concentration of matter from C_1 to C_0 occurs that is the length of the transition zone or the distance to which the isololine C = 0.5 has shifted at the present time [393, 394].

Convective transport of matter prevails at large values of the *Pekle criterion* (Re > 10) and diffusion transfer for small ones (Re < 0.1).

The dispersion process may be describe mathematically using the mass conservation equation for the dispersion flow. On the basis of the principle of mass conservation for a flow element we can obtain a differential equation in partial derivatives for a transient two-dimensional mass transfer in a homogeneousis media:

$$Dij\left(\frac{\partial}{\partial x_i}\left(\frac{\partial C}{\partial x_j}\right)\right) - Vi\left(\frac{\partial C}{\partial x_i}\right) - \lambda CR = R\frac{\partial C}{\partial t}, i, j = 1,2, \quad (5)$$

where x_i – cartesian coordinate in the i-th direction; Dij – tensor coefficient of dispersion; C – concentration of pollutant in the source of pollution; Vi – average velocity of water in pores in the i-th direction; λ – constant decay of

pollutant; R – retardation coefficient (= 1) for a conservative pollutant; t – time. For stationary filtration conditions the two-dimensional equation is written as:

$$D_x(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2}) + D_y(\frac{\partial^2 C}{\partial y^2}) - Vx(\frac{\partial C}{\partial x}) - \lambda CR = R\frac{\partial C}{\partial t} \quad , \tag{6}$$

where D_x and D_y – the coefficients of dispersion respectively in the longitudinal and transverse directions.

For one-dimensional stationary filtration without a transverse dispersion (5) passes into [396, 397, 398]:

$$Dx\left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2}\right) - Vx\left(\frac{\partial C}{\partial x}\right) - \lambda CR = R\frac{\partial c}{\partial t} \quad , (7) \qquad V_x = k\frac{\partial y}{\partial x}/n_c \, , \tag{8}$$

where k – coefficient of filtration, n_c – porosity, y – hydraulic pressure.

In the absence of radioactive decay, constant value of the concentration ($C = C_0$) and the conservative pollutant ($R = 1$) equation (7) can be written as:

$$Dx\left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2}\right) - Vx\left(\frac{\partial C}{\partial x}\right) = \frac{\partial C}{\partial t}. \tag{9}$$

The solution (9) has the following form:

$$\frac{C(x,t)}{C_0} = \frac{1}{2}\left\{erfc\left(\frac{(x - V_x t)}{2\sqrt{D_x t}}\right) + \exp\left(\frac{Vx}{D_x}\right) erfc\left(\frac{(x + V_x t)}{2\sqrt{D_x t}}\right)\right\} , \tag{10}$$

In the case of two-dimensional stationary filtration equation (9) can be written as:

$$Dx\left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2}\right) + Dy\left(\frac{\partial^2 C}{\partial y^2}\right) - Vx\left(\frac{\partial C}{\partial x}\right) = \frac{\partial C}{\partial t}, \tag{11}$$
$$(R = 1)$$

where D_x and D_y – respectively the coefficients of dispersion in directions x and y. For a sudden injection of a pollutant at $t = 0$ the solution (11) will be:

$$\frac{C(x,y,t)}{C_o} = \left\{\frac{q}{4\pi n_e D_x D_y t}\right\} \times \left\{\exp - \left\{\frac{(x - V_x t)^2}{4D_x t} + \frac{y^2}{4D_y t}\right\}\right\}, \tag{12}$$

where q – the stream of pollutant inflowing to the aquifer per unit of its thickness.

---

[396] Kremes V. S., Telyma S. V. Substantiaton of th shcemes of placing and parameters of the sorbsion barriers in ground water protectionfrom pollution by the mathematic modeling methods. *Problems of water supply and water treatment*. 2016. Vol. 27. P. 214–222 [In Ukrainian].

[397] Telyma S. V., Kremez V. S. The methodic of calculations of the contamination of the ground waters on the irrigated lands and adjoined territories. *Ecologic safety and environment*. 2018. Vol. 28, Issue 4. P. 82–93 [In Ukrainian].

[398] Shestakov V. M. Modeling of ground water migration. Moscow, 1986. 208 p. [In Russian].

For solving the above predictive problems of mass transfer a lot of input data is required. Their absence is the most important limitation when choosing the type of transfer model. It is advisable to distinguish the two main data groups. First, the data on the boundary conditions, namely the geometry of water-bearing system of filtration flow, the concentration of pollutants, the value of withdrawals, etc. In regional models all these data are large arrays of input information especially if the set of pollutants is considered. Internal boundary conditions need to be clarified sources of pollution concentrations of various origins which are often unknown although it may be known the total mass of pollution. In such cases it is possible to use linear mass transfer equations. The outer boundary conditions are identified harder as this is necessary to have data on the concentration of pollutants along the perimeter of filtration. In general the choice of boundary conditions depends on the nature of the filtration flow at the boundaries of the model. When there is an element of uncertainty in choosing the boundary conditions it is advisable to perform a preliminary analysis of model sensitivity to changes in input data. The second group of data consists of the parameters characterizing the aquifer system and those processes that occur in it. This includes data on the coefficients of water efficiency, water conductivity, dispersion, porosity, constant velocity of chemical reactions of adsorption, diffusion, etc. These parameters are determined as a result of pilot migration and laboratory researches and in the process verifying of the created model. The analysis of the transport models suggests that they are quite sensitive to the porosity and water parameters since they determine the velocity of water in pores. This also applies to the dispersion coefficient which depends on the scale of the selected model [392, 393].

The final test of the model concluds in comparing the simulation data with the data of regime observations if any. Otherwise it is advisable to conduct multivariate studies using the sensitivity analysis of the system.

The carried out analysis of the main mechanisms and peculiarities of groundwater contamination and methods of its forecasting has made it possible to draw the following conclusions:

1. The process of groundwater pollution should be considered as a multi-stage, divided over several periods of time, each of which has its own peculiarities. During the first there is a flushing of sources of pollution due to infiltration of atmospheric precipitation and filtration in the aquifers itself. Then there is the movement of contaminated water and substances through the unsaturated zone in the aquifers and then pollution of the horizons itself occurs.

2. The spread of pollution can not be considered purely mechanical since the aquifers are not chemically inert and it is necessary to take into account the physico-chemical and biological mechanisms that characterize the metabolic processes between the rock and water, between the bound and unbound water and the phenomenon of self-cleaning underground waters.

3. Groundwater pollution is a multifactorial process which is influenced by mechanical, geological and hydrogeological, chemical, biochemical factors as well as processes of self-cleaning of groundwater.

4. When forecasting pollution processes it is necessary to create such models that more adequately reflect the pollution of the water environment. The use of simple diffusion-type models is valid only for asymptotic modes of mass transfer.

5. In the study of practical problems of a local nature when it is necessary to obtain specific data on the transfer of pollution in individual plots it is advisable to use two and three-dimensional models.

6. Despite of the fact that in recent years new results have been obtained in the study of groundwater contamination many problems such as the question of the scale of the phenomenon under study remain unclear in each case.

7. It is necessary to improve the methods of forecasting of the processes of groundwater pollution. Perspective may be the stochastic models of mass transfer and ets [392, 393].

РОЗДІЛ 4

ІННОВАЦІЙНІ ЕКОЛОГООРІЄНТОВАНІ ПІДХОДИ У ВІДНОВЛЕННІ ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ І РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКИХ ТЕРИТОРІЙ

4.1. Застосування інформаційної технології для оцінки формування рослинно-мікробних комплексів у продуктивних агроценозах

Адамчук-Чала Н. І.[1], Литвинюк Л. К.[2], Бойченко С. В.[3]
[1]Інститут агроекології і природокористування НААН
[2]Державне підприємство «Дослідне господарство «Оленівський ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства НААН»
[3]Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського»

Судинні рослини і асоційовані з ними мікроорганізми формують стійкі рослинно-мікробні комплекси (РМК), функціонування яких забезпечує узгоджену багаторівневу взаємодію між їх компонентами природних едафотопів та створених людиною агросистем [399, 400].

Флуоресценція хлорофілу є важливим показником оцінки процесів росту та розвитку рослин [401, 402]. Сучасні сенсорні системи, які реєструють флюоресценцію хлорофілів, використовували власне джерело світла для індукування флуоресценції [403]. Проте, відсутність відомостей про морфо-функціональні перебудови і функціонування асиміляційних клітин протягом різних фаз онтогенезу рослин ускладнює створення ефективних технологій формування РМК.

Досі не виявлені найбільш чутливі до дії інокуляції ланки фотосинтетичних процесів за становлення бобово-ризобіальних РМК. Мало досліджено вплив інокуляції бульбочковими бактеріями на функціонування фотосинтетичних систем, які відіграють ключову роль у формуванні врожаю. Недостатність даних щодо скоординованої роботи цих систем не дозволяють сьогодні оцінити функціональну організацію і регуляцію фотосинтетичного процесу за формування

[399] Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / за наук. ред. В. В. Волкогона. Київ : Аграрна наука, 2010. 464 с.

[400] Иутинская Г. А., Пономаренко С. П., Андреюк Е. И. и др. Биорегуляция микробно-растительных систем : монография. Киев : Ничлава, 2010. 460 с.

[401] Яценко О. В., Петрович В. М., Адамчук Н. І., Требіна Н. М. Програмне забезпечення для аналізу та оцінювання хлорофілу в рослинності. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Сер. Фізико-математичні науки*. 2016. № 4 (16). С. 138–144.

[402] Brestic M., Zveak M. PSII fluorescence techniques for measurement of drought and high temperature. Stress signal in crop plants: Protocols and Applications. *Molecular stress physiology of plants*. 2013. P. 81–131.

[403] Аніскевич Л. В., Войтюк Д. Г., Вигера С. М., Адамчук Н. І., Захарін Ф. М., Пономаренко С. А., Ключевич М. М. Прецизійні фітотехнології в агропромисловому комплексі України : монографія. Київ : НУБіП України, 2019. 799 с.

ефективних РМК у польових умовах. Це потребує подальших удосконалень інструментальної бази і методів досліджень [403, 404].

Відповідно до договору про науково-технічну співпрацю між Інститутом мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України та Державним підприємством «Дослідне господарство «Оленівський ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства НААН України» було виконано дослідження формування бобово-ризобіального симбіозу у продуктивних агроценозах із застосування інформаційної технології для оцінки дії інокулянтів на архітектоніку та функціонування рослинно-мікробного комплексу (РМК) сої сорту «Сузір'я» за обробки різними біопрепаратами на основі брадиризобій вітчизняної селекції:

Bradyrhizobium japonicum УКМ В-6018 біопрепарату Ризобін 1, *Bradyrhizobium japonicum* УКМ В-6035 біопрепарату Ризобін 2, *Bradyrhizobium japonicum* УКМ В18, *Bradyrhizobium japonicum* УКМ В-6023, *Bradyrhizobium japonicum* УКМ В-6035 біопрепарату Ризобін^{к}.

Державне підприємство «Дослідне господарство «Оленівський ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства НААН» провело наступну роботу:

1. Підготовку ґрунту дослідних ділянок до сівби.

2. Забезпечення насінням сої вітчизняної селекції.

3. Проведення сівби та вирощування рослин за схемою експерименту із використанням механізаторної бази підприємства (трактору МТЗ, сівалок селекційних Клен, комбайн) та паливно-мастильних матеріалів).

В ризосфері інокульованих рослин сої цієї фази розвитку сформувалось: за дії Ризобін 1 – 41 бульбочка масою 0,060 г, Ризобін 2 – 47 бульбочок масою 0,071 г, Ризобін^{к} – 73 бульбочки масою 0,088 г.

Для кожного варіанту на 105-день дослідження (фаза наливу бобів) відібрали 15 рослин (по 5 рослин із кожної ділянки рендомізованого експерименту із трьома повторами) за методами, наведеними в роботах [405, 406, 407].

Проаналізовано морфологічні ознаки висота рослини, висота прикріплення нижнього боба, кількість гілочок, товщина середньої частини стебла (рис. 1).

За результатами аналізу морфологічних ознак по кожній ділянці рендомізованого досліду виявлено достовірний вплив інокулянтів на висоту рослини, Ризобін 1 – на усі морфологічні ознаки РМК, Ризобіну 2 – на всі, окрім кількості гілочок в фазі наливу бобів, Ризобін^{к} сприяв збільшенню висоти рослини та товщини середньої частини її стебла.

---

[404] Аніскевич Л. В., Войтюк Д. Г., Захарін Ф. М., Адамчук Н. І., Пономаренко С. А. Основи застосування високоточних технологій рослинництва : монографія. Київ : НУБіП України, 2020. 406 с.

[405] Naev S. Growth stage: growth and development. *Soybean production University of Minnesota*, 2011. P. 1–3.

[406] Pedersen P. Soybean growth and development. Iowa state university, Ames. 2009. P. 1–12.

[407] Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. Київ : Альфа, 2000. 100 с.

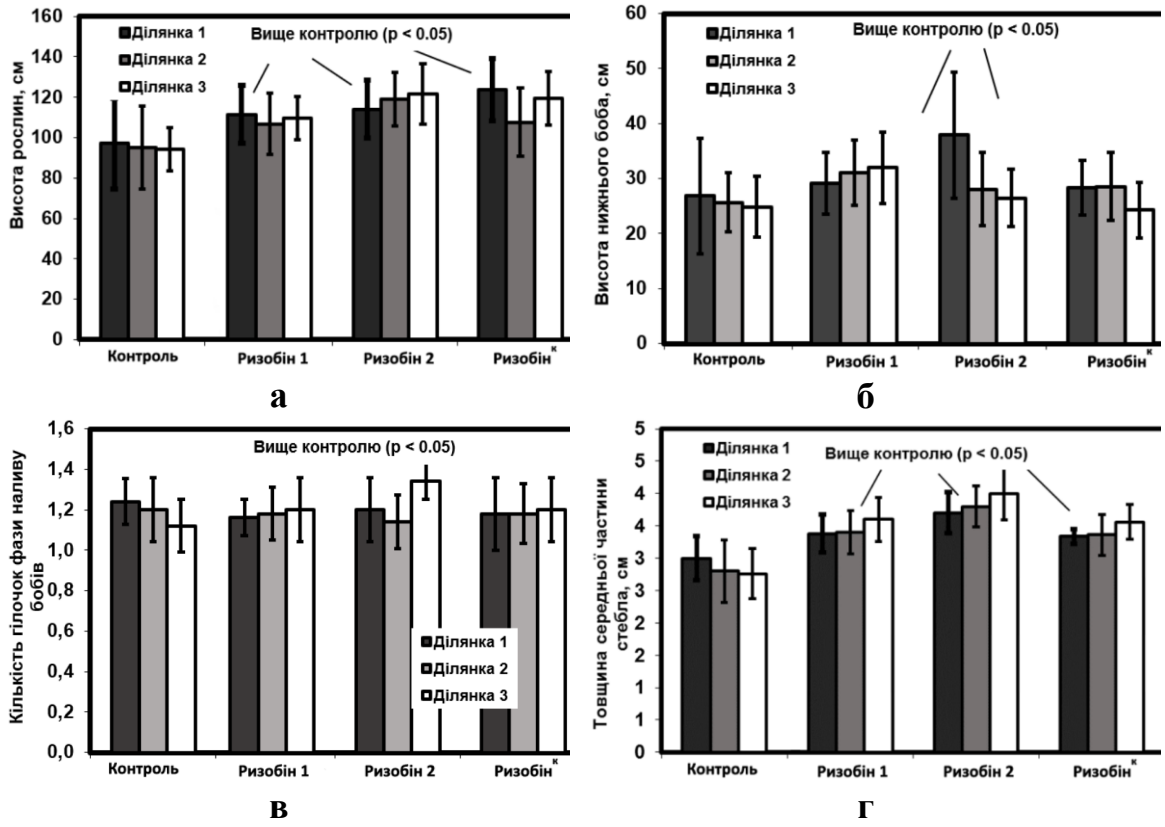


Рис. 1. Аналіз морфологічних ознак рослин сої в фазі наливу бобів

Джерело: авторські дослідження.

Відомо, що величина проективного покриття ґрунту та листковий індекс є важливими параметрами стану сільськогосподарських посівів [408]. Обидва ці параметри можуть використовуватись для обчислення поглинутої сонячної радіації, котра є силою, яка управляє ростом посіву. Величину листкового індексу визначають шляхом вимірювання площі листків, зібраних з одиниці площі посіву. Однак така процедура призводить до руйнування посівів і вимагає великих затрат часу на відбір рослинного матеріалу для забезпечення величини вибірки, необхідної для статистичної достовірності одержаних результатів. Крім того, визначення може стати дуже суб'єктивним у період, коли посіви жовтіють або рослини довшають. Для одержання оперативної інформації про ці переміни ми використали визначення площі листя у перерахунку їх маси на масу обрахованої одиниці площі пластинки листка, об'ємів клітин мезофілу, що впливають на оптичні характеристики листя, та вимірювання параметрів видбиття від посіві.

Досліджено площу (рис. 2) і об'єми клітин мезофілу (рис. 3) листя рослин сої із паралельним визначенням індукції флюоресценції листя (рис. 4) та оптичних характеристик рослинного проективного покриття сої (рис. 5).

[408] Прядкина Г. А., Шадчина Т. М. Прогнозирование зерновой продуктивности озимой пшеницы по хлорофилльному потенциалу листьев. *Физиология и биохимия культурных растений.* 2010. Т. 42, № 1. С. 50–60.

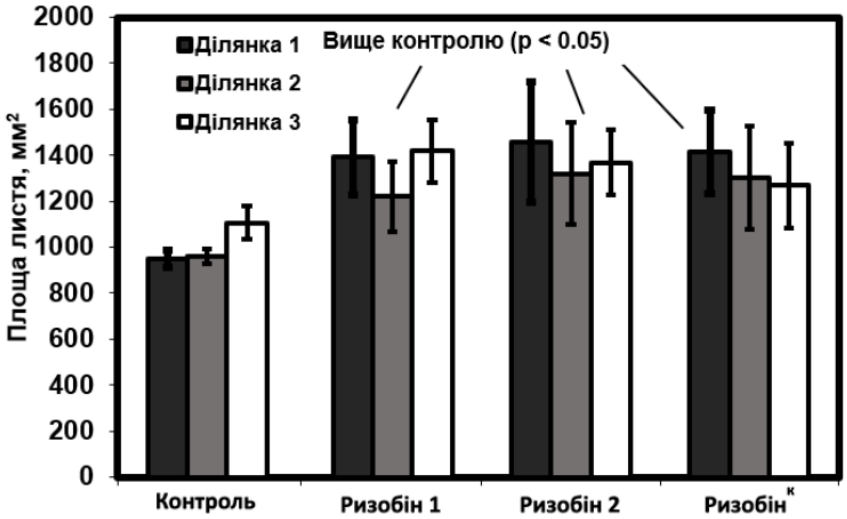


Рис. 2. Аналіз площі листя рослин сої в фазі наливу бобів

Джерело: авторські дослідження.

За дії усіх інокулянтів площа листя сої у фазі наливу бобів достовірно збільшувалась. Морфологічні зміни листків обумовлені збільшенням гетерогенності головної фотосинтезуючої тканини листка – мезофілу як оптичного середовища.

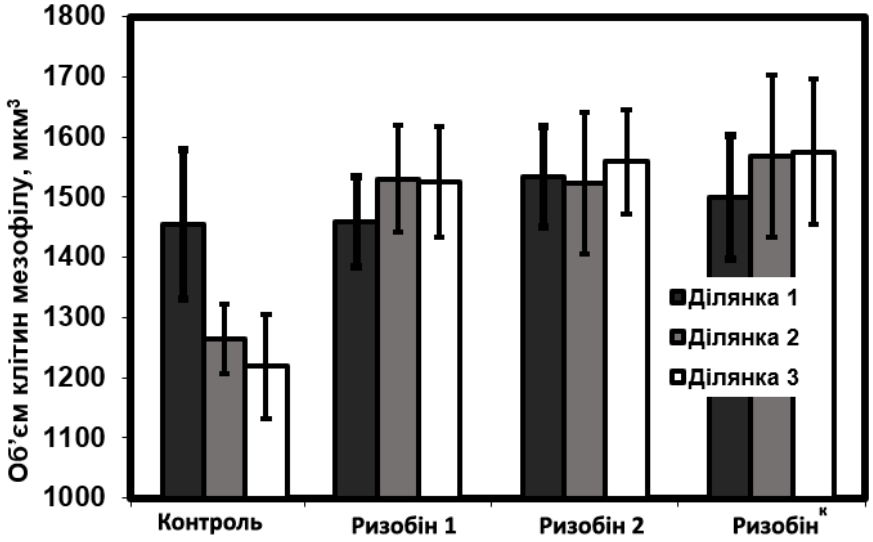


Рис. 3. Аналіз об'єму клітин мезофілу листя рослин сої в фазі наливу бобів

Джерело: авторські дослідження.

Цей процес може бути зумовлений розвитком паренхімної тканини, утворенням великої кількості вакуолей, різних клітинних включень, накопичення асимілятів, розширення міжклітинників тощо.

Нами визначено достовірне зростання об'єму клітин мезофілу листя рослин сої в фазі наливу бобів за дії інокулянтів. Виявлені морфологічні зміни відповідали тенденціям зміни індукції флюоресценції хлорофілу (ІФХ) 4-трьохлисника сої (рис. 4), визначеної за методом [402].

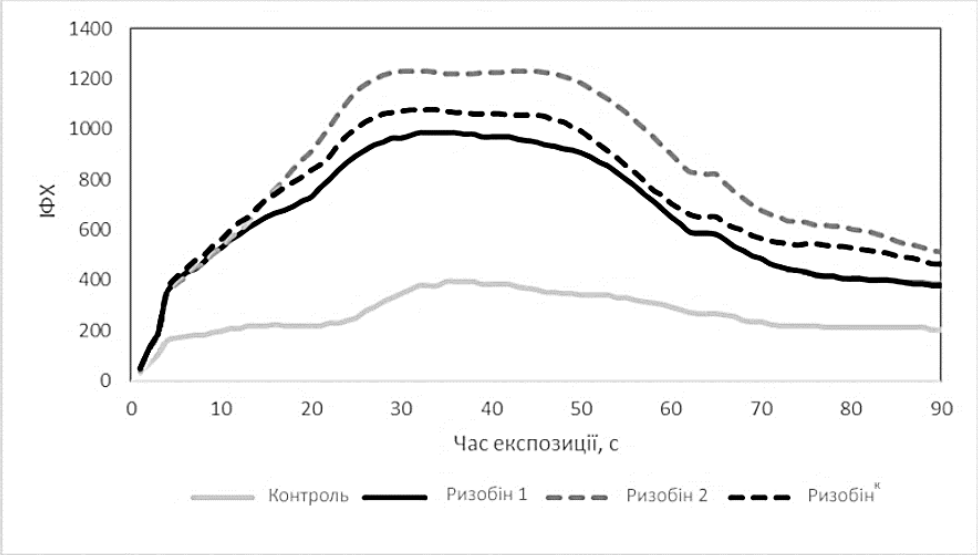
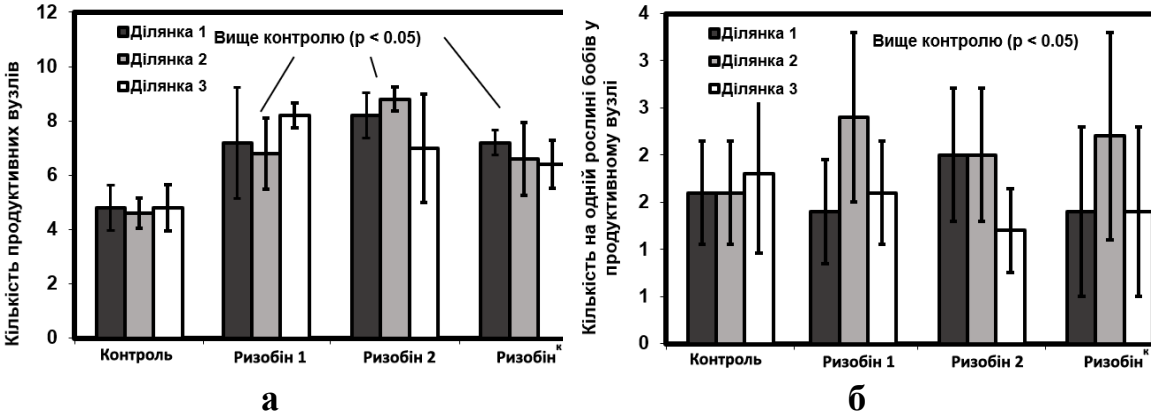


Рис. 4. Індукція флюоресценції хлорофілу (ІФХ) 4-трьохлисника сої

Джерело: авторські дослідження.

Криву Каутського аналізували порівнянням зміни у характерних ланках, що віддзеркалюють флуоресцентні зміни параметрів дослідних рослин по відношенню таких у контролі. Вихід на головний максимум протягом 10 секунд кривих дії інокулянтів співпадав і мав вищі значення індукції флюоресценції, що вказувало на посилення активності електронно-транспортної ланки «світлової стадії» фотосинтезу. Спадання та вихід на другий максимум індукції флюоресценції хлорофілу був найвищим у листках за дії Ризобіну 2, що відповідало у цьому варіанті активації білків – ферментів циклу Кальвіна, встановленню мембранного градієнту та відновленню конкуруючих акцепторів O_2 та NO_2^-. Спадання й вихід на стаціонарний режим усіх кривих відбувся синхронно, що забезпечило налагодження реакцій циклу Кальвіна й потоків речовин крізь мембрани та по судинам листка. За дії Ризобіну 1 і Ризобіну 2 найвищими були такі інформативні критичні параметри як максимальний квантовий вихід фотохімічних процесів фотосистеми II та коефіцієнт індукції, що корелює із активністю Рубіско.

Проаналізовано ознаки продуктивності (рис. 5).



а **б**

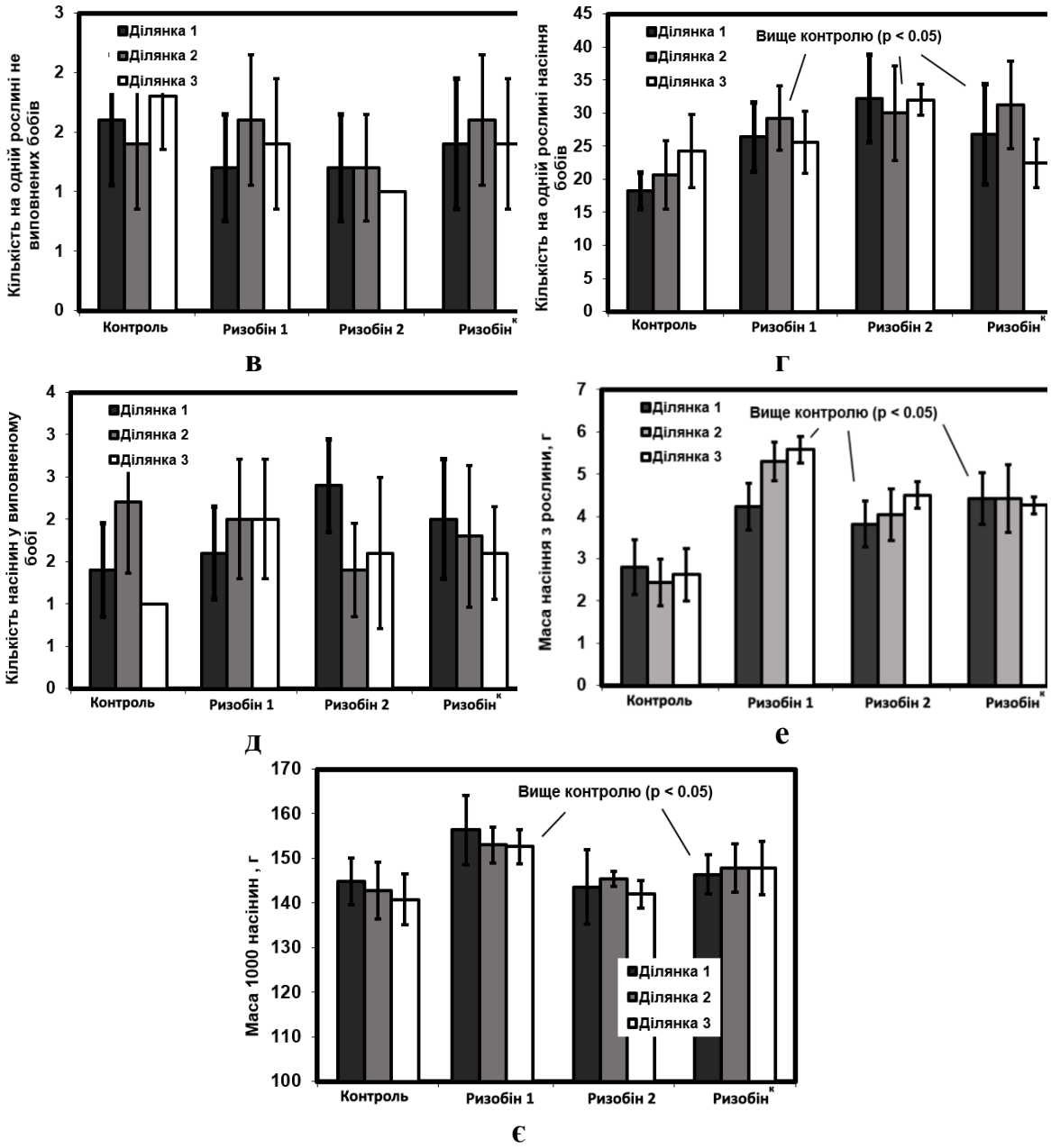


Рис. 5. Аналіз ознак продуктивності рослин сої в фазі наливу бобів

Джерело: авторські дослідження.

Інокулянти суттєво вплинули на головні ланки продукційного процесу рослин як авторегуляторної донорно-акцепторної системи, що забезпечило фотосинтетичну асиміляцію вуглецю, завдяки якій накопичувалась біомаса й формувалась урожайність сої.

За дії усіх інокулянтів достовірно збільшувалась кількість продуктивних вузлів (рис. 5а) та маса насіння з рослини (рис. 5е), обробка насіння сої інокулянтами сприяла зростанню кількості на одній рослині бобів у продуктивному вузлі (рис. 5б) та кількості на одній рослині насіння бобів (рис. 5г), при цьому маса 1000 насінин достовірно зростала лише при обробці Ризобін 1 та Ризобін^{к} (рис. 5є). Такі ознаки продуктивності РМК як кількість на одній рослині не виповнених бобів

(рис. 5в) та кількість насінин у виповненому бобі (рис. 5д) не виявили чутливість до дії інокулянтів.

Перед визначенням показників урожаю перевірили вологість насіння сої, яка коливалась у межах 13,6–14,8 %, що відповідає вимогам до оцінювання урожаю.

Обраховували урожай за методом усереднення 3-х проб із перерахування на кількість рослин та корегуванням (рис. 6).

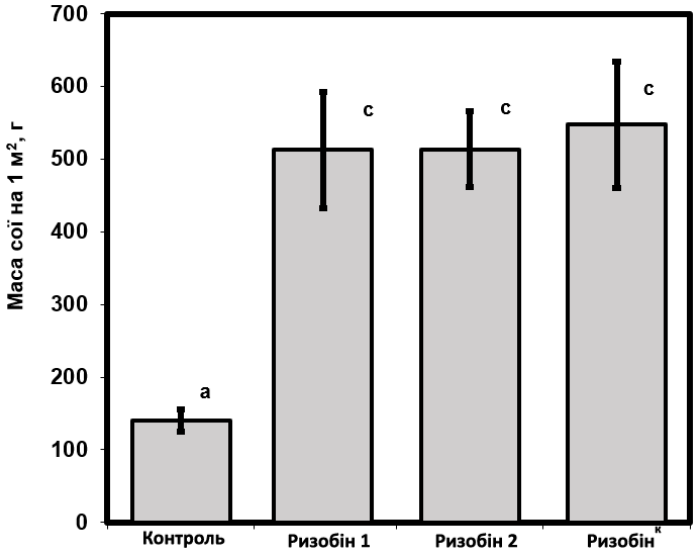


Рис. 6. Обрахування урожаю за методом усереднення із 3-х проб, перерахування на кількість рослин із корегуванням

Джерело: авторські дослідження.

Згідно із результатами подвійного t-тесту Стьюдента з достовірністю ($\alpha \leq 0,05$) кожен із інокулянтів сприяв суттєвому зростанню урожаю з розрахунки маси зерна на м^2. Суттєвої різниці між впливом інокулянтів на урожайність не виявлено. Стовбчики діаграми, позначені різними літерами, статистично не відрізняються ($\alpha=0,05$).

Враховуючи ринкову поточну ціну сої 600 грн за центнер, урожай без інокулянта (15 ц/га) оцінюється в 9 тис. грн на га. Дія інокулянтів сприяли підвищенню врожаю до 50 ц/га, що становить 30 тис. грн з га. Виходячи з вартості інокуляції до 1000 грн на га, економічний ефект від використання інокулянтів становив 20000 грн на га.

За дії біотичних і абіотичних чинників мезофіл листка змінює морфологію асиміляційних тканин, геометричні розміри клітин, вміст і співвідношення головних пігментів листка. Одним із найбільш застосовуваних підходів є вивчення кінетики оптичних характеристик рослинної тканини за аналізом динаміки змін концентрацій різних структурних елементів мезофілу листка, як складної оптичної біологічної системи. За дії усіх інокулянтів площа листя сої у фазі наливу бобів достовірно збільшувалась. Морфологічні зміни листків обумовлені збільшенням гетерогенності головної фотосинтезуючої тканини листка – мезофілу як оптичного середовища, зумовленого розвитком паренхімної

тканини, утворенням великої кількості вакуолей, різних клітинних включень, накопичення асимілятів, розширення міжклітинників тощо. Подібну тенденцію спостерігали при аналізі об'єму клітин мезофілу листя рослин сої. Нами визначено достовірне зростання об'єму клітин мезофілу листя рослин сої в фазі наливу бобів за дії інокулянтів. Виявлені морфологічні зміни відповідали тенденціям зміни індукції флюоресценції хлорофілу (ІФХ) 4-трьохлисника сої.

Проаналізовано ознаки продуктивності: густота стояння, кількість на одній рослині продуктивних вузлів, кількість на одній рослині виповнених бобів у продуктивному вузлі, кількість на одній рослині не виповнених бобів у продуктивному вузлі, кількість на одній рослині насіння, кількість насіння у виповненому бобі, маса насіння з рослини, маса 1000 насінин. За дії усіх інокулянтів достовірно збільшувалась кількість продуктивних вузлів та маса насіння з рослини, обробка насіння сої інокулянтами сприяла зростанню кількості на одній рослині бобів у продуктивному вузлі та кількості на одній рослині насіння бобів, при цьому маса 1000 насінин достовірно зростала лише при обробці Ризобін 1 і Ризобін^{к}. Такі ознаки продуктивності РМК як кількість на одній рослині не виповнених бобів та кількість насінин у виповненому бобі не виявили чутливість до дії інокулянтів.

Запропонована нами схема дослідження формування ефективних РМК була використана для відпрацювання нових підходів сучасного наукового напрямку – прецизійної фітоекології, де дослідженню підлягають співвідношення частин біологічного об`єкту, розташування, взаємозв`язок та взаємозалежність його компонентів і складових, здатних до сполучень і об`єднання у конструкцію.

На сьогодні цим умовам відповідає морфо-генетичний системний показник – метамерійна архітектоніка вегетативної (ризосферної і надземної) та репродуктивної систем рослин, що характеризується просторовим розміщенням, ритмом розвитку метамерів рослин: пагін, стеблевий вузол, міжвузля, вегетативні та генеративні бруньки, лист. За результатами вивчення морфо-генетичних особливостей вегетативних органів нових сортів виявлено вплив архітектоніки вегетативної системи на врожайність сортів детермінантного типу із слабким галуженням, показано вплив елементів архітектоніки вегетативної системи на продукційні властивості сортів в залежності від особливостей детермінантних морфотипів рослин із різним числом квіток на головому пагоні. Метамерій та архітектоніка рослини є важливим показником, який визначає продуктивні та адаптивні її властивості.

Як головні критерії відбору морфотипів запропоновані такі показники архітектоніки сортів рослин: число вегетативних вузлів на рослині, розвиток вегетативної зони головного пагону та гілок першого

порядку, особливо у бобових рослин, здатних утворювати продуктивні РМК із нітрогенфіксувальними мікроорганізмами [399, 400, 405, 406].

Складність взаємозв`язку між фізіологією мікроорганізмів та параметрами метаболічної активності рослин на сьогодні досліджують з метою розробки технологій управління формуванням високопродуктивних агроценозів із застосуванням найновіших методів формування ефективних РМК на керованих ґрунтах.

4.2. Перспективи розвитку «зеленої енергетики» на техногенно забруднених територіях

Бернацька Н. Л., Джумеля Е. А., Типіло І. В.
Національний університет «Львівська політехніка»

Нинішня екологічна ситуація в Україні, яка формувалась впродовж тривалого часу через нехтування об'єктивними законами розвитку і відтворення природних геосистем, характеризується як кризова. Територія України відзначається надмірним техно- і антропогенним навантаженням на природне середовище та високим ступенем його забруднення. Однією із основних засад внутрішньої та зовнішньої політики України є збереження навколишнього середовища та його складових, що є життєвонеобхідним для існування людини, її нинішнього й прийдешніх поколінь.

Україна визнає забезпечення екологічної безпеки одним із основних напрямів державної політики національної безпеки України [409]. Техногенно-екологічна безпека є невід'ємною складовою національної безпеки держави. З огляду на важливість і актуальність основних складових національної безпеки, є необхідність привернення суспільної уваги до факторів, які в нових умовах сучасності зазнають трансформації під дією глобальних викликів і загроз [410].

Високий рівень техногенного навантаження на агроландшафти в останні роки призводить до підвищеного рівня забруднення їх важкими металами, які відносяться до найшкідливіших для навколишнього середовища хімічних забруднювальних речовин. Важкі метали передаються по трофічних ланцюгах з вираженим кумулятивним ефектом. У зв'язку з цим, ведення землеробства на забруднених важкими металами ґрунтах є одним з актуальних питань для агроекологів.

---

[409] Матус С. А., Левіна Г. М., Карпюк Т. С., Денищик О. Ю. Базове дослідження стану та напрямів розвитку екологічної політики України та перспектив посилення участі організацій громадянського суспільства у розробці та впровадженні політик, дружніх до довкілля : аналітичний звіт. Київ, 2019. URL : https://www.irf.ua/wp-content/uploads/2019/12/baseline-research_report_publishing-dec-2019.pdf.

[410] Шелудько Е. І., Завгородня М. Ю. Ключові виклики та загрози техногенно-екологічній безпеці України. *Український соціум*. 2020. № 2 (73). С. 123–137.

Забруднені важкими металами ґрунти потребують спеціальних засобів детоксикації ґрунту, що могли б не допустити надходження їх у рослинницьку продукцію. Виходячи з цього, дослідження токсичного впливу важких металів на природну ланку «ґрунт–рослина» і розробка заходів здетоксикації ґрунту є надзвичайно важливими [411].

Зростання масштабів використання електричної енергії, загострення проблем охорони навколишнього середовища значно активізували пошуки екологічно чистіших способів вироблення електричної енергії [412]. У відповідності до цілей Паризької кліматичної угоди – підписаного та ратифікованого документу в рамках Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (UNFCCC) щодо регулювання заходів зі зменшення викидів діоксиду вуглецю, у світі спостерігається стійка тенденція до розвитку відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) та поступового заміщення ними традиційної генерації. Протягом останніх років в Україні спостерігається поступове зростання встановлених потужностей ВДЕ, в першу чергу сонячних та вітрових електростанцій різної встановленої потужності, насамперед завдяки головному економічному стимулюючому інструменту – системи «зелених тарифів», які затверджені з прив'язкою до Євро та гарантовані до 2030 року [413]. В Україні існує низка можливих альтернативних джерел енергії, головними з яких є сонячна енергія, енергія біомаси, вітрова енергія, гідроенергія. В останні роки, за рахунок прийнятих рішень на законодавчому рівні в Україні активно розвиваються проекти відновлюваної енергетики. Окупність проектів у сфері використання відновлювальних джерел енергії, зазвичай, становить від 6 до 12 років і залежить від великої кількості чинників [414]. Експерти стверджують, що у нинішніх умовах поки не слід очікувати буму у відновлюваній енергетиці, оскільки в країні немає коштів розвивати цю галузь і найближчим часом вони не з'являться.

Експерти стверджують, що у нинішніх умовах поки не слід очікувати буму у відновлюваній енергетиці, оскільки в країні немає коштів розвивати цю галузь і найближчим часом вони не з'являться. Більшість об'єктів відновлюваної енергетики, які сьогодні працюють в Україні, побудовані за рахунок кредитів ЄБРР або експортного фінансування країнами-виробниками основного обладнання. Сьогодні це близько 6 % від загального обсягу генерації електроенергії в країні [415].

---

[411] Ковальова С. П., Можарівська І. А. Концентрація важких металів у ґрунті при вирощуванні енергетичних культур на території радіоактивного забруднення. *Наукові горизонти*. 2020. № 3 (88). С. 121–126.

[412] *Бодак О.* Місце альтернативних джерел енергії в системі об'єктів екологічного права України. *Підприємництво, господарство і право.* 2017. № 7. С. 57–61.

[413] Pohrebennyk V., Dzhumelia E. Evaluation of impact of mining and chemical enterprise on ecological state of the water environment. Water security: monograph. O. Mitryasova, C. Staddon (Ed.). Mukolaiv : PMBSNU – Bristol: UWE, 2016. P. 155–169.

[414] Скрипниченко В. А. Механізми стимулювання використання нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії. Економіка природокористування та екологічний менеджмент. *Вісник ЖНАЕУ*. 2016. № 1. С. 262–267.

[415] Клопов І. О. Механізм державної підтримки альтернативної енергетики. *Проблеми і перспективи економіки та управління.* 2016. № 1 (5). С. 117–124.

В Україні існує достатня сировинна база для видобутку альтернативних видів палива. Так, наприклад, загальні річні обсяги відновлюваних ресурсів біомаси становлять 115,5 млн т. Можливий енергетичний потенціал обсягу біомаси складає 22,0 млн т у. п., з яких технічно доступний енергопотенціал оцінюється в 13,2 млн т у. п. на рік [412]. В Україні працюють 11 тисяч сільгоспвиробників і 43 тисячі фермерів, які здатні нарощувати виробництво сільгоспкультур, збільшувати експортні показники, а також забезпечувати сировиною виробників біопалива. Передбачається, що загальний обсяг інвестицій у розвиток біоенергетики України до 2030 року становитиме близько 12 млрд грн [414].

Але попри певні позитивні зрушення у сфері альтернативної енергетики й досі існує спектр проблем, які потребують держаного врегулювання:

– доопрацювання нормативно-правової бази регулювання ринку альтернативної енергетики шляхом стимулювання компаній, що функціонують на ринку альтернативної енергетики;

– спрощення процедури отримання державних пільг шляхом спрощення існуючої системи їх надання;

– активізація банківських програм фінансування інвестицій у проекти на базі відновлювальних джерел енергії.

Також однією з проблем застосування джерел альтернативної енергії є недостатньо розвинутий внутрішній ринок споживання енергії, виробленої завдяки залученню альтернативних технологій [416]. Вартість продукції альтернативних джерел енергії поки що суттєво перевищує вартість традиційної енергетики та палива. Певні види продукції альтернативної енергетики спрямовані виключно на експорт, тому що не мають гарантованого внутрішнього ринку збуту. Слід налагодити роботу щодо підвищення громадського освітнього рівня, поінформованості населення у цій сфері. Таким чином, підвищення конкурентоспроможності економіки України шляхом впровадження екологічно безпечних та економних технологій може стати основою її сталого економічного розвитку [417].

Високий рівень техногенного навантаження на агроландшафти в останні роки призводить до підвищеного рівня забруднення їх важкими металами, які відносяться до найшкідливіших для навколишнього середовища хімічних забруднювальних речовин. Важкі метали передаються по трофічних ланцюгах з вираженим кумулятивним ефектом [401]. У зв’язку з цим, ведення землеробства на забруднених важкими металами ґрунтах є одним з актуальних питань для агроекологів. Забруднені важкими металами ґрунти потребують спеціальних засобів

[416] Савенко Б. В. Еколого-економічна ефективність інструментального регулювання розвитку альтернативної енергетики. *Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища*. 2018. № 8. С. 482–488.

[417] Екологічні проблеми України. URL : https://www.zhiva-planeta.org.ua/pozicii-z-putan/168-pp.html.

детоксикації ґрунту, що могли б не допустити надходження їх у рослинницьку продукцію. Виходячи з цього, дослідження токсичного впливу важких металів на природну ланку «ґрунт–рослина» і розробка заходів здетоксикації ґрунту є надзвичайно важливими [401].

Поміж великої кількості екологічних проблем України, особливу увагу потрібно акцентувати на чорнобильській аварії – найбільшій техногенній катастрофі в історії людства, наслідки якої вийшли далеко за межі проблем довкілля і переросли у ланцюг соціально-економічних, медико-біологічних, психологічних, морально-етичних, світоглядних, культурних, технічних, демографічних та політичних проблем.

Ліквідація наслідків катастрофи змусила державні органи залучати значні зусилля та кошти, проте коло пов'язаних із нею невідкладних проблем залишається і зараз надзвичайно широким [418].

Наслідком аварії на Чорнобильській АЕС стало забруднення радіонуклідами значної території Українського Полісся. На цій території проживає і зайнята в агропромисловому виробництві значна частина населення. Ведення сільськогосподарського виробництва на забруднених землях потребує науковообгрунтованих рекомендацій щодо системи удобрення та виготовлення біопалива. Глобальною проблемою в агропромисловому виробництві є збереження та відтворення родючості дерново-підзолистих ґрунтів Полісся України, які є основними нарадіоактивно забруднених територіях [401]. Не менш важливою проблемою ведення сільськогосподарського виробництва на таких ґрунтах є високий вміст важких металів. У органічних добривах, підстилковому гної накопичуються радіонукліди та важкі метали. Високі норми їх внесення призводять до забруднення ґрунтів, підґрунтових вод і, в подальшому, продукції. Одночасно недостатньо використовуються мінеральні добрива та регулятори росту рослин з метою вирощування енергетичних культур для виробництва біопалива [401, 419]. Високі ціни на мінеральні добрива у десятки разів скоротили їхнє використання. Ці види добрив також містять домішки важких металів, що забруднюють ґрунт та переходять у рослинницьку продукцію.

«Зелене паливо» – так інколи називають палива рослинного походження, сировиною для отримання якого є «зелена» біомаса. Проте, чим більше говорять про біоенергетику, тим частіше під поняттям «біопаливо» розуміють рідкі біопалива (біодизель, біоетанол і метанол) та забувають про тверді та газоподібні. Однак не меншої уваги заслуговують біогаз, синтез-газ, піролізні рідини, відходи сільськогосподарської та побутової продукції, залишки від переробки деревини.

---

[418] Чи можливий бізнес на енергетичних рослинах для малих фермерів? URL : https://ua-energy.org/uk/posts/chy-mozhlyvyi-biznes-na-enerhetychnykh-roslynakh-dlia-malykh-fermeriv.

[419] Альтернативні паливно-енергетичні ресурси та законодавчі особливості їх закупівель. URL : https://radnuk.com.ua/hrupy_zakupivel/alternatyvni-palyvno-enerhetychni-resursy-ta-zakonodavchi-osoblyvosti-ikh-zakupivel.

Саме енергетичні рослини, які вирощуються для отримання енергії чи палива, в найближчому майбутньому створять конкуренцію газу чи дизелю [401, 420 , 421]. Тому біоенергетика стає перспективним напрямком сільськогосподарського виробництва. Україна має всі умови для широкого впровадження та використання новітніх технологій вирощування та переробки біомаси енергетичних культур [401].

Розвиток біоенергетичних технологій зменшить проблему забезпечення країни енергоресурсами, покращить екологічний стан у регіонах, сприятиме зайнятості місцевого населення. Це дасть можливість перетворити аграрний сектор із споживача енергії у безпосереднього її виробника. Виходячи з сучасного рівня загального споживання первинних енергоносіїв в Україні, економічний потенціал вирощуваної енергетичної біомаси може забезпечити близько 10 % від потреб країни. Широке запровадження плантацій енергетичних рослин на низькопродуктивних та виведених із сівообігу землях буде сприяти підвищенню частки біомаси в енергетичному балансі країни найближчі роки до 20–25 % [401, 422].

Енергетичні рослини впливають на екологію і довкілля наступним чином [401, 423, 424]:

- один гектар плантацій енергетичних рослин поглинає з повітря понад 200 тонн CO_2 за 3 роки;
- ідеально підходить для засадження радіоактивно забруднених та порушених земель після видобування ельмінітових руд, малопродуктивних чи виведених з обробітку;
- ефективно застосовуються у протиерозійних заходах для укріплення ґрунтів, збагачують їх макроелементами та мікроелементами, поживними речовинами;
- енергетичні рослини є природними фільтрами для очищення ґрунтів від пестицидів;
- плантації енергетичних рослин є природними фільтрами для видалення відходів агропромислового виробництва, застосовуються як буферні зони в місцях накопичення біологічних відходів фермерських господарств.

Гірничо-хімічна промисловість займає одне з провідних місць в інфраструктурі економіки нашої країни. Але, разом з цим, діяльність гірничо-хімічних підприємств є визначальним чинником техногенезу, який істотно ускладнює екологічну ситуацію на локальних територіях зі

---

[420] Станько Т. М. Бар'єри для розвитку ринку біопалива в Україні. Ефективність функціонування сільськогосподарських підприємств : матеріали IX міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (25–27 травня 2020 р). 2020. С. 35–38.

[421] Відновлювані джерела енергії / за заг. ред. С. О. Кудрі. Київ : Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. 392 с.

[422] Альтернативні паливно-енергетичні ресурси та законодавчі особливості їх закупівель. URL : https://radnuk.com.ua/hrupy_zakupivel/alternatyvni-palyvno-enerhetychni-resursy-ta-zakonodavchi-osoblyvosti-ikh-zakupivel/

[423] Слюсар І. Т., Ткаченко А. М. Економічні аспекти отримання деревної біомаси з верби. *Агросвіт*. 2017. № 15–16. С. 21–26.

[424] Вожегова Р. А., Біляєва І. М., Коковіхін С. В., Нестерчук В. В. Агроекологічна стандартизація та нормування витрат ресурсів у зрошуваному землеробстві : монографія. Херсон : Грінь Д. С., 2016. 230 с.

зміною форм рельєфу, гідрологічного та біогеохімічного режимів територій, що спричинене нагромадженням на земній поверхні значної кількості відходів виробництва [425]. У зв'язку з цим виникають різні екологічні проблеми, які пов’язані, перш за все, із забрудненням різних природних компонентів довкілля – ґрунтів, вод, рослинного покриву, а відтак і погіршення показників стану здоров’я місцевого населення.

Одним із промислових басейнів, що зазнали інтенсивної експлуатації, є Передкарпатський сірконосний басейн. Основними об’єктами в межах сірконосного басейну, для яких виконували гірничодобувні роботи, були Роздільське та Яворівське ДГХП «Сірка» [425, 426]. ДГХП «Сірка», яке було засноване у 1953 році у зв’язку із освоєнням досить великого Роздільського родовища. Це підприємство бурхливо розвивалось у 50-ті – 80-ті роки XX століття, коли були відкриті поклади сірчаних руд, проведена їхня геологічна розвідка, почергово введено в експлуатацію три кар’єри (Південний, Центральний та Північний), побудовано збагачувальну фабрику, завод складних мінеральних добрив, місця складування промислових відходів, а обсяги виробництва мінеральних добрив становили близько 800 тисяч тонн в рік.

На початку 1990-х років видобуток сірки припинився, розпочався процес реструктуризації гірничо-хімічного підприємства на площі близько 22 тис. га та має розвинену інфраструктуру, систему енергопостачання та водопостачання, залізницю [426]. Станом на 2000 рік Роздільське сірчане родовище вже було повністю відпрацьовано – усі розвідані поклади вилучені з надр, порушені гірничими роботами ландшафти в межах досліджуваної території рекультивуються та приводяться у безпечний для людей та довкілля стан у відповідності до розробленого комплексного проєкту. Через ненормований видобуток сірки відкритим способом на місці колишніх родовищ сірки нині залишився спотворений природний ландшафт, техногенні відходи та забруднені ґрунти та водні об’єкти [427].

Науковцями Національного університету «Львівська політехніка» проводяться дослідження, спрямовані на удосконалення методології оцінювання показників, що визначають рівень екологічної небезпеки після закриття гірничо-хімічного підприємства на основі аналізу процесів впливу на довкілля основних джерел небезпеки.

---

[425] Погребенник В. Д., Джумеля Е. А. Екологічний аспект створення стабільної території Роздільського державного гірничо-хімічного підприємства «Сірка». Агроекологічні, соціальні та економічні аспекти створення й ефективного функціонування екологічно стабільних територій : колективна монографія / ред. П. В. Писаренко, Т. О. Чайка, О. О.Ласло. Полтава : Сімон, 2016. С. 56–66.

[426] Погребенник В., Дяків В., Джумеля Е., Ковальчук М. Оцінювання сучасного стану гірничо-хімічних підприємств на стадії ліквідації. Науковий та педагогічний супровід сталого розвитку: Дискурс 2019 : колективна монографія. Суми : Вінниченко В. Д., 2019. С. 38–55.

[427] Pohrebennyk V., Koszelnik P., Mitryasova O., Dzhumelia E., Zdeb M. Environmental monitoring of soils of post-industrial mining areas. *Journal of Ecological Engineering.* 2019. Vol. 20. P. 53–61.

На території Роздільського ДГХП «Сірка» виділено 11 джерел небезпеки [428]:

– фосфогіпс;

– комова сірка;

– хвости флотації;

– затоплені кар'єри;

– осади оборотних вод;

– модифікатор типу «МГ», виготовлений з нейтралізованих гудронних залишків та котлових залишків ангідриту малеїнової кислоти;

– сміттєзвалище;

– поверхневі води;

– підземні води;

– забруднені ґрунти;

– екзогенні геологічні процеси та спотворення рельєфу.

За отриманими результатами досліджень забрудненої території розроблено засади екологічної безпеки гірничо-хімічного підприємства на етапі ліквідації, в основу яких покладено принцип комплексного екологічного моніторингу на основі збору, зберігання та опрацювання даних про забруднення різних елементів середовища (ґрунтів, поверхневих та підземних вод, атмосферного повітря), що забезпечить прогнозування екологічних змін території гірничо-хімічного підприємства. Для забезпечення екологічної рівноваги в зоні впливу Роздільського ДГХП «Сірка» необхідним є проведення регулярних моніторингових спостережень, утримання, нагляд та контроль за станом гідротехнічних споруд, ліквідація джерел забруднення – складу гудронів, полігону побутових відходів, складу комової сірки, відвалів фосфогіпсу, рекультивація порушених земель території заводу мінеральних добрив. Суттєво покращить стан екологічної безпеки в зоні впливу Роздільського ДГХП «Сірка» влаштування системи фільтрувальних дамб з карбонатних матеріалів, що буде слугувати запобіжним заходом для потрапляння кислих вод з озера Кисле в русло р. Дністер. Ще однією альтернативою у використанні техногенно забруднених земель ДГХП «Сірка» є розташування на відвальних породах (зовнішніх відвалах у зоні впливу колишнього Яворівського ДГХП «Сірка») та намивних грунтах (гідровідвали та хвостосховища у зоні впливу Роздільського ДГХП «Сірка») сонячних електростанцій. Сонячні електростанції складаються з масивів прямокутних панелей, встановлених на неглибоких заглибенних фундаментах, які нахилені до Сонця під фіксованим або регульованим кутом, із південною експозицією (у північній півкулі), для забезпечення оптимальної потужності.

[428] Pohrebennyk V., Dzhumelia E. Environmental assessment of the impact of tars on the territory of the Rozdil state mining and chemical enterprise "Sirka" (Ukraine). *Studies in Systems, Decision and Control*. 2020. T. 1, Vol. 198. P. 201–214.

Важливо відзначити, що один модуль, підданий впливу Сонця, буде вести себе по-різному відносно модуля, який є частиною ланцюга, з'єднаного через інші компоненти. Тому важливим є оптимальне розташування в залежності від рельєфу, кількості опадів та грунтів, які впливають на генерацію, коли поверхня не вирівняна належним чином або панелі встановлені не на тому самому рівні чи інших причин, особливо в ранкові та вечірні години [429].

Такі масиви панелей на великих площах зазвичай розташовують рядами, які і формують власне сонячні електростанції чи сонячні ферми різних розмірів та форм, що можуть охоплювати досить значні площі, які у випадку вищезгаданих гірничо-хімічних підприємств становлять від 35 до 175 га [429]. До обов'язкових складових крупних сонячних електростанцій належать під'їзні шляхи, електричні кабелі та електронне комутаційне обладнання. Специфічною особливістю сонячних панелей, є те, що вони є непроникними для води і у періоди опадів проявляють ефекти «парасолі», затінення, концентрування зливових опадів, активізації ерозійних процесів та зміни інженерно-геологічних умов ґрунтів [429].

Ефект «парасолі» полягає у тому, що ґрунтовий покрив під сонячних панелями захищений від потрапляння атмосферних опадів. Ефект парасолі дуже подібний до ефекту затінення, який полягає у тому, ґрунтовий покрив під сонячних панелями певний період часу захищений від інсоляції. Ефект концентрування зливових опадів полягає у тому, сонячні панелі на своїй поверхні накопичують досить значні об'єми атмосферних опадів, коли розрізнені краплі та їхні агрегації, різні за розмірами та формою, в умовах нахилу, під дією гравітації стікають донизу, а при їхній значній інтенсивності спряють посиленому концентрованому стоку у ґрунт [428, 429]. Зазвичай сонячні панелі встановлюють таким чином, щоб зливові води потрапляли безпосередньо у захищений від ерозійного розмиву ґрунт – задернований, добре дренований ґрунтовий масив, щоб стимулювати інфільтрацію та запобігати ерозійному розмиву.

Отже, для України проблеми подолання дефіциту енергоносіїв, а також необхідного та своєчасного енергозабезпечення набули особливої уваги, тому її розв'язання потребує пошуку альтернативних шляхів енергозабезпечення. Використання альтернативних джерел енергії можна вважати стратегічним напрямом вирішення паливно-енергетичних проблем, а також ефективним стимулом для відновлення техногенно забруднених територій.

За отриманими результатами досліджень забрудненої території Роздільського ДГХП «Сірка» розроблено засади екологічної безпеки гірничо-хімічного підприємства на етапі ліквідації, в основу яких

[429] Pohrebennyk V., Dzhumelia E. The methodology for design of informational and analytical system for environmental monitoring of mining and chemical enterprise in the liquidation. *Environmental Problems*. 2017. Vol. 2, Issue 4. P. 215–220.

покладено принцип комплексного екологічного моніторингу на основі збору, зберігання та опрацювання даних про забруднення різних елементів середовища (ґрунтів, поверхневих та підземних вод, атмосферного повітря), що забезпечить прогнозування екологічних змін території гірничо-хімічного підприємства. Встановлено, що для забезпечення екологічної рівноваги необхідним є проведення регулярних моніторингових спостережень, утримання, нагляд та контроль за станом гідротехнічних споруд та ліквідація джерел забруднення. Суттєво покращить стан екологічної безпеки влаштування системи фільтрувальних дамб з карбонатних матеріалів, що буде слугувати запобіжним заходом для потрапляння кислих вод з озера Кисле в русло р. Дністер. Ще однією альтернативою у використанні техногенно забруднених земель ДГХП «Сірка» є розташування на відвальних породах та намивних ґрунтах сонячних електростанцій.

4.3. Використання біологічно активних речовин у ветеринарній медицині для відновлення та ефективного ведення тваринництва і розвитку сільських територій

Грищук Г. П., Ревунець А. С., Веремчук Я. Ю., Євтух Л. Г.
Поліський національний університет

На сьогодні важливе значення для розвитку сільського господарства має впровадження сучасних технологій, в першу чергу на техногенно забруднених територіях. Забезпечення продовольчої безпеки України неможливе без продукції тваринництва, однак стратегічним напрямами для розвитку цієї галузі є вирішення низки проблем, які пов’язані з відсутністю інвестицій і недостатністю та недосконалістю науково-інноваційного забезпечення. Відповідно до Маніфесту «Про сприяння розвитку сільських територій» диверсифікація сільської економіки потребує використання біотехнологій та розвитку органічного виробництва [430].

Аналіз економічно доцільних та ефективних технологій для розвитку галузі тваринництва показав, що використання в раціонах біологічно активних речовин (БАР) дозволяє отримати дешеву продукцію та здійснювати профілактику захворюваності тварин. Фізіологічна роль БАР визначається їх життєво важливою функцією в обміні речовин. Координація та направленість біохімічних реакцій в організмі, перетворення речовин і енергії в клітинах, підтримання осмотичного тиску, кислотно-лужної рівноваги, забезпечення функції клітинних

[430] Маніфесту «Про сприяння розвитку сільських територій» від 19.04.2016 р. URL : Маніфест «Про сприяння розвитку сільських територій» – Мінрегіон (minregion.gov.ua) (дата звернення: 28.12.2021 р.).

мембран, передачі нервових імпульсів – це неповний перелік тих важливих функцій, які виконують БАР для підтримання гомеостазу внутрішнього середовища в організмі [431].

За допомогою біологічно активних речовин створюється так звана конституціальна захищеність організму, яка досягається як стаціонарними, так і рухливими біомолекулярними системами на рівні ферментів, вітамінів, мінеральних компонентів [432].

В даний час випускається широкий арсенал БАР, зокрема сорбенти, антиоксиданти, вітаміни, мікро- та макроелементи, ферменти. Розглянемо ефективність застосування сорбентів (цеоліт) і антиоксидантів (гумат натрію) в комплексі та окремо при веденні молочного скотарства і їх вплив на фізіологічний статус сухостійних корів.

Науково-виробничий дослід було проведено на сухостійних коровах української чорно-рябої породи, які утримувались в одному з господарств Житомирської області, території якого відносяться до 3-ї зони радіаційної безпеки. Дослідження були виконані за схемою, яка представлена в таблиці 1.

1. Схема досліду на сухостійних коровах по з'ясуванню ефективності згодовування гумату натрію і цеолітів

Група тварин	Кількість, голів	Умови годівлі корів	
		підготовчий період	дослідний період
контрольна	12	основний раціон	основний раціон (ОР)
перша дослідна	12	основний раціон	ОР в комплексі з гуматом натрію
друга дослідна	12	основний раціон	ОР в комплексі з гуматом натрію та цеолітами
третя дослідна	12	основний раціон	ОР в комплексі з цеолітами

Джерело: авторська розробка.

Групи дослідних тварин було сформовано за принципом аналогів (порода, жива маса, фізіологічний стан, лактація). В кожну з них були включені тільні корови (друга – третя лактація), за місяць до отелення. Тваринам контрольної групи згодовували раціон для сухостійних корів, що за своєю збалансованістю та основними показниками живлення відповідав нормам годівлі. Коровам контрольної групи біологічно активні препарати до раціону не вводили. Тваринам дослідних груп протягом останнього місяця до отелу, в склад основного раціону господарства вводили: перша дослідна – гумат натрію в дозі 15 мг на один кілограм живої маси корови; друга дослідна – гумат натрію в тій же дозі та цеоліти в розрахунку 0,2 г на один кілограм маси тіла; третя дослідна група – лише

[431] Дмитриев Н. Г., Жигачев А. И., Федорова С. М. Использование генетических методов профилактики болезней животных и создание устойчивых к экстремальным условиям пород, линий, семейств. *Повышение генетического потенциала молочного скота*. Москва : Агропромиздат, 1986. С. 146–151.

[432] Фотіна Т. І., Дворська Ю. Є., Улько Л. Г. Вивчення дії цеолітового борошна при Т-2 токсикозі курей-несучок. *Науковий вісник Львівської акад. вет. мед. ім. С. З. Гжицького*. 2000. Т. 1, Ч. 1. С. 206–209.

цеоліти за вище наведеною дозою. Біологічно активні речовини коровам згодовували у вигляді суміші з концентрованими кормами щодоби протягом 30 діб перед отеленням. Для всіх дослідних тварин були створені ідентичні умови утримання і догляду. Тварини утримувались на прив'язі в одному приміщенні з наданням щоденного моціону на вигульному майданчику.

Отримані експериментальні дані на сухостійних коровах української чорно-рябої породи, свідчать про неоднакову ефективність застосування біологічно активних речовин як кожного зокрема, так і в їх сполученні.

Під впливом згодовування тільки гумату натрію відмічалось суттєве нарощування кількості еритроцитів (на 30,0 %) (рис. 1) та вмісту гемоглобіну (на 7,9 %).

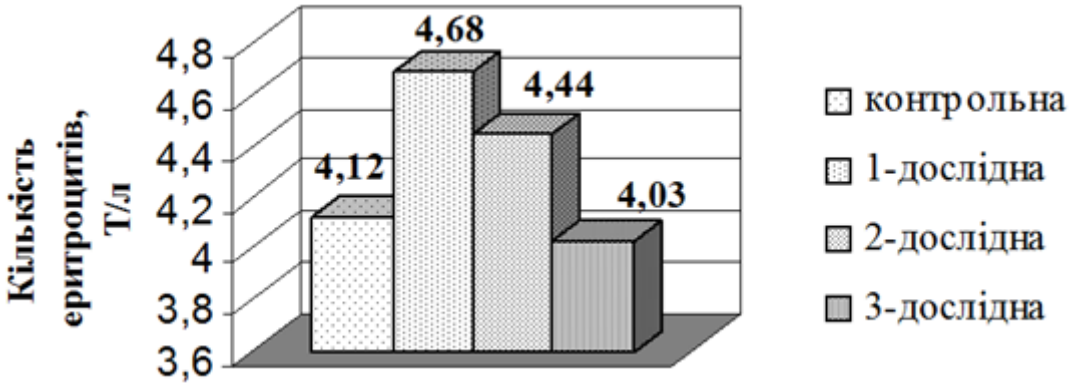


Рис. 1. Кількість еритроцитів у крові піддослідних груп корів
Джерело: авторська розробка.

На притаманному тлі зниження рівня загального та відновленого глутатіону, що на нашу думку являється результатом ураження глутатіонової системи радіаційним випромінюванням, під дією гумату натрію спостерігалась активізація і цієї системи. Вміст загального глутатіону і його відновленої фракції зростав на 17,6 % ($p<0,05$) і на 43,4 % ($p<0,001$) у порівнянні з контрольними аналогами. За вмістом загального білка також відмічена тенденція до його збільшення у дослідних тварин (на 7,96 %).

Хоча бактерицидна активність перед отелом у всіх тварин дещо зменшувалась, ровесниці, які в період сухостою споживали гумат натрію, переважали своїх контрольних аналогів за цим показником на 40,9 %. Лізоцимна активність сироватки крові теж наприкінці досліду зростала на 12,5 %. По відношенню до контролю вона була вищою в 1,5 рази (рис. 2). Відмічено, після згодовування гумату натрію, підвищення фагоцитарної активності нейтрофілів крові на 18,7 %, $p<0,05$.

Таким чином, в організмі сухостійних корів гумат натрію спричиняв не тільки поліпшення окислювально-відновлювальних процесів, обміну речовин, а й виразно стимулював їх адаптаційно-захисну здатність.

Відбулися позитивні зміни після згодовування гумінату і у біологічній якості молозива. Так, згодовування цього препарату призводило до підвищення вмісту в молозиві сухої речовини – на 11,6 %,

сирої золи – на 15,1 % ($p<0,05$), жирність збільшувалась в 1,7 рази ($p<0,01$), вміст загального білку зростав – на 9,3 %, казеїногену – на 41,2 %, а імуноглобулінів – на 27,7 % в порівнянні з контрольними аналогами.

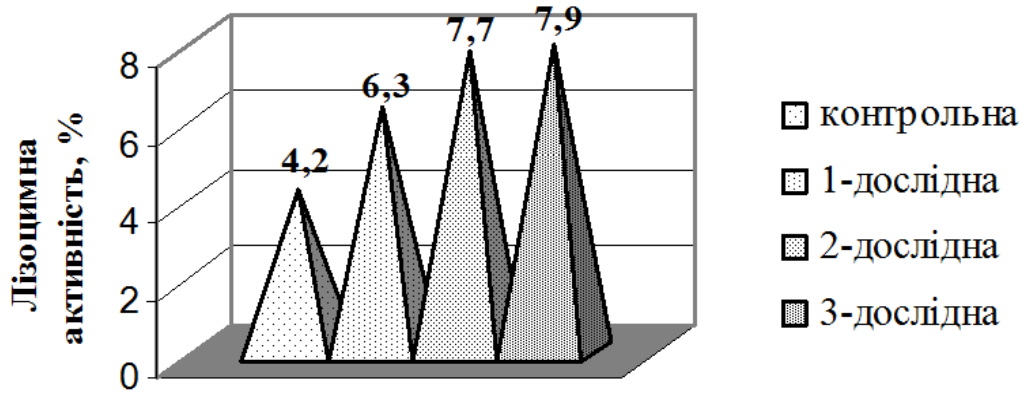


Рис. 2. Лізоцимна активність сироватки крові піддослідних груп корів
Джерело: авторська розробка.

Отелення у корів, що отримували гумат натрію, перебігало краще. Відділення посліду у породілей цієї групи відбувалося швидше на 3,2 години або на 21,8 %, сервіс–період скорочувався на 28,5 діб або на 22,5 %, а індекс осіменіння зменшувався в 2 рази.

Отже, пероральне введення гумату натрію коровам за місяць до отелу значно поліпшувало фізіологічний статус організму як за біохімічними та морфологічними, так і імунологічними показниками крові, покращувало якісний склад молозива, перебіг родів та післяродове відновлення репродуктивної здатності у них.

Результати наших досліджень цілком узгоджуються із загально визнаною концепцією механізму дії гумату натрію на організм тільних тварин, яка свідчить про адаптогенні і стимулюючі властивості цієї сполуки, рівень проявлення яких значно зростає за несприятливих умов довкілля [433].

Крім з'ясування впливу на організм сухостійних корів гумату натрію, ми ставили за мету вивчити також його дію на організм у комплексі з цеолітами. Останні, як відомо, володіють досить виразною адсорбуючою дією. Їх споживанням досягається значне зниження надходження радіонуклідів із шлунково-кишкового тракту в органи і системи організму, чим зменшується радіаційне забруднення тваринницької продукції. Проте існує ряд застережливих свідчень про наявність супресуючої дії при довготривалому споживанні цеолітів на фізіологічний стан тварин. Саме цим і була обумовлена мета – з'ясувати можливість поєднаного використання цеолітів разом з гуматом натрію, сподіваючись на більш обнадійливі при цьому наслідки.

[433] Грибан В. Г. Вплив прополісу та гідрогумату на показники імунного статусу корів у сухостійний період. *Вісник Львів. націон. академ. вет. мед. ім. С. З. Ґжицького.* 2000. Т. 6, № 3, Ч. 1. С. 75–81.

В результаті досліджень було встановлено, що згодовування гумінату в комплексі з цеолітами підвищувало кількість еритроцитів у крові (на 16,8 %), різниця за цим показником між дослідними і контрольними тваринами становила 7,8 %. Спостерігалось також збільшення вмісту гемоглобіну (на 33,7 %) та кольорового показника (на 16,9 %).

Рівень загального глутатіону та відновленої його фракції в сироватці крові по цій групі тварин після згодовування препаратів переважав такий у контрольних аналогів на 8,1 ($p<0,01$) і 39,5 %, відповідно. Аналогічна картина спостерігалась і за вмістом загального білка (на 9,5 %, $p<0,05$).

Комплексне згодовування гумінату з цеолітами позитивно вплинуло і на деякі імунологічні показники. Так, лізоцимна активність сироватки крові у дослідних тварин цієї групи зростала на 20,3 %. До контрольної групи вона підвищувалась в 1,8 рази. Відмічене деяке зростання нейтрофільного фагоцитозу (на 7,1 %).

Споживання гумату натрію та цеолітів поліпшувало і біологічну якість молозива. Так, встановлено зростання вмісту сухої речовини на 13,5 %, сирої золи – відповідно 24,1 %, жирність збільшувалась в 1,7 рази ($p<0,01$), вміст загального білка зростав на 13,3 % ($p<0,01$), а імуноглобулінів – на 27,2 %, в порівнянні з відповідними показниками контрольної групи.

Введення до раціону цих препаратів перед отелом позитивно вплинуло на перебіг родів та відтворювальну функцію корів. По цій групі час відділення навколоплідних оболонок тривав в середньому 14,2 години, що на 0,5 години або на 3,4 % менше ніж в контролі. Сервіс–період скорочувався на 24,1 доби або 19,4 % від контрольних аналогів. Індекс осіменіння також зменшувався порівняно з контролем на 41,2 %.

Таким чином, результати комплексного згодовування гумінату з цеолітами сухостійним коровам виявились теж обнадійливими, хоча у порівнянні з попередніми (від застосування одного лише гумату натрію без цеолітів) вони за деякими показниками мали тенденцію до зниження.

Нарешті, згодовування самих лише цеолітів мало відносно незначний позитивний вплив на фізіологічний стан тварин. Так, чисельність еритроцитів по групі корів, які споживали цеоліти, була майже однаковою в порівнянні з контрольними аналогами, а вміст загального білка в сироватці крові переважав всього на 6,8 %. Лізоцимна активність наприкінці досліду зростала на 17,9 %.

Молозиво, отримане від корів цієї групи, переважало таке від контрольних аналогів за вмістом сухої речовини на 7,9 %, жиру – на 32,4 % ($p<0,05$), сирої золи та азоту відповідно – на 30,9 і 51,2 %, $p<0,01$.

За показниками відтворювальної здатності була також відмічена незначна перевага корів цієї групи над контрольними аналогами: тривалість сервіс–періоду зменшувалась на 17,7 доби або на 14,6 %, а індекс осіменіння був на 14,7 % меншим.

За більшістю інших показників тварини, які отримували лише цеоліти, не зазнавали суттєвих змін, а за деякими з них вони навіть поступалися контрольним аналогам. Це пов'язано, на нашу думку, з досить високою адсорбційною дією цього препарату, що до деякої міри стримувало позитивний вплив його на фізіологічні, біохімічні та імунологічні показники організму тварин.

В комплексі ж з гумінатом супресуюча дія цеолітів на організм сухостійних корів майже згладжувалась завдяки прояву компенсаційно–стимулюючого ефекту першого.

Експериментальні дослідження ефективності застосування вище зазначених біологічно активних препаратів глибокотільним коровам були б неповними без з'ясування їх опосередкованого впливу на життєздатність отриманого від них приплоду.

За даними наших досліджень, телята, матері яких отримували гумінат і гумінат з цеолітами, при народженні не мали суттєвої різниці у живій масі, але при подальшому розвитку в профілакторному періоді вирощування їх енергія росту виявилась дещо інтенсивнішою (на 5,4 і 3,2 %) порівняно з аналогами, отриманими від корів контрольної групи (рис. 3).

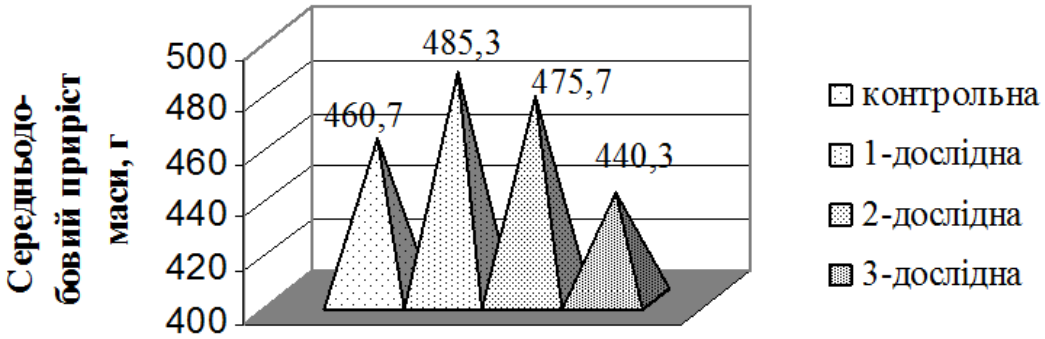


Рис. 3. Середньодобовий приріст живої маси телят

Джерело: авторська розробка.

Новонароджений приплід, отриманий від корів, яким в період сухостою вводили до раціону лише цеоліти, за цим показником не відрізнявся від контрольних аналогів.

Телята перших двох дослідних груп переважали своїх ровесників з контрольної групи за кількістю еритроцитів (на 7,5 і 3,6 %), вмістом гемоглобіну (на 25,3 і 26,6 %, $p<0,01$) та загального білка (на 25,6 і 6,9 %). Тварини цих груп характеризувалися також підвищеним вмістом загального глутатіону. Вони мали перевагу над контрольними ровесниками за імунологічними показниками. Бактерицидна і лізоцимна активність сироватки крові була вищою у телят першої дослідної групи (гумінат) на 26,9 і 24,4 %, а другої (гумінат та цеоліти) на 7,6 і 4,5 % (рис. 4–5).

Аналогічна тенденція спостерігалась і у співвідношенні Т- і В-лімфоцитів та за показниками фагоцитозу.

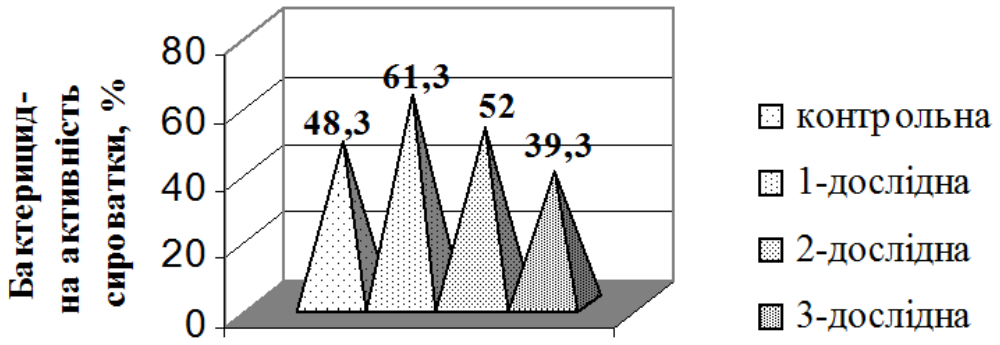


Рис. 4. Бактерицидна активність сироватки крові дослідних груп телят
Джерело: авторська розробка.

У телят третьої дослідної групи, матері яких споживали лише цеоліти, позитивні зрушення в показниках крові були відмічені лише в активізації глутатіонової системи, у нарощуванні альфа-глобулінової фракції білків та вмісту імуноглобулінів.

За іншими показниками крові тварини цієї групи помітно не виділялися, а за бактерицидною активністю і вмістом β-глобулінів навіть поступалися своїм контрольним ровесникам (на 18,6 і 19,6 %).

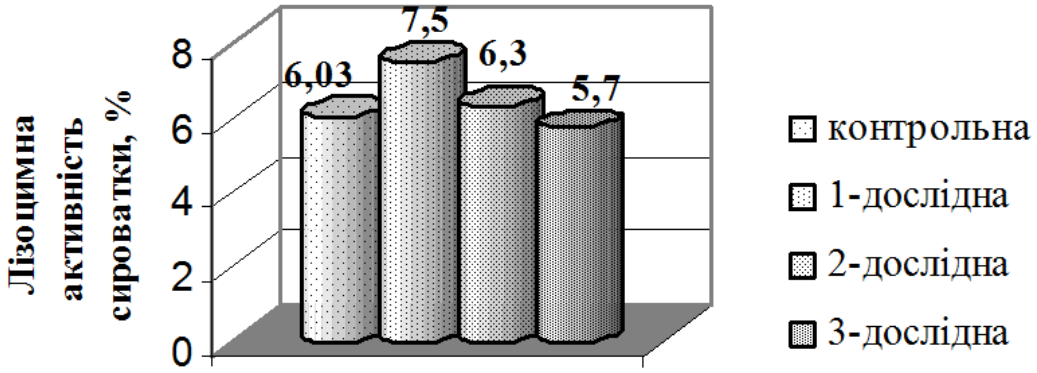


Рис. 5. Лізоцимна активність сироватки крові дослідних груп телят
Джерело: авторська розробка.

Отже, згодовування гумату натрію як зокрема, так і в комплексі з цеолітами коровам за місяць до отелу сприяло отриманню від них більш життєздатного приплоду з підвищеною енергією росту в постнатальному періоді, чого не можна стверджувати при використанні одних лише цеолітів.

Про рівень впливу на життєздатність приплоду стану організму корів-матерів можуть свідчити обчислені нами коефіцієнти кореляції деяких імунобіологічних показників крові.

За ними можна зазначити про існування між реактивністю корів-матерів і їх приплодом певного кореляційного зв’язку за його величиною і напрямком.

Так, за вмістом загального білка спостерігалась середня за рівнем позитивна кореляційна залежність між коровами–матерями контрольної і першої дослідної груп з своїми нащадками. Цей зв'язок значно посилювався між коровами і телятами другої дослідної групи (r=0,87). За вмістом імуноглобулінів дещо нижче середнього рівня позитивна залежність зберігалася у корів і телят першої, другої і третьої дослідних груп (r=0,24–0,32) і майже не відмічалася у контрольних аналогів (r= -0,08).

Порівняно тісний позитивний взаємозв'язок матерів з їх нащадками в усіх групах спостерігався за бактерицидною активністю сироватки крові. Найбільше він був виражений між матерями і приплодом у першій дослідній групі (r=0,80). За лізоцимною активністю суттєвої кореляційної залежності не було виявлено. Вона у незначних від'ємних величинах коливалася поміж групами у межах від -0,08) до (-0,27). За клітинними показниками захисту (фагоцитарній активності і інтенсивності полінуклеарних лейкоцитів) середній за рівнем позитивний зв'язок був притаманний тваринам усіх дослідних груп. За фагоцитарною активністю він коливався у межах від 0,37 до 0,69, а за фагоцитарною інтенсивністю – від 0,29 до 0,79. Дещо знижувалась залежність за цими показниками між коровами і телятами третьої дослідної групи. У тварин контрольної групи за фагоцитарною активністю кореляційний зв'язок був зовсім відсутнім.

Тож, між коровами-матерями і їх нащадками при народженні спостерігався позитивний кореляційний зв'язок за більшістю імунобіологічних показників крові, проте його рівень помітно варіював залежно від умов годівлі корів-матерів у сухостійний період.

Майже за всіма показниками крові (за виключенням лізоцимної активності сироватки) телята першої і другої дослідних груп при народженні мали більш тісні позитивні кореляційні зв'язки зі своїми матерями, які в останній місяць тільності споживали біологічно активні препарати – гумінат і гумінат в комплексі з цеолітами. Телята третьої дослідної групи, матері яких споживали лише цеоліти, значно поступалися своїм ровесникам з першої і другої дослідних груп за цією особливістю. У телят контрольної групи, матері яких знаходилися на звичайному господарському раціоні (без споживання гумінату і цеолітів) позитивна кореляційна залежність середнього рівня проявлялась лише за бактерицидною активністю сироватки крові, загальним білком і фагоцитарною інтенсивністю нейтрофілів, проте вона була нижчою ніж у ровесників першої і другої дослідних груп.

Таким чином, проведеними дослідженнями з'ясовано, що введення біологічно активних препаратів сухостійним коровам є ефективним для профілактики акушерсько-гінекологічних хвороб і підвищує рентабельність галузі тваринництва, зокрема покращує показники відтворення молочного стада, що в свою чергу дає змогу розвивати фермерські господарства та відновлювати техногенно забруднені території.

4.4. Роль гумінових препаратів та їх сумішей з мінеральними добривами в технологіях вирощування пшениці озимої

Короткова І. В.[1], Чайка Т. О.[2]
[1]Полтавський державний аграрний університет
[2]Полтавське відділення академії наук технологічної кібернетики України

1. Основні функції стимуляторів росту рослин гумінової природи

Сучасні технології вирощування зернових культур з метою підвищення їх урожайності передбачають максимально повне задоволення потреб рослин в елементах мінерального живлення. Однак вирішити це питання за рахунок внесення лише мінеральних добрив не можливо. Стійкий розвиток виробництва продукції рослинництва вимагає використання не тільки ефективних мінеральних добрив, що містять макро- і мікроелементи, а й стимуляторів росту рослин, які є багатим джерелом біологічно активних сполук, функція яких полягає в стимулюванні природних процесів для підвищення засвоєння поживних речовин, стійкості до біотичних стресів і підвищення ефективності в боротьбі з бур'янами [434, 435]. Лише за таких умов можливе підвищення продуктивності сільського господарства з одночасною екологізацією його виробництва та зменшення негативного впливу на природне навколишнє середовище.

Стимулятори росту сприяють зростанню і розвитку рослин протягом усього життєвого циклу від проростання насіння до дозрівання рослин шляхом підвищення ефективності метаболізму для збільшення врожайності та поліпшення якості врожаю, підвищення стійкості рослин до абіотичних стресів і відновлення після них, полегшення засвоєння і використання поживних речовин, поліпшення якісних характеристик продукції, підвищення ефективності водопоглинання, фізико-хімічних властивостей ґрунту і стимулювання розвитку додаткових ґрунтових мікроорганізмів [436].

Завдяки змінам гормонального статусу й активації антиоксидантних систем рослин, стимулятори росту здатні полегшити реакцію рослин на біотичний [437 , 438] і водний стрес, який не тільки впливає на

[434] Yakhin O. I., Lubyanov A. A., Yakhin I. A., Brown P. H. Biostimulants in Plant Science: A Global Perspective. *Front Plant Sci*. 2017. Vol. 7. P. 2049.

[435] Du Jardin P. Plant Biostimulants: Definition, Concept, Main Categories and Regulation. *Scientia Horticulturae*. 2015. Vol. 196. P. 3–14.

[436] Calvo P., Nelson L., Kloepper J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil.* 2014. Vol. 383. P. 3–4.

[437] Khafagy M., Khafagy Z., Al-Abidin A. H., et al. Effect of Pre-treatment of Barley Grain on Germination and Seedling Growth Under Drought Stress. *Advances in Applied Sciences*. 2017. Vol. 2, Issue 3. P. 33–42.

[438] Piotrowska-Niczyporuk A., Bajguz A. The effect of natural and synthetic auxins on the growth, metabolite content and antioxidant response of green alga *Chlorella vulgaris* (Trebouxiophyceae). *Plant Growth Regulation*. 2014. Vol. 73, Issue 1. P. 57–66.

проростання насіння, а й додатково збільшує середній період дозрівання сільськогосподарських культур [439, 440].

Стимулятори росту компенсують дефіцит поживних речовин [441], які активують ферментативну активність всіх рослинних клітин і утворення стимулюючих сполук самою рослиною. Результатом є підвищена проникність мембрани кореневих клітин і поліпшене проникнення мінеральних речовин ґрунтового розчину до рослин. Крім того, за рахунок застосування стимуляторів росту прискорюється поглинання кисню рослинами, що, в свою чергу, посилює фотосинтез і фотосинтетичну активність агроценозів рослинних культур і призводить до збільшення врожайності [442].

Сприятлива дія стимуляторів росту була встановлена при вирощуванні багатьох рослинних культур [436, 443], і, у тому числі, зернових та бобових [444, 445]. Ефект застосування стимуляторів росту щодо зернових культур пов'язують зі здатністю рослин до підвищеного накопичення макронутрієнтів і мікронутрієнтів [446 , 447], зі збільшенням площі асиміляційної поверхні рослини [448 , 449], підвищенням концентрації хлорофілу [450, 451], і, як наслідок, активізацією фотосинтетичних процесів і зростанням продуктивності культури [452 , 453]. Завдяки цьому, стимулятори росту здатні покращувати якість і врожайність зерна і, головне, використання стимуляторів росту дозволяє зменшити кількість

---

[439] Soltani A., Gholipoor M., Zeinali E. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. *Environmental and Experimental Botany.* 2006. Vol. 55, Issue 1. P. 195–200.

[440] Mokhberdoran F., Kalat S. M. N., Haghighi R. S. Effect of temperature, iso-osmotic concentration of NaCl and PEG agents on germination and some seedling growth yield components in rice (*Oryza sativa* L.). *Asian J Plant Sci.* 2009. Vol. 8. P. 409–416.

[441] Papenfus H. B., Kulkarni M. G., Stirk W. A., et al. Effect of a commercial seaweed extract (Kelpak®) and polyamines on nutrient-deprived (N, P and K) okra seedlings. *Scientia Horticulturae.* 2013. Vol. 151. P. 142–146.

[442] Bakhmat M. I., Sendetsky I. V., Kozina T. V., et al. The influence of growth regulator and seeding rates on the formation of winter rape production in the conditions of the Western Forest-Steppe. *Agrology*. 2019. Vol. 2, Issue 3. P. 189–193.

[443] Craigie J. S. Seaweed extracts stimuli in plant science and agriculture. *Journal* of *Applied Phycology*. 2011. Vol. 23. P. 371–393.

[444] Шепілова Т. П. Вплив регуляторів росту на продуктивність сої в умовах Північного Степу України. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2019. № 3. С. 80–84.

[445] Маренич М. М., Юрченко С. О. Посівні якості насіння сільськогосподарських культур залежно від застосування стимуляторів росту. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 1–2. С. 18–21.

[446] Shah M. T., Zodape S. T., Chaudhary D. R., Eswaran K., Chikara J. Seaweed SAP as an alternative liquid fertilizer for yield and quality improvement of wheat. *Journal* of *Plant Nutrition.* 2013. Vol. 36, Issue 2. P. 192–200.

[447] Jindo K., Canellas L. P., Albacete A., Santos L. F., Rocha R. L. F., Baia D. C., Canellas N. O. A., Goron T. L., Olivares F. L. Interaction between Humic Substances and Plant Hormones for Phosphorous Acquisition. *Agronomy.* 2020. Vol. 10, Issue 5. P. 640.

[448] Nardi S., Pizzeghello D., Schiavon M., Ertani A. Plant biostimulants: physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Scientia Agricola*. 2016. Vol. 73, Issue 1. P. 18–23.

[449] Ren B., Zhang J., Dong S., Liu P., Zhao B. Regulations of 6-Benzyladenine (6-BA) on Leaf Ultrastructure and Photosynthetic Characteristics of Waterlogged Summer Maize. *Journal* of *Plant Growth Regulation.* 2017. Vol. 36. P. 743–754.

[450] Xiaotao D., Yuping J., Hong W., Haijun J., Hongmei Z., Chunhong C., Jizhu Y. Effects of cytokinin on photosynthetic gas exchange, chlorophyll fluorescence parameters, antioxidative system and carbohydrate accumulation in cucumber (*Cucumis sativus*) under low light. *Acta Physiologiae Plantarum.* 2013. Vol. 35, Issue 5. P. 1427–1438.

[451] Lakshmipathi, Adiga J. D., Kalaivanan D., Halesh G. K. Effect of plant growth regulators on leaf area, chlorophyll content, carotenoids, stomatal count and yield of cashew (*Anacardium occidentale L.*) var. Bhaskara. *Journal of Plantation Crops.* 2017. Vol. 45, Issue 2. P. 141–146.

[452] Khan N., Bano A. M. D., Babar A. Impacts of plant growth promoters and plant growth regulators on rainfed agriculture. *PLoS ONE.* 2020. Vol. 15, Issue 4. e0231426. doi: 10.1371/journal.pone.0231426

[453] Popko M., Michalak I., Wilk R., Gramza M., Chojnacka K., Górecki H. Effect of the New Plant Growth Biostimulants Based on Amino Acids on Yield and Grain Quality of Winter Wheat. *Molecules.* 2018. Vol. 23, Issue 2. P. 470.

застосовуваних мінеральних добрив, пестицидів, які впливають на безпечність продукції рослинництва та негативно впливають на природне навколишнє середовище [454]. Доведено, що комбіноване застосування органічних, мінеральних та гумінових добрив позитивно впливає на вміст поживних речовин і органічного вуглецю в ґрунті [455, 456].

Аналізуючи широкий спектр літературних джерел, в яких представлені результати експериментальних досліджень з вивчення ефективності дії стимуляторів росту різного походження, нами було обрано саме гумінові препарати, оскільки їх джерелом є природна сировина – низинний торф, буре вугілля (леонардит), сапропелі озерні тощо [457].

Як відомо, леонардит є видом бурого вугілля і містить велику кількість гумінових кислот, але низький вміст фульвових кислот, які є важливою складовою фізіологічно активних речовин. Гуматні добрива на основі торфу мають вищий вміст фульвових кислот і менше баластних включень. Сапропелі містять значну кількість мінеральних та хімічних домішок. Добрива на основі рідкого лігніну набули значного поширення завдяки високій розчинності та високому вмісту фульвових кислот [458].

Ефективне зростання рослин під впливом гумінових речовин відбувається завдяки посиленню засвоєння поживних речовин і подовженні розмірів бічних коренів, що часто називають «ауксиноподібним ефектом», який є результатом індукції активності АТФ в плазматичній мембрані [459]. Завдяки гуміновим речовинам можна поліпшити доступність мікроелементів, наприклад, таких як залізо, але не тільки за рахунок хелатування, і за рахунок підвищення здатності коренів поглинати поживні речовини з ґрунтового розчину [460]. Саме на даній властивості базується їх ефективність в боротьбі з бур’янами.

Найважливішою властивістю гумінових речовин є їх здатність зменшувати вплив негативних погодних факторів, забезпечувати стійкість рослин до посухи або надлишку вологи при високій або низькій температурі навколишнього середовища, що має вирішальне значення в технології

[454] Bulgari R., Franzoni G., Ferrante A. Biostimulants Application in Horticultural Crops under Abiotic Stress Conditions. *Agronomy*. 2019. Vol. 9. P. 306.

[455] Bharali A., Baruah K. K., Bhattacharyya P., et al. Integrated nutrient management in wheat grown in a northeast India soil: Impacts on soil organic carbon fractions in relation to grain yield. *Soil & tillage research*. 2017. Vol. 168. P. 81–91.

[456] Manzoor A., Khattak R. A., Dost M. Humic acid and micronutrient effects on wheat yield and nutrients uptake in salt affected soils. *International journal of agriculture & biology*. 2014. Vol. 16. P. 991–995.

[457] Хоменко Б. С., Дуденко М. Р., Короткова І. В. Переваги та недоліки застосування гумітів у аграрному виробництві. *Хімія, екологія та освіта* : материали IV Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (м. Полтава, 21–22 травня 2020 року). Полтава, 2020. С. 157–161.

[458] Артем`єва К. С. Економічна ефективність комплексного застосування рідких органомінеральних добрив. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 5. С. 73–76.

[459] Nunes R. O., Domiciano G. A., Alves W. S., et al. Evaluation of the effects of humic acids on maize root architecture by label-free proteomics analysis. *Scientific Reports*. 2019. Vol. 9. P. 1–11.

[460] Zanin L., Tomasi N., Cesco S., Varanini Z., Pinton R. Humic substances contribute to plant iron nutrition acting as chelators and biostimulants. *Front Plant Sci.* 2019. Vol. 10. P. 1–10.

вирощування зернових культур [461, 462]. Встановлено, що застосування гумінових речовин у живленні сільськогосподарських культур може зменшити негативну дію нестачі вологи на 20 % [463]. Будучи неспецифічними активаторами імунної системи, дані речовини підвищують стійкість рослин до різних захворювань, стимулюють розвиток кореневої системи, регулюють кореневе та позакореневе живлення, покращують проникнення поживних речовин і мікроелементів з ґрунтового розчину в рослини. В результаті підвищується коефіцієнт використання мінеральних добрив, що дає можливість скоротити дози азотних добрив на 30–50 %, і таким чином, знизити витрати і заощадити значні кошти.

Узагальнюючи вищезгадане, можна виділити основні функції гумінових речовин, як такі [464, 465, 466]:

а) концентруюча (акумулятивна), яка полягає у накопиченні необхідних для рослинних організмів макро- та мікроелементів;

б) транспортна, яка полягає у формуванні геохімічних потоків мінеральних та органічних речовин, переважно у водних середовищах;

в) регуляторна – об'єднує багато різних явищ та процесів, що відбуваються у ґрунтах, водах та інших природних середовищах;

г) стимулююча, що відображується у прискорені проростання насіння, підвищенні стійкості організмів до різних стресових факторів та інших фізіологічних ефектів.

Сукупність всіх цих функцій гумінових речовин – зростання продуктивність сільськогосподарських культур (таблиця 1).

Поряд з позитивним впливом на розвиток рослин, гумінові речовини можуть здійснювати негативний вплив на ґрунт, а саме: у гуматах, походженням яких є леонардит, містяться важкі метали; гумінові препарати, що отримані з сапропелю, містять отруйні речовини; використання фосфорних добрив або селітри в сумішах з гуматами може призвести до утворення нерозчинних сполук і, крім того, застосування гуматних добрив у великих концентраціях може призвести до пригнічування рослин [458]. Але всі вищезгадані недоліки гуматів переважують суттєві переваги даних препаратів, до найважливіших з яких слід віднести їх дію в початковий період розвитку рослин і в період, коли зовнішні умови створюють стрес для рослин: при посухах і заморозках, що характерно для зони Лісостепу України, до яких належить Полтавщина.

---

[461] Verma A., Singh J., Kumar V., et al. Non-parametric analysis in multi environmental trials of feed barley genotypes. *Int J Curr Microbiol Appl Sci.* 2017. Vol. 6, Issue 6. P. 1201–1210.

[462] Zymaroieva A., Zhukov O., Romanchuck L., et al. Spatiotemporal dynamics of cereals grains and grain legumes yield in Ukraine. *Bulgarian Journal of Agricultural Science.* 2019. Vol. 25, Issue 6. P. 1107–1113.

[463] Shahryari R. Economic and biological yield assessment of wheat genotypes under terminal drought in presence of humic acid using stress tolerance indices. *IIOAB journal*. 2017. Vol. 7. P. 1–6.

[464] Nardi S., Pizzeghello D., Muscolo A., Vianello A. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biol. Biochem.* 2002. Vol. 34. P. 1527–1536.

[465] Zhang X., Ervin E. H. Cytokinin-containing seaweed and humic acid extracts associated with creeping bentgrass leaf cytokinins and drought resistance. *Crop Sci*. 2004. V. 44. P. 1737–1745.

[466] Закорчевный И. И., Михальская Л. Н., Швартау В. В. Гуминовые вещества и удобрения на их основе. *Ґрунтознавство*. 2012. Т. 13, № 1–2. С. 60–78.

1. Вплив гумінових регуляторів росту на продуктивність основних сільськогосподарських культур

Сорт, гібрид	Контроль, без обробки	Гумат натрію, 0,4 л/га	Гумат калію, 0,4 л/га
	ц/га		
Озима пшениця			
Миронівська 61	45,9	49,8	49,9
Яра пшениця			
Харківська 26	35,6	38,8	38,9
Озиме жито			
Дозор	41,0	42,7	43,0
Кукурудза			
Суботівський 190	64	73	75
Соняшник			
Гавриш 14	18,4	21,9	22,1
Соя			
Чернятко	14,5	15,9	16,3
Ярий ячмінь			
Вакула	32,4	34,1	34,3
Озимий ячмінь			
Достойний	33,6	35,2	35,4
Овес			
Чернігівський 28	34,0	36,8	36,9
Цукровий буряк			
Уладівський однонасінний	785	815	819
Картопля			
Лугівська	310	334	336
Поліська рожева	305	327	329
Томат			
Лагідний	829	862	864
Хорів	844	869	875
Борівський	839	868	871
Бобрицький	833	862	865
Флора	810	835	838
Огірок			
Джерело	282	304	309
Роднічок	294	315	322
Капуста пізня			
Харківська зимова	911	947	951
Білосніжка	924	949	954
Яна	915	945	950
Цибуля			
Сквирська	202	217	223
Штутгарт	210	229	235
Морква			
Лосиноостровська	377	401	406
Нантська	368	397	412
Кавун			
Харківський 118	883	908	916

Джерело: дані [467].

[467] Гумінові речовини – безпечні регулятори екосистем / Ящук В. У., Корецький А. П., Ковбасенко Р. В., Дмитрієв О. П., Ковбасенко В. М. Київ, 2016. 89 с.

Ефективність дії гумінових препаратів залежить від багатьох чинників, у тому числі й від способів використання. Найпоширенішими способами їх застосування при вирощуванні зернових культур є передпосівна обробка насіння, додавання до ґрунтового субстрату перед висівом насіння та позакореневе використання. Будь-який із цих методів дає позитивний ефект, але найкращий результат досягається при їх спільному застосуванні [468].

В переважній більшості досліджень доведено, що найкращий ефект забезпечує все ж таки передпосівна обробка насіння, яку часто поєднують з позакореневим підживленням посівів і проводять декілька разів протягом періоду вегетації [469]. Однак, є експериментальні дослідження, автори яких стверджують, що саме внесення гумінових речовин у ґрунт дає найкращий ефект, пояснюючи це тим, що природне місце перебування цих речовин – ґрунт, тому найефективнішим прийомом їх застосування буде внесення в ґрунт перед висівом насіння [470].

Можливе використання гумінових препаратів шляхом обприскування вегетуючих частин рослин, тобто безпосередньо через листовий апарат. Але слід зазначити, що через листові пластини легко проникають лише низькомолекулярні гумінові сполуки. Надходження високомолекулярних речовин через клітинні мембрани проблематично в силу великих розмірів молекул цих сполук, але передбачається, що великі молекули можуть розпадатися на фрагменти і поступово проникати в цитоплазму клітини [471].

Проведений аналіз літературних джерел, дозволяє зробити висновок, що завдяки унікальній властивості гумінових речовин зменшувати силу поверхневого натягу рідин, додавання гумінових речовин буде раціональним у будь-якому способі їх застосування – поживні речовини будуть використовуватись рослинами набагато ефективніше [472].

Однак, залишаються не вирішеними питання про спільне застосування стимуляторів росту і мінеральних добрив та їх вплив на продуктивність зернових культур, зважаючи на те різноманіття препаратів, що зараз представлені в аграрному виробництві.

Таким чином, вивчення дії цих препаратів, як у чистому вигляді, так і сумісно з мінеральними добривами, дає змогу спрямовано регулювати потенційні можливості рослинної культури з метою отримання високих врожаїв. Впровадження в технологію вирощування зернових, зокрема пшениці озимої, гумінових препаратів є одним із шляхів вирішення

---

[468] Korotkova I., Marenych M., Hanhur V., Laslo O., Chetveryk O., Liashenko V. Weed control and winter wheat crop yield with the application of herbicides, nitrogen fertilizers, and their mixtures with humic growth regulators. *Acta Agrobotanica*. 2021. Vol. 74. doi: 10.5586/aa.748

[469] Sharma S. H., Fleming C., Selby Ch., Rao J. R., Trevor M. Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of Applied Phycology*. 2014. Vol. 26. P. 465–490.

[470] Trevisan S., Francioso O., Quaggiotti S., Nardi S. Humic substances biological activity at the plant-soil interface. From environmental aspects to molecular factors. *Plant Signal Behav.* 2010. Vol. 5, Issue 6. P. 635–643. doi: 10.4161/psb.5.6.11211

[471] Безуглова О. С., Полиенко Е. А., Горовцов А. В. Гуминовые препараты как стимуляторы роста растений и микроорганизмов (обзор). *Известия Оренбургского государственного аграрного университета.* 2016. № 4 (60). С. 11–14.

[472] Ciarkowska K., Sołek-Podwika K., Filipek-Mazur B., Tabak M. Comparative effects of lignite-derived humic acids and FYM on soil properties and vegetable yield. *Geoderma*. 2017. Vol. 303. P. 85–92.

проблеми вирощування екологічно безпечної продукції із застосуванням добрив природного походження, що і визначає актуальність даної роботи.

2. Молекулярна будова і властивості гумінових речовин, їх структурні особливості та зв'язок з біологічною активністю

Що ж представляють собою гумінові речовини та завдяки чому вони мають такі властивості? З різних причин точних молекулярних формул для будь-яких гумінових речовин на сьогоднішній день не існує. Гумінові речовини є особливим класом природних сполук, що утворюються із залишків відмерлих організмів і містять стійкі до біорозкладання структури. Вони присутні в ґрунтах (до 10 %), водах, твердих горючих копалинах: у складі органічної маси торфів (25–50 %), бурому вугіллі (51,5 %).

На основі диференційної розчинності у воді гумінові речовини поділяють на гумін, гумінові кислоти і фульвові кислоти. Фульвові кислоти – це добре розчинна у воді фракція, яка за хімічним складом є сумішшю слабких органічних кислот аліфатичного і ароматичного ряду. Через відносно невеликий розмір молекули фульвових кислот можуть легко проникати в корені рослин, стебла і листя, вносячи корисні мікроелементи. Добрива, що містять фульвові кислоти у вигляді хелатів з мікроелементами, на певних стадіях росту рослин можуть бути ефективним засобом збільшення їх продуктивності.

Гуміни являють собою сукупність міцно зв'язаних з мінеральною частиною ґрунту гумінових і фульвових кислот. До їх складу входять також компоненти рослинних решток, що важко розкладаються мікроорганізмами: целюлоза, лігнін. Гуміни не розчиняються в жодному розчиннику, тому їх ще називають інертним гумусом.

Гумінові кислоти – є фракцією, яка розчинна в нейтральному та лужному середовищі, та є основними носіями важливих для рослин функцій [473, 474]:

– накопичують важливі елементи живлення, створюють енергетичний запас, стимулюючий ріст та розвиток рослин;

– регулюють фізико-хімічні властивості ґрунту, приймають участь у формуванні ґрунтової структури, активізації мікрофлори, покращують водно-фізичні властивості ґрунту та його тепловий режим, прискорюють процеси гуміфікації;

– міцно зв'язують більшість радіонуклідів, важкі метали та залишки пестицидів, попереджуючи цим забруднення рослин і ґрунтових вод;

– виявляють прямий фізіологічний вплив на рослини, тому що є носіями незамінних амінокислот та вітамінів.

---

[473] Бобырь Л. Ф. Интенсивность фотосинтеза, состояние электронно-транспортной цепи и активность фосфорилирующей системы под воздействием гуминовых веществ. *Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения*. 1980. Т. VII. С. 54–63.

[474] Богословский В. Н. Левинский Б. В., Сычев В. Г. Агротехнологии будущего. Книга 1. Энергены. Москва : РИФ «Антиква», 2004. 163 с.

Саме наявність у гумінових кислот різних специфічних властивостей, які відкривають можливості їх широкого практичного використання в багатьох галузях, у тому числі й в аграрному виробництві, зумовлюють зацікавленість в цих речовинах як виробників, так і дослідників. Найбільшу увагу в даний час привертає біологічна активність гумінових кислот і препаратів на їх основі [475]. Але їх хімічна структура та взаємозв'язок з властивостями все ще залишаються не вивченими.

Вперше гумінові кислоти були виділені з торфу німецьким вченим Ахардом Ф. у 1786 році і вже понад 200 років вивчаються науковцями різних країн. Саме вони є аналогами речовин, які утворюються в результаті природних процесів розкладання органічних залишків у ґрунті. З різних причин точних молекулярних формул для будь-яких гумінових речовин на сьогоднішній день не існує. Всі запропоновані варіанти мають характер схем, вони гіпотетичні, оскільки враховують тільки склад сполук і деякі їх властивості, тоді як розташування атомів і атомних груп залишається при цьому невідомим. Таким чином, з точки зору хімічної структури, гумінові кислоти характеризуються нестехіометричним складом, нерегулярністю та гетерогенністю будови.

На ранніх етапах дослідження будови гумінових кислот була запропонована наступна структура, згідно з якою ці речовини є кислотами циклічного будови, що мають значну ступінь полімеризації (рис. 1).

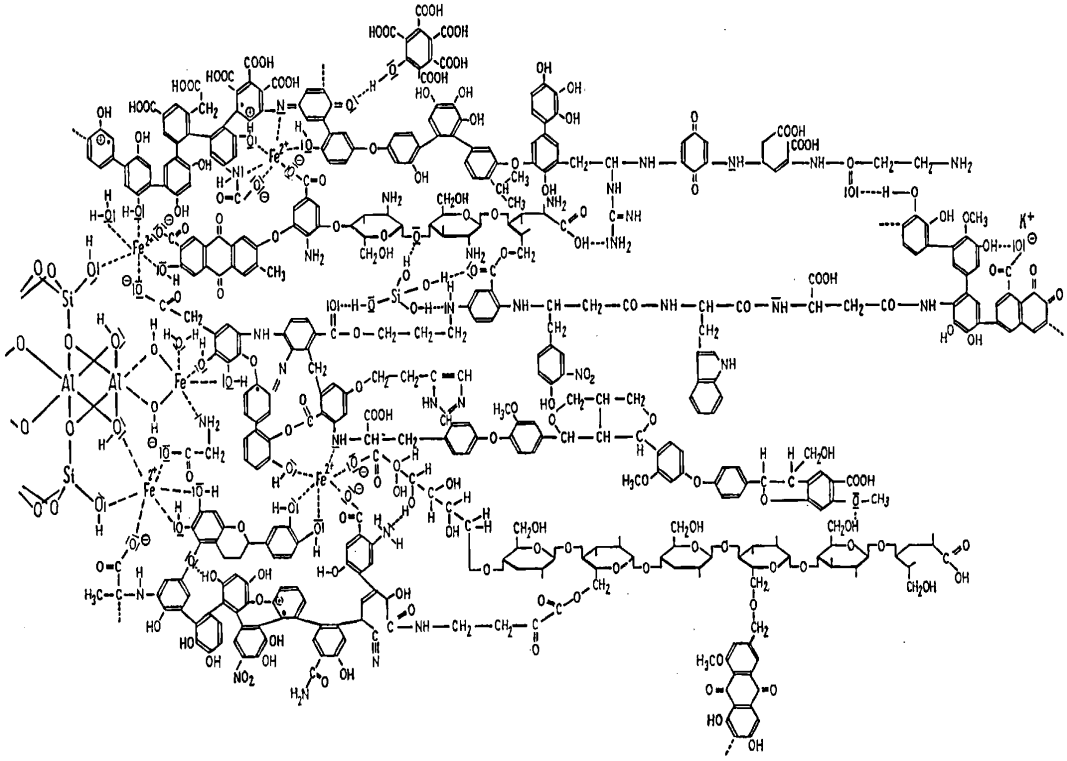


Рис. 1. Структура гумінової кислоти згідно з Kleinhempel Dieter (1970)

Джерело: дані [476].

[475] Жеребцов С. И., Малышенко Н. В., Вотолин К. С., Андроханов В. А., Соколов Д. А., Дугаржав Ж., Исмагилов З. Р. Гуминовые препараты: связь структурно-группового состава и биологической активности. *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. 2018. № 5. С. 52–60.

У них є ароматичне ядро, пов'язане з амінокислотами, пептидами, цукрами та іншими компонентами аліфатичної структури. Ядро складається з ароматичних кілець фенольного типу або гетероциклічних сполук, що містять азот такі як, наприклад, індол, піримідин, пурин і тощо. Циклічні макрокомплекси включають бензольні кільця, аліфатичні ланцюги і функціональні групи, такі як карбокси-, гідрокси-, карбонільні, естерні, етерні, амідні групи тощо [476].

Згодом набула поширення гіпотетична модель гумінової кислоти, яка була запропонована Стівенсоном Ф. (рис. 2), відповідно до якої молекула включає бензольні кільця з фенольними і карбоксильними групами, азотовмісні гетероцикли, що пов'язані між собою через азот і кисень [477].

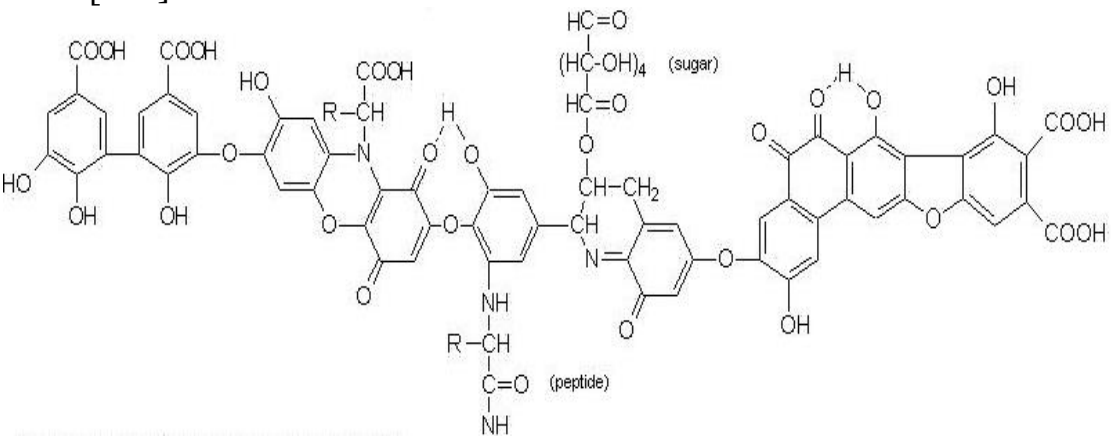


Рис. 2. Будова фрагменту гумінової кислоти за Стивенсоном Ф. (1994)

Джерело: дані [477].

Сучасні структурні моделі гумінових кислот можна пояснити з позиції біохімічного походження молекул, але в даний час жодна із запропонованих схем їх будови не знайшла підтвердження при вивченні структури сучасними фізико-хімічними методами. Головним аспектом, що ускладнює просування ідей стосовно будови, є те, що повну і однозначну формулу гумінових кислот скласти досить важко, тому, що гумінові кислоти, в цілому, є сполуками змінного складу. Останнє означає, що заміна в молекулі гумінових кислот окремих структурних фрагментів, кінцевих ланцюгів і функціональних груп не змінює суттєво їх хімічні та фізичні властивості в цілому. З цієї причини висловлювалися думки, що розробка формул гумінових кислот взагалі неможлива [478].

Всі запропоновані варіанти молекулярних формул гумінових кислот відображають лише загальний склад сполук. Встановлено, що мономер гумінової кислоти має загальну формулу $C_3O_5H_{299}N_{16}O_{134}S$ з молекулярною

[476] Dieter K. Ein Beitrag zur Theorie des Huminstoffzustandes. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 1970. Vol. 14, Issue 1. P. 3–14.

[477] Stevenson F. J. Humic Chemistry: Genesis, Composition, Reactions. John Wiley & Sons. New York, 1994. P. 34–41.

[478] Попов А. И. Гуминовые вещества: свойства, строение, образование / под ред. Е. И. Ермакова. СПб. : Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2004. 248 с.

масою 6364. Молекула складається із негідролізованого ядра і гідролізованої периферичної частини. Ядро збагачене конденсованими ароматичними та гетероциклічними бензойними фрагментами, основу яких складають кільця бензолу, фурану, нафталіну, антрацену, піролу, індолу, піридину, тіофену та хіноліну. Периферична частина молекули представлена аліфатичними сполуками та вуглеводно-пептидним комплексом.

Елементний склад коливається у відносно вузьких межах: C – від 52 до 62 %, O – від 31 до 39 %, N – від 1,7 до 5 %, H – від 2,8 до 5,8 %, S від 0,7 до 1,2 % і P – до 0,5 % [479]. Формула включає також 26 карбоксильних груп (COOH-), 34 фенольних і гідроксильних груп, 6 аміногруп (-NH_2) а також 7 гетероциклічних атомів азоту. Функціональні групи в молекулі гумінових кислот можуть бути приєднані як до ароматичних кілець, так і до аліфатичних ланцюгів. В структурі переважають кисневмісні функціональні групи, їх масова частка становить 30–35 %, це, в першу чергу, карбоксильні (-COOH) та гідроксильні (-OH) групи, водень яких активно вступає в реакцію заміщення, що й обумовлює кислотні властивості й ємність катіонного обміну гумінових кислот. В молекулах гумінових кислот близько 30–40 % кисню припадає на кисневмісні гетероцикли [480].

Молекула може містити від 2 до 15 таких фрагментів, що утворюють, за допомогою хімічних зв'язків, ланцюги, які в природному стані згорнуті в клубок. Ці клубки утворюють великі агрегати, що формують органічну частину ґрунту. Розміри таких агрегатів досягають 150 Å, що не дозволяє їм проникати через клітинну мембрану. Тому, в природних умовах, тільки незначна частина гумінових кислот – залишки фрагментів молекул, що утворюються в результаті хімічних реакцій в ґрунтовому розчині або під дією мікроорганізмів, можуть потрапляти всередину клітини і виконувати функцію стимулятора росту і розвитку рослин. Наявність ароматичного ядра та аліфатичної периферії, широкого спектру різних типів функціональних груп дозволяє розглядати гумінові кислоти як високо реакційні речовини, що активно вступають у взаємодії (іонні, донорно-акцепторні, окисно-відновні, гідрофобні тощо) з неорганічними та органічними сполуками.

У воді молекули гумінових кислот мають тенденцію до агрегації, утворюючи колоїди. Самоагрегація посилюється з підвищенням концентрації та в присутності іонів металів. Збільшення pH середовища призводить до уповільнення агрегації [481]. Швидкість руху агрегатів відносно велика і відповідає моделі колоїдної агрегації з обмеженою

---

[479] Яговкин А. К., Миронова Ю. В., Миронов А. А. Развитие представлений о молекулярной организации сложных органических систем – гуминовых кислот. *Вестник Югорского государственного университета*. 2009. Вып. 3. № 14. С. 80–86.

[480] Gomes de Melo B. A., Motta F. L., Santana M. H. A. Humic acids: Structural properties and multiple functionalities for novel technological developments (Review). *Materials Science and Engineering: C.* 2016. Vol. 62. P. 967–974. doi: 10.1016/j.msec.2015.12.001

[481] Tan L., Tan X., Mei H., et al. Coagulation behavior of humic acid in aqueous solutions containing Cs^+, Sr^{2+} and Eu^{3+}: DLS, EEM and MD simulations. *Environ. Pollut.* 2018. Vol. 236. P. 835–843.

дифузією [460]. Крім того, було показано, що через амфіфільний характер молекули гумінових кислот утворюють міцели в основних водних розчинах при відносно високих концентраціях [482]. Завдяки такій поведінці та широкому розподілу молекулярної маси гумінових кислот, точне визначення молярної маси цих сполук залишається не можливим. Дійсно, незважаючи на значний обсяг робот, присвяченої цій темі, молекулярна маса гумінових кислот залишається суперечливою.

Яким же чином структурні особливості гумінових кислот пов'язані з їх біологічною активністю? Деякий взаємозв'язок було встановлено шляхом моделювання різних органічних архітектур, що містять мономери гумінових кислот, до складу яких входять алкільний вуглеводень, поліциклічний ароматичний вуглеводень, органічний амін, вуглеводень, що містить карбонову кислоту, і вуглеводні, що містять фенол, які пов'язані через кисневий місток з утворенням гумусоподібних речовин. Встановлено, що кожна з мономерних структур включена до відповідних гумусоподібних речовин, причому різні структури призводять до різного ступеня стимуляції рослин. Високу біологічну активність гумінових кислот пов'язують з наявністю фрагментів молекул зі співвідношенням H/C і O/C від 0,5 до 1,0 і 0,2 до 0,4, відповідно.

З іншого боку, біологічну активність гумінових кислот пов'язують зі здатністю приймати участь в окисно-відновних реакціях в рослинній клітині і посиленням цих процесів відповідно до теорії Баха-Паладіна-Сент-Дьйорді [483]. Визначено фрагменти, що є відповідальними за реакцію рослин на біотичні стреси і ряд інших чинників.

Біологічну активність гумінових кислот пов'язують також з таким структурним параметром молекули, як «ступінь ароматичності», що відображає вміст хіноїдних груп, фенольних гідроксилів, вільних радикалів. Експерименти з вивчення впливу гумінових препаратів при вирощуванні ряду зернових культур дозволили зробити висновок про існування прямої залежності біологічної активності гумінових кислот не тільки від ступеня ароматичності, а й від інших структурно-групових параметрів, таких як гідрофільно-гідрофобний параметр і параметр, що відображує співвідношення ароматичних і аліфатичних фрагментів органічної маси гумінових кислот (ароматичність/аліфатичність) (рис. 3) [484]:

[482] Capasso S., Chianese S., Musmarra D., Iovino P. Macromolecular Structure of a Commercial Humic Acid Sample. *Environments.* 2020. Vol. 7. P. 32. doi:10.3390/environments7040032

[483] Yoon H. Y., Jeong H. J., Cha J-Y., et al. Structural variation of humic-like substances and its impact on plant stimulation: Implication for structure-function relationship of soil organic matters. *Science of the total Environment.* 2020. Vol. 725. 138409.

[484] Жеребцов С. И., Малышенко Н. В., Вотолин К. С. и др. Гуминовые препараты: связь структурно-группового состава и биологической активности. *Вестник КузГТУ*. 2018. № 5. С. 52–60.

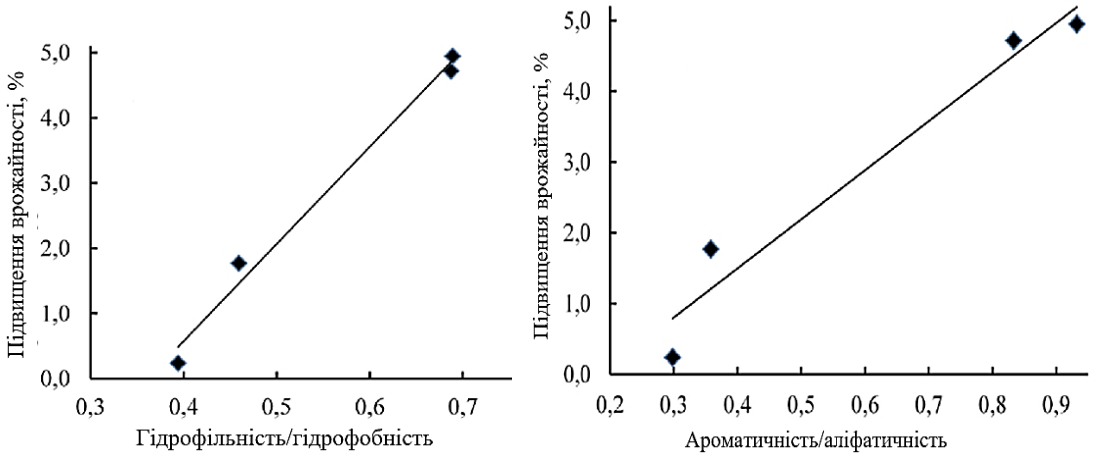


Рис. 3. Зв'язок урожайності пшениці зі структурними параметрами гумінових кислот

Джерело: дані [484].

Дослідження взаємозв'язку біологічної активності гумінових кислот з їх структурними компонентами авторами досліджень [485, 486] було проведено на основі показників врожайності пшениці, а також за змінами у будові кореня томату та кукурудзи при використанні ряду природних і модифікованих гумінових речовин, отриманих з різних природних джерел. Визначено, що окислені форми, а також гумінові речовини, в які було введено алкільний (CH_3–) радикал є найефективнішими компонентами цих речовин. Зроблено припущення, що гідрофобний домен гумінових кислот містить в собі біологічно активні молекули, подібні ауксинам. При контакті з органічними кислотами, які надходять з кореня, порушується гідрофобна оболонка та вивільнюються біологічно активні компоненти.

Таким чином, для досягнення максимального ефекту в практичному застосуванні гумінових речовин необхідно, перш за все, встановити елементний і структурно-груповий склад препаратів на предмет вмісту фенольних і хіноїдних функціональних груп, а також ступеня ароматичності компонентів, що слугуватиме прогнозуванню їх біологічної активності.

3. Особливості технологій вирощування пшениці озимої з використанням гумінових препаратів в умовах Лісостепу України

Урожайність зерна пшениці озимої значної мірою залежить від місця створення сорту та погодних умов під час досліджень, тому найвищої врожайності слід очікувати від сортів, створених для умов Лісостепу України. У таких сортів підвищення врожайності та посухостійкість може зумовлюватися добре розвиненою кореневою системою, інтенсивністю транспірації, стійкістю протопласта, підвищеною жаростійкістю

[485] Dobbs L. B., Canellas L. P., Olivares F. L., et al. Bioactivity of Chemically Transformed Humic Matter from Vermicompost on Plant Root Growth. *J Agric Food Chem.* 2010. Vol. 58, Issue 6. P. 3681–3688.

[486] Короткова І. В. Біологічна активність гумінових кислот: Взаємозв'язок структура – властивості. *Зб. наук. праць наук.-практ. конф. проф.-викл. складу Полтавської державної аграрної академії за підсумками науково-дослідної роботи в 2020 році* (м. Полтава, 14 травня 2021 року). Полтава : РВВ ПДАА, 2021. С. 144–147.

пігментної системи, активністю дегідраз [487]. Саме тому нами був обраний сорт пшениці озимої Смуглянка, який за сприятливих погодних умов може дати врожаї до 8,9 т/га [488]. Оригінаторами сорту є Інститут фізіології рослин і генетики НААН України та Миронівський інститут пшениці ім. В. М. Ремесла НААН Україні. В Реєстрі сортів рослин України сорт Смуглянка зареєстрований з 2004 року. Зона його вирощування – Полісся, Лісостеп та Степ України.

Сорт Смуглянка належить до сильних пшениць, зернового напряму використання. До основних характеристик слід віднести: середню морозостійкість, підвищену засухостійкість, стійкість до борошнистої роси і бурої іржі.

Рослина пшениці сорту Смуглянка має відносно коротке стебло (86–96 см), відрізняється високою кущистістю, кущ напівпрямостоячій, колос довгий (10–12 см), середньої щільності, веретеноподібної форми, білого з шоколадним відтінком кольору, з помірним восковим нальотом; зернівка червоного кольору, подовжена, середня по ширині, велика, маса 1000 насінин складає від 37,6 до 46,8 грам. Сорт належить до середньоранніх, період вегетації 278–281 день, високостійкий до вилягання.

Корисна варіативність важливих рис в сучасних українських сортах озимої пшениці виявляється і в різних реакціях на умови різноманітного рельєфу, навіть до типу рельєфу, що необхідно враховувати в технологіях вирощування задля отримання високих врожаїв. Автори дослідження [489] оцінили співвідношення між умовами рельєфу, умовами зростання та вмістом мікроелементів (азот, фосфор, калій) у зерні озимої пшениці різних сортів, у тому числі й сорту Смуглянка. На прикладі семи українських сортів озимої пшениці показано, що тип рельєфу впливає на ефективність засвоювання рослинами пшениці поживних елементів з ґрунту, що, в свою чергу, пов’язано з їх урожайністю. Так, вирощування пшениці озимої сорту Смуглянка на ґрунтових ділянках, розташованих на рівнині, північному ті південному схилах, показало, що рівень засвоювання азоту з ґрунту майже однаковий і становить 66–67 %, в той час як коефіцієнт використання фосфору з ґрунту рослинами на північному схилі майже на 65,8 % більше відносно рівнини і на 49,2 % порівняно з південним схилом. Поглинання рослинами пшениці північного схилу калію також на 10,8 % більше відносно рівнини, але на 6,3 % менше, ніж на південному схилі. В цілому, коефіцієнт використання елементів живлення з ґрунту рослинами пшениці сорту Смуглянка на схилі північної експозиції визнано найвищим [489]. Ефективне використання елементів живлення з ґрунту корелює з об’ємами отриманого врожаю. Так,

[487] Крижанівський В. Г. Адаптаційна здатність сортів озимої пшениці та формування якісних властивостей зерна різного еколого-географічного походження. *Корми та кормове виробництво.* 2020. Т. 90. Р. 98–105.

[488] Орлюк А. П., Гончарова К. О. Озима пшениця Херсонська безоста. *Пропозиція*. 2018. № 10. С. 48–56.

[489] Назаренко М., Лихолат Ю. Вплив умов рельєфу на ріст і розвиток рослин. *Журнал геології, географії та геоекології.* 2018. Т. 26. № 1. С. 143–149.

урожайність пшениці озимої сорту Смуглянка на рівнині становила 5,9 т/га, на схилі північної експозиції – 6,0 т/га. Найменший об'єм врожаю отримали з ділянок схилу південної експозиції – 4,0 т/га.

Таким чином, північна експозиція в умовах схилу створює озимій пшениці сорту Смуглянка більш кращі умови для росту і розвитку, ніж на рівнині, тому даний рельєф рекомендовано для вирощування сорту Смуглянка як по врожайності зерна, так і за вмістом білка в зерні і білковим складом [489].

Важливим елементом технологій вирощування пшениці озимої є запобігання її виляганню, яке значно знижує продуктивність та якість зерна. За внесення азотних добрив, особливо у поєднанні з перезволоженням і низькою інсоляцією, стебло пшениці може витягуватися та втрачати міцність. Посіви вилягають також при засміченні в'юнкими бур'янами й ушкодженні стебел і коренів грибами. У зв'язку з цим, важливою умовою вирощування високих урожаїв пшениці озимої є обробка посівів ретардантами, у тому числі й короткостеблових сортів, до яких належить обраний нами сорт Смуглянка.

У свій час, саме створення короткостеблових сортів пшениці певною мірою зменшило процес вилягання, але це не вирішило проблеми в цілому [490, 491]. Саме тому, вже понад 70 років при вирощуванні зернових використовуються ретарданти. Їх основне призначення – зміна важливих процесів структурного росту рослини модифікацією балансу гормонів, що сприяє підвищенню продуктивності [492, 493]. Ретарданти здатні зменшити лінійне зростання ростин пшениці майже на 35 %.

Одними з представників ретардантів є ацилциклогексадіони, які інгібують переважно 3β-гідроксилювання й утворення високоактивних гіберелінів з неактивних похідних. Застосування даних сполук сприяє розвитку кореневої системи пшениці, в результаті чого підвищується ефективність використання вологи та елементів живлення. Ацилциклогексадіони зменшують подовження клітин, блокують біосинтез гіберелової кислоти, запобігають виляганню не лише внаслідок зменшення висоти стебла, а й унаслідок зміцнення його структур [494]. Своєчасне застосування ретардантів може сприяти підвищенню врожайності пшениці внаслідок перерозподілу сухої речовини й за помірних рівнів вилягання [495].

---

[490] Berry P., Berry S. Understanding the genetic control of lodging-associated plant characters in winter wheat (Triticum aestivum L.). *Euphytica*. 2015. Vol. 205. P. 671–689.

[491] Koch F., Aisenberg G., Monteiro M., et al. Growth of wheat plants submitted to the application of the growth regulator trinexapac-ethyl and vigor of the produced seeds. *Agrociencia.* 2017. Vol. 21. P. 24–32.

[492] Cai T., Meng X., Liu X., et al. Exogenous hormonal application regulates the occurrence of wheat tillers by changing endogenous hormones. *Front Plant Sci.* 2018. Vol. 9. P. 1886.

[493] Mariani L., Ferrante A. Agronomic management for enhancing plant tolerance to abiotic stresses-drought, salinity, hypoxia, and lodging. *Horticulturae*. 2017. Vol. 3. P. 52.

[494] Matysiak K. Influence of trinexapac-ethyl on growth and development of winter wheat. *J Plant Protect Research*. 2006. Vol. 46. P. 133–143.

[495] Shekoofa A., Emam Y. Effects of nitrogen fertilization and plant growth regulators (PGRs) on yield of wheat (Triticum aestivum L.) cv. Shiraz. *J Agric Sci Technol.* 2008. Vol. 10. P. 101–108.

Результатом морфологічних змін архітектури рослин є збільшення врожайності зернових культур [496, 497], які більше пристосовуються до мінливих умов навколишнього середовища й ефективніше використовують ресурси довкілля, наприклад, сонячне випромінювання, що сприяє накопиченню фотосинтетичних пігментів. У дослідженні [498] показано, що показники фотосинтетичної діяльності корелюють із зерновою продуктивністю рослин. У роботі [499] відображено взаємозв'язок між рівнем хлорофілу у листках рослин пшениці озимої сорту Смуглянка та врожайністю за сумісного застосування ретарданту Медакс топ, комплексу макро- та мікроелементів Мегафол (Valagro, Італія) і мінерального добрива N120P80K120. Встановлено, що вміст хлорофілу в листках рослин на контрольних ділянках виявився на 4 % меншим порівняно з рослинами, де застосовували представлені інгібітори росту рослин у поєднанні з добривами. Приріст урожайності внаслідок комплексного живлення посівів також становив 4,3 %. Аналогічну кореляцію спостерігали автори дослідження [500] при вирощуванні ячменя ярого. Збільшення вмісту хлорофілу в листі ячменю на 13,5 % супроводжувалось приростом врожайності на 12,7 %.

Важливим чинником зниження врожайності пшениці озимої також є збіднення ґрунтів на елементи живлення внаслідок недостатнього внесення мінеральних та органічних добрив та невдалого використання попередників (до 25 % посівів пшениці озимої розміщують після стерньових попередників, навіть після соняшнику) [501]. За недостатнього азотного живлення зменшується інтенсивність кущення, посилюється редукція потенційно продуктивних пагонів – все це призводить до зниження врожайності [502 , 503]. При застосуванні мінеральних добрив особливу увагу звертають на азотне живлення, створюючи такі умови, щоб рослини пшениці озимої були забезпечені азотом впродовж усієї вегетації в достатній кількості.

---

[496] Siddique K., Chen Y., Rengel Z. Efficient root system for abiotic stress tolerance in crops. *Procedia Environ Sci*. 2015. Vol. 29. P. 295.

[497] Wang D., Ding W., Feng S., et al. Stem characteristics of different wheat varieties and its relationship with lodging-resistance. *J Appl Ecol*. 2016. Vol. 27. P. 1496–1502.

[498] Прядкина Г. О., Швартау В. В. Михальська Л. М. Потужність фотосинтетичного апарату, зернова продуктивність та якість зерна інтенсивних сортів м'якої пшениці за різного рівня мінерального живлення. *Физиология и биохимия культурных растений*. 2011. Т. 43. № 2. С. 158–163.

[499] Михальська Л. М., Маковейчук Т. І., Швартау В. В. Застосування добрива мегафон і ретардантів класу ацилциклогексадіонів на посівах пшениці озимої. *Физиология растений и генетика*. 2019. Т. 51. № 6. С. 541–548.

[500] O'Donovan J. T., Anbessa Y., Grant C.A., et al. Relative responses of new malting barley cultivars to increasing nitrogen rates in western Canada. *Can J Plant Sci*. 2015. Vol. 95. P. 831–839.

[501] Олійник К. М., Давидюк Г. В. Продуктивність і якість зерна пшениці озимої за різних технологій вирощування. *Технології вирощування сільськогосподарських культур*. 2017. № 85. С. 74–78.

[502] Бабич Ю. В. Строки сівби на продуктивність озимої пшениці по чорному пару. *Хранение и переработка зерна*. 2015. № 9. С. 24–26.

[503] Ткачек С. П., Каленська С. М. и др. Загальні особливості вирощування озимої пшениці. *Агроном*. 2008. № 3. С. 22–27.

Як показано в ряді досліджень [504, 505, 506] значний вплив на урожайність зернових надає не лише внесення чистих азотних добрив, а і сумішей, що містять NPK і гумінові речовини [507, 508]. Збільшення врожайності пшениці озимої на 20–23 % було отримано за одночасного використання гумінових препаратів 5R SoilBoost і 4R Foliar concentrate в суміші з аміачною селітрою, а використання сумішей гуматів 5R SoilBoost і 4R Foliar concentrate з карбамідно-аміачною сумішшю в різні фази розвитку пшениці озимої сприяло збільшенню врожайності на 8,0–21,4 % [506].

В роботі [509] показано, що поєднання добрив, що містять гумінові кислоти, NPK, цинк, сірку і марганець в технології вирощування пшениці озимої значно вплинуло на врожайність, приріст якої становив 48,6 %. Автори роботи [456] повідомили, що комбіноване застосування органічних і мінеральних добрив у поєднанні з гуміновими речовинами збільшило врожайність зерна пшениці на 27 %. Навіть застосування гуматів в чистому вигляді призводить до збільшення врожайності зерна на 6,52–7,52 % [510, 511].

В результаті сумісного застосування азотних добрив і гумінових стимуляторів автори роботи [512] відзначили покращення показників структури й якості врожаю пшениці озимої, зокрема збільшення кількості зернин в колосі та їхньої маси, підвищення вмісту білків і клейковини.

В чому причина такої ефективності сумішей гумінових речовин і мінеральних добрив? Автори досліджень [513, 514] встановили, що взаємодія гумінових речовин з мінеральними компонентами здійснюється здебільшого за рахунок карбоксильних і гідроксильних функціональних груп, що сприяє утворенню гетерополярних комплексів мінеральний компонент (N, P, K) – гуміновий фрагмент, де сполуки N, P, K виступають у ролі комплексоутворювача, а молекули гумінових кислот – в ролі ліганда.

---

[504] Horobets M., Chaika T., Korotkova I. et al. Influence of growth stimulants on photosynthetic activity of spring barley (*Hordeum vulgare* L.) crops. *International Journal of Botany Studies*. 2021. Vol. 6, Issue 2. P. 340–345.

[505] Короткова І. В., Горобець М. В., Чайка Т. О. Вплив стимуляторів росту на продуктивність сортів ячменю ярого. *Вісник Полтавської державної аграрної академії.* 2021. № 2. С. 20–30. doi: 10.31210/visnyk2021.02.02

[506] Marenych M. M., Kaminsky V. F., Bulygin C. Yu., Hanhur V. V., Korotkova I. V., et al. Optimization of factors of managing productive processes of winter wheat in the Forest-Steppe. *Agricultural Science and Practice.* 2020. Vol. 7, Issue 2. P. 44–54.

[507] Ahmad T., Khan R., Khattak T.N. Effect of humic acid and fulvic acid based liquid and foliar fertilizers on the yield of wheat crop. *Journal of Plant Nutrition*. 2018. doi: 10.1080/01904167.2018.1527932

[508] De Oliveira K. S., Mendes M. C., Gustavo Arruda Ilibrante G. A., et al. Export of N, P and K in barley subjected to fertilizer doses formulated with and without humic substance at sowing. *Acta Scientiarum. Agronomy*. 2019. V. 41. e42690.

[509] Jindo K., Olivares F. L., Malcher D. J. P., Sánchez-Monedero M. A., Kempenaar C., Canellas L. P. From Lab to Field: Role of Humic Substances Under Open-Field and Greenhouse Conditions as Biostimulant and Biocontrol Agent. *Frontiers in Plant Science.* 2020. Vol. 11. P. 426.

[510] Маренич М. М. Ефективність способів застосування гумінових стимуляторів в технології вирощування пшениці озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. № 3. С. 26−34.

[511] Daur I. Comparative study of farm yard manure and humic acid in integration with inorganic-N on wheat (Triticum aestivum L.) growth and yield. *Tarim bilimleri dergisi-journal of agricultural sciences.* 2013. Vol. 19, Issue 3. P. 170–177.

[512] Gamayunova V. V., Panfilova A. V., Averchev O. V. Winter wheat productivity depending on the cultivation technology elements in the Southern Steppe of Ukraine. *Taurida Scientific Herald. Series: Rural Sci.* 2018. Vol. 103. P. 16–22.

[513] Muscolo A., Sidari M., Nardi S. Humic substance: Relationship between structure and activity. Deeper information suggests univocal findings. *Journal of Geochemical Exploration.* 2013. Vol. 129. P. 57–63. doi: 10.1016/j.gexplo.2012.10.012

[514] Dudare D., Klavins M. Complex-forming properties of peat humic acids from a raised bog profiles. *Journal of Geochemical Exploration.* 2013. Vol. 129. P. 18–22. doi: 10.1016/j.gexplo.2012.12.001

Такі гетерополярні комплекси впливають на рослини двома шляхами: безпосередньо через листову поверхню, кореневу систему та через підвищення біологічної активності ґрунту. Вплив таких сумішей на рослини носить складний багатоступінчатий характер і охоплює весь період вегетації. Потрапляючи в рослини через покривну целюлозну оболонку кореневих волосків, компоненти сумішей активізують ферментативну активність усіх клітин рослини й утворення стимулюючих сполук самою рослиною. Як підсумок – зростання енергетики клітини, зміна фізико-хімічних властивостей протоплазми, інтенсифікація обміну речовин клітини, збільшення проникності мембрани клітин кореня. У кореневій системі відбувається синтез органічних речовин – амінокислот, цукрів, вітамінів тощо. Оброблення такими сумішами підсилює синтез всіх цих сполук. Частина речовин, синтезованих у корінні та рослині в цілому, через коріння виділяється в ґрунт. Чим інтенсивніший обмін речовин у рослині та потужніше коріння, тим більше кореневих виділень. Кислоти, що виділяються корінням (вугільна, яблучна тощо), активно впливають на розчинення важкодоступних речовин у ґрунтах.

За внесення сумішей позакоренево, шляхом обприскування поверхні листя, перешкодою для засвоєння гумінових кислот рослиною є кутикула. В багатьох рослин кутикула зовнішньої поверхні листка представлена у вигляді переривчастих лусок, які розміщені паралельно зовнішнім стінкам епідермісу, від якого проходять канали, заповнені пектиновими речовинами, які можуть бути «каналами» для проникнення водних розчинів. Інша можливість надходження гумінових кислот через листя обумовлена наявністю продихів та проникнення через міжклітинні прошарки мезофілу.

Через листову поверхню, як правило, проникають низькомолекулярні гумінові сполуки зі швидкістю 2–10 мм/добу. Проникнення ж високомолекулярних гумінових речовин через мембрани клітини відбувається за допомогою розпаду великих молекул на фрагменти з поетапним транспортуванням через мембрани в цитоплазму клітини, де вони включаються в процеси обміну речовин [515]

Щодо проникнення гумінових кислот безпосередньо в клітину, то тривалий час існувала гіпотеза, яка була запропонована Христєвою Л. А. [516]. Сутність даної гіпотези у тому, що гумінові кислоти надходять в рослину в іонно-дисперсному стані та приймають участь в обміні речовин, досягаючи важливих органел клітини – ядер, мітохондрій, хлоропластів і, на відповідних етапах розвитку, виконують функцію оксигеназ; включають в обмін речовин додаткову кількість кисню, і, таким чином,

[515] Демин В. В., Бирюков М. В., Семенов А. А., Завгородняя Ю. А. Природа биологического действия гуминовых веществ. *Часть 2. Локализация биопротекторного действия гуминовых веществ в почвах: доклады по экологическому почвоведению*. 2006. № 1. С. 80–91.

[516] Христева Л. А., Реутов Н. В., Старостин А. Н. Влияние гуминовых кислот на биоэлектрический потенциал у растений. *Гуминовые удобрения. Теория и практика их применения.* Ч. III. Киев, 1968. С. 28–30.

посилюють оксидативний обмін, що в свою чергу підвищує енергетичний потенціал і всю життєдіяльність організму.

Таким чином, встановлено основні чинники, які переважно визначають продуктивність пшениці озимої і які, в першу чергу, необхідно враховувати при плануванні дослідження. Розглянуті та проаналізовані механізми дії та шляхи потрапляння гумінових речовин в рослину, які зумовлюють біологічну активність цих сполук.

4. Дослідження впливу гумінових препаратів та їх сумішей з мінеральними добривами на біометричні й морфометричні показники рослин пшениці озимої в умовах закритого ґрунту

На сьогодні відома велика кількість різноманітних стимуляторів росту, які широко використовуються в рослинництві, але в даній роботі ми обрали один із препаратів, які виробляються американською компанією «SoilBiotics» – це гуматне добриво 5R SoilBoost EA. Унікальність даного препарату полягає в тому, що він містить 84,17 % гумінової кислоти, найбільший відсоток серед усіх продуктів «SoilBiotics», є гранульованим продуктом, який можна змішувати з мінеральними добривами та використовувати у чистому вигляді, препарат засвоюється у будь-якому ґрунті з опадами [517].

Схема досліду передбачала такі варіанти удобрення ґрунту:

Варіант 1: Контроль.

Варіант 2: Аміачна селітра (розчин, 0,025 моль/л).

Варіант 3: 5R Soil Boost EA (гранули, 0,05 г/100 г ґрунту).

Варіант 4: Суміш аміачної селітри і 5R Soil Boost EA (1:1).

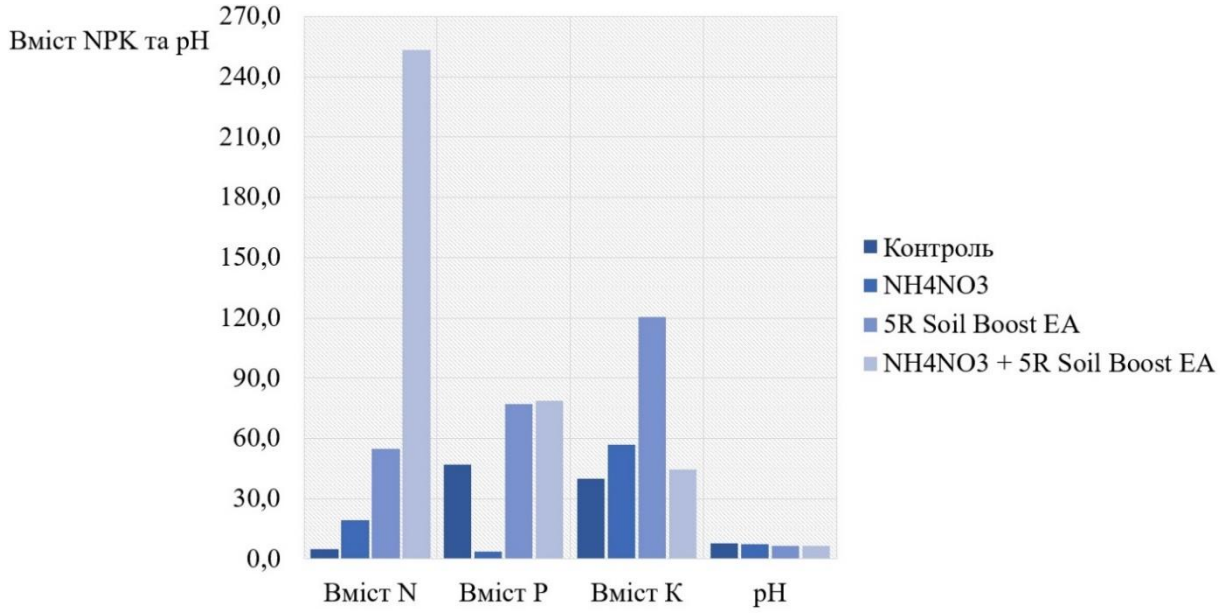


Рис. 4. Результати тестування ґрунту дослідних субстратів на вміст N, P, K, г/м^3 та рівень pH

Джерело: авторські дослідження.

[517] Тодд З., Маренич М. М., Гангур В. В., Юрченко С. О., Тараненко С. В. Теоретичні та практичні аспекти застосування продуктів SoilBiotics в технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Полтава : ПДАА. 40 с.

Після внесення добрив було визначено вміст основних елементів живлення (азоту, фосфору та калію) та показник pH у грунтовому субстраті (рис. 4). Визначення вмісту поживних речовин (N, P, K) у ґрунті дослідних зразків виконували за допомогою Набору N-P-K тестів для ґрунту LaMotte SOIL NPK KIT.

У підготовлений за вказаними варіантами грунт у пластикових лотках висівали насіння пшениці озимої сорту Смуглянка (50 насінин в кожному варіанті) і пророщували в теплиці при температурі повітря 18±2 ^{0}C, при відносній вологості повітря 85–90 % протягом 14 днів.

4.1. Визначення біометричних і морфометричних показників рослин пшениці озимої

Як відомо, гумінові речовини регулюють декілька фізіологічних процесів рослин, включаючи проростання насіння та генезис коренів [518, 519], однак, не зовсім зрозуміло, які саме структурні особливості цих речовин відповідають за їх специфічну стимулюючу дію на рослини. Дослідженням процесів проростання насіння кількох видів рослин, таких як кукурудза [520] та рис [521], була доведена стимулююча дія гумінових речовин, якими обробляли насіння. Основним фактором, що сприяє прискоренню проростання насіння, вважають наявність фенольних фрагментів у структурі гумінових сполук [520]. Однак, низькомолекулярні феноли, такі як пара-кумарова кислота і пара-гідроксибензойна кислота, які поширені в ґрунтах, виявляють сильну інгібуючу дію на проростання насіння, перешкоджаючи гліколізу й окислювальному пентозофосфатному шляху [522], тоді як полімеризовані феноли, які структурно подібні до гумінових сполук, здатні стимулювати проростання насіння [523]. Ці контрастні властивості залежать від ступеня полімеризації, тому припускають, що молекулярні маси гумінових сполук критично впливають на ступінь інгібування ферментів на основі фенолу.

В проведеному нами дослідженні, через 4 доби від початку експерименту визначали енергію проростання, а через 8 діб – відсоток схожості насіння згідно [524] (рис. 5), оскільки це найбільш важливі показники якості насіння. Енергія проростання – показник, що

---

[518] Nardi S., Pizzeghello D., Muscolo A., Vianello A. Physiological effects of humic substances on higher plants. *Soil Biol. Biochem.* 2002. Vol. 34. P. 1527–1536.

[519] Shah Z., Rehman H. M., Akhtar T., et al. Humic substances: Determining potential molecular regulatory processes in plants. *Front. Plant. Sci.* 2018. Vol. 9. P. 263.

[520] Bento L. R., Melo C. A., Ferreira O. P., et al. Humic extracts of hydrochar and Amazonian Dark Earth: Molecular characteristics and effects on maize seed germination. *Sci. Total. Environ.* 2020. Vol. 708. 135000.

[521] Tang Y., Hou S., Yang Y., et al. Activation of humic acid in lignite using molybdate-phosphorus hierarchical hollow nanosphere catalyst oxidation: Molecular characterization and rice seed germination-promoting performances. *J. Agric. Food Chem.* 2020. Vol. 68. P. 13620–13631.

[522] Muscolo A., Panuccio M. R., Sidari M. The effect of phenols on respiratory enzymes in seed germination. *Plant. Growth Regul.* 2001. Vol. 35. P. 31–35.

[523] Cha J. Y., Kim T. W., Choi J. H., et al. Fungal laccase-catalyzed oxidation of naturally occurring phenols for enhanced germination and salt tolerance of Arabidopsis thaliana: A green route for synthesizing humic-like fertilizers. *J. Agric. Food Chem.* 2017. Vol. 65. P. 1167–1177.

[524] ДСТУ-4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. [Чинний від 2004-01-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2003. 173 с.

характеризує швидкість проростання насіння. Схожість насіння – це відношення кількості пророслих насінин до кількості висіяних, що визначається в лабораторних умовах і виражається у відсотках. Швидке лабораторне проростання насіння свідчить про те, що проростки будуть міцними та стійкими до несприятливих умов навколишнього середовища в період сівби в польових умовах, а насіння з високою енергією проростання дасть дружні та рівномірні сходи в польових умовах [525]. Отримані результати представлені в таблиці 2.



Рис. 5. Визначення схожості насіння пшениці сорту Смуглянка за різних варіантів удобрення ґрунту

Джерело: авторські дослідження.

Можна припустити, що і розвиток коренів, ймовірно, буде посилений у рослин, оброблених гуміновими препаратами або їх сумішами, а за рахунок селективності протоплазматичних мембран буде інтенсифікуватись надходження води і елементів живлення.

В присутності гумінових речовин також сильно посилюється проліферація бічних коренів [526 , 527]. Існують три механізми, які пояснюють стимуляцію коренів. По-перше, гормоноподібні органічні структури, такі як ауксин, активують специфічні гормональні шляхи в рослинах [526]. Але є інші експерименти, автори яких припускають, що важливішим є загальний розподіл специфічних органічних функціональних груп, включаючи феноли та карбонові кислоти, в молекулах гумінових речовин [523]. Точніше, структурні характеристики, які відповідають за утворення коренів та їх зростання є різними. Як

[525] Семенов А. О., Короткова І. В., Сахно Т. В., Маренич М. М. Використання агрономічного потенціалу УФ-С випромінювання для підвищення передпосівних якостей насіння моркви. *Вісник аграрної науки Причорномор'я.* 2019. Вип. 1. С. 47–52.

[526] Canellas L. P., Olivares F. L., Okorokova-Facanha A. L., Facanha A. R. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H+-ATPase activity in maize roots. *Plant. Physiol.* 2002. Vol. 130. P. 1951–1957.

[527] Zandonadi D. B., Santos M. P., Dobbss L. B., et al. Nitric oxide mediates humic acid-induced root development and plasma membrane H+-ATPase activation. *Planta.* 2010. Vol. 231. P. 1025–1036.

повідомляють у дослідженні [528] лабільні та функціональні органічні групи беруть участь у генезісі коренів, тоді як менш функціональні фрагменти гумінових кислот індукують подовження коренів.

Нещодавно повідомлялося про структурні фрагменти гумінових сполук, що стимулюють лише подовження коренів. Було доведено, що аліфатичний -ОН лігніну має вирішальне значення для стимулювання розвитку сходів кукурудзи залишаючи без змін швидкість проростання [529]. По-друге, у присутності гумінових сполук утворюється оксид азоту, який стимулює подальший розвиток бічного кореня. Той факт, що поглиначі оксиду азоту, а не інгібітори ауксину, ефективно перешкоджають розвитку коренів, зумовлених гуміновими сполуками вказує на те, що гумінові кислоти активують ауксин-незалежні шляхи [530]. По-третє, за рахунок збільшення експресії споріднених білків посилюється енергетичний метаболізм [527]. Таким чином, полегшення отримання енергії може бути пов'язане з проліферацією клітин кореня. Останні два способи дії припускають, що ключові біологічні фактори (наприклад, оксид азоту й енергетичний обмін білків) є необхідними для зміни генезісу коренів, хоча ідентифікація ключових структурних частин гумінових сполук для активації таких факторів остаточно ще не досліджена.

Після 14 днів експерименту були виконані біометричні вимірювання – визначені основні параметри росту: середня довжина коренів і висота пагонів. Середню довжину коренів і висоту пагонів вимірювали з точністю до 0,1 см. Біометричні вимірювання були виконані в 3-х кратній повторності для відібраних 10 насінин в тому ж фізіологічному віці (таблиця 2).

Морфометричні визначення біомаси надземної частини рослин пшениці проводили шляхом зважування паростка після вилучення його з ґрунту, промивання від залишків ґрунту та просушування на фільтрувальному папері на терезах лабораторних ТВЕ-021-0,001 (таблиця 2). Точність зважування ± 0,001.

2. Вплив варіантів удобрення ґрунту на посівні властивості насіння та біометричні показники рослин пшениці озимої сорту Смуглянка

Варіант досліду	Енергія проростання, %	Схожість, %	Довжина коренів, см	Висота пагонів, см	Біомаса, г
Контроль	94,6	95,1	2,5	8,5	0,200
NH_4NO_3	95,2	96,4	2,2	9,7	0,221
5R SoilBoost EA	96,3	97,7	3,8	9,1	0,247
NH_4NO_3 + 5R Soil Boost EA	98,4	99,2	4,4	10,2	0,313

Джерело: авторські дослідження.

[528] Garcia A. C., de Souza L. G., Pereira M. G., et al. Structureproperty-function relationship in humic substances to explain the biological activity in plants. *Sci. Rep.* 2016. Vol. 6. P. 1–10.

[529] Savy D., Cozzolino V., Vinci G., Nebbioso A., Piccolo A. Water-soluble lignins from different bioenergy crops stimulate the early development of Maize (*Zea mays*, L.). *Molecules.* 2015. Vol. 20. P. 19958–19970.

[530] Nunes R. O., Domiciano G. A., Alves W. S., et al. Evaluation of the effects of humic acids on maize root architecture by label-free proteomics analysis. *Sci. Rep.* 2019. Vol. 9. 12019.

Як видно з наведених у таблиці 2 даних, застосування гумінового препарату 5R SoilBoost EA як у чистому вигляді, так і в складі суміші з аміачною селітрою, шляхом внесення в тепличні субстрати перед висіванням насіння пшениці, продемонструвало позитивний ефект. Найкращий результат було отримано у разі використання суміші добрив NH_4NO_3 + 5R SoilBoost EA. Так, збільшення енергії проростання в цьому варіанті становило 3,8 %, а схожості – 4,1 % порівняно з контролем. Внесення в ґрунт аміачної селітри також сприяло збільшенню енергії проростання та схожості насіння пшениці, але істотно нижче, ніж при використання чистого гуматного добрива 5R SoilBoost EA, внаслідок використання якого енергія проростання зросла на 1,7 %, а схожість насіння на 2,6 %.

Представлені в таблиці 2 дані свідчать також про помітну тенденцію зростання таких показників початкового розвитку рослин, як довжина кореневої системи та висота пагону. Так, довжина кореня збільшилась на 52 % при додаванні 5R SoilBoost EA і на 76 % при сумісному внесенні NH_4NO_3 + 5R SoilBoost EA. Отримані результати добре корелюють з даними роботи [456], де автори спостерігали збільшення сумарної довжини кореневої системи на 37–74 % внаслідок додавання гумінових препаратів. Слід відмітити, незначне (12 %) зменшення відносно контролю довжини кореня у пагонів, які зростали на ґрунті, удобреному NH_4NO_3, але висота надземної частини у цих рослин виявилась більшою на 14 % порівняно з контролем і на 6,6 % відносно рослин, що зростали на ґрунті, удобреному чистим гуміновим добривом 5R SoilBoost EA. Максимальний ефект спостерігали у рослин, які зростали на ґрунті, де застосовували суміш NH_4NO_3 + 5R SoilBoost EA, висота пагонів яких перевищувала контроль майже на 20 %. Отримані біометричні показники добре узгоджуються з величинами енергії проростання та схожості насіння, ґрунт для яких удобрювали також зазначеною сумішшю.

Питання про вплив збільшення біомаси надземної частини рослин на ранніх етапах весняної вегетації на зростання врожайності активно дискутується в літературі. Зокрема, вважають, що воно може бути пов'язане з кращою роботою фотосинтетичного апарату рослин з високою біомасою. В наших експериментах збільшення біомаси спостерігалось за всіма варіантами удобрення ґрунту, на яких зростали паростки пшениці. Найкращі морфометричні показники були зафіксовані у рослин, де в ґрунт, перед висіванням насіння, вносили як чистий гуміновий препарат 5R SoilBoost EA, так і його суміш з NH_4NO_3. Збільшення біомаси таких рослин порівняно з контролем становило 23,5 і 56,5 %, відповідно.

4.2. Визначення вмісту фотосинтетичних пігментів у рослинах пшениці озимої

Приготування витяжки пігментів. Через 14 днів, після того як сформувалась потужна зелена маса рослин, зрізали декілька зелених листків без видимих пошкоджень для отримання гомогенату. Наважка

рослинного матеріалу дорівнювала 500 мг. Після зважування, листя рослин подрібнили, перенесли у порцелянову ступку, додали 10 см^3 96 % етилового спирту та невелику кількість кварцового піску для кращого подрібнення рослинної тканини. Потім гомогенат перенесли кількісно і профільтрували через паперовий фільтр з білою стрічкою у мірну колбу на 25 см^3, довели об'єм колби до мітки етиловим спиртом.

Вимірювання оптичної щільності. Традиційні методи визначення вмісту фотосинтетичних пігментів включають процедуру екстракції розчинником з наступним спектрофотометричним визначенням «in vitro», що дозволяє без калібрувальних кривих на підставі експериментальних даних за оптичною щільністю відомих для кожного пігменту величин молярного або питомого коефіцієнту світлопоглинання при певній довжині хвилі розрахувати концентрацію пігментів.

Вміст хлорофілів ***a*** і ***b*** та каротиноїдів визначали в отриманій витяжці пігментів без попереднього їх розділення. Оптичну щільність екстракту визначала на фотометрі КФК-3 при довжинах хвиль (нм), що відповідають максимумам поглинання хлорофілів ***a*** і ***b*** та каротиноїдів: хлорофіл ***a*** – 665 нм, хлорофіл ***b*** – 649 нм, каротиноїди – 470 нм. Спектральний діапазон вимірювань КФК-3: 315-990 нм. Спектральний інтервал, що виділяється монохроматором фотометра не більше 7 нм. Похибка вимірювань оптичної щільності 0–3 %.

Розрахунок вмісту пігментів в етанольних екстрактах виконували за формулами [531]:

$$C_{\text{хл } a} = [(13{,}95D_{665} - 6{,}88D_{649}) \cdot V]/m,$$

$$C_{\text{хл } b} = [(24{,}96D_{649} - 7{,}32D_{665}) \cdot V]/m,$$

$$C_{\text{кар}} = [1000D_{470} \cdot V/m - 2{,}05C_{\text{хл a}} - 114{,}8C_{\text{хл b}})]/245,$$

де $C_{\text{хл } a}$, $C_{\text{хл } b}$, $C_{\text{кар}}$ – кількість хлорофілів ***a, b*** і каротиноїдів у мг/г сирої речовини;

D_{665}, D_{649} и D_{470} – оптична щільність спиртового екстракту пігментів при довжинах хвиль (нм) відповідно 665, 649 та 470;

M – маса наважки, мг;

V – об'єм етанолу, см^3.

Отримані результати представлені на рис. 6.

Як відомо, фотосинтетична діяльність зернових культур є основою їх продуктивності й значною мірою залежить від вмісту пігментів у рослинах. Особливе значення мають зелені пігменти, хлорофіли ***a*** і ***b*** – чутливі індикатори фізіологічного стану рослин, кількість яких є показником потенційної здатності рослин формувати біологічний урожай [532]. Згідно з результатами наших досліджень, застосування гумінового

---

[531] Wellburn A. R. The spectral determination of chlorophylls a, and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *Journal* of *Plant Physiology*. 1994. Vol. 144. P. 307–313.

[532] Мальцева Н. М., Гаєвський А. П., Дерев'янко К. Ю. Вплив біологічно активних речовин та їх композицій на вміст фотосинтетичних пігментів у листках озимої пшениці в умовах дефіциту фосфору. *Физиология и биохимия культурных растений.* 2011. Т. 43, № 5. С. 403–411.

препарату 5R SoilBoost EA як окремо, так і в суміші з азотним добривом шляхом внесення в ґрунт зумовило певні зміни у пігментному складі рослин озимої пшениці, вирощених на таких субстратах.

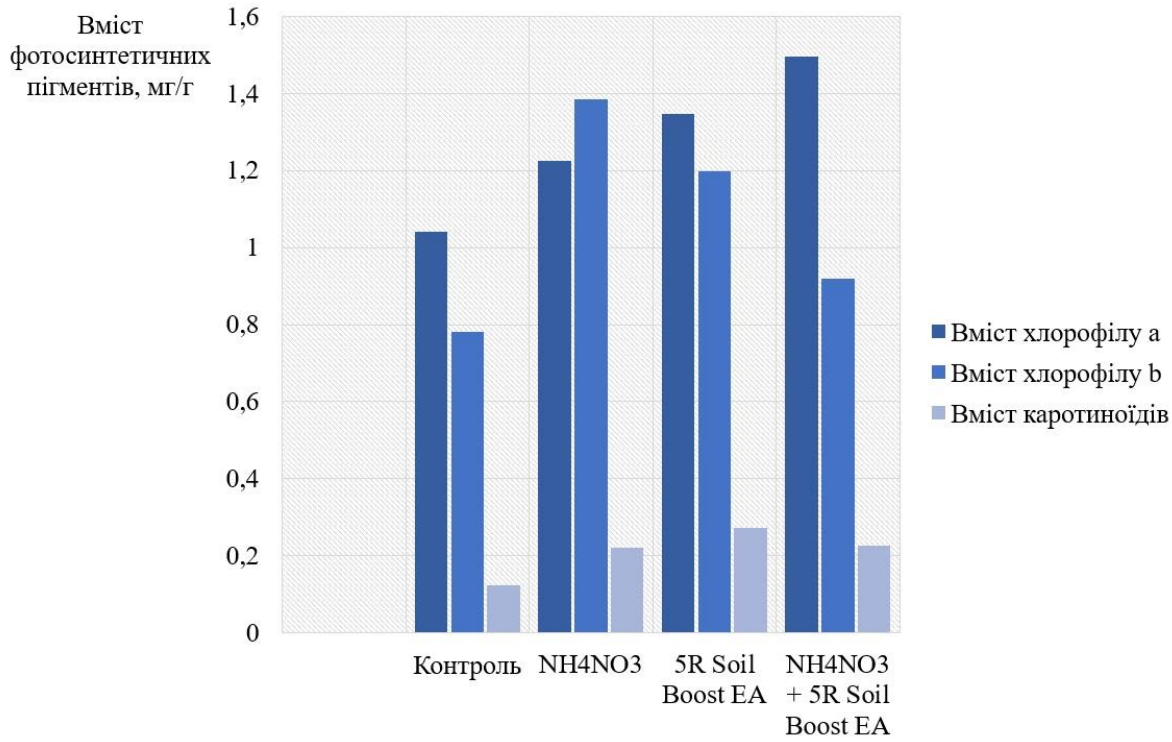


Рис. 6. Вміст фотосинтетичних пігментів в рослинах пшениці озимої сорту Смуглянка залежно від варіанту удобрення ґрунту, мг/г сирої речовини

Джерело: авторські дослідження.

Гумінові речовини можуть здійснювати пряму та побічну дію на фотосинтетичні процеси в рослинах. Пряма – обумовлена активізацією протонної помпи хлоропластів, побічна – проявляється в зростанні розміру фотосинтетичних одиниць фотосистеми та кількості її реакційних центрів на одиницю площі листка, що пов’язано з впливом гумінових речовин на білоксинтезуючу систему. Обидва шляхи ведуть до збільшення асиміляції вуглекислого газу, фотосинтетичної продуктивності, і, в кінцевому результаті, до приросту врожаю. Авторами ряду досліджень [533, 534] було підтверджено, що гумінові речовини можуть бути ефективними екзогенними регуляторами фотосинтетичних процесів.

Майже у всіх варіантах наших дослідів збільшився вміст хлорофілів ***a*** і ***b*** та каротиноїдів відносно контролю, що засвідчує про створення сприятливіших умов життєдіяльності рослин, однак співвідношення між вмістом цих пігментів у кожному варіанті різне.

[533] Van Tol de Castro T. A., Berbara R. L. L., Tavares O. C. H., et al. Humic acids induce a eustress state via photosynthesis and nitrogen metabolism leading to a root growth improvement in rice plants. *Plant Physiology and Biochemistry.* 2021. Vol. 162. P. 171–184. doi: 10.1016/j.plaphy.2021.02.043

[534] Lofti R., Kalaji H. M., Valizadeh G. R., et al. Effects of humic acid on photosynthetic efficiency of rapeseed plants growing under different watering conditions. *Photosynthetica.* 2018. Vol. 56, Issue 3. P. 962–970. doi: 10.1007/s11099-017-0745-9

Максимальне збільшення вмісту хлорофілу ***a*** (43,6 %) та каротиноїдів (в 1,5 рази) спостерігалось при сумісному внесенню в ґрунт NH_4NO_3+5R SoilBoost EA. Отримані результати можна пояснити підвищеним вмістом нітрогену та фосфору у ґрунті (рис. 4), що сприяли інтенсивній роботі фотосинтетичного апарату рослин пшениці. Найвищий вміст хлорофілу ***b*** (53,3 %) визначили в рослинах, які зростали на ґрунті, удобреному гуміновим препаратом 5R SoilBoost EA, завдяки якому вміст калію перевищував контроль майже в 3 рази.

Таким чином, удобрення ґрунтового субстрату перед висівом насіння гуміновим препаратом 5R SoilBoost EA сумісно з азотним добривом сприяло інтенсифікації ростових процесів на початкових стадіях вегетації пшениці озимої сорту Смуглянка. У першу чергу це стосується інтенсивного розвитку кореневої системи, паростка в цілому та збільшення біомаси рослин. Залежно від вмісту поживних речовин у ґрунтовому субстраті істотних змін зазнає вміст основних пігментів фотосинтетичного апарату рослин пшениці. Максимальний ефект спостерігали у рослин, що зростали на ґрунті, удобреному сумішшю аміачної селітри та гумінового препарату 5R SoilBoost EA.

5. Проведення польового досліду з визначення ефективності впровадження гумінових препаратів в технологію вирощування пшениці озимої

Для доказу доцільності застосування гумінових препаратів в польових умовах на різних культурах необхідно провести оцінку їх впливу на конкретну культуру, зокрема пшеницю озиму. Відомо, що спільне застосування стимуляторів росту і мінеральних добрив підвищує рівень окультуреності ґрунту за рахунок істотного підвищення вмісту поживних речовин в ґрунті, сприяє поліпшенню його структури, волого- і повітрообміну. В свою чергу, присутність гумінових речовин підвищує ефективність поглинання рослинами поживних речовин із ґрунту, проникність клітин і, очевидно регулює механізми, які беруть участь в стимуляції росту рослин.

Для проведення польових досліджень, як і досліджень в умовах закритого ґрунту, використовували пшеницю озиму сорту Смуглянка.

Ґрунт дослідної ділянки – чорнозем типовий важко суглинковий з вмістом гумусу в орному шарі 4,9–5,0 %, pH_{KCl}=5,6, вміст фосфору становив 8,8 мг/кг ґрунту, вміст азоту загального – 14,4 мг/кг (лужногідролізованого – 10,1 мг/кг), вміст калію – 68,5 мг/кг.

Оскільки вміст нітрогену у ґрунті достатньо низький (14,4 мг/кг) в основних сівозмінах використовують бобово-злакові суміші. Їх цінність обумовлена накопиченням легкозасвоюваних форм поживних речовин, особливо азоту, до моменту сівби пшениці озимої. У наших експериментах був використаний горох, відразу після збирання якого було проведено дискування ґрунту на глибину 8–10 см, під час якого більшу частину рослинних залишків гороху перемішали та заклали в

ґрунт. Після чого в ґрунт було внесено мінеральні та комбіновані добрива. Вдруге добрива вносили відразу після висіву насіння.

У польовому досліді тестували такі варіанти удобрення:

Варіант 1: Аміачна селітра, 120 кг/га.

Варіант 2: Карбамідно-аміачна суміш (КАС-32), 100 кг/га.

Варіант 3: 5R SoilBoost EA (гранули, 11 кг/га).

Варіант 4: Суміш аміачної селітри і 5R SoilBoost EA (1:1).

Варіант 5: Суміш КАС і 5R Soil Boost EA (1:1).

Доцільність використання гумінового препарату 5R SoilBoost EA обґрунтована результатами досліджень, проведених з даним сортом пшениці в умовах закритого ґрунту (розділ 4).

Задля запобігання ураження насіння пшениці найбільш поширеними хворобами (кореневою гниллю, твердою сажкою, бурою листовою іржею) перед сівбою проведено протруювання насіння суспензію препарату Раксил Ультра FS, з розрахунку 0,2 л/т.

Спосіб сівби насіння – звичайний рядковий. Норма висіву насіння становила – 4,5–5,0 млн шт. схожого насіння на гектар. Загортання насіння при сівбі проводили на глибину 6–8 см, після чого проводили коткування. Посівна площа земельної ділянки – 1 га, облікова – 0,8 га. Повторність досліду триразова, розміщення варіантів рендомізоване.

Захист посівів пшениці від бур’янів проводили шляхом обприскування гербіцидом Гроділ Максі (д. р. йодосульфурон, 25 г/л + амідосульфурон, 100 г/л + мефенпір-діетил (антидот), 250 г/л) з розрахунку 100 г/га. Захист посівів від шкідників проводили за допомогою інсектициду фосфорорганічного походження Акцент (д. р. диметоат) з розрахунку 1,5 л/га. Як фунгіцид використовували Імпакт 25 SC (д. р. флутриафол) – 0,5 л/га.

Строк настання повної стиглості (збирання врожаю) визначали еозиновим методом, який було запропоновано кафедрою рослинництва Харківського аграрного університету. Даний метод ґрунтується на біологічному зв'язку між фазою стиглості зерна та інтенсивністю транспірації рослин. З цією метою в 1 %-й розчин еозину занурювали свіжозібране колосся із соломою довжиною 15–20 см і залишали на 3 години. Через 3 години спостерігали зміну забарвлення колосся та визначали фазу стиглості: інтенсивно-червоне забарвлення свідчить про настання молочної стиглості, якщо забарвлюються лише окремі колоски і дуже слабо – воскова стиглість, колосся повної стиглості не забарвлюється взагалі. Збирання врожаю проводили у фазі повної стиглості.

5.1. Вплив варіантів удобрення на вміст основних елементів живлення у ґрунті орного шару

У роботі проведено дослідження впливу мінеральних добрив та їх сумішей з гуміновим препаратом 5R SoilBoost на вміст азоту, фосфору і калію у верхньому шарі ґрунту 0–20 см. Результати визначень представлені в таблиці 3.

3. Вміст елементів живлення в ґрунті за різних варіантів удобрення, мг/кг ґрунту

Варіант досліду	N загальний	N легкогідролізуємий	P	K
Контроль	14,4	10,1	8,8	68,5
NH_4NO_3	17,0	11,9	9,6	76,8
КАС	17,6	12,3	10,2	78,5
5R Soil Boost	18,7	13,1	11,7	79,2
NH_4NO_3 + 5R Soil Boost	21,0	14,7	12,1	107,1
КАС + 5R Soil Boost	22,1	15,4	13,0	109,2

Джерело: авторські дослідження.

Як видно з наведених даних, внесені форми добрив мали істотний вплив на вміст основних елементів живлення в ґрунті орного шару. Так, на ділянках, удобрених аміачною селітрою і рідкою карбамідно-аміачною сумішшю (КАС) вміст легкогідролізуємого азоту перед сівбою не відрізнявся суттєво і знаходився в межах 11,9–12,1 мг/кг ґрунту, але порівняно з контролем внесення чистої аміачної селітри сприяло збільшенню вмісту даного елементу живлення на 17,8 %, а внесення КАС – на 21,8 %.

Додавання до мінеральних добрив гумінового препарату 5R Soil Boost призвело до подальшого накопичення азоту у ґрунті, вміст якого на 23,5 % збільшився при застосуванні суміші NH_4NO_3 + 5R SoilBoost і на 25,2 % – при застосуванні КАС + 5RSoilBoost в порівнянні з чистими формами відповідних мінеральних добрив.

Фосфор – другий за значимістю після азоту елемент живлення рослин. Він забезпечує енергетичні процеси в клітинах рослин, впливає на розвиток кореневої системи, підвищує врожайність культур. Пшениця озима особливо чутлива до нестачі фосфору на початкових етапах розвитку під час формування кореневої системи, оскільки саме на цьому етапі рослини найменш захищені та потребують додаткового живлення, а забезпечення цим елементом на пізніших етапах не може його компенсувати. Саме тому, ми здійснили моніторинг вмісту фосфору у ґрунті на всіх варіантах удобрення сумішами 5R SoilBoost з NH_4NO_3 та КАС і порівняли із вмістом фосфору у ґрунті, де вносили лише мінеральні добрива – NH_4NO_3 або КАС. Виявилось, що рівень фосфору у ґрунті збільшився на 26,0 % в результаті внесення суміші 5R SoilBoost + NH_4NO_3 і на 27,4 % при внесенні 5R SoilBoost + КАС.

Внесені добрива також сприяли підвищенню вмісту обмінного калію. Максимальне збільшення вмісту калію спостерігали при застосуванні сумішей мінеральних добрив з гуміновим препаратом 5R SoilBoost. Приріст вмісту калію становив 39,4 % при внесенні суміші NH_4NO_3 + 5R SoilBoost в порівнянні з чистою селітрою і 39,1 % при внесенні суміші КАС + 5R SoilBoost в порівнянні з КАС.

На ділянках, де вносили чистий гуміновий препарат 5R SoilBoost рівень калію перевищував його вміст на ділянках, де вносили чисті

мінеральні добрива КАС та NH_4NO_3 на 1–3 %, відповідно, і на 15,6 % – вміст на контрольних ділянках (без добрив).

Таким чином, максимальний вплив на накопичення елементів живлення у ґрунті перед висівом насіння пшениці здійснили суміші мінеральних добрив NH_4NO_3 + 5R Soil Boost та КАС + 5R Soil Boost.

5.2. Вплив варіантів удобрення на елементи структури врожаю та врожайність пшениці озимої сорту Смуглянка

Під елементами структури врожаю розуміють продуктивні органи й ознаки рослини, які створюють і визначають об'єм врожаю. Для пшениці основними елементами врожаю є: продуктивне кущення, маса зерна з колоса та маса 1000 зернин. У більшості сучасних сортів пшениці перевага щодо врожайності забезпечується за рахунок високої кількості зерен з колоса та продуктивного кущення. Але більшість механізмів підвищення врожайності зернових на теперішній час не вивчені та вимагають подальших досліджень [535, 536].

У таблиці 4 представлені результати дослідження впливу мінеральних добрив та їх сумішей з гуміновим препаратом 5R SoilBoost на показники продуктивності пшениці озимої сорту Смуглянка.

4. Елементи структури врожайності пшениці озимої сорту Смуглянка залежно від варіанту удобрення (середні показники за роки досліджень)

Варіант удобрення	Продуктивне кущення	Маса зерна з колоса, г	Маса 1000 зернин, г
NH_4NO_3	1,54	1,57	41,16
КАС	1,58	1,64	41,25
5R Soil Boost	1,67	1,66	42,54
NH_4NO_3 + 5R Soil Boost	1,73	1,71	45,40
КАС + 5R Soil Boost	1,81	1,82	45,80

Джерело: авторські дослідження.

Як відомо, ключовим компонентом урожайності пшениці є продуктивне кущення, яке визначається як кількість стебел, які формують колосся і насіння. З наведених у таблиці 4 даних видно, що всі елементи структури врожайності пшениці, у тому числі й продуктивне кущення, позитивно реагують на застосування гумінових речовин у технологіях вирощування. Достатньо високий вплив на продуктивне кущення рослин пшениці продемонстрували суміші гумінового препарату 5R SoilBoost з КАС, внаслідок застосування яких продуктивне кущення збільшилось на 14,4 % відносно контролю (чистої КАС). Карбамідно-аміачна суміш є добривом з великою кількістю переваг перед твердими азотними добривами, зокрема аміачною селітрою, такими як рівномірний розподіл у ґрунті, мінімальна втрата поживних речовин і зменшення забруднення

[535] Таранухо Г. И. Селекция и семеноводство сельскохозяйственных культур. Минск : ИВЦ Минфина, 2009. 420 с.

[536] Дробыш А. В., Таранухо Г. И. Элементы структуры урожайности перспективних сортообразцов озимой мягкой пшеницы. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. 2017. № 4. С. 57–60.

навколишнього середовища. Крім того, КАС на відміну від аміачної селітри, здатна забезпечити пролонговане живлення рослин азотом, оскільки містить три форми азоту: нітратний, амонійний і амідний азот. Амідний азот в результаті діяльності ґрунтових мікроорганізмів переходить в амонійну форму, а потім у нітратну. Зважаючи на відсутність у складі КАС вільного аміаку, він не випаровується в атмосферу при внесенні в ґрунт, саме цим можна пояснити його ефективність у складі суміші.

Збільшення продуктивного кущення на 12,3 % спостерігали і при застосуванні суміші 5R SoilBoost з аміачною селітрою порівняно з ділянками, де рослини підживлювали лише аміачною селітрою. Безпосередній вплив гумінового препарату на даний показник структури врожаю не викликає сумнівів, оскільки навіть його застосування у чистому вигляді сприяло збільшенню продуктивного кущення на 8,4 % відносно NH_4NO_3 і на 5,7 % відносно КАС.

Як наслідок найбільшого продуктивного кущення на варіанті з застосуванням суміші 5R SoilBoost + КАС отримана найбільша маса зерна з однієї рослини, перевищення контролю склало 11 %, при застосуванні 5R SoilBoost з аміачною селітрою – 9 %, тобто рівень живлення виявився основним регулюючим чинником процесу формування маси зерна з колоса. В наших дослідженнях найбільш ефективну дію спричинила суміш 5R SoilBoost + КАС, підтвердженням чого є найбільша маса зерна з колоса (1,82 г). Також, позитивний вплив на формування зерна з однієї рослини пшениці спостерігали і при застосуванні чистого гумінового препарату 5R SoilBoost. Збільшення маси зерна з колоса становило 5,7 % відносно рослин, де вносили NH_4NO_3, і 1,2 %, відносно рослин, де ґрунт підживлювали лише КАС.

Слід відзначити, що покращення показників структури й якості врожаю, зокрема збільшення кількості зернин в колосі та їхньої маси в результаті сумісного застосування азотних добрив і гумінових стимуляторів, висвітлено в ряді наукових публікацій [506, 512]. В наших експериментах спостерігалась аналогічна закономірність.

Рослини пшениці добре реагували на підживлення монодобривами, тобто, NH_4NO_3, КАС та 5R SoilBoost, але найбільш помітною була на реакція на обробку гуміновим препаратом 5R SoilBoost, внаслідок якої маса 1000 зернин збільшилась на 3,1–3,3 % порівняно в чистими мінеральними добривами КАС і NH_4NO_3, відповідно. Максимальне збільшення маси 1000 зернин спостерігали у рослин, які підживлювали сумішами NH_4NO_3 + 5R SoilBoost та КАС + 5R SoilBoost на 10,3 % та 11,0 %, відповідно, порівняно з рослинами, які підживлювали NH_4NO_3 та КАС.

Застосуванням ефективних комплексних форм добрив з урахуванням вмісту елементів живлення у ґрунті можна отримати врожайність пшениці в декілька разів вище, ніж на ділянках з використанням монодобрив (аміачної

селітри або карбамід-аміачної суміші). Переходячи до визначення найбільш ефективного варіанту удобрення, ми порівняли обсяги врожаю як результат удобрення посівів пшениці чистим гуміновим препаратом 5R SoilBoost, так і його сумішами з NH_4NO_3 і КАС, з урожаєм зерна, отриманого з ділянок, де використовували лише NH_4NO_3 або КАС (таблиця 5).

5. Урожайність пшениці озимої сорту Смуглянка залежно від варіанту удобрення за роки досліджень (2019–2021 рр.), т/га

Варіант удобрення	2019 рік	2020 рік	Динаміка 2019/2020, %	2021 рік	Динаміка 2021/2020, %	Динаміка 2021/2019, %
NH_4NO_3	5,32	5,40	101,50	5,46	101,11	102,63
КАС	5,47	5,52	100,91	5,58	101,09	102,01
5R Soil Boost	5,73	5,78	100,87	5,84	101,04	101,92
NH_4NO_3 + 5R Soil Boost	6,40	6,47	101,09	6,52	100,77	101,88
КАС+ 5R Soil Boost	6,71	6,80	101,34	6,87	101,03	102,38

Джерело: авторські дослідження.

На всіх варіантах застосування 5R SoilBoost у будь-якій формі встановлено приріст врожайності в порівнянні з варіантами використання чистих мінеральних добрив впродовж усіх років досліджень. Урожайність на ділянках, де вносили 5R SoilBoost у чистому вигляді перевищувала урожайність на ділянках, які підживлювали NH_4NO_3 на 7,0–7,7 % і відносно ділянок, удобрених КАС ~ на 4,8% в середньому за роки досліджень.

Максимальне збільшення врожайності спостерігали на ділянках, удобрених сумішами 5R SoilBoost + КАС, яке у 2019 році становило 22,7 %, у 2020 та 2021 роках ~ 23 %. На ділянках, удобрених сумішами 5R SoilBoost + NH_4NO_3, приріст врожаю складав ~ 20 % в середньому за роки досліджень.

Таким чином, правильним використанням форм добрив можна забезпечити збалансоване живлення рослин, усунути недолік або знизити негативний вплив надлишку будь-якого елементу в ґрунті й отримати суттєве збільшення урожайності культури.

6. Роль гербіцидів у системах боротьби з бур'янами

Незважаючи на кілька десятиліть розробки та впровадження методів боротьби з бур'янами, вони все ж залишаються постійною загрозою для продуктивності сільськогосподарського виробництва через динамічну природу їх популяцій. Стійкі до гербіцидів бур'яни та зміни їх чисельності продовжують створювати нові проблеми для сільського господарства. Зараження бур'янами сільськогосподарських угідь є результатом застосованих технологій вирощування рослинних культур (тобто ротація, обробіток ґрунту, внесення добрив, міжряддя та гербіциди), характеристик ґрунтових ресурсів і умов навколишнього середовища. Здатність популяцій бур'янів змінюватися у відповідь на практики їх знищення свідчить про необхідність застосування більш

комплексних і різноманітних підходів, впровадження досконалих технологій боротьби з бур'янами.

Протягом багатьох років метою сільського господарства була розробка інтегрованих систем боротьби з бур'янами, яка об'єднувала б методи боротьби з ними та наукові знання таким чином, щоб враховувати причини виникнення бур'янів, їх біологічні особливості, створення систем посівів будь-яких культур несприятливих до бур'янів і зведення до мінімуму їх виживання, а не реагувати на уже існуючі популяції.

Найкращим підходом може бути об'єднання системи посівів і стратегій боротьби з бур'янами в комплексну систему, яка є екологічно й економічно життєздатною. Вирішення питання щодо боротьби з бур'янами у екологічному й управлінському контексті може призвести до використання більш широкого спектру культурних та управлінських практик для регулювання популяцій бур'янів і запобігання накопиченню адаптованих видів. Це допоможе виробникам керувати всіма ресурсами щодо їх знищення та стимулюватиме вчених до розробки більш різноманітних і досконалих підходів до боротьби з бур'янами.

Термін «інтегрована боротьба з бур'янами» вперше з'явився в літературі в 1967 році. Хоча було запропоновано багато визначень, усі вони містять два ключових елементи: використання різноманітних тактик знищення бур'янів та інтеграція знань з біології бур'янів у систему управління. Таким чином, стратегії комплексної боротьби з бур'янами передбачають широкі підходи, у тому числі застосування гербіцидів, обробіток ґрунту тощо. Боротьба з бур'янами – це дії, що використовуються для ліквідації їх наявної популяції, акцент на запобіганні розмноженню бур'янів, зменшенню їх сходів після сівби рослинної культури та мінімізації конкуренції бур'янів з культурою.

Одним з методів боротьби з бур'янами є профілактика їх виникнення, тобто, застосування заходів для запобігання їх занесенню та поширенню через забруднене насіння сільськогосподарських культур, транспортування насіння на поля, збиральну й іншу технологічну техніку тощо. Однак останнім часом концепція профілактики втратила свою значимість через доступність ефективних гербіцидів і механічних заходів боротьби. Одночасно, наявність ефективних та недорогих гербіцидів створила враження, що завжди можна у будь-який спосіб знищити бур'яни. Так може бути у більшості випадків, але якщо новий вид або біотип толерантний до використовуваних гербіцидів, є висококонкурентоспроможним або має інші відмінні характеристики, які ускладнюють дію гербіциду, це може суттєво знизити врожайність сільськогосподарських культур.

Впровадження систем боротьби з бур'янами на основі гербіцидів дозволило розробити відносно прості системи вирощування рослинних культур і сприяло змінам у технологіях їх виробництва. Впровадження

селективних гербіцидів наприкінці 40-х років і постійне створення нових гербіцидів у наступні десятиліття надали виробникам ефективний інструмент боротьби з бур'янами [537].

Використання цих хімічних речовин призвело до підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва, але, з іншого боку, незважаючи на те, що вони є високоефективними речовинами у боротьбі з бур'янами, призвело до зміни фітосоціологічного складу бур'янів і до виділення біотипів, стійких до гербіцидів, а також спричинило негативний вплив на навколишнє середовище та здоров'я людини. За даними [538], гербіциди є найбільш використовуваними хімічними речовинами в усьому світі. Протягом 90-х років світові продажі пестицидів залишалися відносно незмінними та становили від 270 до 300 мільярдів доларів США, і 47 % цієї вартості припадало на гербіциди. З 2007 року гербіциди посіли перше місце серед трьох основних категорій пестицидів (інсектициди, фунгіциди/бактерициди, гербіциди) [539].

Однак, поряд з перевагами, гербіциди мають низку недоліків, серед яких такі: деякі гербіциди не піддаються біологічному розкладанню і, таким чином, можуть зберігатися в навколишньому середовищі протягом тривалого періоду часу; можуть переноситися в річки дощовою водою або вимиватися в підземні води, що забруднюють ці середовища; деякі гербіциди можуть накопичуватися в харчовому ланцюгу та бути токсичними для тварин і для людини; деякі гербіциди, можуть мати канцерогенні властивості та призводити до різноманітних захворювань тощо [540].

Гербіциди можуть спричиняти шкідливий вплив на організм людини як своєю прямою дією, так і опосередковано [541]. Серед біологічних ефектів цих хімічних речовин можна назвати генетичні пошкодження, різноманітні фізіологічні зміни та навіть загибель організмів. Деякі гербіциди в низьких концентраціях не можуть викликати негайних помітних ефектів в організмах, але у довгостроковій перспективі можуть зменшити тривалість життя [542].

Використання гербіцидів вимагає знання їхньої стабільності та трансформації в навколишньому середовищі, а також їх впливу на ґрунтові мікроорганізми. Так, триазинові гербіциди стійкі в ґрунті протягом кількох місяців і вони, а також деякі продукти їх розпаду, використовуються ґрунтовими мікроорганізмами як джерело енергії (алкільні фрагменти) й азоту (амінні фрагменти).

---

[537] Kudsk P., Streibig J. C. Herbicides: a two-edged sword. *Weed Res*. 2003. Vol. 43. P. 90–102.

[538] He H., Yu J., Chen G., Li W., He J., Li H. Acute toxicity of butachlor and atrazine to freshwater green alga Scenedesmus obliquus and cladoceran Daphnia carinata. *Ecotox. Environ. Saf.* 2012. Vol. 80. P. 91–96.

[539] Zhang W., Jiang F., Ou J. Global pesticide consumption and pollution: with Chinas as a focus. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences*. 2011. Vol. 1 (2). P. 125–144.

[540] Jurado A. S., Fernandes M. A. S., Videira R. A., Peixoto F. P., Vicente J. A. F. Herbicides: The Face and the Reverse of the Coin. An in vitro Approach to the Toxicity of Herbicides in Non-Target Organisms. In: Kortekamp A. (Ed.) Herbicides and Environment. Kroatia, 2011. P. 3–45.

[541] Kortekamp A. Herbicides and Environment. Kroatia, 2011. 760 p.

[542] Nehls S., Segner H. Detection of DNA damage in two cell lines from rainbow trout, RTG-W1, using the comet assay. *Environmental Toxicology*. 2001. Vol. 16. P. 321–329.

Потрапляючи в ґрунт, гербіциди можуть зазнавати змін у своїй структурі та складі внаслідок дії фізичних, хімічних і біологічних процесів. Саме ця властивість гербіцидів визначає їх активність і стійкість у ґрунті. Деякі молекули, потрапляючи в ґрунт, зменшують свою активність внаслідок випаровування та фоторозкладання. Потрапляючи в ґрунт, гербіциди можуть зазнавати дії мікроорганізмів, які, внаслідок високої вологості та високої температури, можуть сприяти їх розкладанню [543]. Якщо гербіциди не поглинаються рослинами бур'янів, вони можуть сильно адсорбуватися на органічній речовині, присутній у колоїдній фракції ґрунту, переноситися дощовою водою та навіть бути фільтратом, досягаючи таким чином поверхневих або підземних вод [544].

Під час вибору найбільш ефективного для певної культури гербіциду необхідно, щоб він задовольняв дві умови: по-перше, щоб обраний гербіцид досягав коренів у концентраціях, достатньо високих для боротьби з бур'янами, без шкоди для продуктивності сільського господарства, і, по-друге, передбачити, чи є сполука гербіциду рухомою в ґрунті, щоб оцінити, скільки гербіциду може бути вилучено з зони коренів бур'янів і потрапить у ґрунтові води [545].

Таким чином, з наявністю гербіцидів та впровадженням їх в технологію вирощування рослинних культур, питання боротьби з бур'янами стало менш актуальним, однак з часом популяції бур'янів стають стійкими до гербіцидів, і тому необхідні нові методи і підходи, щоб керувати гербіцидами й іншими ресурсами таким чином, щоб адаптовані види бур'янів не досягли проблемних розмірів. Через різноманітність і пластичність популяцій бур'янів, необхідно розглядати методи боротьби з бур'янами не як миттєвий результат, а як безперервний процес.

6.1. Використання гумінових речовин для підвищення ефективності дії гербіцидів у боротьбі з бур'янами

Численні дослідження й огляди щодо використання різних форм та видів добрив і взаємодії між культурами та бур'янами дають суперечливі висновки [546, 547]. Немає сумнівів у тому, що внесення добрив у ґрунт може змінити конкурентний баланс між посівами та бур'янами. Однак, вплив бур'янів можна зменшити за допомогою стратегій управління, які максимізують поглинання поживних речовин культурами та мінімізують доступність поживних речовин для бур'янів. Як показано в дослідженні

---

[543] Moura M. A. M., Franco D. A. S., Matallo M. B. Impacto de herbicidas sobre os recursos hídricos. Revista *Tecnologia & Inovação Agropecuária*. 2008. Vol. 1 (1). P. 142–151.

[544] Roman E. E., Beckie H., Vargas L., Hall L., Rizzardi M. A., Wolf T. M. Como funcionam os herbicidas da biologia à aplicação. Passo Fundo, Brasil, 2007. 158 p.

[545] Mesnage R., Székács A., Zaller J. G. 1 - Herbicides: Brief history, agricultural use, and potential alternatives for weed control. *Herbicides. Chemistry, efficacy, toxicology, and environmental impacts emerging issues in analytical chemistry.* 2021. P. 1–20. doi: 10.1016/B978-0-12-823674-1.00002-X

[546] Song J.-S., Im J.-H., Kim J.-W., et al. Modeling the Effects of Nitrogen Fertilizer and Multiple Weed Interference on Soybean Yield. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. P. 515. doi: 10.3390/ agronomy11030515

[547] Little N. G., DiTommaso A., Westbrook A. S., Ketterings Q. M., Mohler C. L. Effects of Fertility Amendments on Weed Growth and Weed–Crop Competition: A Review. *Weed Science*. 2021. Vol. 69 (2). P. 132–146. doi: 10.1017/wsc.2021.1

[548], внесення добрив на 5 см нижче поверхні ґрунту в кожному другому міжрядді призводить до зменшення біомаси бур'янів на 55 % і густоти бур'янів на 10 %, одночасно збільшуючи врожайність зерна ячменю (*Hordeum vulgare* L.) на 28 % порівняно з рівномірним їх внесенням по всій поверхні ділянки. Автори роботи [549] вносили добрива за периметром земельної ділянки, і, як результат, отримали меншу на 20–40 % щільність бур'янів та їх біомаси, а врожайність пшениці виявилась на 12 % більшою порівняно зі звичайним способом внесення добрив.

Інші методи регулювання відносної доступності поживних речовин для сільськогосподарських культур і бур'янів включають час внесення добрив [550], зміну джерел поживних речовин або зміну доступності поживних речовин за допомогою таких матеріалів, як інгібітори нітрифікації [551].

Більш фундаментальним методом маніпулювання відносним поглинанням поживних речовин культурами та бур'янами може бути покращення механізмів і кінетики поглинання мінеральних речовин сільськогосподарськими рослинами. Майже у всіх випадках, коли порівнювалися концентрації поживних речовин у посівах і бур'янах, накопичення поживних речовин у бур'янах перевищувало рівні у відповідній культурі. Тому, щоб максимізувати поглинання поживних речовин та ефективність використання добрив культурами, які конкурують з бур'янами, необхідно краще розуміти механізми потоків поживних речовин у коренях бур'янів і сільськогосподарських рослин [552]. Регулюванням доз добрив на користь культури можна не тільки збільшити поглинання поживних речовин культурою, але, ймовірно, покращити конкурентоспроможність культури щодо інших ресурсів, які в іншому випадку могли б бути доступними для бур'янів.

Серед зернових культур найважливіше місце займає пшениця озима, як культура з високим потенціалом урожайності та поживними властивостями. Серед багаточленних факторів, що впливають на рівень урожайності, можна виділити норми та способи внесення добрив, а також програми захисту рослин, включаючи методи боротьби з бур'янами [553]. Боротьба з бур'янами включає різноманітні методи, які створюють баланс

[548] Rasmussen T. L., Thomsen E., van Weering Tjeerd C. E., Labeyrie L. D. Rapid changes in surface and deep water conditions at the Faeroe margin during the last 58,000 years. *Paleoceanography*. 1996. Vol. 11 (6). P. 757–771. doi: 10.1029/96PA02618

[549] Kirkland K. J., Beckie H. J. Contribution of Nitrogen Fertilizer Placement to Weed Management in Spring Wheat (Triticum aestivum). *Weed Technology*. 1998. Vol. 12, Issue 1. P. 507–514.

[550] Chauhan B. S., Abugho S. B. Fertilizer Placement Affects Weed Growth and Grain Yield in Dry-Seeded Rice (Oryza sativa L.) Systems. *American Journal of Plant Sciences*. 2013. Vol. 4, Issue 6.

[551] Cui L., Li D., Wu Z., et al. Effects of Nitrification Inhibitors on Soil Nitrification and Ammonia Volatilization in Three Soils with Different pH. *Agronomy*. 2021. Vol. 11. P. 1674. doi: 10.3390/ agronomy11081674

[552] Thorup-Kristensen K., Kirkegaard J. Root system-based limits to agricultural productivity and efficiency: the farming systems context. *Annals of Botany*. 2016. Vol. 118, Issue 4. P. 573–592. doi: 10.1093/aob/mcw122

[553] Jañczak C., Filoda G., Matysiak R. Elements of Integration in Winter Wheat Protection Programs. *Acta Agrobotanica*. 2005. Vol. 58, Issue 1. P. 29–36.

між культурою пшениці та бур'янами, і, передусім включають біологічні та фізичні методи боротьби з бур'янами [554].

Як було вказано вище, найкращий ефект у боротьбі з бур'янами можна отримати від застосування відповідних гербіцидів. Крім знищення бур'янів, обробка гербіцидами послаблює їх стан і спричиняє порушення цвітіння та плодоношення. Проте, останнім часом, в технологіях вирощування зернових, спостерігається тенденція до зниження доз гербіцидів, що сприяє зниженню рівня забруднення навколишнього середовища. Так, у дослідженні [555], описано та доведено ефективність різних доз гербіцидів і позакореневого підживлення щодо зниження забур'яненості посівів пшениці озимої. Встановлено, що застосування знижених доз гербіцидів не суттєво диференціює рівень забур'яненості посівів, а позакореневе підживлення взагалі не вплинуло на рівень забур'яненості посіву. Крім того, не встановлено взаємодії між внесеними дозами гербіциду та позакореневими підживленнями, але виявлено, що кількість бур'янів на контрольній ділянці була значно вищою порівняно з обробленими гербіцидами ділянками при внесенні повної та зменшеної на 25 і 50 % доз гербіциду.

Присутність гумінових кислот і різноманітних катіонів у ґрунтах сприяє збільшенню рухливості, біодоступності та ефективності гербіцидів. Саме гумінові речовини здатні прискорювати проникнення діючої речовини гербіциду в рослини бур'янів, що призводить до їх знищення.

Найважливішими фізико-хімічними властивостями гербіцидів і продуктів їх розпаду є розчинність у воді та здатність утримуватися органічними речовинами ґрунту, остання властивість залежить від повноти комплексоутворення між гербіцидами та гуміновими кислотами або адсорбційних властивостей гербіциду. В умовах навколишнього середовища такі гербіциди, як, наприклад, s-триазини, зазвичай розкладаються до сполук з кращою розчинністю у воді [556, 557]. Оскільки гумінові кислоти – це макромолекули з відносною масою понад 30000 Да та хімічною структурою, що складається з ароматичних кілець, пов'язаних з великими алкільними групами, карбоксильними й іншими функціональними групами, такими як фенольні, спиртові, карбонільні, етерні, естерні, амідні й амінні, у водному розчині при значеннях pH вищих за pKa поводяться як негативно заряджені поліелектроліти або як гідрофобні молекули в незарядженому вигляді у кислому середовищі [558, 559].

---

[554] Feledyn-Szewczyk B., Jończyk K. (2017). Weed suppression and yield of thirteen spring wheat (*Triticum aestivum* L.) varieties grown in an organic system. *Acta Agrobotanica*. 2017. Vol. 70, Issue 3. P. 1721. doi: 10.5586/aa.1721

[555] Kraska P., Okoń S., Pałys E. Weed infestation of a winter wheat canopy under the conditions of application of different herbicide doses and foliar fertilization. *Acta Agrobotanica.* 2009. Vol. 62, Issue 2. P. 193–206.

[556] Pang L., Close M. E. A field tracer study of attenuation of atrazine, hexazinone and procymidone in a pumice sand aquifer. *Pest Manag. Sci*. 2001. Vol. 57. P. 1142–1150.

[557] Aelion C. M., Mathur P. P. Atrazine biodegradation to deisopropylatrazine and deethylatrazine in coastal sediment of different land uses. *Environmental Toxicology and Chemistry.* 2001. Vol. 20. P. 2411–2419.

[558] Prosen H., Zupancic-Kralj L. The interaction of triazine herbicides with humic acids. *Chromatographia Supplement*. 2000. Vol. 51. P. 155–164.

[559] Gondar D., Lopez R., Fiol S., Antelo J. M., Arce F. Characterization and acid–base properties of fulvic and humic acids isolated from two horizons of an ombrotrophic peat bog. *Geoderma.* 2005. Vol. 126. P. 367–374.

Гербіциди можуть існувати в розчиненому стані, в асоціації з колоїдною фазою, або адсорбуватися на ґрунті. Рушійними силами цієї адсорбції є електростатична взаємодія, водневі зв'язки, механізм перенесення заряду, донорно-акцепторний механізм, сили Ван-дер-Ваальса та гідрофобні взаємодії [560]. Ці механізми діють одночасно, і їхня конкуренція визначає затримку гербіцидів у ґрунті та водних системах. Основним засобом утримання гербіцидів у ґрунтах є їх сорбція на поверхні частинок ґрунту [561]. На адсорбцію гербіциду сильно впливають властивості розчиненої речовини та склад органічної речовини ґрунту, до якої входять гумінові кислоти.

Складові ґрунту мають різні типи поверхонь, які поділяють на іонні, полярні та неполярні. Іонні і полярні центри на поверхні ґрунту взаємодіють з полярними функціональними групами молекул гербіцидів, які розчинні у воді. Навпаки, неполярні ділянки на поверхні ґрунту мають низьку спорідненість до води і тому легко взаємодіють з неполярними частинами молекули гербіциду [561]. З цієї причини характеристики ґрунтів впливають на процеси адсорбції, транспортування та деградації гербіцидів і, як наслідок, на долю гербіцидів, що потрапляє у навколишнє середовище.

Численними авторами, вивчалися різні аспекти взаємодії між гербіцидами та гуміновими кислотами, використовуючи різну методологію для аналізу рівноваги адсорбція/десорбція. Так, автори роботи [558] показали, що pH і концентрація гумінових кислот мають суттевий вплив на ступінь адсорбції гербіциду в ґрунті. При високих концентраціях агрегація полімеру гумінових кислот стає більш вираженою, що призводить до блокування доступних фрагментів макромолекули гумінових кислот для адсорбції гербіцидів. Щодо впливу pH автори зробили висновок, що при лужних значеннях pH механізм адсорбції гербіциду полягає в розподілі на більш гідрофобній фракції гумінової кислоти, тоді як при кислому pH, ймовірно, відбувається утворення водневих зв’язків між молекулою гербіциду і гумінової кислоти [560].

Науковцями кафедри селекції, насінництва та генетики, кафедри рослинництва та кафедри біотехнології та хімії Полтавського державного аграрного університету було проведено дослідження щодо виявлення ефективності гумінових речовин у посиленні дії гербіцидів у знищення бур'янів в посівах пшениці озимої. Результати роботи були узагальнені в роботі [468].

Для дослідження було обрано гербіциди з різними діючими речовинами і гумінові препарати, які наведено у таблиці 6.

[560] Riva S., Juarez A. V., Yudi L. M. Interection between herbicides and humic acids presemt in soil. In: *Herbicides: Properties, Crop Protection.* 2011. P. 1–20

[561] Laird D. A., Koskinen W. C. Triazine Soil Interactions. In: *The Triazine Herbicides, 50 Years Revolutionizing Agriculture.* LeBaron H., McFarland J., Burnside O. (Eds.). Elsevier. Amsterdam, The Netherlands, 2008. P. 275–299.

6. Досліджувані гербіциди та регулятори росту

№	Назва	Діюча речовина	Концентрація
1	Гранстар Про	трибенурон метил	750 г/кг
2	Гроділ Максі	йодосульфурон + амідосульфурон + мефенпір-діетил (антидот)	25 г/л + 100 г/л + 250 г/л
3	Пріма	флорасулам + 2-етилгексиловий ефір 2,4–Д	6,25 г/л + 452,5 г/л
4	Трігер	трибенурон-метил	500 г/кг
5	Томіган	флуроксипир	250 г/л
6	Humifield	калієва сіль гумінових кислот	560-720 г/кг
7	4R Foliar concentrate	Гумінові кислоти + фульвові кислоти + ульмінові кислоти + мікроелементи	55 % + 21 % + 5 % + 6 %

Примітка: 1–5 – гербіциди; 6, 7 – гумінові препарати.
Джерело: дані [468].

Дослідження передбачало варіанти використання як чистих гербіцидів, так і в сумішах з гуміновими препаратами Humifield та 4R Folliar concentrate, які приведені в таблиці 7.

7. Вплив гербіцидів та їх сумішей на забур'яненість та урожайність пшениці озимої сорту Смуглянка

№	Варіанти досліду	Дози	Забур'яненість через 14 днів після обприскування			Урожайність, т/га
			кількість бур'янів, шт./м^2		повітряно-суха маса, г/м^2	
			всього	у т. ч. багаторічних		
1	Гранстар Про	20 г/га	41,87	2,21	4,93	4,28
2	Гроділ Максі	100 г/га	43,66	2,43	5,21	4,28
3	Пріма	400 г/га	39,83	2,24	5,05	4,14
4	Трігер + Томіган	25 г/га + 0,5 л/га	**36,92**	2,12	5,79	**4,30**
5	Гранстар Про + Humifield	20 г/га + 200 г/га	41,87	2,11	5,61	4,19
6	Гроділ Максі + Humifield	100 г/га + 200 г/га	35,33	1,96	4,96	4,43
7	Пріма + Humifield	400 г/га + 200 г/га	37,11	2,03	4,84	4,22
8	Трігер + Томіган + Humifield	25 г/га + 0,5 л/га + 200 г/га	**39,77**	2,13	5,51	**4,30**
9	Гранстар Про + Foliar concentrate	20 г/га + 2 кг/га	48,00	2,91	6,76	4,92
10	Гроділ Максі + 4R Foliar concentrate	100 г/га + 2 кг/га	55,83	2,82	5,44	4,92
11	Пріма + 4R Foliar concentrate	400 г/га + 2 кг га$^{-1}$	53,00	3,18	6,47	4,98
12	Трігер + Томіган + 4R Foliar concentrate	25 г/га + 0,5 л/га + 2 кг/га	**52,77**	3,13	6,37	**4,97**
НІР$_{05}$			**11,2**	**0,58**	**1,29**	**0,34**

Джерело: дані [468].

Оцінку ефективності дії гербіцидів проводили шляхом підрахунку бур'янів на 1 м^2 кожної ділянки досліду. Результати підрахунків показали, що найкращу ефективність демонструє варіант обробки посівів сумішшю гербіцидів Тригер + Томіган (25 г/га + 0,5 л/га), де кількість бур'янів дорівнювала 36,92 шт. на 1 м^2 поля. Найбільша загальна кількість бур'янів (43,58 шт./м^2), включно з багаторічними видами (2,35 шт./м^2), спостерігалася після обробки полів гербіцидом Гроділ Максі (100 г/га). Ефективність цього гербіциду була на 18,3 % нижче, ніж у Трігер + Томіган. Слід зазначити, що у посівах пшениці переважали дводольні зимуючі види бур'янів, зокрема Delphinium consolida L., Capsella bursa-pastoris L. Med., Matricaria perforate Merat, Viola arvensis Murr. , Galium aparine L., Thlaspi arvense L. Також зустрічалися поодинокі рослини дводольних багаторічних бур'янів – Cirsium setosum Willd., Convolvulus arvense L.

Також було досліджено різні варіанти поєднання гербіцидів із гуміновими препаратами, щоб довести підвищення ефективності дії гербіцидів при додаванні до них гумінових речовин. Так, додавання гумінового препарату Humifield, який є калієвою сіллю гумінових кислот в нормі 200 г/га до гербіцидів Гранстар Про та Пріма майже не вплинуло на кількість бур'янів у посівах, а суміш Трігер + Томіган + Humifield продемонструвала навіть невелике збільшення на 7,7 %. Найкраща ефективність була досягнута у варіанті, де посіви обробляли сумішшю Гроділ Максі + Humifield. Обприскування посівів даною сумішшю призвело до зниження кількості бур'янів на 23,6 %, порівняно з ділянками, обробленими чистим гербіцидом Гроділ Максі (таблиця 7).

Однак, поряд з інгібуючою дією суміші Гроділ Максі + Humifield на популяції бур'янів, спостерігався антистресовий ефект гумінового препарату 4R Foliar concentrate на всі компоненти агроценозу. Аналіз чисельності бур'янів у дослідах 9–12, тобто використання сумішей 4R Foliar concentrate з вказаними гербіцидами, показав, що комплексне застосування сумішей гербіцидів та даного гумінового препарату (4R Foliar concentrate) призводить до зворотного ефекту. На момент збору врожаю кількість бур'янів на полях, оброблених 4R Foliar concentrate з будь-яким із гербіцидів: Гранстар Про, Гроділ Максі, Пріма або Трігер + Томіган, збільшувалася. Найбільш значне збільшення кількості бур'янів на 33 % та 43 %, відповідно, спостерігалося при використанні сумішей Пріма + 4R Foliar concentrate та Трігер + Томіган + 4R Foliar концентрат.

Як уже було згадано, застосування гербіцидів та їх сумішей із гуміновими препаратами суттєво змінює закономірності співіснування компонентів агроценозу. Насамперед це стосується характеру взаємозв'язків між урожайністю та кількістю бур'янів на одиниці площі. У дослідах з використанням чистих гербіцидів та у складі суміші з гуміновим препаратом Humifield кореляція між цими показниками не виявлена. Однак коли 4R Foliar concentrate був компонентом суміші з гербіцидом, спостерігалася пряма кореляція із сильним взаємозв'язком між кількістю багаторічних бур'янів та врожайністю пшениці озимої (рис. 7):

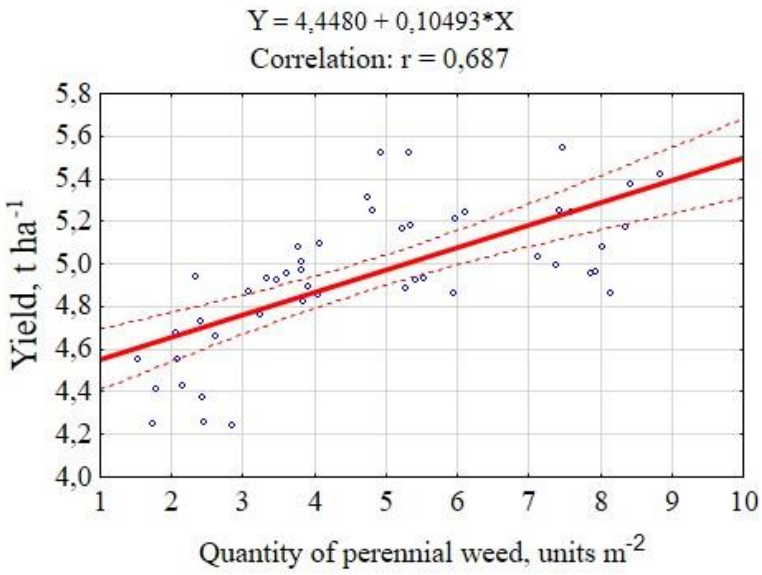


Рис. 7. Графік лінійної регресії забур'яненості посівів пшениці озимої за умов застосування суміші гербіцидів та 4R Foliar concentrate

Джерело: дані [468].

Це підтверджує, що гуміновий препарат 4R Foliar concentrate у суміші з гербіцидами одночасно стимулював зростання та розвиток рослин озимої пшениці, а також підвищував стійкість бур'янів до руйнівної дії гербіцидів. Внаслідок використання такої суміші кількість бур'янів у посівах пшениці збільшилась на 9,8–51,2 %, у тому числі багаторічних на 16,0–50,0 % порівняно з ділянками, обробленими чистими гербіцидами, що, своєю чергою, виступало лімітуючим фактором для максимальної реалізації біологічного потенціалу врожайності культури.

Таким чином, експериментально доведено, що не кожний гуміновий препарат в суміші з гербіцидом може бути ефективним у боротьбі з бур'янами. Разом з тим, можна рекомендувати досліджену суміш Гроділ Максі + Humifield у дозах 100 г/га+200 г/га, відповідно, для знищення бур'янів, у тому числі багаторічних, в посівах пшениці озимої.

7. Агрохімічні, екологічні й економічні аспекти застосування гумінових препаратів в аграрному виробництві

Виробництво гумінових препаратів в останні роки відбувається достатньо інтенсивно у зв'язку з їх поширеним використанням у аграрному секторі. На початок 2018 року ринок цих добрив досягнув 2241 млн доларів США [562].

У зарубіжних країнах, використання гумінових добрив орієнтоване на вирішення конкретних завдань, поставлених перед виробництвом

[562] Шаповал О. А. Можарова И. П., Коршунов А. А. Эффективность применения и перспективы использования регуляторов роста растений комплексного действия в агротехнологиях сельскохозяйственных культур. *Фітогормони, гумінові речовини та інші біологічно активні сполуки для сільського господарства, здоров'я людини і охорони навколишнього середовища*. Львів : Вид. Львівської політехніки, 2013. С. 158–163.

сільськогосподарської продукції – отримання продукції заданої якості та кількості [563]. У таких галузях як овочівництво, плодівництво, декоративне садівництво застосування гумінових добрив стало поширеним агротехнічним прийомом. Всього гуміновими препаратами обробляється 50–80 % посівів сільськогосподарських культур. Інший важливий фактор, який дав додатковий поштовх до різкого зростання ринку гумінових добрив – їх органічне походження (можливість отримувати з природної сировини) і екологічність [564].

В Європі основні складові цього ринку – синтетичні стимулятори росту рослин, екстракти на основі морських водоростей і рослин з вираженими імуномодуляторними властивостями. В Україні ринок гумінових препаратів формують, в основному, вітчизняні розробники та виробники. В нашій країні цю роботу проводять у наукових установах, де за останні 15 років створено більше 20 ефективних препаратів. Провідне місце за кількістю зареєстрованих препаратів сьогодні займає Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії Національної Академії наук та ДП «Міжвідомчий науково-технологічний центр «Агробіотех» НАН та МОН України, які є авторами майже 40 % вітчизняних препаратів, 13 з яких дозволені для застосування в Україні та ряді країн світу (Білорусі, Казахстані, Німеччині, Китаї).

Все більшої популярності в Україні набувають гумінові препарати національного виробника-компанії «Life Force Ukraine» (Лайф Форс Україна). Продукти компанії сертифіковані «Органік стандарт», що свідчить про їх високу якість і екологічну чистоту та можливість використання в органічному землеробстві. На ринок випущено як чисті гумінові препарати (Гумат LF 20, Гумат 500), так і спеціалізовані продукти («Гумат Старт», «Фульвігум», «Гумат Аміно», «Гумат Кремній», «Антистрес 03», «Фульвімакс»). Це концентровані рідкі препарати з різним вмістом солей гумінових і фульвових кислот. Спеціалізовані продукти додатково містять мікроелементи, екстракти морських водоростей, амінокислоти. Комбінація гуматів та інших фізіологічно активних речовин сприяє прояву потужного ростостимулюючого та антистресового ефекту.

Україна також імпортує гумінові препарати з інших країн – Білорусі, Китаю, Угорщини, Німеччини, США тощо. Наприклад, компанія «Агротехносоюз» представляє в Україні німецьку компанію «HuminTech GMBH» і завозить концентровані й очищені гумати з леонардиту. Її продукти на українському ринку становлять понад 50 % від загального імпорту в Україні. Крім основних гумінових препаратів Гуміфілд, в. г., Гуміфілд ВР-18 та Фульвітал, в. г., фірма зареєструвала й спеціальні гумінові препарати: «Гуміфілд Форте Аміно» з додаванням амінокислот

[563] Clapp C. E., Chen Y., Hayes M. H. B., Cheng H. H. Plant growth promoting activity of humic substances. *Understanding and Managing Organic Matter in Soils, Sediments, and Waters:* International Humic Science Society. Madison, 2001. P. 243–255.

[564] Baveye P. C., Wander M. The (Bio)Chemistry of Soil Humus and Humic Substances: Why Is the "New View" Still Considered Novel After More Than 80 Years? *Front. Environ. Sci.* 2019. Vol. 7. P. 27. doi: 10.3389/fenvs.2019.00027

та «Гуміфілд Форте Брікс» з екстрактом морських водоростей, а також комбіновані препарати: «Гуміфілд Форте Фульвік», що містить додатково фульвові кислоти, та «Гуміфілд Форте Макс», що збагачений азотом.

Серед виробників біологічних добавок для ґрунту та стимуляторів росту рослин на основі гумінових, фульвових та ульмінових кислот, виведених з леонардиту, провідну позицію останнім часом займає Американська компанія SoilBiotics. Компанія SoilBiotics має власні виробничі потужності у штаті Нью-Мексико, а також власне виробництво та сучасні лабораторні потужності у штаті Іллінойс. Всі інгредієнти для продукції SoilBiotics вилучені з сирої руди. Компанія SoilBiotics однією з перших почала застосовувати спеціальні технології переробки леонардиту задля створення продукту для ґрунтів та рослин, який не має аналогів у світі. Поєднуючи унікальну сировину та інноваційне виробництво, компанія SoilBiotics вже завоювала довіру численних агровиробників з США, Канади, Пакистану, В'єтнаму та Малайзії. З 2013 року ексклюзивним дистриб'ютором та представником компанії SoilBiotics в Україні є компанія ArgusBiotix.

Органічні продукти SoilBiotics включені до списку Інституту перевірки органічних матеріалів (OMRI, USA). Дозволені для використання при виробництві сертифікованої органічної продукції та в харчовій промисловості відповідно до Принципів національної органічної програми Міністерства сільського господарства США. Компанія виробляє гумінові продукти за трьома напрямками:

– 1r Seed Treatment – для передпосівної обробки насіння, застосування якого значно покращує енергію проростання та схожість насіння і швидкість росту розсади;

– 4r Foliar Concentrate – для позакореневого підживлення в процесі вегетації (містить 90,02 % гумінової кислоти – найбільший відсоток серед усіх продуктів SoilBiotics);

– 5r SoilBoost EA – для збагачення ґрунту елементами живлення **(**містить 84,17 % гумінових кислот).

Останні два препарати були використані в представленій роботі.

Про високу стимулюючу активність гумусових кислот свідчать результати досліджень Поліської дослідної станції ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського». Встановлено, що використання гумінових препаратів із сапропелю сприяє підвищенню лабораторних показників насіння (енергії проростання – до 28 %, схожості – 20 %, довжини проростка – 77,4 %), врожайності овочевих культур 34,4–88,9 % та покращенню якості продукції (зростання вітаміну С до 136,7, зниження нітратів до 3,2 разів). Приріст врожайності овочевих культур до контролю становив 15,4–39,4 %, при замочувані розсади зростання врожаю спостерігалось на 38,1–88,9 %, порівняно з контролем [565].

[565] Дідковська Т. П. Технологічні основи виготовлення та застосування гуматів під овочеві культури : дис. … канд. с.-г. наук: 06.01.04. Харків, 2009. 184 с.

Оброблення насіння пшениці озимої розчинами гуматів на основі торфу та вугілля вироблених за різною технологією екстрагування з концентрацією 0,001–0,1 % сприяла формуванню більш розгалуженої кореневої системи, при цьому довжина зародкових корінців збільшувалась на 9–63 %, проростка на 2–17 % порівняно з контролем.

Дослідження, проведені науковцями цього ж інституту на Сумській ДС соняшнику сорту «Сівер» та «Харківський-49» із застосуванням гумату спільно з мінеральними добривами, довели ефективність дії гумінового препарату, де приріст урожайності до контролю становив 6–21 % та 33–34 %. Оброблення рослин на початку цвітіння сприяла збільшенню вмісту жиру на 2,35 % [566].

Завдяки малим дозам внесення та низьким цінам на закупівлю, сучасні вітчизняні гумінові препарати характеризуються надзвичайно високим рівнем окупності витрат та приростами врожаїв. Нині жоден з відомих агрозаходів за окупністю витрат не спроможний перевищити застосування гумінових препаратів. При розгляді обсягів промислового виробництва вітчизняних препаратів на перспективу доцільно врахувати, що вони можуть сприяти збільшенню експортного потенціалу України на сотні мільйонів доларів, а також зміцненню економіки господарств і держави в цілому. За експертною оцінкою застосування українських препаратів на третині орних площ України дозволить додатково отримати 3 мільйони тонн зерна пшениці озимої покращеної якості, 400 тисяч тонн насіння соняшника, кукурудзи.

Біологічно активні добрива із включенням гумінових речовин активно використовуються у органічному виробництві. За внесення однієї тонни у ґрунт вноситься до 348 кг органічної речовини, надходить значна кількість гумінових кислот – 15 кг та фульвових кислот – 12 кг, до 9 кг азоту та калію і 5 кг фосфору. За рахунок підвищеного вмісту загального вуглецю в добриві поліпшується гумусовий стан ґрунту, що сприяє підвищенню продуктивності сівозмін в органічному землеробстві.

Агроприйоми щодо внесення в ґрунт гумінових препаратів, в тому числі спільно з мінеральним підживленням, введені в постійну практику ряду передових аграрних країн: США, Канади, Іспанії, Італії [567].

Останнім часом зростає швидкими темпами китайський ринок гумінових препаратів, а цілий ряд великих компаній-виробників, для вдосконалення та підвищення зростання регулюючої активності даних добрив, включають їх до складу азотних і рідких комплексних добрив.

Різняться і форми добрив: чисті препарати та збагачені мікроелементами, тверді та порошкоподібні, гранульовані та рідкі. Останні набули популярності не тільки на ринку України, але й в ряді інших держав. Рідкі гумінові препарати перспективні для застосування в

---

[566] Скрильник Є. В., Кутова А. М., Артем'єва К. С. Новації в удобренні соняшнику. *The Ukrainian Farmer*. 2015. № 5 (65). С. 84–87.

[567] Iakimenko O. S. Commercial humates from coal and their influence on soil properties and initial plant development. In: *Use of humic substances to remediate polluted environments: from theory to practice*. Perminova I. V., Hatfield K., Hertkorn N. (Eds.). NATO Science Series: IV: Earth and Environmental Sciences. 2005. Vol. 52. Springer, Dordrecht. The Netherlands. P. 365–378.

сільськогосподарському виробництві, тому що склад їх можна змінювати в широких межах, що дозволяє розробляти найрізноманітніші добрива під конкретні сільськогосподарські культури з урахуванням їх біологічних особливостей і рівня родючості ґрунтів. Рідка форма добрив дозволяє застосовувати їх в будь-яких кліматичних зонах, в тому числі посушливих, в регіонах з високою жорсткістю води.

Виробництво та широке впровадження рідких гумінових препаратів відкривають шлях до практичного зменшення забруднення навколишнього середовища. Переваги цих добрив порівняно із твердими є такими: по-перше, вони більш повно засвоюються рослинами за кореневого й позакореневого підживлення, менше залежать від опадів і, як наслідок цього, менша кількість їх залишається невикористаними та втраченими внаслідок вимивання і вивітрювання; по-друге, завдяки рідкій формі добрива вносяться рівномірно по всій площі, тому рослини одержують однакове живлення; по-третє, за фізичними й хімічними властивостями добрива можна змішувати в різних пропорціях і вносити оптимальне співвідношення поживних речовин під культури (таблиця 8).

8. Особливості та переваги використання гумінових добрив

Параметри	Властивості
Функції	Концентруюча (акумулятивна) Транспортна Регуляторна Стимулювальна Захисна
Способи використання	Передпосівна обробка насіння Додавання до ґрунтового субстрату перед висівом насіння Позакореневе використання Обприскування вегетуючих частин рослин
Форми	Чисті препарати та збагачені мікроелементами Тверді та порошкоподібні Гранульовані та рідкі
Переваги від використання	Захист від пестицидної дії Стійкість проти стресу, викликаного важкими металами Резистентна дія в умовах залізодефіцитного хлорозу Регуляція водного дефіциту Антиоксидантна активність Дія на сольовий стрес Оптимізація температурного стресу Стійкість проти біотичного стресу Покращення властивостей ґрунту Підвищення продуктивності рослин
Негативний вплив на ґрунт	Наявність важких металів (походженням є леонардит) Містять отруйні речовини (отримані з сапропелю) Утворення нерозчинних сполук за одночасного використання фосфорних добрив або селітри в сумішах з гуматами Пригнічування рослин за умови використання великих концентрацій

Джерело: систематизовано авторами.

Таким чином, на підставі широких і різнобічних науково-виробничих досліджень можна дійти висновку, що впровадженням гумінових препаратів як у чистому вигляді, так і у сумішах з мінеральними добривами можна почати вирішення головної проблеми сучасного сільського господарства України – це збільшення врожайності сільськогосподарських культур, поліпшення якості продукції агропромислового виробництва та збереження родючості ґрунтів.

4.5. Розробка сценарію інноваційної моделі управління проектами енергоефективності в енергетичному секторі

Пащенко П. О.
Полтавський державний аграрний університет

У всьому світі на сектор послуг припадає близько 8 % загального кінцевого споживання енергії (майже чверть електроенергії, 14 % природного газу і 3 % нафти TFC). Для ефективного застосування ресурсів й процесів раціоналізації актуалізується розгляд структури економічних і організаційних механізмів сценарного управління енергоефективності бюджетних організацій, основні розрахунково-аналітичні й експертні методики побудови сценаріїв управління енергоефективністю установами на рівні галузі/регіону/установи.

Розуміння сфери послуг, в яку входять й освітня, створює значні проблеми через загалом обмежене охоплення даних і складність його різнорідних типів будівель і категорій. Уявлення о індикативних показниках управління проектами енергоефективності матиме прямий вплив на загальне розуміння споживання муніципального сектора.

У той час як кінцеве споживання енергії в кожному регіоні або бюджетній сфері розраховується як добуток індексаторів (виробничих показників і контингентів, енергоємності виробничого процесу), енергоємність існуючої інфраструктури залежить від реалізації окремих проектів та програм, впровадження енергоефективного обладнання і рівня цін на енергію. Реальна потреба в коштах на оплату комунальних послуг та енергоносіїв перевищують встановленні державою ліміти. Хоча згідно з частиною 3 статті 51 Бюджетного кодексу України [568] бюджетна галузь повинна бути фінансуватися в першочерговому порядку, менеджери нижчого рівня не завжди об'єктивно враховують потребу в коштах (без врахуванням існуючого технічного стану тощо) та якісно прогнозують проект кошторису щодо розподілу бюджетних асигнувань на здійснення платежів адресно.

[568] Бюджетний кодекс України від 08.07.2010 р. № 2456-VI. URL : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-17.

В цілому, проблема формування надійної інформаційної бази даних щодо руху енергетичних потоків (від видобутку до споживання) є не повною мірою вирішеною [569]. Відсутність належних первинних даних для розрахунку показників енергоефективності бюджетної сфери (оскільки бюджетна сфера входить до сектору послуг) унеможливлює стовідсотково виокремити показники первинних даних. Скільки установ, наприклад, знають відповідні дані про свою діяльність (кількість приладів, площа підлоги чи тоннокілометрів, скільки енергії витрачають на техніку, на опалення чи вантажівки для транспортування вантажів? Основними кінцевими сферами використання сектора послуг (в тому числі й освітніх) є опалення приміщень, охолодження приміщень, опалення води, освітлення та інше обладнання. Без даних немає індикаторів, а без індикаторів є очевидні труднощі, якщо не неможливість, зробити надійну оцінку енергоефективності бюджетної установи.

По перше, з'ясуємо, що означає термін «індикатор», «показник», «індикативний показник».

Англійський словник визначає «індикатор» багатьма способами, залежно від того, чи пов'язаний він з інженерією, хімією, життям чи наукою.

Індикатор це сигнал, показник. Можна сказати, що індикатор – це те, що забезпечує індикацію; індикатором може бути будь-яке з різних статистичних значень, які разом забезпечують індикацію; індикатори – рушійна сила, що характеризують людську діяльність, процеси і характеристики, які впливають на сталий розвиток.

Найбільш розповсюдженим є твердження, що під показниками взагалі розуміється будь-який якісно-кількісне уявлення, від соціально-економічного процесу до конкретного об'єкта, яке передбачає якісну сторону (показувати сутність і належність за часом і місцем) й кількісну (надає кількісну визначеність).

Узагальнюючи вищевикладене, можна сформулювати загальне визначення поняттями показників енергоефективності – це показники, які допомагають при розробці сценаріїв продемонструвати, чи одна річ є більш енергоефективною, ніж інша.

У плануванні виділяються кілька різновидів. Так, основні індикативні показники можуть виступати критеріями оптимальності, ефективності тощо.

При розробці прогнозних й планових проектів, звичайно, використовується не окремо взятий показник, а цілий комплекс інтегральних, агрегованих індексів, за допомогою яких можна комплексно судити про розвиток як самої енергетичної галузі так і визначення ефективності регіону/установи, які є взаємодоповнюючими і взаємопов'язаними. Агрегування інформації в індекси значно ускладняється у визначенні ваги вихідних показників без втрати значущості і без зайвої суб'єктивності.

---

[569] Енергоефективність регіонів України: проблеми оцінки та наявний стан. URL : https://niss.gov.ua/sites/default/files/2017-08/energoefekt-5cecc.pdf.

При формуванні такої системи необхідно пред’являти до індикативних показників ряд вимог.

Показники енергоефективності зазвичай складаються із дезагрегуваних показників, які дають уявлення про ефективну або навпаки політику управління проектами енергоефективності.

Слід відзначити, що в якості основних застосовують споживання енергії як чисельника та даних про діяльність як знаменника й поділяються на агреговані (наприклад, загальне споживання енергії приладами на один прилад) або дезагрегувані (наприклад, середнє споживання опалення на площу окремої будівлі, що використовує пілети або вугілля для опалення).

Згідно Міжнародних рекомендацій ООН з енергетичної статистики, сектор послуг охоплює велику кількість видів економічної діяльності, які можуть бути приватними, державними або комбінованими, і його називають третинним сектором [570].

Як свідчать останні дослідження, через прогалини в даних, традиційно споживання енергії зараз часто розраховується як залишок, тобто як різниця між загальним споживанням енергії та сукупним споживанням інших секторів, а саме житлових, промислових та транспортних, для яких, як правило, існують кращі дані.

Як вихід із даної ситуації пропонується удосконалення та посилення процесу збору даних для освітнього сектору, що в свою чергу допоможе визначити потенційні сфери для впровадження політики енергоефективності, і як наслідок, в довгостроковій перспективі зменшити попит на енергію та видатки бюджетних асигнувань на здійснення комунальних платежів.

Таким чином, цей дефіцит інформації призводить до труднощів щодо управління проектів енергоефективності. Згідно оцінки Міжнародного енергетичного агентства (МЕА), для сектору послуг дієвими є чотири методології для збору даних про споживання енергії та діяльності – це адміністративні джерела, геодезія, вимірювання та моделювання. Вивчення досвіду провідних країн показав, що в багатьох країнах для створення належних показників часто поєднують декілька методів (наприклад, адміністративні джерела та моделювання). Для розв’язання зазначеної проблеми виникає потреба в повному усвідомленню та розумінню кожної методології, які мають сильні та слабкі сторони.

Найкращим засобом для досягнення індикативної мети в процесі побудови інноваційної моделі енергосфери господарюючого суб'єкта будь-якої форми власності виступає сценарне та імітаційне моделювання, що дозволяє забезпечити взаємозв'язок матеріальних і фінансових потоків.

[570] Статистические документы Серия М № 93 Международные рекомендации по энергетической статистике (МРЭС). Организация Объединенных Наций Нью-Йорк, 2019. URL : https://unstats.un.org/unsd/energystats/methodology/documents/IRES-ru.pdf.

Стосовно до задачі оцінки енергоефективності, потрібно виробити оптимальну електроенергетичну систему, яка зумовлює необхідність постійного оновлення енергоємності бюджетних установ з урахуванням нових технологічних вимоги на основі енергоменеджменту та енергоаудиту, й повинна базуватися на аналізі повного життєвого циклу: генерації, розподілу і споживання.



Рис. 1. Аналітичними інструментами для моделювання електроенергетичної системи

Джерело: авторська розробка.

Перший крок, це визначитися з ключовими аналітичними інструментами для моделювання електроенергетичної системи бюджетного сектора, які, згідно зі схемою, є впровадженням різноманітних форм інновацій, спрямованих на мінімізацію використання невідновлюваних видів енергії та їх заміну відновлюваними джерелами енергії (рис. 1).

Другий крок, це вироблення сценарних підходів при виборі оптимальної моделі управління проектами енергоефективності в енергетичному секторі бюджетних установах, які можна скласти з декількох основних етапів (рис. 2).

Через брак статистичних даних у сфері послуг в Україні, на даному етапі неможливо дати репрезентативну оцінку кінцевого споживання енергії (усіх видів палива та енергії) та споживання електроенергії бюджетною неприбутковою галуззю/сектором освітніх послуг.

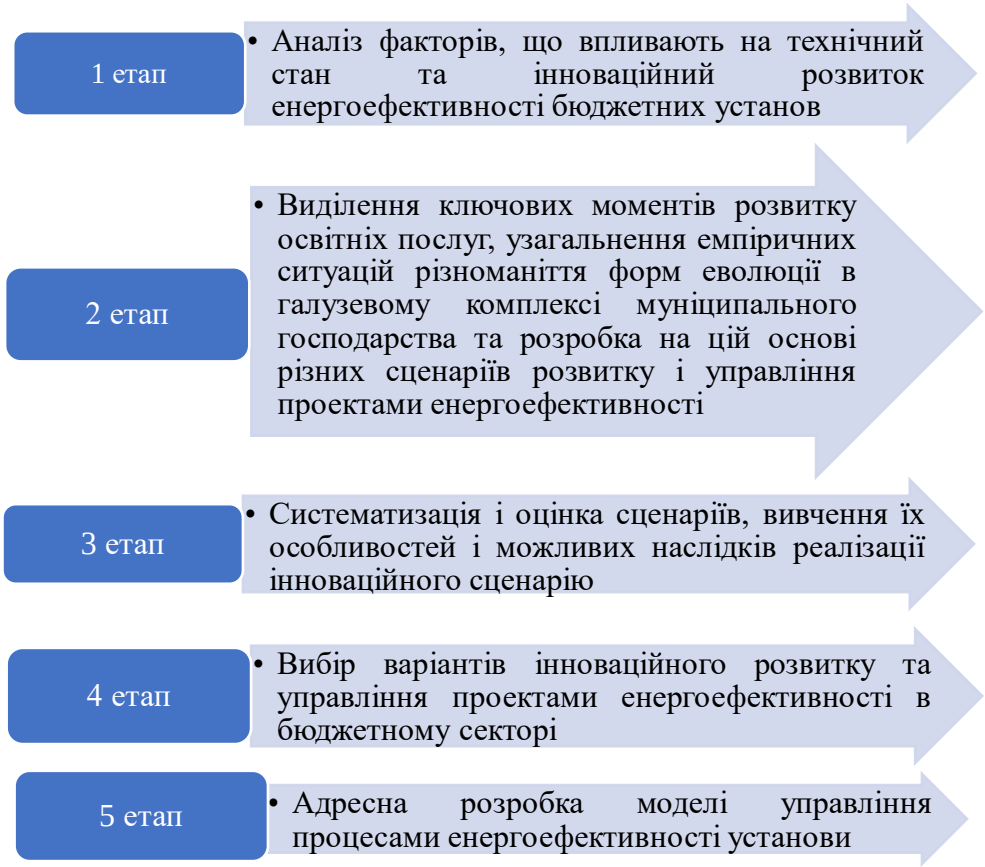


Рис. 2. Етапи розробки сценарію інноваційної моделі управління проектами енергоефективності в енергетичному секторі

Джерело: авторська розробка.

Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України за підтримки Українсько-Данського Енергетичного Центру (УДЕЦ) розробило методологію розрахунку показника енергоефективності для України чотирма показника: енергоємність, електрична інтенсивність, питомі витрати енергії на одного працівника по галузі, питомі викиди CO_2 на 1 грн доданої вартості.

За методологією Міжнародного енергетичного агентства (МЕА) кінцеве використання енергії в секторі послуг можна об'єднати в п'ять основних категорій: опалення приміщень, охолодження приміщень, опалення води, освітлення та інше обладнання.

Оскільки кожна галузева діяльність охоплює широкий спектр видів діяльності (географічне положення, площа, пасажиро-кілометр, кількість працівників, здобувачів освіти тощо), то індикаторні показники потрібно розглядати для кожного конкретного регіону/ закладу. МЕА рекомендує використовувати пірамідний підхід – з низу вверх, або з верху вниз: від агрегованого рівня (наприклад, частка опалення приміщень у загальному споживанні послуг) до дуже дезагрегувані показники (наприклад, для кожного типу опалювальної системи споживання опалення приміщень на площу приміщення). Для бюджетної сфери рекомендується використовувати агреговані данні як для енергосектору, так і для загальної діяльності.

В якості прикладу, наведемо піраміду, представлену для сфери послуг в цілому, на основі якої можна буде розробити на бюджетну галузь або освітню, і навіть для окремої установи.

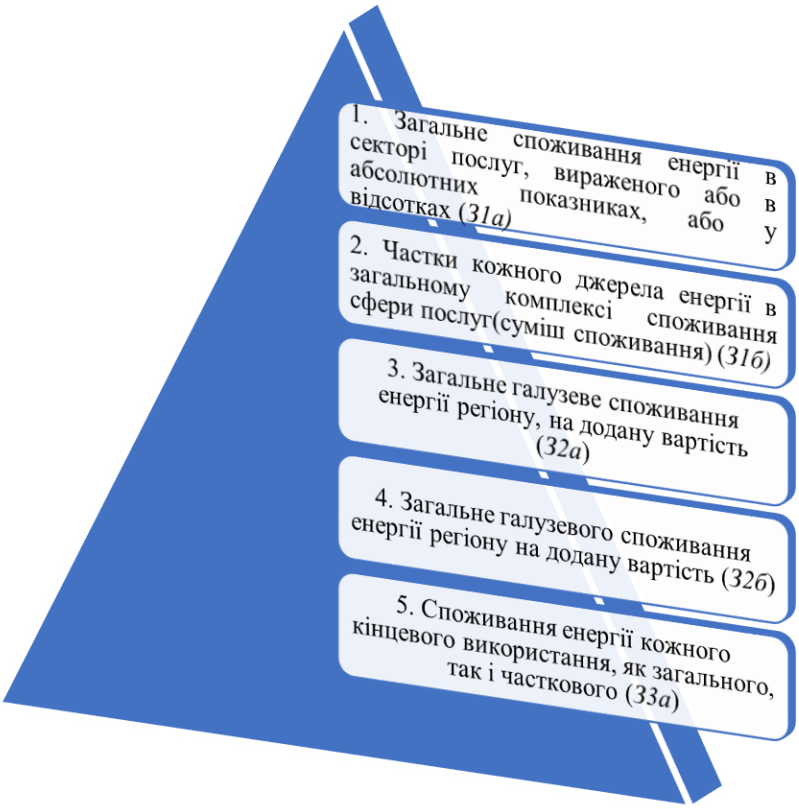


Рис. 3. Структура пірамідально агрегатної моделі

Джерело: авторська розробка за методологією МЕА [571].

Зазначимо, що структура пірамідальної моделі дуже зручна, до складу кожного агрегованого рівня (агрегату) може входити декілька інших рівнів, що дозволяє створювати моделі шляхом їх поступового ускладнення. У цьому пірамідальному підході було використано три рівні: рівень 1 є найбільш агрегованим, а рівень 3 – найбільш дезагрегованим. Також введено кодові назви типу агрегату, що продиктовано можливістю визначення кінцевого використання та рівня індикатора в різних моделях агрегатів з однаковою структурою, але з різними параметрами. Кодові назви надають можливість зберігати опис структури один раз, а у разі необхідності, надає можливість миттєво внести корективи в його структуру.

Найбільш агрегований рівень відноситься до загального споживання енергії в секторі послуг, вираженого або в абсолютних показниках, або у відсотках (*31а*), а також до частки кожного джерела енергії в загальному комплексі споживання послуг (*31б*). Перша буква *З* – загальне споживання, цифра – показник, який забезпечує високу картину галузевого споживання та можуть дозволити провести перше порівняння між регіонами країни за сектором послуг.

[571] Energy Efficiency Indicators: Fundamentals on Statistics © OECD/IEA.

Другий агрегований рівень (проміжний) піраміди показує два показники по галузі, розраховані шляхом ділення галузевого споживання енергії регіону, загально доступного на рівні регіонального енергетичного балансу, на додану вартість (*32а*) і площу (*32б*) відповідно.

Звичайно, на ці два показники значною мірою впливають відносні ваги різних категорій у секторі. Наприклад, будівлі призначені для учбових занять, як правило, мають менше споживання на площу, ніж майстерні виробничого навчання або гуртожитки; лікарні, як правило, мають більше споживання на додану вартість, ніж фінансові установи. Це пояснюється багатьма чинниками, наприклад, вага опалення та охолодження, споживання на площу підлоги значною мірою залежить від погодних та кліматичних умов.

На третій агрегат піраміди можна віднести споживання енергії кожного кінцевого використання, як загального, так і часткового споживання послуг (*33а*). Цей третій рівень відповідає верхньому рівню кожної з різних пірамід кінцевого використання (галузю/регіону/установи взятих окремо).

Хочеться зазначити, що потенціали пірамідально агрегатної моделі дуже великі. Наприклад, потрібно додати загальне споживання гуртожитків на площу, на додану вартість та на кількість ночей. У цьому випадку на другому рівні піраміди можна було б додати третій показник: споживання енергії на одиницю діяльності даної категорії. Для оцінки споживання освітлення на площу підлоги, потрібно вести четвертий показник на другому рівні. В даному випадку, щоб розрізняти індикатори однакового кінцевого використання та однакового рівня, можна використати кодову назву індикатору (*32L*), де (*3)* – загальне споживання, (*2)* – є показником другого рівня, *(L*) – у цьому конкретному випадку є споживання освітлення на площу підлоги.

Тобто, одиниці діяльності кожної організації/закладу відрізняються і, враховуючи дуже різну природу різних категорій, саме аналіз за категоріями дасть більш вичерпну та точну інформацію для оцінки загальної ефективності бюджетного сектору та визначення областей для можливого підвищення ефективності. Деякі приклади категорій у сфері послуг та відповідних підрозділів та їх діяльність наведена у табл. 1.

Набагато більшого ефекту при розробці сценарію інноваційної моделі управління проектами енергоефективності в бюджетному секторі дозволяє досягти введення регіональних особливостей. Так, проведений аналіз Інститутом стратегічних досліджень, як на підставі наявної статистичної бази, так і інших (недержавних) джерел інформації, показує, що загальним основним принципом проведення політики енергоефективності в регіонах країни повинно стати врахування регіональних особливостей та узгодження основних цілей для досягнення та механізмів їх реалізації регіонального та державного рівнів [572].

[572] Енергоефективність регіонів України: тенденції, перспективи та пріоритетні завдання ; Інститут стратегічних досліджень, серпень 2017. URL : https://niss.gov.ua/sites/default/files/2017-08/energoefekt-5cecc.pdf.

1. Приклади категорій у сфері послуг та відповідних підрозділів діяльність

	Категорія обслуговування	Одиниця діяльності
Заклади освіти	Дошкільні	Контингент здобувачів, працівників, кількість мешканців, кількість працівників, площа тощо
	Середні	
	Для громадян, які потребують соціальної допомоги та реабілітації	
	Позашкільні	
	Професійно-технічні	
	Передвищі	
	Вищі	
	Заклади післядипломної освіти	
Заклади охорони здоров'я	Санітарно-профілактичні заклади	Ліжкомісність, кількість зайнятих ліжок, кількість працівників, площа тощо
	Заклади медико-соціального захисту	
	Лікувально-профілактичні	
Органи влади	Органи реєстрації актів цивільного стану	Кількість працівників, площа тощо
	Національна академія наук України	

Запропоновані технології та інструментальні засоби можуть бути в подальшому використані для побудови інноваційної моделі управління проектами енергоефективності в бюджетному секторі, у тому числі і за допомогою методу пірамідально агрегатного моделювання.

4.6. Основы наноудобрений: приготовление и возможности применения в современном сельском хозяйстве

Сахно Т. В.
Полтавский государственный аграрный университет

Введение

Основная цель представленного обзора включает определение концепций новых технологий для удобрений, которые могут снизить воздействие современного сельского хозяйства на окружающую среду при сохранении или повышении урожайности сельскохозяйственных культур. Указывают по крайней мере два многообещающих подхода к созданию материалов с желаемыми свойствами, включая создание наноразмерных фосфорсодержащих удобрений с улучшенной растворимостью в воде, а также производство наногибридов удобрений для медленного высвобождения фосфора и азота.

Описываюся новые подходы к производству трех типов материалов на основе наноразмерного гидроксиапатита (n-HAP) отдельно или в их гибридной форме, где n-HAP используется в качестве перспективного носителя для мультинутриентных (NPK) наноудобрений с медленным высвобождением. Первый тип включает n-HAP, привитый

Р-солюбилизирующими бактериями (PSB), такими как *Azotobacter sp., Azospirillum sp., Pseudomones sp., Bacillus sp. Acetobacter sp. ution*. Присутствие PSB инициирует повышение кислотности в ризосфере, что, в свою очередь, усиливает растворение. Опубликованные данные свидетельствуют о том, что наличие n-HAP, привитого PSB, в применении навоза на фермах значительно увеличило рост кукурузы, урожайность семян кукурузы по сравнению с обработками без прививки. Второй тип включает в себя мультипитательные наноудобрения на основе n-HAP, легированные калием, нитратами и мочевиной. В ходе экспериментов на твердой пшенице (*Triticum durum*) эти наноудобрения продемонстрировали высокую эффективность для контролируемой доставки N и P в растения. Биодоступность гибридов мочевины-n-HAP с медленным высвобождением оценивалась с использованием риса в качестве модельной культуры. Исследования высвобождения показали, что медленное высвобождение из этих наногибридов может происходить в течении недели, в отличие от чистой мочевины, которая расходуется в течение нескольких минут. Третий тип включает в себя NPK-удобрение с медленным высвобождением на основе композита целлюлоза-поли(акриламид)/наногидроксиапатит/растворимое удобрение, который показал хорошие показатели и положительное влияние на урожайность кукурузы, капусты и стручкового перца в тепличном эксперименте.

1. Обзор различных подходов, тестируемых в поисках более эффективных фосфорных удобрений.

Согласно недавнему обзору [573], вот уже несколько десятилетий ученые и инженеры работают, чтобы понять, что делает сельскохозяйственную систему фосфора (P) эффективной. Постоянные потери с поля включают вымывание в дренаж плит, растворимый P в стоке и эрозию почвенных частиц, содержащих фосфор [574].

Потеря фосфора из сельскохозяйственных почв и его неблагоприятное воздействие на экосистему привели к новым призывам к восстановлению ресурсов. В работе [575] было протестировано пять методов очистки фосфора, извлеченного из обычных отходов животноводства (куриный помет и навоз молочных коров, лошадей, овец и свиней), для изготовления наночастиц гидроксиапатита (НГАП), потенциального наноудобрения. Кристаллизация НГАП из экстрактов фосфора из свиного навоза и куриного помета была достигнута без очистки экстракта, но выход и чистота были поставлены под угрозу. Все синтезированные НГАП из частично очищенного фосфора представляли собой карбонатный апатит, в котором столбчатые гидроксилы заменены

[573] Weeks J. J., Hettiarachchi G. M. A Review of the Latest in Phosphorus Fertilizer Technology: Possibilities and Pragmatism. *Journal of Environment Quality*. 2019. Vol. 48, Issue 5. P. 1300–1313. doi: 10.2134/jeq2019.02.0067

[574] Simpson R., Oberson A., Culvenor R., et al. Strategies and agronomic interventions to improve the phosphorus-use effciency of farming systems. *Plant and Soil*. 2011. Vol. 349, Issue 1. P. 89–120. doi: 10.1007/s11104-011-0880-1

[575] Tosun G. U., Sakhno Y., Jaisi D. P. Synthesis of Hydroxyapatite Nanoparticles from Phosphorus Recovered from Animal Wastes. *ACS Sustainable Chem. Eng.* 2021. Vol. 9, Issue 45. P. 15117–15126. doi: 10.1021/acssuschemeng.1c01006

карбонатом, что идеально подходит для повышения растворимости. Анализы TEM и XRD были проведены для проверки наноразмерности и фазовой кристалличности НГАП. Концентрация тяжелых металлов в НГАП снизилась на 3–5 логарифмических порядков по сравнению с отходами при очистке и кристаллизации. В целом эти результаты свидетельствуют о том, что извлечение и переработка фосфора из отходов животноводства и синтез чистых НГАП осуществимы и вместе способствуют усилиям по переработке невозобновляемых ресурсов, а также защите окружающей среды.

Менее очевидны и более проблематично для объяснения то, что обычно называют реакциями фиксации. Отчасти проблема заключается в том, что термину «фиксация» не хватает конкретного определения. Это слово обычно используется в литературе для обозначения осаждения P и других процессов сорбции кальцием, в первую очередь в известковых почвах, а также железа и алюминия, в основном в кислых почвах, которые происходят при внесении удобрений. Они часто интерпретируются через призму однолетних систем земледелия и считаются слишком медленными для поступления фосфора в почвенный раствор, чтобы вносить значительный вклад в питание растений фосфатом в течение вегетационного периода [576].

Одна из проблем заключается в том, что многие факторы определяют, будет ли растение получать доступ к пулу фосфора, включая, помимо прочего, размер и лабильность других пулов фосфора, доступность азота (N), тип культуры, скорость спроса, температуру, pH и содержание влаги в почве, означающее, что то, что недоступно или «фиксировано» в одних обстоятельствах, может отсутствовать в других [577, 578]. На самом деле, фиксированный P – это несколько текучий термин, который просто относится к фракции P в почве, которая недостаточно лабильна, чтобы быть полезной в системе земледелия, в которой она существует в настоящее время.

Таким образом, формы P, которые теоретически доступны для растений, формы P в системах, которые максимизируют эффективность поглощения P, и формы P в системах, которые максимизируют общий урожай сельскохозяйственных культур, могут или не могут определяться как фиксированные в зависимости от цели. Стойкие формы фосфора, которые экстрагируются растениями в системе, которая максимизирует поглощение фосфора на единицу добавленного фосфора, не обязательно дает урожай, эквивалентный системе, в которой доступный для легкого поглощения пул практически бесконечен.

---

[576] Barrow N. J. Soil phosphate chemistry and the P-sparing effect of previous phosphate applications. *Plant Soil*. 2015. Vol. 397. P. 401–409. doi: 10.1007/s11104-015-2514-5

[577] Syers J. K., Johnston A. E., Curtin D. Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use. Reconciling changing concepts of soil phosphorus behaviour with agronomic information. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin. 2008. 123 p.

[578] Vandamme E., Renkens M., Pypers P., Smolders E., Vanlauwe B., Merckx R. Root hairs explain P uptake efficiency of soybean genotypes grown in a P-defficient Ferralsol. *Plant Soil*. 2013. Vol. 369, Issue 1–2. P. 269–282. doi: 10.1007/s11104-012-1571-2

Другими словами, Р не встречается в нескольких дискретных формах, которые можно сгруппировать в соответствии с определением доступности. Фосфор в почве существует в виде гетерогенной смеси адсорбированных, абсорбированных (диффундированных в твердое тело или встроенных в решетчатую структуру) и минеральных веществ, каждый из которых имеет свой спектр растворимости; одни ассоциации легко обратимы, другие – нет [56576, 57767].

В связи с обсуждением инновации Р-удобрений, когда Р добавляется или удаляется из почвы, все компоненты системы реагируют соответствующим образом, двигаясь к новому равновесию раствора [563]. Посевы получают адекватное питание фосфатом, когда вклад каждого может поддерживать требуемую концентрацию почвенного раствора для этого вида и может пополнять запас фосфора, который был поглощен корнями достаточно быстро (то есть в качестве буфера), чтобы предотвратить дефицит питательных веществ. То, как система в конечном итоге реагирует на внесение удобрений, может зависеть от формы внесения удобрений. Например, жидкие составы фосфора, добавленные в сильно известковые почвы, могут дать значительно лучшую эффективность использования по сравнению с гранулированными продуктами того же химического состава [579, 580, 581]. Когда были разработаны высокорастворимые в воде фосфатные продукты, такие как тройной суперфосфат, преимущество их высокой растворимости и концентрированности, что делает их относительно экономичным внесением в почву, было уделено первоочередное внимание. В качестве компромисса максимальное количество фосфора в почвенном растворе обычно обеспечивается этими удобрениями вскоре после внесения в почву из-за их относительно быстрого растворения и не обязательно хорошо синхронизируется с поглощением растениями. Такое несвоевременное высвобождение фосфора по сравнению со спросом на урожай может наложить штраф на общую эффективность использования фосфора в некоторых системах по мере того, как происходит фиксация. В настоящее время существует множество методов для оценки эффективности фосфора, но не все они подходят для всех почв, систем, целей и сроков. Решающее значение для разработки лучших удобрений имеет критическая оценка результатов испытаний и их соотношения с целью максимального повышения эффективности.

[579] Hettiarachchi G. M., Lombi E., McLaughlin M. J., Chittleborough D., Self P. Density changes around phosphorus granules and fluid bands in a calcareous soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2006. Vol. 70, Issue 3. P. 960–966. doi: org/10.2136/sssaj2005.0296

[580] Holloway R. E., Bertrand I., Frischke A. J., Brace D. M., McLaughlin M. J., Shepperd W. Improving fertilizer efficiency on calcareous and alkaline soils with fluid sources of P, N and Zn. *Plant Soil.* 2001. Vol. 236, Issue 2. P. 209–219. URL : https://www.jstor.org/stable/42951388.

[581] Lombi E., McLaughlin M. J., Johnston C., Armstrong R. D., Holloway R. E. Mobility and lability of phosphorus from granular and fluid monoam-monium phosphate differs in a calcareous soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2004. Vol. 68. P. 682–689. doi: 10.2136/sssaj2004.0682

В обзоре [563] обсуждаются наиболее актуальные исследования, связанные с инновациями коммерческих фторсодержащих удобрений. Авторы [563] отметили, что рамки этого обсуждения ограничиваются продуктами, которые могут быть легко заменены в текущую практику применения фермерами, применяющими традиционные, хорошо растворимые в воде фосфорные удобрения. Согласно [563], научное сообщество должно быть более осознанным и разумным в отношении того, как ученые исследуют технологию удобрений, чтобы результаты можно было осмысленно интегрировать в производственную практику. Лабораторные и тепличные исследования так же важны, как и полевые испытания, но если они спроектированы так, что не могут быть переведены на какую-либо текущую или разумно предполагаемую будущую применимость в реальном мире, то полезность такой работы сомнительна. То же самое относится и к исследованиям на местах. Если адекватные меры контроля не включены и/или почвы не реагируют на поправки и/или применяемые добавки, то за счет многих финансовых и трудовых ресурсов можно почерпнуть мало полезной информации. В настоящее время в современной литературе существует значительный пробел, связанный с долгосрочными последствиями выбора конкретного удобрения. Изучаемые здесь механизмы действия разделены на четыре группы: медленные высвобождения, блокаторы фиксации, индукторы биохимического ответа и альтернативные источники фосфора.

Обзор [563] предоставил краткую информацию об использовании наногидроксиапатитов, которая, к сожалению, не представляется полной и суммирует только около полдюжины ссылок. Учитывая практическое значение наногидроксиапатитов как «медленных высвобождений», авторы собираются предоставить более полный обзор, который рассматривает более 30 ссылок, описывающих положительный опыт применения наноразмерного гидроксиапатита в лабораторных и полевых условиях. Однако перед этим, по мнению авторов, важно рассмотреть другой перспективный подход, который определенно следует отнести к категории «медленных релизов», но почему-то не был рассмотрен авторами обзора [563].

2. Создание удобрений на основе гидроксиапатита с повышенной растворимостью в воде

Подход, описанный в этом разделе, был предложен почти 30 лет назад. Он был описан в патенте [582]. Согласно этому патенту, фосфат, добавляемый в почву в качестве коммерческого удобрения (например, моноаммонийфосфат, тройной суперфосфат и т. д.). Легко доступен для растений, но быстро превращается в почве в относительно недоступные формы. Было подсчитано, что только от 10 до 30 % фосфорных удобрений

[582] Rogers R. D., et al. Microbial solubilization of phosphate, US Pat. 5,256,544, 1993. URL : https://patents.google.com/patent/US5256544A/en.

используется растением в год, когда оно вносится, и от одной трети до половины внесенных фосфатных удобрений может никогда не быть восстребовано растением.

Чтобы преодолеть этот недостаток, авторы патента [572] предложили способ, который позволяет солюбилизировать фосфат из таких источников, как дикальций и трикальций фосфат, гидроксиапатит, основной шлак и каменный фосфат путем обработки микроорганизмами. Этот процесс включает образование водной смеси труднорастворимого фосфата, микроорганизмов, способных солюбилизировать фосфат, и поддержание водной смеси в течение определенного периода времени и в условиях, способных воздействовать на процесс солюбилизации микроорганизмов. Водный раствор, содержащий растворимый фосфор, можно отделить от прореагировавшей смеси осаждением, экстракцией растворителем, селективной мембраной, обменной смолой или методами гравитации для извлечения фосфата из водного раствора.

Микроорганизмы, обладающие способностью солюбилизировать фосфат, включают бактерии, грибы и актиномицеты, и диапазон способности солюбилизировать фосфат внутри такой гетерогенной группы очень велик. Фосфатосолюбилизирующие бактерии (PSB) [583] – это полезные бактерии, способные растворять неорганический фосфор из нерастворимых соединений. Более простые соединения фосфата кальция, по-видимому, более восприимчивы к микробной атаке, чем фосфаты, содержащиеся в сложных матрицах. Исследования показывают, что более 50 % фосфата в дикальциевой и трикальциевой формах (TCP) могут высвобождаться микробами, растущими в растворе, в то время как высвобождается только 1–33 % фосфата, содержащегося в каменном фосфате [578–582].

Авторы патента [584] описали новые солюбилизирующие фосфат штаммы грибов, а также композиции, содержащие эти штаммы грибов, и способы использования этих штаммов для увеличения доступности фосфата для поглощения растениями в почве. В одной серии их экспериментов рост грибов для анализов солюбилизации фосфатов проводили в 96-луночных микробиореакторных планшетах в 1,5 мл не содержащей нитратов минимальной солевой среды (табл. 1).

Были использованы штаммы грибов, содержащие штамм Penicillium bilaiae, имеющий 13 различных регистрационных номеров депозита (от NRRL B-50776 до NRRL B-50788), и были использованы результаты определения концентрации растворимого фосфата, которые были зарегистрированы после 14 дней экспериментов (таблица 2).

---

[583] Фосфатмобілізуючі бактерії як компоненти гранульованих мікробних препаратів комплексної дії / І. К. Курдиш, А. О. Рой, Л. В. Булавенко, З. Т. Бега ін. *Сільськогосподарська мікробіологія.* 2005. Вип. 1–2. С. 68–76.

[584] Greebshields D., et al. Microbial strains, compositions, and methods for increasing available phosphate for plants, US Pat. 9758438, 2017.

1. Состав среды с минимальным содержанием солей, не содержащих нитратов (NFMSM), которая использовалась в экспериментах с фосфатсолюбилизирующими штаммами грибов

Компонент	Объем, г/л
NaCl	0,1
NH_4Cl	0,4
$CaCl_2$ $2H_2O$	0,1
$MgSO_4$ $7H_2O$	1,0
Сахароза	10,0
Гидроксиапатит	5,41

Источник: данные [573].

Результаты, представленные в таблице 2, показывают, что все изоляты солюбилизировали больше фосфата, чем исходный штамм V08/021001. Результаты также показывают, что 11 из 13 изолятов солюбилизировали больше фосфата, чем родительский штамм ATCC 20851. Пять изолятов солюбилизировали больше фосфата, чем родительский штамм ATCC 22348 [575].

2. Солюбилизация фосфатов из гидроксиапатита гибридами и их родителями. Числа представляют собой среднее +/- стандартное отклонение для 3 повторов

Изолированные	Средний растворенный P_2O_5
ATCC 20851 (родительский)	883 ± 92
V08/021001 (родительский)	849 ± 52
ATCC 22348 (родительский)	1047 ± 115
NRRL B-50776	1174 ± 210
NRRL B-50777	1089 ± 95
NRRL B-50778	1066 ± 172
NRRL B-50779	1108 ± 99
NRRL B-50780	892 ± 101
NRRL B-50781	870 ± 43
NRRL B-50782	1009 ± 100
NRRL B-50783	1228 ± 294
NRRL B-50784	886 ± 56
NRRL B-50785	881 ± 174
NRRL B-50786	961 ± 97
NRRL B-50787	976 ± 116
NRRL B-50788	1085 ± 72

Источник: данные [573].

Один из новых подходов, предложенных в патенте [573], включает нанесение на семена фосфатсолюбилизирующих штаммов грибов. Семена были покрыты одним или несколькими штаммами грибов, выбранными из группы, состоящей из штамма, имеющего те же регистрационные номера депозита, которые представлены в таблице 2.

Семена обрабатывали композицией, описанной в таблице 2, путем распыления или полива. Обработка распылением и капельницами

проводилась путем составления композиций с помощью системы непрерывной обработки (которая откалибрована для применения обработки с заранее определенной скоростью, пропорциональной непрерывному потоку семян). Также использовались периодические системы, в которых заданный размер партии посевного материала и композиции (ей) загружали в смеситель. Оборудование для выполнения этих процессов коммерчески доступно от многочисленных поставщиков, например, Bayer CropScience (Gustafson).

В работе [585] авторы исследовали селективное включение натрия и калия, катионов легкорастворимых солей, в наночастицу гидроксиапатита с конечной целью повышения растворимости. Косвенным свидетельством включения карбоната и K/Na в решетку НГАП являются изменения параметров решетки в рефлексах порошковой рентгеновской дифракции. Точно так же селективность включения карбоната между НГАП типа А и В в зависимости от загрузки Na/K была выявлена с помощью инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (FTIR), где изменение столбчатого OH согласуется с распределением карбоната типа А. Включение K/Na также подтверждается частичным фазовым переходом НГАП в трикальцийфосфат во время прокаливания. Количество образованного трикальцийфосфата было вдвое больше в Na-НГАП, чем в K-НГАП, даже несмотря на то, что загрузка Na и K и содержание карбоната были одинаковыми в обоих. Селективность включения K и Na, скорее всего, связана с различием их радиусов кристаллов. Эти результаты ясно свидетельствуют о том, что одновалентные атомы Na/K могут входить в решетку P63/m и, таким образом, увеличивать количество дефектов Шоттки, что повышает растворимость.

Структура поверхности и гидрофильность синтетического нанокристаллического апатита с прочно связанными цитратами на его поверхности исследовалась на молекулярном уровне путем сочетания современных методов ИК-спектроскопии, микрогравиметрии и адсорбционной микрокалориметрии [586]. Обнаружено, что цитрат образует однотипные и ионоподобные комплексы с поверхностными ионами Ca^{2+}, с поверхностным покрытием, близко напоминающим таковое в тромбоцитах костного апатита (т. е. 1 молекула/(n×нм)^2, с *n* в диапазоне от 1,4 до 1,6). Эти поверхностные комплексы являются частью гидратированного неапатитного поверхностного слоя толщиной менее нанометра. Примечательно, что гидрофильность наночастиц, измеряемая по адсорбции молекул воды в виде мультислоев, в значительной степени

[585] Sakhno Y., Jaisi D. P. Novel Route to Enhance the Solubility of Apatite, a Potential Nanofertilizer, through Structural Incorporation of Sodium and Potassium Ions. *ACS Agric. Sci. Technol.* 2021. Vol. 1, Issue 5. P. 488–498. doi: 10.1021/acsagscitech.1c00116

[586] Ivanchenko P., Delgado-López J. M., Iafisco M., Gómez-Morales J., Tampieri A., Martra G., Sakhno Y. On the surface effects of citrates on nano-apatites: evidence of a decreased hydrophilicity. *Sci Rep.* 2017. Vol. 7. P. 8901. doi: 10.1038/s41598-017-09376-x

снижается по отношению к присутствию цитратов, скорее всего, из-за воздействия на внешней стороне частиц группы CH_2. Наши результаты дают новое представление о поверхностных свойствах биоинспирированных наноапатитов, которые могут иметь большое значение для лучшего понимания роли цитрата в определении важных межфазных свойств, таких как гидрофобность, пластинок костного апатита. Оценка и понимание состава и структуры поверхности также представляет первостепенный интерес для строгого контроля функций синтетических биоматериалов, поскольку химический состав их поверхности сильно влияет на реакцию принимающей ткани.

Два типа наночастиц гидроксиапатита были приготовлены с помощью реакций кислотно-щелочной нейтрализации с использованием $Ca(OH)_2$ или $Ca(CH_3COO)_2$ в качестве источника кальция, чтобы оценить влияние анионов ацетата на образование частиц [587]. Наблюдения с помощью просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения показали, что в обоих случаях наночастицы вытянуты вдоль оси c, но в более ограниченной степени при приготовлении в присутствии ацетатов и в основном ограничены гранями {010}. ИК-спектры наночастиц, содержащих адсорбированный CO, показали, что фактические обрывы имеют как тип {010}_Ca-обогащенный, так и {010} P-обогащенный, причем последний значительно более распространен для наночастиц HA, выращенных в среде, содержащей CH_3COO-формы. Кроме того, эти наночастицы оказались более чувствительными к агрегации при термической обработке, что приводило к значительному уменьшению удельной поверхности при сохранении размера первичных частиц [588].

В самых последних публикациях по солюбилизирующему фосфату [577] рассматривается синергизм между растениями и P-солюбилизирующими бактериями (PSB) в почве. В частности, авторы исследования [589] подчеркнули, что использование PSB в качестве инокулянтов в почве увеличивает поглощение фосфора растениями, а также урожайность сельскохозяйственных культур. Способность бактерий, солюбилизирующих фосфат, превращать нерастворимую форму фосфора в растворимую, является важным признаком устойчивого земледелия для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. PSB играет важную роль в повышении доступности фосфора для растений за счет снижения pH почвы и микробного производства органических кислот и минерализации органического P кислыми фосфатазами. Эти организмы помимо фосфора также способствуют росту растений, улучшая усвоение

[587] Sakhno Y., Ivanchenko P., Iafisco M., Tampieri A., Martra G. A Step toward Control of the Surface Structure of Biomimetic Hydroxyapatite Nanoparticles: Effect of Carboxylates on the {010} P-Rich/Ca-Rich Facets Ratio. *J. Phys. Chem. C*. 2015. Vol. 119, Issue 11. P. 5928–5937. doi: 10.1021/jp510492m

[588] Chiatti F., Corno M., Sakhno Y., Martra G., Ugliengo P. Revealing Hydroxyapatite Nanoparticle Surface Structure by CO Adsorption: A Combined B3LYP and Infrared Study. *J. Phys. Chem. C*. 2013. Vol. 117. P. 25526−25534. doi: 10.1021/jp4086574

[589] Awasthi R., Tewari R., Harsh N. Synergy between Plants and P-Solubilizing Microbes in soils: Effects on Growth and Physiology of Crops. *Int. Research Journal of Microbiology*. 2011. Vol. 2, Issue 12. P. 484−503.

питательных веществ и стимулируя выработку некоторых фитогормонов. PSB обладают высоким потенциалом в качестве биоудобрений, особенно в почвах с дефицитом фосфора, для улучшения роста и урожайности сельскохозяйственных культур [590].

Почвенные бактерии играют важную роль в биогеохимических циклах. Они десятилетиями использовались в растениеводстве [591]. Существует ряд видов бактерий, которые способны превращать нерастворимую форму фосфора в растворимую. Они также известны как ризобактерии, способствующие росту растений (PGPR), потому что они колонизируют корни растений и способствуют росту растений. Существует два уровня сложности взаимоотношений между ризобактериями, способствующими росту растений, и растением-хозяином. Эти уровни бывают ризоферическими и эндофитными [578, 579, 592].

PSB играет важную роль в обеспечении растений фосфатом экологически безопасным и экологически безопасным способом [593]. Корни растений обеспечивают пищу, укрытие, энергию и районы с очень высоким биологическим разнообразием, известные как «ризосферы» [594]. PSB способны солюбилизировать накопленные источники фосфатных соединений в почве за счет образования органических кислот, фенольных соединений, протонов и сидерофоров [595]. Сообщества микроорганизмов, растворяющих фосфат, различаются по своей структуре и функциям в зависимости от фосфора, присутствующего в почве; поэтому реакция этих сообществ на этот компонент важна для формулирования стратегий управления [596].

PSB способствует росту растений, уменьшает количество болезней и вреда, наносимого насекомыми. Микроорганизмы, солюбилизирующие фосфат, составляют от 1 до 50 % потенциала солюбилизации фосфора [597]. Введение генов, которые участвуют в растворении фосфатов почвы в естественной ризосфере, является очень полезным подходом для улучшения способности PSB использоваться в качестве инокулянтов

---

[590] Гаценко М. В. Луценко Н. В., Волкогон В. В Роль фосфатмобілізувальних мікроорганізмів в оптимізації вермикомпостування органіки, збагаченої фосфоритами. Основи формування продуктивності сільськогосподарських культур за інтенсивних технологій вирощування. *Зб. наук. праць Уманського держ. університету.* 2008. С. 229–235.

[591] Rifat H., Safdar A., Ummay A., Rabia K., Iftikhar A. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. *Annals of Microbiology.* 2010. Vol. 60. P. 579–598. doi: 10.1007/s13213-010-0117-1

[592] Saeid A., Prochownik E., Dobrowolska-Iwanek J. Phosphorus Solubilization by Bacillus Species. *Molecules*. 2018. Vol. 23, Issue 11. P. 2897. doi: 10.3390/molecules23112897

[593] Khan M. S., Zaidi A., Ahemad M., Oves M., Wani P. A. Plant growth promotion by phosphate solubilizing fungi- current perspective. *Arch. of Agron. and Soil Sci.* 2009. Vol. 56. P. 73–98 doi: 10.1080/03650340902806469

[594] McMillan M. Promoting growth with PGPR. Soil Foodweb Canada Ltd. *Soil Biology Laboratory and Learning Centre*. 2007. P. 32–34.

[595] Lin T.-F., Huang H.-I, Shen F.-T., Young C.-C. The protons of gluconic acid are the major factor responsible for the dissolution of tricalcium phosphate by Burkholderia cepacia CC-Al74. *Bioresour Technol*. 2006. Vol. 97, Issue 7. P. 957–960. doi: 10.1016/j.biortech.2005.02.017

[596] Saha N., Biswas S. Mineral phosphate solubilizing bacterial communities in agro-ecosystem. *Afr. J. Biotechnol*. 2009. Vol. 8, Issue 24. P. 6863–6870.

[597] Chen Y. P., et al. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their Tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Appl. Soil Ecol.* 2006. Vol. 34. P. 33–41.

[598]. Встраивание этих генов в бактериальные хромосомы способствует стабильности и экологической безопасности [599].

Поскольку в сельскохозяйственных почвах недостаточно фосфора; поэтому внесение фосфорных удобрений необходимо для удовлетворения потребности почвы в фосфоре. PSB также использовался в почве для минерализации загрязняющих веществ, то есть для биоремедиации загрязненной почвы [600, 601].

Существует ряд видов бактерий, которые используются во всем мире с целью повышения продуктивности растений [602, 603]. Используемые бактерии могут быть симбиотическими или несимбиотическими. Симбиотические бактерии включают Rhizobium sp. и несимбиотические включают *Azotobacter, Azospirillum, Bacillus* и *Klebsiella sp.* и др. [580].

К PSB относятся *Pseudomans, Bacillus, Enterobacter, Azospirillum, Rhizobium* и т. д., и их также называют ризобактериями, поскольку они колонизируют корни растений и способствуют их росту [604]. Свободноживущие бактерии, которые полезны для сельскохозяйственных культур, называются ризобактериями, способствующими росту растений (PGPR); они способны увеличивать рост растений за счет колонизации корней растений [605]. Ризобактерии, способствующие росту растений, или бактерии, способствующие образованию клубеньков (NPR), связаны с ризосферой почвы, которая является важной экологической средой для взаимодействия растений и микробов [606].

По родству с растениями PGPR делятся на две группы: симбиотические и свободноживущие бактерии [580]. На основе своих живых сайтов PGPR делятся на две группы: iPGPR; ePGPR.

iPGPR (т. е. симбиотические бактерии) – это группа бактерий, которые живут в специализированных структурах внутри растительной клетки, с другой стороны, ePGPR (т. е. свободноживущие бактерии) – это группа бактерий, которые живут вне растительной клетки [607]. iPGPR обладает способностью производить клубеньки внутри клетки, с другой стороны, ePGPR не производит клубеньков, но по-прежнему

---

[598] Bashan Y., et al. Growth promotion of the seawater-irrigated oil seed halophyte Salicornia bigelovii inoculated with mangrove rhizosphere bacteria and halotolerant *Azospirillum spp*. *Biol. Fertil Soils.* 2000. Vol. 32. P. 265–272.

[599] Rodríguez H., et al. Genetics of phosphate solubilization and its potential applications for improving plant growth-promoting bacteria. *Plant Soil.* 2006. Vol. 287. P. 15–21.

[600] Middledrop P. J. M., et al. Biodegradation of pentachlorophenol in natural polluted soil by inoculated. *Microb. Ecol.* 1990. Vol. 20. P. 123–139.

[601] Burd G., et al. Plant Growth Promoting Bacteria that Decrease Heavy Metal Toxicity in Plants. *Can. J. Microbiol.* 2000. Vol. 46. P. 237–245.

[602] Burd G., et al. Plant growth promoting bacterium that decreases nickel toxicity in seedlings. *Appl. and Env. Microbiol.* 1998. Vol. 64. P. 3663–3668.

[603] Cocking E. C. Endophytic colonization of plant roots by nitrogen fixing bacteria. *Plant Soil.* 2003. Vol. 252. P. 169–175.

[604] Anthony O. A., et al. Plant–microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 2009. Vol. 85. P. 1–12.

[605] Kloepper J. W., et al. Plant growth-promoting rhizobacteria on radishes. Proc. of the 4th International conference on plant pathogenic bacteria. Station de Pathologie Vegetale et Phytobacteriologie, INRA, Angers, France. 1978. Vol. 2. P. 879–882.

[606] Burr T. J., et al. Beneficial plant bacteria. *Crit Rev Plant Sci.* 1984. Vol. 2. P. 1–20.

[607] Gray E. J., et al. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. *Soil Biol. Biochem.* 2005. Vol. 37. P. 395–412.

способствует росту растений. Rhizobium – самый известный iPGPR, который производит клубеньки у зернобобовых растений.

Главные и наиболее эффективные PSB принадлежат к родам Bacillus и Pseudomonas. Bacillus и Paenibacillus специально используются для повышения статуса P у растений [608]. Rhizobium sp. такие как *Rhizobium, Mesorhizobium, Bradyrhizobium, Azorhizobium, Allorhizobium* и *Sinorhizobium* в комбинированной инокуляции бактериями, солюбилизирующими фосфаты, используются для повышения продуктивности растений [609]. Некоторые виды *Bacillus* и *Pseudomonas*, которые используются в качестве солюбилизаторов фосфатов, приведены в таблице 3 [578].

Авторы обзора [578] заметили, что не только бактерии и грибы родов Penicillium, рассмотренных выше в таблице 2, но и различные виды родов Aspergillus также используются для повышения урожайности сельскохозяйственных культур и солюбилизации фосфатов [610].

Существуют различные механизмы растворения неорганического фосфата микроорганизмами [578]. Это может быть секреция органических кислот или продукция сидерофоров [611]. PSB солюбилизируют фосфат путем производства органических кислот. Существуют различные гетеротрофные микроорганизмы, которые способствуют выведению органических кислот, они растворяют фосфатные минералы или хелатируют катионные партнеры фосфат-ионов, т. е. PO_4^{-3}, и непосредственно выделяют фосфор в почву [580]. В почве эти органические кислоты снижают pH окружающей среды. Эти кислоты могут либо растворять фосфор напрямую, снижая pH почвы, что может способствовать ионному обмену PO_4^{-2} кислыми ионами, либо они могут хелатировать ионы тяжелых металлов, таких как Ca, Al и Fe, и высвобождать связанный с ними фосфор [612].

Две реакции, фиксация и иммобилизация, переводят внесенный фосфор в недоступные для растений формы [578]. Иммобилизация происходит, когда доступный для растений фосфор потребляется микробами, превращая фосфор в органические формы, недоступные для растений. Общая схема солюбилизации P в почве представлена на рис. 1.

Этот фосфор становится доступным со временем, когда микробы умирают [613]. Минерализация представляет собой микробное преобразование органического фосфора, доступного в почве, в $H_2PO_4^-$ или

---

608 Brown M. E. Seed and root bacterization. *Annu Rev Phytopathol.* 1974. Vol. 12. P. 181–197.

609 Akhtar M. S., et al. Effects of phosphate solubilizing microorganisms and *Rhizobium sp.* on the growth, nodulation, yield and root-rot disease complex of chickpea under field condition. *Afr. J. of Biotech.* 2009. Vol. 8. P. 3489–3496.

610 Kang S. C., et al. Solubilization of insoluble inorganic phosphates by a soil inhabiting fungus *Fomitopsis sp. PS 102*. *Curr Sci.* 2002. Vol. 82. P. 439–442.

611 Vassilev A. M., et al. Microbial solubilization of rock phosphate on media containing agro-industrial wastes and effect of the resulting products on plant growth and P uptake. *Plant Soil*. 2006. Vol. 287. P.77–84.

612 Moghimi A., et al. Characterization of rhizospheric products especially 2-ketogluconic acid. *Soil Biol. Biochem*. 1978. Vol. 10. P. 283–287.

613 Hyland C., Ketterings Q., Dewing D., Stockin K., Czymmek K., Albrecht G., Geohring L. Phosphrous basics: The phosphorous cycle. Agronomy fact sheet series-12. Department of crop and soil science. Cornell University. 2005. P. 1–20. URL : http://nmsp.css.cornell.edu.

HPO_4^{-2}, формы фосфора, доступного для растений, известные как ортофосфаты. Способность микробов растворять фосфор зависит от их способности продуцировать органические кислоты, которые посредством своих гидроксильных и карбоксильных групп хелатируют катионы, связанные с фосфатом, и затем делают его доступным для использования растениями.

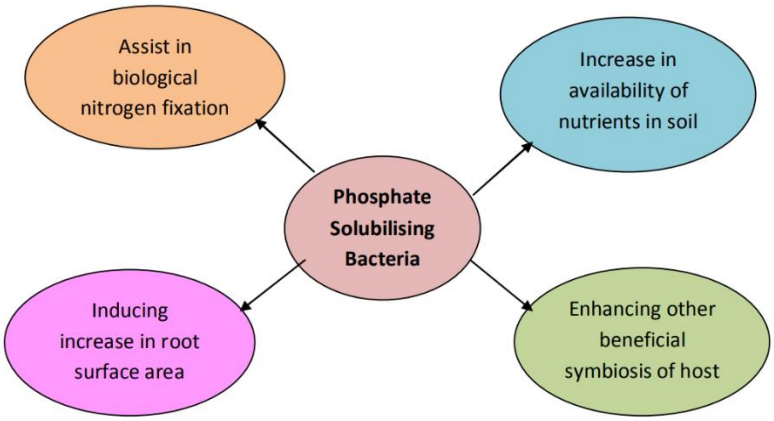


Рис. 1. Механизм действия ПСБ

Источник: данные [583].

Почвенные микробы растворяют почвенный P путем образования низкомолекулярных органических кислот, таких как лимонная кислота, молочная кислота, глюконовая кислота, 2-кетоглюконовая кислота, щавелевая кислота, винная кислота, уксусная кислота и др. [614]. Из них глюконовая кислота и кетоглюконовая кислота в основном продуцируются почвенными микроорганизмами [578]. Эти органические кислоты являются источником биогенных ионов H+, которые способны растворять минеральные фосфаты и делать их доступными для растений. PSB также продуцируют ауксины, такие как индол-3-уксусная кислота [615].

Механизм солюбилизации фосфора включает [578]:

а) снижение pH биотической продукцией высвобождения протонов/бикарбонатов;

б) газообмен;

в) комплексообразование катионов;

ПСБ оказывают разнообразное благотворное влияние на растения. Эти бактерии оказывают прямое или косвенное воздействие на растения. Прямые эффекты включают повышенную растворимость и поглощение питательных веществ или производство регуляторов роста растений, в то время как косвенные эффекты включают подавление патогенов и производство молекул, связывающих металлы, известных как сидерофоры [579]. ПСБ усиливают рост растений и урожайность за счет следующих факторов [578]:

[614] Ivanova R., et al. Rock phosphate solubilization by soil bacteria. *J. the University of Chemical Technol. and Metallurg.* 2006. Vol. 41. P. 297–302.

[615] Dell'Amico E., et al. Improvement of *Brassica napus* growth under cadmium stress by cadmium resistant rhizobacteria. *Soil Biol. Biochem.* 2008. V. 40. P. 74–84.

а) они обладают способностью продуцировать 1-аминоциклопропан-1-карбоксилатдезаминазу для снижения уровня этилена в корнях, тем самым увеличивая длину и рост корней;

б) усиливают биологическую азотфиксацию растений;

в) продуцируют связывающие металлы молекулы сидерофоры, β-1,3 глюканазу, флуоресцентные пигменты, хитиназу, антибиотики и цианиды для защиты растений от патогенов;

г) они обладают способностью продуцировать различные типы гормонов, такие как ауксины, абсцизовая кислота, гиббереллловая кислота и цитокинины;

д) они обеспечивают устойчивость к засухе, засолению, заболачиванию и окислительному стрессу, а также способствуют растворению и минерализации питательных веществ;

е) они производят водорастворимые витамины, такие как ниацин, тиамин, рибофлавин и биотин, необходимые для роста растений;

ж) они синтезируют специфические соединения, такие как гормоны, ферменты (например, 1-аминоциклопропан-1-карбоксилат) и т.д., которые необходимы для роста растений;

з) они способствуют развитию свободноживущих азотфиксирующих бактерий и усиливают фиксацию азота и снабжение питательными веществами, такими как фосфор, сера, железо и медь;

и) они защищают сельскохозяйственные растения от патогенов и болезней.

3. Применение фосфатсолюбилизирующих микроорганизмов на кукурузе

Большинство видов бактерий, выделенных из почвы, обладают способностью растворять гидроксиапатит и другие фосфаты как в почве, так и в питательной среде, выделяя низкомолекулярные органические кислоты, которые атакуют структуру фосфора и делают его доступным для растений [601]. Нерастворимые в почве соединения фосфора солюбилизируются органическими кислотами, ферментами фосфатазами и комплексообразователями, вырабатываемыми растениями и микроорганизмами. ФСБ играют важную роль в усилении роста и урожайности культурных растений, обеспечивая их фосфором, который иначе недоступен для растений [578].

Эффективные штаммы ПСБ используются для повышения уровня фосфора в почве. С повышением уровня фосфора наблюдается общее увеличение роста растений. Между ПСБ и культурными растениями наблюдались симбиотические отношения, поскольку растворимый фосфор обеспечивали растения бактериями, которые, в свою очередь, обеспечивали углерод. Эти бактерии полезны для повышения урожайности зерновых, бобовых, масличных, садовых и волокнистых культур. Авторы обзора [578] представили многочисленные наблюдения о влиянии ПСБ на разные виды сельскохозяйственных культур.

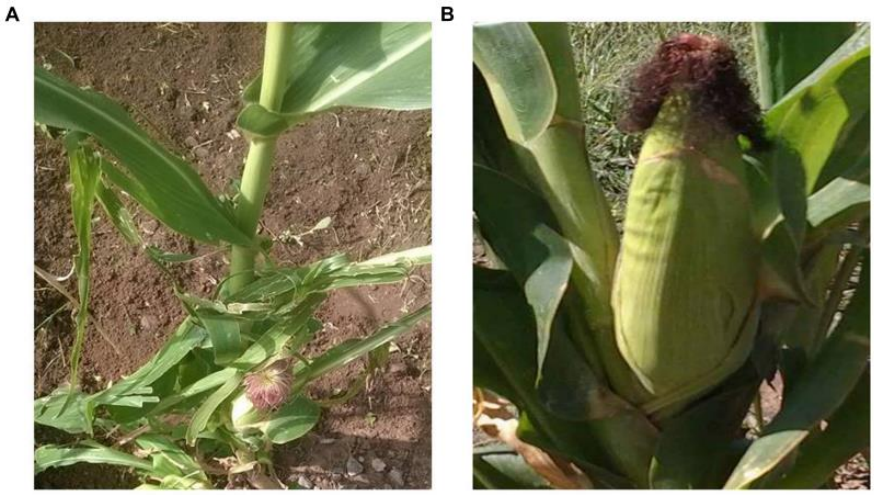


Рис. 2. Биоудобрительный эффект Pseudomonas sp. на кукурузе

Примечание: A – кукуруза, не инокулированная PSM; B – кукуруза, инокулированная PSM Pseudomonas sp.

Источник: данные [616].

Кукуруза (Zea mays) среди сельскохозяйственных культур играет важную роль в регионе с умеренным климатом из-за растущего спроса на продукты питания и корма для скота. Азот и фосфор являются важными питательными веществами для роста и развития растений кукурузы [617]. Для пополнения запасов азота и фосфора в почве используются большие количества химических удобрений, что приводит к высоким затратам и сильному загрязнению окружающей среды [618]. Азот является основным лимитирующим питательным веществом для растениеводства. Его можно применять химическими или биологическими средствами. Чрезмерное применение может привести к негативным последствиям, таким как вымывание, загрязнение водных ресурсов, уничтожение микроорганизмов и дружественных насекомых, восприимчивость сельскохозяйственных культур к болезням, подкисление или подщелачивание почвы или снижение ее плодородия. Это наносит непоправимый ущерб всей системе.

Фосфор уступает только азоту в минеральных питательных веществах, наиболее часто ограничивающих рост наземных растений. По иронии судьбы, почвы могут иметь большие запасы общего фосфора, но количество, доступное растениям, обычно составляет крошечную долю от этого общего количества. Согласно исследованию [619], за последние

[616] Alori E. T., Glick B. R., Babalola O. O. Microbial phosphorus solubilization and its potential for use in sustainable agriculture. *Front. Microbiol.* 2017. Vol. 8. P. 971. doi: 10.3389/fmicb.2017.00971

[617] Wua B., et al. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizer and AM fungi on maize growth. *Geoderma*. 2005. Vol. 125. P. 155–162.

[618] Awodun M. A., et al. Effect of oil palm bunch refuse ash on soil and plant nutrient composition and yield of maize. *American-Eurasian Journal of Sustainable Agriculture.* 2007. Vol. 1, Issue 1. P. 50–54.

[619] Mohammad Y., Mohammad A. B., Hemmatollah P., Mohammad A. E. Effect of phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components of corn (Zea mays L.). *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering.* 2009. Vol. 3, Issue 1. doi: 10.5281/zenodo.1080014

два десятилетия большое внимание почвенных микробиологов привлекла фиксация азота небобовыми растениями. Интерес к полезным ризобактериям, связанным со злаками, в последнее время возрос в связи с их потенциальным использованием в качестве биоудобрений. Бактерии, фиксирующие азот и солюбилизирующие фосфор, могут иметь важное значение для питания растений, увеличивая поглощение азота и фосфора растениями и играя важную роль в качестве ризобактерий, стимулирующих рост растений (PGPR), в биоудобрении сельскохозяйственных культур.

Ряд различных бактерий способствуют росту растений, в том числе *Azotobacter sp., Azospirillum sp., Pseudomones sp., Bacillus sp., Acetobacter sp.* [620]. Экономические и экологические выгоды могут включать в себя увеличение доходов от высоких урожаев, снижение затрат на удобрения и сокращение выбросов парниковых газов, N_2O, а также уменьшение выщелачивания водорастворимых производных азота в грунтовые воды. Бактерии, стимулирующие рост растений, играют важную роль в управлении развития растений из-за их влияния на почвенные условия, доступность питательных веществ, рост и урожайность.

Исследование [605], а также ряд других исследований предоставили информацию о PSB и PGPR в системах кукурузы в лабораторных и полевых условиях. Хотя ризобактерии, способствующие росту растений, встречаются в почве, обычно их количество недостаточно велико, чтобы конкурировать с другими бактериями, обитающими в ризосфере. Следовательно, для агрономической цели инокуляция растений специальными микроорганизмами в гораздо более высокой концентрации, чем те, которые обычно содержатся в почве, необходима, чтобы использовать преимущества их полезных свойств для повышения урожайности. Использование стимулирующих рост растений ризобактерий в сельском хозяйстве для улучшения циркуляции питания растений и снижения потребности в химических удобрениях хорошо известно.

Авторы исследования [605] провели ряд полевых опытов с Р-солюбилизирующими микроорганизмами (ПСМ) (*Azotobacter coroocoocum, Azospirillum brasilens, Pseudomonas putida, Bacillus lentus*) с целью оценки их влияния на урожайность и компоненты роста кукурузы. Эти эксперименты были представлены в виде разделенного участка на основе рандомизированного полного блока с тремя повторениями. Результаты анализа почвы и навоза представлены в таблицах 3 и 4.

В качестве подучастков были обработаны три уровня навоза (состоит из 20 Мг/га навоза, 15 Мг/га сидерата и контроля или без навоза) в качестве основного участка и восемь уровней биоудобрений (состоит из 1-NPK или обычного внесения удобрений; 2-НПК+ПСМ+ПГПР;

[620] Turan M., et al. Evaluation of the capacity of phosphate solubilizing bacteria and fungi on different forms of phosphorus in liquid culture. *Sustainable Agricultural*. 2006. Vol. 28. P. 99–108.

3-НП50%К+ПСМ+ПГПР; 4-Н50%ПК+ПСМ+ПГПР; 5-Н50%П50%К+ ПСМ+ПГПР; 6-ПК+ ПГПР; 7-НК+ PSM и 8-PSM+PGPR). Удобрения NPK в концентрации 300, 120 и 100 кг/га вносили в виде мочевины, диаммонийфосфата и калийной соли соответственно. Весь PK и половину N смешивали с почвой во время посева, а оставшийся N вносили в виде раствора на этапе формирования метелок.

3. Химические свойства почвы и распределение частиц верхнего слоя почвы (0–30 см)

Тип	pH	OM, %	N, мг/100 гр	P, мг/100 гр	K, мг/100 гр	Размер частиц почвы, мм		
						2,0–0,2	0,2–0,02	<0,02
Илистый суглинок	7,5	3,48	193	12,3	367,3	47,3	42,1	10,6

Источник: данные [605].

4. Влияние PGPR и PSM и внесения удобрений на урожайность и компоненты урожайности кукурузы (*Zea mays L.*)

Обработка	Количество рядов	Количество зерен в ряду	Количество зерен в колосе	Масса 100 головок, мг	Масса колоса, т/га	Урожайность, т/га	Биологическая урожайность, т/га	Индекс урожайности, %
Удобрения								
Фермерский навоз	18,5ab	34,3a	626,1a	21,0a	11,6a	9,12a	16,58a	54,7a
Зеленые удобрения	18,1ab	31,8b	603a	20,2a	11,1a	8,71ab	16,07ab	54,0ab
Контроль	17,7b	31,0b	554,1b	20,7a	10,3b	8,06b	15,09b	53,1b
Биоудобрения								
NPK	18,3abc	32,8bc	607,0c	21,9a	11,5b	9,13b	16,56b	54,9a
NPK+PGPR, PSM	17,7ab	35,7a	699,8a	21,9a	12,8a	10,19a	18,258a	55,72a
$NP_{50}K$+PGPR, PSM	19,3a	35,1ab	680,3ab	21,9a	12,9a	10,27a	18,26a	56,28a
$N_{50}PK$+PGPR, PSM	17,6bc	32,2c	569,5c	21,0ab	10,6b	8,29c	15,55b	53,16b
$N_{50}P_{50}K$+PGPR, PSM	18,2bc	31,6c	577,7c	21,4bc	10,6b	8,20c	15,44b	52,94b
PK+PGPR	17,8bc	28,9d	518,0d	20,1bc	9,4c	7,25d	13,97c	51,61b
NK+PSM	18,5ab	33,4abc	622,4abc	20,0bc	11,1b	8,72bc	15,88b	54,78b
PGPR, PSM	17,4c	29,3d	510,1d	19,8c	9,1c	6,99d	13,39c	52,16b
Значимость								
A	*	*	**	NS	*	*	*	NS
B	**	**	**	**	**	**	**	**
A×B	*	NS	*	NS	*	*	*	0
CV	5,58	7,39	8,83	5,04	9,32	9,40	8,35	2,84

Примечание: уровни значимости: * – P>5 %, ** – P>1 %.
Источник: данные [605].

Бактерии суспендировали в суспензии сахара в воде. Эту суспензию использовали для введения бактерий в качестве покрытия семян кукурузы. Через 150 дней роста (созревания) растения кукурузы осторожно удаляли из полевых опытов. Воздействие биоудобрений на растения оценивали путем определения средней урожайности зерна и компонентов

урожайности. Данные подвергали дисперсионному анализу для стимулирующих рост ризобактерий и микроорганизмов, солюбилизирующих фосфаты, с использованием пакета статистического программного обеспечения SAS (SAS Institute, 2000), а средние значения сравнивали с помощью теста Дункана (P>5%) [621].

Результаты, представленные в таблице 6, показали, что применение навоза увеличило количество рядов, массу колоса и количество зерен в колосе, урожайность зерна, биологическую урожайность и индекс урожая. Эти данные показали, что инокуляция биоудобрением, стимулирующим рост ризобактерий (PGPR), и солюбилизацией фосфата (PSM) значительно увеличивала рост кукурузы и урожайность семенной кукурузы по сравнению с обработкой без инокуляции. Ризобактерии стимулируют рост растений за счет продукции ростостимулирующих фитогормонов [603]; мобилизации производства фосфатов [622], сидерофоров [623]; ингибирования синтеза этилена растениями; и индукции системной устойчивости растений к патогенам [624], повышая урожайность.

Кроме того, использование PSM и PGPR в дополнение к обычным удобрениям (NPK) может улучшить массу колоса, количество рядов и количество зерен в ряду и, в конечном итоге, повысить урожайность зерна на сидеральных и контрольных делянках. Продукция ИУК в PGPR долгое время считалась средством стимулирования роста растений-хозяев [625]. Однако более поздние открытия участия цитокининов, АЦК-дезаминазы и, возможно, ГА, продуцирующих PGPR, открывают возможность того, что даже больше веществ, регулирующих рост растений, может быть вовлечено в стимулирование роста растений некоторыми PGPR. По результатам всех обработок удобрениями PSM и PGPR снижает применение фосфора на 50 % без значительного снижения урожайности зерна

4. Создание наноразмерных удобрений с низкой растворимостью в воде

В последние годы в области сельского хозяйства были сделаны значительные технологические достижения и инновации при решении растущих проблем устойчивого производства и продовольственной безопасности [626].

Такие непрерывные сельскохозяйственные инновации имеют решающее значение для удовлетворения растущего спроса на продукты питания стремительно растущего населения мира за счет использования

---

[621] Steel R. D., Tore J. H. Principles and Procedures of Statistics. Mc Graw-Hill, Toronto. 1960. 481 p.

[622] Zaidi A., et al. Coinoculation effects of phosphate solubilizing microorganisms and *glomus fasciculatum* on green gram-bradyrhizobium symbiosis. *Agricultural Science.* 2006. V. 30. P. 223–230.

[623] Zahir A., et al. Plant growth promoting rhizobacteria. *Advances in Agronomy.* 2004. Vol. 81. P. 97–168.

[624] Ramazan C., et al. Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different Weld soil conditions. *Biochemistry.* 2005. Vol. 38. P. 1482–1487.

[625] Kapulnik Y., et al. Changes in root morphology of wheat caused by *Azospirillum* inoculation. *Microbiology.* 2007. Vol. 31. P. 881–887.

[626] Dwivedi S., et al. Understanding the role of nanomaterials in agriculture. In: *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity*; Singh D. P., Singh H. B., Prabha R. (Eds.). Springer : New Delhi, India. 2016. P. 271–288.

природных и синтетических ресурсов. В частности, нанотехнологии могут обеспечить эффективные решения многочисленных проблем, связанных с сельским хозяйством. Большой научный интерес наночастицы представляют для преодоления разрыва между объемными материалами и атомарными или молекулярными структурами.

За последние два десятилетия было проведено значительное количество исследований в области нанотехнологий, подчеркивающих ее многочисленные применения. В работе [627] авторы утверждают, что цитрат играет ключевую двойную роль в кристаллизации апатита – путем роста через аморфный предшественник и контроль размера нанокристаллов с помощью неклассического механизма ориентированной агрегации.

Примечательно, что наноматериалы повышают продуктивность сельскохозяйственных культур за счет повышения эффективности сельскохозяйственных ресурсов, что способствует целенаправленной контролируемой доставке питательных веществ. Недавние достижения в производстве наноматериалов различных размеров и форм привели к их широкому спектру применения в медицине, науке об окружающей среде, сельском хозяйстве и пищевой промышленности. На протяжении всей истории сельское хозяйство всегда извлекало выгоду из этих нововведений. В дальнейшем, поскольку сельское хозяйство сталкивается с многочисленными и беспрецедентными проблемами, такими как снижение урожайности из-за биотических и абиотических стрессов, включая дефицит питательных веществ и загрязнение окружающей среды, появление нанотехнологий предлагает многообещающие приложения для точного земледелия (рис. 3).

Согласно [628], в последние годы появился термин «точное земледелие» или «фермерство», означающий развитие беспроводных сетей и миниатюризацию датчиков для мониторинга, оценки и контроля методов ведения сельского хозяйства. В частности, это связано с управлением сельскохозяйственными культурами на конкретном участке с широким спектром до- и постпроизводственных аспектов сельского хозяйства, начиная от садовых культур и заканчивая полевыми культурами [612]. Недавние достижения в области тканевой инженерии и направленной доставки лекарств на основе инженерных наноматериалов CRISPR, мРНК и sgRNA для генетической модификации (GM) сельскохозяйственных культур являются примечательным научным достижением [629].

---

[627] Iafisco M., Ramírez-Rodríguez G. B., Sakhno Y., et al. The growth mechanism of apatite nanocrystals assisted by citrate: relevance to bone biomineralization. *CrystEngComm.* 2015. Vol. 17, Issue 3. P. 507–511. doi: 10.1039/C4CE01415D

[628] Shang Y., et al. Applications of Nanotechnology in Plant Growth and Crop Protection: A Review. *Molecules*. 2019. Vol. 24. P. 2558.

[629] Kim D. H., et al. Nanomaterials in plant tissue culture: The disclosed and undisclosed. *RSC Adv*. 2017. Vol. 7. P. 36492–36505.

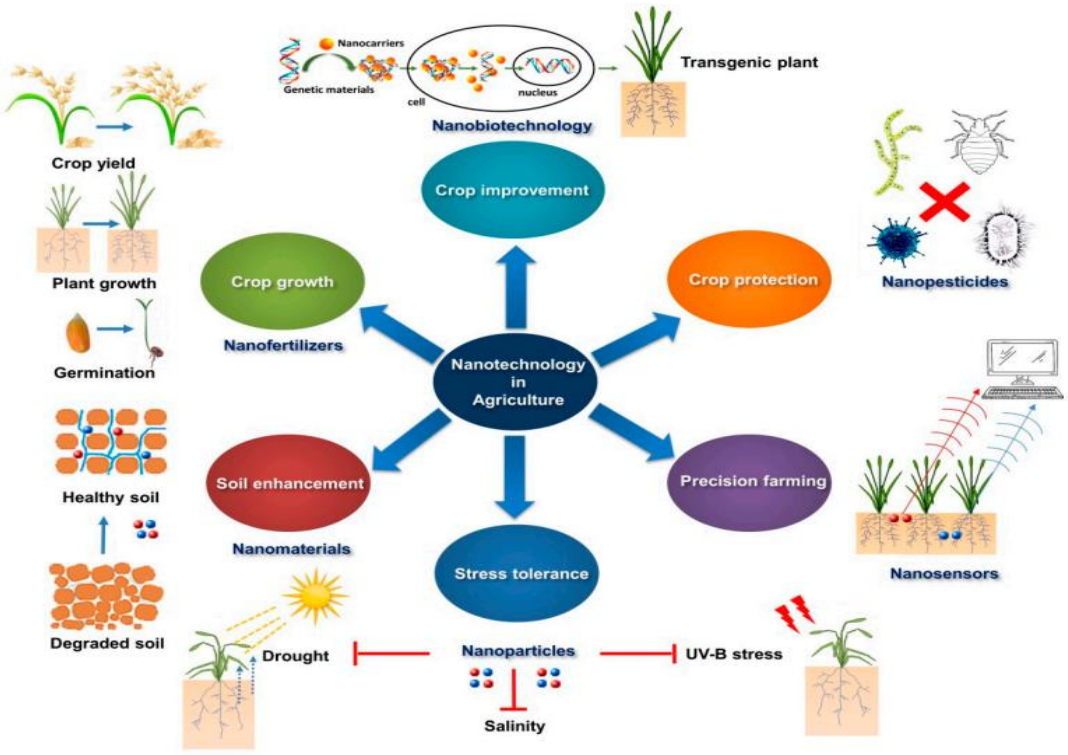


Рис. 3. Применение нанотехнологий в сельском хозяйстве
Источник: данные [614].

Нанотехнология считается одной из ключевых технологий в двадцать первом веке, которая обещает продвинуть традиционные методы ведения сельского хозяйства и предложить устойчивое развитие за счет улучшения тактики управления и сохранения с сокращением потерь сельскохозяйственных ресурсов [630]. В традиционных методах агрохимикаты обычно наносят на сельскохозяйственные культуры путем опрыскивания или разбрасывания. В результате на целевые участки посевов попадает очень небольшое количество агрохимикатов, что намного ниже минимальной эффективной концентрации, необходимой для успешного роста растений. Потери связаны с выщелачиванием химикатов, разложением путем фотолиза, гидролиза, а также разложением микроорганизмов. Например, в случае применения удобрений следует уделять больше внимания биодоступности питательных веществ из-за хелатирующего действия почвы, разложения микроорганизмами, испарения, чрезмерного внесения, гидролиза и проблем со стоком [614].

Таким образом, для обеспечения экологически безопасных методов ведения сельского хозяйства недавнее продвижение синтеза на основе нанотехнологий удобрений, пестицидов и гербицидов с медленным или контролируемым высвобождением привлекло особое внимание в сельском хозяйстве [631]. С течением времени нанотехнологии

[630] Dubey A., et al. Nanofertilizers, nanopesticides, nanosensors of pest and nanotoxicity in agriculture. In: *Sustainable Agriculture Reviews*; Lichtfouse E. (Ed.). Springer: Cham, Switzerland. 2016. Vol. 19. P. 307–330.
[631] Panpatte D. G., et al. Nanoparticles: The next generation technology for sustainable agriculture. In: *Microbial Inoculants in Sustainable Agricultural Productivity*; Springer : New Delhi, India. 2016. P. 289–300.

постепенно перешли от лабораторных экспериментальных испытаний к практическим приложениям. Целью методов контролируемой доставки является высвобождение отмеренного количества необходимых и достаточных количеств агрохимикатов в течение определенного периода времени и получение полной биологической компетентности при минимизации потерь и вредного воздействия. Наночастицы предлагают преимущества эффективной доставки агрохимикатов из-за их большой площади поверхности, легкого прикрепления и быстрого массопереноса [632]. По этим причинам частицы микронного или субмикронного размера включаются в агрохимикаты с помощью нескольких механизмов, таких как капсулирование, абсорбция, поверхностное ионное или слабое связывание и улавливание в наноматрице активных ингредиентов [617].

Наноматериалы улучшают стабильность агрохимикатов и защищают их от деградации и последующего попадания в окружающую среду, что в итоге повышает эффективность и снижает количество агрохимикатов. Использование инженерных наноматериалов в рамках устойчивого сельского хозяйства может показать совершенно новый способ производства продуктов питания, который потенциально может преодолеть неопределенность в растениеводстве с ограниченными доступными ресурсами [633]. Революция в области зеленых нанотехнологий резко изменила представление о глобальном сельском хозяйстве и наноматериалах, поскольку наноудобрения породили обещания удовлетворить глобальный спрос на продовольствие, а также обеспечить устойчивое сельское хозяйство. Для облегчения дефицита макро- и микроэлементов за счет повышения эффективности использования питательных веществ и преодоления хронической проблемы эвтрофикации наноудобрения могут быть лучшей альтернативой [614].

Наноудобрения, синтезированные с особым намерением регулировать высвобождение питательных веществ в зависимости от потребностей сельскохозяйственных культур при минимизации дифференциальных потерь, обладают огромным потенциалом. Например, традиционные азотные удобрения проявляются огромными потерями из почвы за счет вымывания, испарения или даже деградации до 50–70 %, что в конечном итоге снижает эффективность удобрений и удорожает себестоимость продукции [634]. С другой стороны, нанокомпозиции азотных удобрений синхронизируют высвобождение азотных удобрений с потребностью в них культур. Соответственно, нанопрепараты предотвращают нежелательные потери питательных веществ за счет прямой интернализации сельскохозяйственными культурами и тем самым избегают взаимодействия питательных веществ с почвой, водой, воздухом и микроорганизмами [612,

[632] Ghormade V., et al. Perspectives for nano-biotechnology enabled protection and nutrition of plants. *Biotechnol. Adv.* 2011. Vol. 29. P. 792–803.

[633] Godfray H. C. J., et al. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science.* 2010. Vol. 327. P. 812–818.

[634] Miao Y. F., et al. Relation of nitrate N accumulation in dryland soil with wheat response to N fertilizer. *Field Crops Res.* 2015. Vol. 170. P. 119–130.

617]. Например, применение пористых наноматериалов, таких как цеолиты, глина или хитозан, значительно снижает потери азота за счет регулирования высвобождения в зависимости от потребности и улучшения процесса поглощения растениями [617].

Существует множество различных форм наноудобрений [614, 617]. Основываясь на их действиях, наноудобрения можно классифицировать как удобрения с контролем или медленным высвобождением, удобрения с контролем потерь, магнитные удобрения или нанокомпозитные удобрения как комбинированные наноустройства для обеспечения широкого спектра макро- и микроэлементов с желаемыми свойствами. Наноудобрения в основном производятся путем инкапсуляции питательных веществ с наноматериалами. Первоначальные наноматериалы производятся с использованием как физического (сверху вниз), так и химического (снизу вверх) подходов. После чего целевые питательные вещества инкапсулируются внутри нанопористых материалов или покрываются тонкой полимерной пленкой и доставляются в виде частиц или эмульсий наноразмерного размера как есть. Для катионных питательных веществ (NH_4+, K+, Ca^{2+}, Mg^{2+}) или после модификации поверхности для анионных питательных веществ (NO_3^-, PO_4^-, SO_4^-).

Сельскохозяйственное производство можно увеличить на 35–40 % за счет сбалансированного использования удобрений, орошения и использования качественных семян. Было замечено, что применение наноформулированных удобрений имеет значительный потенциал для повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Например, использование углеродных наночастиц вместе с удобрением позволяет повысить урожайность зерна риса (10,29 %), яровой кукурузы (10,93 %), сои (16,74 %), озимой пшеницы (28,81 %) и овощей (12,34–19,76 %).

Согласно обзору [618], из большого количества исследований было установлено, что уменьшение размера наноматериалов способствует увеличению отношения поверхностной массы частиц, в результате чего большое количество ионов питательных веществ медленно адсорбируется и десорбируется постоянно в течение длительного периода времени [635]. Таким образом, наноформы удобрений обеспечивают сбалансированное питание сельскохозяйственных культур на протяжении всего цикла роста, что в конечном итоге улучшает сельскохозяйственное производство. Следует отметить, что повышенная эффективность продукта может побудить фермеров использовать продукт с большей прибылью.

Кинетические исследования превращения метастабильных осадков ортофосфатов кальция проводились при различных условиях синтеза в

[635] Subramanian K. S., et al. Nano-fertilizers for balanced crop nutrition. In: *Nanotechnologies in Food and Agriculture*. Rai M., Ribeiro C., Mattoso L., Duran N. (Eds.). Springer : Cham, Switzerland. 2015. P. 69–80.

работе [636]. Фазовый состав и степень кристалличности исследовали методом рентгенофазового анализа. В кислом растворе осадки $CaHPO_4\ 2H_2O$ (ДКФД) и $CaHPO_4$ (ДКФА) образуются на ранней стадии осаждения со степенью кристалличности в пределах 17–35 %. В частности, ДКФД осаждается при 30 °С, а безводный ДКФА – при 50 °С. В щелочном растворе (pH 8–10) осаждаются только аморфные формы ортофосфата кальция, что объясняется высокой степенью пересыщения (т. е. большей скоростью осаждения по сравнению с кислой средой). Установлено, что дифракционные пики ДКФД и ДКФА на 0,3–0,45° ниже их справочных данных, что связано с уменьшением деформации решетки на ранней стадии кристаллизации. Кроме того, установлено, что начальное молярное соотношение Ca/P в смеси реагентов играет второстепенную роль в определении состава конечных осадков фосфата кальция. Влияние pH на состав осадков иллюстрируют изотермы растворимости чистых ортофосфатов кальция. Учитывая, что интенсивности дифракционных пиков пропорциональны плоскостной плотности материала в данной плоскости, мы впервые предлагаем определять энергию активации фазового превращения ортофосфата кальция по порошковым рентгенограммам. На основе разработанной зависимости энергия активации рекристаллизации ДКФД и ДКФА составляет 10,2 и 13,1 кДж/моль соответственно, а фазового перехода ДКФД в ДКФА – 36,7 кДж/моль. Дальнейшая перекристаллизация в наиболее термодинамически устойчивый $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$ гидроксиапатит происходит при энергии активации 5,2 кДж/моль. Эти результаты имеют решающее значение для фазового перехода и трансформации минералов фосфата кальция.

Также были получены композиционный материал на основе смеси фосфатов кальция и альгината натрия, изучены состав, морфология полученных образцов и динамическое растворение. Установлено, что внедрение порошкового материала в матрицу альгината натрия не изменяет его состав, однако увеличивает удельную поверхность образца и скорость резорбции. Подобраны оптимальные условия синтеза композиционного материала: соотношение наполнитель/матрица, температура и время сушки [637].

В следующем разделе авторы собираются более подробно рассмотреть наноразмерный гидроксиапатит как представитель наноудобрений.

5. Наноразмерный гидроксиапатит и его применение в сельском хозяйстве

Согласно публикации [638] использование труднорастворимых фосфатов кальция, таких как гидроксиапатит $Ca_{10}(PO_4)_6(OH)_2$, изучалось в

[636] Vasylenko K. V., SakhnoY., Jaisi D. P., Nikolenko M. Determination of the Activation Energies of Phase Transition for Calcium Orthophosphates Based on Powder X-Ray Diffraction Data. *Crystal Research and Technology*. 2021. doi: 10.1002/crat.202100215

[637] Цыганова А. А., Голованова О. А. Синтез композиционного материала на основе смеси фосфатов кальция и альгината натрия. *Неорганические материалы*. 2019. Т. 55, № 11. С. 1224–1229.

[638] Montalvo D., McLaughlin M. J., Degryse F. Efficacy of Hydroxyapatite Nanoparticles as Phosphorus Fertilizer in Andisols and Oxisols. *Soil Science Society of America Journal*. 2015. Vol. 79, Issue 2. P. 551. doi:10.2136/sssaj2014.09.0373

качестве альтернативы обычным водорастворимым фосфорным удобрениям для кислых и сильно сорбирующих фосфор почв [639, 640]. Тем не менее, цель этого исследования заключалась не в изучении более эффективных фосфорных удобрений, а в поиске дешевых источников, которые можно было бы использовать в малозатратных сельскохозяйственных системах. Недостатком удобрения такими соединениями является их вероятная неэффективность для сельскохозяйственных культур, которым требуется большое количество фосфора на ранних стадиях роста из-за медленной скорости растворения, что ограничивает его применение в основном многолетними культурами [635].

Также было отмечено [633], что синтетические наночастицы гидроксиапатита (n-HAP) в основном использовались для биомедицинских применений и ремедиации загрязненной металлами почвы и грунтовых вод [641]. Авторы исследования [633] предположили, что н-ГАП может повышать эффективность фосфорных удобрений в кислых и сильно сорбирующих фосфор почвах за счет лучшей подвижности н-ГАП в почве (табл. 5), потенциально достигая корней растений.

5. Некоторые химические свойства почв, использованных в исследовании

Свойства почвы	Чили	Северный	Гринвуд	Редвейл
Порядок почвы	Андисол	Андисол	Оксисол	Оксисол
Страна происхождения	Чили	Новая Зеландия	Австралия	Австралия
$pH_{(water)}$	5,30	5,72	5,87	6,40
Clay, g/kg	140	70	130	610
Al_{OX}, g/kg	42,8	42	17,3	2,34
Organic C, g/kg	136	85	44	10
Total P, g/kg	1122	1549	157	128
CEC, $cmol_C/kg$	11,6	16,7	17,3	14,8
Ca^{2+}, $cmol_C/kg$	1,5	6,6	4,0	7,4
Mg^{2+}, $cmol_C/kg$	0,3	1,0	2,7	2,5
K^+, $cmol_C/kg$	0,6	0,5	0,4	0,4
E value, mg/kg	35	64	30	63
C_{DGT}, µg/L	4	11	6	2
PSI, mg/kg	425	1117	420	220

Примечание: Al_{ox} и Fe_{ox} – концентрация Al и Fe, извлекаемых из оксалата аммония; ЕКО – емкость катионного обмена; C_{DGT} – диффузионный градиент концентрации фосфора в тонкой пленке; PSI – индекс сорбции фосфора, определяемый как количество фосфора, сорбированного при концентрации раствора 0,2 мг×Р/л, согласно полученной экспериментально кривой адсорбции.

Источник: данные [642].

[639] Casanova E., et al. Evaluating the effectiveness of phosphate fertilizers in some Venezuelan soils. *Nutr. Cycling Agroecosyst.* 2002. Vol. 63. P. 13–20.

[640] Hammond L. L., et al. Agronomic value of unacidulated and partially acidulated phosphate rocks indigenous to the tropics. *Adv. Agron.* 1986. Vol. 40. P. 89–140.

[641] Fox K., et al. Recent advances in research applications of nanophase hydroxyapatite. *ChemPhysChem.* 2012. Vol. 13. P. 2495–2506.

[642] Montalvo D., Degryse F., McLaughlin M. J. Fluid fertilizers improve phosphorus diffusion but not lability in Andisols and Oxisols. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 2014. Vol. 78. P. 214–224. doi: 10.2136/sssaj2013.02.0075

Для проверки этой гипотезы было проведено два эксперимента. В первом эксперименте в проточных колонках с почвенной набивкой исследовался перенос н-ГАП и объемного ГАП в кислых сильно сорбирующих фосфор почвах. Во втором эксперименте в условиях теплицы было проведено испытание в горшках с использованием метода изотопного разбавления ^{33}P для количественного определения поглощения пшеницей (Triticum aestivum) фосфора, полученного из трехфосфатных удобрений (n-HAP, объемного HAP или тройного суперфосфата) применялся к двум андисолям из Чили и Новой Зеландии (север) и двум оксисолям из Австралии.

Для исследования были выбраны четыре почвы с кислой или слабокислой реакцией и чувствительные к фосфору [632], как показано в таблице 5. Две почвы были андисолями: Чили (типичный гаплоксеранд) и север (типичный удивитранд), а две были оксисолями: зеленая древесина и Редвейл (Rhodic Eutrudox). Почвы отбирали на глубину от 0 до 10 см, высушивали на воздухе и просеивали перед химическим анализом через сито <2 мм и использовали в эксперименте по транспортировке и выращиванию растений. pH почвы (H_2O) измеряли в суспензии почвы и раствора 1:5.

По мнению авторов, наиболее интересные результаты исследования [633] относятся к вегетационному эксперименту, который проводился со всеми четырьмя почвами и тремя фосфорными удобрениями: тройным суперфосфатным удобрением (ТФУ), суспензией н-ГАП и объемным ГАП. Обработку фосфором применяли в дозе 0 мг/кг (контроль) или 150 мг/кг. Все обработки повторяли четыре раза. В каждый горшок высевали по четыре проросших семени пшеницы. Всходы прореживали два раза в горшке через 5 дней после посадки. Горшки ежедневно взвешивали и поливали деионизированной водой для поддержания влажности на уровне полевой емкости. Растения выращивали в теплице с естественным освещением при дневной и ночной температуре 24–17 °C. Через шесть недель после посадки растения собирали, побеги срезали и сушили в печи при 70 °C в течение 48 часов. Высушенный растительный материал измельчали, вываривали в 5 мл азотной кислоты и анализировали на общий P с помощью ICP-AES. Активность гидролизата 33P измеряли в жидкостном сцинтилляционном счетчике (Tri-carb 3110 TR).

Было обнаружено [633], что применение удобрения TSP приводило к значительному увеличению поглощения фосфора побегами во всех почвах, от 0,1 до 1,4 мг×P/растение (рис. 3a). Применение n-HAP увеличивало поглощение фосфора растениями до максимального значения 0,4 мг×P/растение; это увеличение было меньше, чем при обработке TSP, но больше, чем при обработке нерасфасованным HAP. Внесение ГАП в массе не оказало значительного влияния на поглощение по сравнению с контролем как для Андизолов, так и для почвы Гринвуд, но оказало небольшое влияние на почву Редвейл.

Вклад фосфора из удобрений, почвы и семян в общее поглощение растениями показан на рис. 3б. В контрольных обработках фосфор в побегах, полученный в основном из семян, указывает на то, что вклад почвенного фосфора был незначительным, что согласуется с низким доступным фосфором, измеренным с помощью диффузионного градиента в тонкопленочном методе (таблица 6). При обработке удобрениями большая часть фосфора в растениях получена из удобрений. Вклад P из удобрений в поглощение P был значительно выше при обработке TSP (64–88 %), чем при обработке n-HAP (40–61 %) и объемным HAP (12–18 %) (таблица 6).

6. Процент побегов P, полученных из удобрения. В каждом столбце разные буквы указывают на значительные (P <0,05) различия

Удобрение†	Чили	Северный	Гринвуд	Редвейл
TSP	88a	80b	81a	64a
n-HAP	61b	40b	50b	43b
Bulk-HAP	17c	16c	12c	18c

Примечание: † TSP – тройной суперфосфат; н-ГАП – наногидроксиапатит; Bulk-HAP – объемный гидроксиапатит.

Источник: данные [633].

Авторы исследования [633] ожидали, что частицы н-ГАП могут иметь преимущество перед водорастворимыми фосфорными удобрениями (например, TSP) в исследованных очень сильно сорбирующих фосфор почвах, поскольку возможности для фиксации фосфора будут сведены к минимуму. Результаты эксперимента с колонкой показали, что действительно существует некоторая подвижность частиц н-ГАП в андисоле, хотя транспортировка была ограничена, поскольку извлечение P из н-ГАП было низким (5 %).

В эксперименте по выращиванию растений на всех почвах наибольшее поглощение фосфора растениями наблюдалось при удобрении TSP. Кроме того, во всех почвах поглощение н-ГАП было выше, чем при обработке объемным ГАП, вероятно, из-за более быстрого растворения наночастиц, поскольку скорость растворения увеличивается с уменьшением размера частиц [643]. Известно [644], что измельчение до размера частиц менее 150 мкм не давало дополнительных агрономических преимуществ, так как меньше этого размера происходит небольшое дополнительное растворение, возможно, из-за агломерации частиц [633].

Обработка удобрениями представляла собой TSP, n-HAP, объемную HAP или без фосфорных удобрений (контроль). Столбцы, дополненные разными буквами, статистически различаются при P<0,05 (анализ логарифмически преобразованных данных для гомогенизации дисперсии).

[643] Borm P., et al. Research strategies for safety evaluation of nanomaterials, Part V: Role of dissolution in biological fate and effects of nanoscale particles. *Toxicol. Sci.* 2006. Vol. 90. P. 23–32.

[644] Khasawneh F., et al. The use of phosphate rock for direct application to soils. *Adv. Agron.* 1979. Vol. 30. P. 159–206.

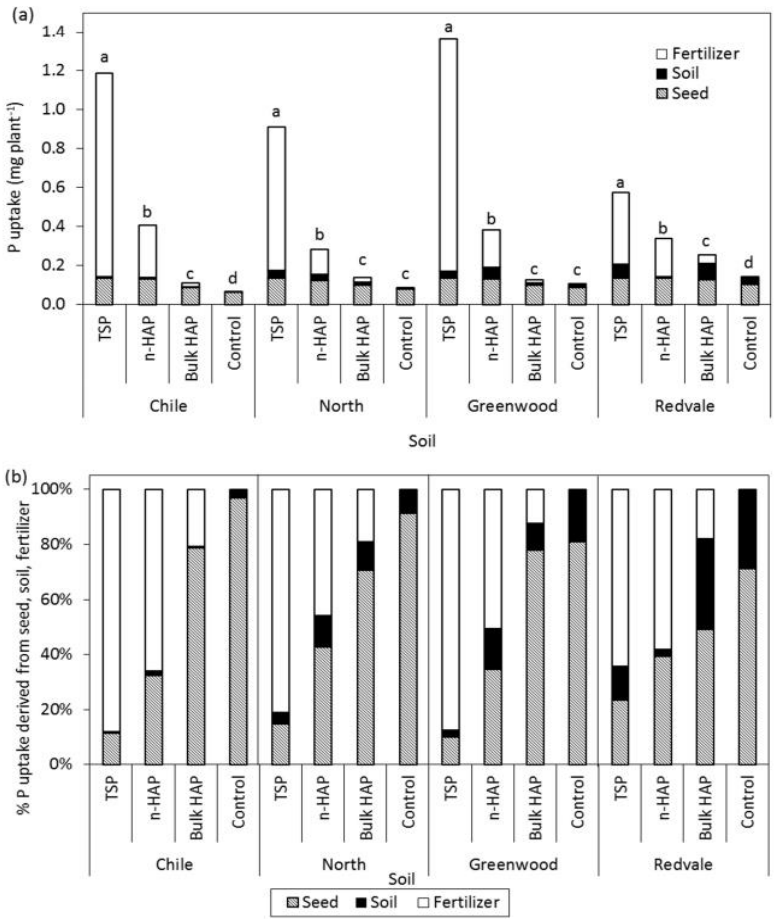


Рис. 4. Распределение (а) общего количества фосфора, поглощенного побегами растения, полученного из удобрений, почвы и семян, в абсолютных количествах (мг/растение) и (б) относительно общего поглощения фосфора

Источник: данные [633].

Среди всех почв обработка n-HAP показала самое высокое поглощение P в почве Чили. Вполне вероятно, что более кислый pH этой почвы способствовал большему растворению н-ГАП, чем в других почвах. Обработка объемным ГАП не влияла на поглощение фосфора в почвах Севера и Гринвуда и лишь незначительно влияла на почвы Чили и Редвейл. Плохая эффективность этой обработки может быть связана с медленным растворением из-за большого размера частиц.

Таким образом, применение n-HAP в сильно поглощающих фосфор почвах оказало большее влияние на производство сухого вещества побегов и поглощение фосфора растениями, чем объемный HAP, но меньше, чем водорастворимое удобрение TSP. Склонность n-HAP к агрегации могла омрачить полезные свойства наноразмерных частиц и снизить как подвижность, так и скорость растворения частиц [638]. В экспериментах, описанных в работе [633], удобрение с легкорастворимым фосфором было явно более эффективным для поглощения растениями, чем труднорастворимые источники, для которых вклад в поглощение, вероятно, был пропорционален степени их растворения. Лучшее понимание влияния

свойств почвы на поведение наночастиц может дать ценную информацию для улучшения дизайна удобрений. Например, необходимы дополнительные исследования защитных агентов или поверхностных покрытий для поддержания стабильности суспензий наночастиц.

В работе [645] изучали характеристики тромбоцитоподобных наночастиц гидроксиапатита, состоящих из кристаллического ядра, покрытого аморфным поверхностным слоем толщиной 1–2 нм. При повышении температуры приготовления морфология тромбоцитов сохранялась, но наночастицы ГК проявляли более высокую степень кристалличности (оценка методом рентгеновской дифрактометрии). Просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения показала, что в этом случае кристаллический порядок распространяется вплоть до поверхностей частиц типов (010), (100) и (001). ИК-спектроскопия использовалась для исследования поверхностной гидратации обоих материалов с точки зрения адсорбированных молекул H_2O и поверхностных гидроксильных групп, а также кислотности по Льюису поверхностных катионов путем удаления воды и адсорбции CO. По обеим характеристикам наблюдали большое сходство между аморфной и кристаллической поверхностью.

Описанное выше исследование [633] было опубликовано в 2015 г. Следует отметить, что за последние 5 лет были проведены и опубликованы многочисленные исследования, связанные с использованием н-ГАП в качестве наноудобрения [646]. Ниже мы намерены рассмотреть наиболее важные из этих исследований в некоторых деталях.

Так, авторы работ [647 , 648] исследовали эффективность трех разных типов н-ГАП в качестве фосфорных удобрений с использованием подсолнечника (*Helianthus annuus*) на двух различающихся по своим свойствам почвах (кислая ультисоль и щелочная вертисоль). Они также сравнили его с двумя коммерческими фосфорными удобрениями [TSP и каменный фосфат (RP)]. Три н-ГАП отличались поверхностным зарядом. Нейтральные n-HAP [HA-NPs(0)] были синтезированы путем влажного химического осаждения 0,6 M $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ и 0,36 M $(NH_4)_2HPO_4$ при pH 10 при 80 °C. После этого синтезированные наночастицы помещали в 1,2 M раствор модификатора (либо двухосновного глицина, либо цитрата аммония) при перемешивании в течение 20 ч при 80 °C для модификации поверхности с получением либо положительно заряженных n-HAP [HA-NPs(+)] или отрицательно заряженные n-HAP с поверхностным

[645] Sakhno Y., Bertinetti L., Iafisco M., Tampieri A., Roveri N., Martra G. Surface Hydration and Cationic Sites of Nanohydroxyapatites with Amorphous or Crystalline Surfaces: A Comparative Study. *J. Phys. Chem. C.* 2010. Vol. 114, Issue 39. P. 16640–16648. doi: 10.1021/jp105971s

[646] Kottegoda N., Sandaruwan C., Priyadarshana G., et al. Urea-hydroxyapatite nanohybrids for slow release of nitrogen. *ACS Nano.* 2017. Vol. 11, Issue 2. P. 1214–1221. doi: 10.1021/acsnano.6b07781

[647] Xiong L., Wang P., Huntera M. N., Kopittke P. M. Bioavailability and movement of hydroxyapatite nanoparticles (HA-NPs) applied as a phosphorus fertilizer in soils. *Environ. Sci. Nano.* 2018. Vol. 5. P. 2888–2898. doi: 10.1039/C8EN00751A

[648] Xiong L. Tailoring hydroxyapatite (HA) nanoparticles as a phosphorus (P) fertilizer in soils : Thesis. The University of Queensland, 2018.

зарядом [HA-NPs(-)]. Поверхностный заряд синтезированных наночастиц измеряли методом динамического рассеяния света (ДРС).

Авторы исследования [632] предположили следующее: 1) в кислом Ультисоле н-ГАП повысят эффективность использования фосфора за счет более быстрого растворения при низком pH почвы; 2) в кислом Ultisol н-ГАП будут иметь более низкую скорость выщелачивания по сравнению с TSP; 3) поверхностный заряд н-ГАП будет влиять на высвобождение и биодоступность P.

Было обнаружено, что, в целом, TSP значительно превзошла обработку HAP в щелочном Vertisol из-за ограниченной растворимости HAP при высоком pH.

В кислом Ultisol применение n-HAP с течением времени было таким же, если не более, экстрагируемым, чем ТСП. n-HAP, обладающий отрицательным поверхностным зарядом, продемонстрировал самый диффузионный градиент в тонкопленочных (DGT) P удалениях любой обработки через 45 и 240 дней после нанесения. Можно предположить, что метод приготовления наночастиц и получающиеся в результате физико-химические характеристики могут в конечном итоге повлиять на судьбу фосфора.

Исследование [649] продемонстрировало способность n-HAP, примененного в растворе карбоксиметилцеллюлозы, соответствовать характеристикам растворенного $Ca(H_2PO_4)_2$ в тепличном горшке для выращивания сои [*Glycine max (L.) Merr.*] с использованием торфяного мха. Однако потери фосфора при выщелачивании количественно не определялись, поэтому окончательные результаты могут быть искажены, если один источник фосфора предпочтительно выщелачивается из пористого материала. Авторы [634] подчеркивают, что применение твердых фосфатов в сельском хозяйстве затруднено из-за большого размера частиц, что ограничивает подвижность фосфатов в почве и, таким образом, не позволяет фосфатам попадать в корнеобитаемую зону и своевременно питать посевы.

Суспензия наночастиц фосфора, характеризующаяся такой же подвижностью в почвенных столбиках, как и водный раствор, благодаря наномасштабному размеру частиц, легко доставляется в корневую зону обычными методами (например, опрыскиванием или орошением). Более того, наночастицы безвредны для окружающей среды, потому что P в твердой форме гораздо менее биодоступен для водорослей, чем в растворимой форме [650]. Биодоступный для водорослей фосфор в первую очередь ответственен за эвтрофикацию в пресных поверхностных водах [651].

---

[649] Ruiqiang L., Rattan L. Synthetic apatite nanoparticles as a phosphorus fertilizer for soybean (Glycine max). *Scientific Reports.* 2015. Vol. 4. P. 5686. doi: 10.1038/srep05686

[650] Reynolds C. S., Davies P. S. Sources and bioavailability of phosphorus fractions in freshwaters: a British perspective. *Biol. Rev.* 2001. Vol. 76. P. 27–64. doi: 10.1017/s1464793100005625

[651] Childers D. L., Corman J., Edwards M. Sustainability challenges of phosphorus and food: solutions from closing the human phosphorus cycle. *Bioscience.* 2011. Vol. 61. P. 117–124. doi: 10.1525/bio.2011.61.2.6

Авторы исследования [652] подчеркнули, что n-HAP могут использовать свой потенциал в качестве удобрений двумя способами: (i) в качестве удобрений с контролируемым высвобождением (CRF) и (ii) в качестве наноносителей для доставки макро- или микроэлементов. В первом случае механизм действия основан на растворении в воде н-ГАП, которые менее растворимы в водной среде, чем коммерческие химические удобрения, что позволяет более медленно и более контролируемо высвобождать фосфор и другие макро- или микроэлементы в почвах. Во втором случае н-ГАП попадают внутрь тканей растений, где могут выполнять свое действие, сохраняя свою структуру или растворяясь с высвобождением P и других питательных веществ.

Независимо от того, используются ли они в качестве CRF или в качестве наноносителей, способность n-HAP эффективно доставлять питательные вещества сельскохозяйственным культурам затруднена из-за их малой подвижности и их низкой растворимости в нейтральных и щелочных почвах (т. образуют большие агломераты наночастиц, ограничивая их поглощение корнями и листьями растений. Жизнеспособной стратегией для решения этих проблем и улучшения биодоступности n-HAP является модификация их поверхностей нетоксичными и безвредными для почвы материалами, способными увеличить растворимость n-HAP и/или избежать образования агломератов наночастиц.

В другом подходе, описанном авторами исследования [637], рассматривались новые многофункциональные, нетоксичные и безвредные для почвы нанокомпозиты, состоящие из н-ГАП, функционализированных гуминовыми веществами (ГВ). В этом отношении ГВ, которые являются сложными и рекальцитрантными органическими полимерами, широко распространенными в почвах, действительно представляют собой очень интересный материал в силу их способности стимулировать растения путем активации некоторых наборов генов, тем самым повышая их всхожесть и устойчивость к абиотическим стрессам [653]. Кроме того, функциональные группы на основе кислорода, легко идентифицируемые в HS, обеспечивают разнообразную адсорбцию на твердых поверхностях [654] и, таким образом, могут вызывать кислотность поверхности, влияя на растворимость поверхности оксидов металлов и н-ГАП.

Ожидается [637], что наночастицы ГАП-ГС обладают потенциалом для регулирования растворимости н-ГАП за счет поверхностной кислотности, вызываемой HS, и совместного высвобождения их питательных и

---

[652] Yoon Y., Lee J. G., Esposti L. D., Iafisco M., et al. Synergistic release of crop nutrients and stimulants from hydroxyapatite nanoparticles functionalized with humic substances: Towards a multifunctional nanofertilizer. *ACS Omega.* 2020. Vol. 5, Issue 12. P. 6598– 6610. doi: 10.1021/acsomega.9b04354

[653] García A. C., Ambrosio de Souza L. A., Pereira M. G., et al. Structure-property-function relationship in humic substancesto explain the biological activity in plants. *Sci. Rep.* 2016. Vol. 6, Issue 20798. doi: 10.1038/srep20798

[654] Vekariya R. L., Sonigara K. K., Fadadu K. B., Vaghasiya J. V., Soni S. S. Humic acid as a sensitizer in highly stable dye solar cells: energy from an abundant natural polymer soil component. *ACS Omega.* 2016. Vol. 1. P. 14−18. doi: 10.1021/acsomega.6b00010

стимулирующих компонентов, т. е. ионов фосфата и HS, соответственно.

Самосборка водорастворимых природных и синтетических ГВ на поверхности н-ГАП была успешно осуществлена путем погружения наночастиц в водные растворы с различной концентрацией ГВ. В результате взаимное сродство двух материалов привело к быстрой и сильной функционализации поверхности n-HAP компонентами HS с образованием нанокомпозитов n-HAP-HS. Как показано в серии Y на рис. 5, после этого этапа цвета н-ГАП трансформировались от белого к темно-коричневому благодаря хорошо известным хромогенным свойствам ГВ [655].

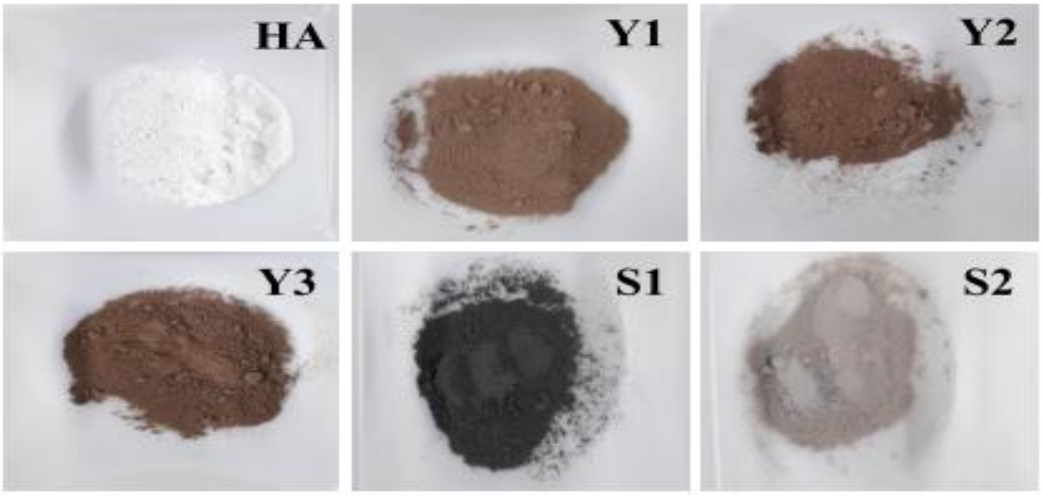


Рис. 5. Фотографии н-ГПК, где Y1, Y2 и Y3 – наночастицы, покрытые коммерческими гуминовыми кислотами (0,01, 0,1 и 0,05 г/мл соответственно); S1 и S2 – наночастицы гидроксиапатита, покрытые фенольными полимерами, полученными из катехина/галловой кислоты и катехола/феруловой кислоты соответственно

Иточник: данные [637].

Известно [639], что разнообразные функциональные группы ГВ на основе кислорода позволяют связывать их с поверхностями оксидов металлов, таких как диоксид титана. Подобные механизмы связывания, вероятно, имеют место в случае н-ГАП-ГС из-за присутствия атомов Ca на поверхности наночастиц ГА.

Показано [637], что ГВ с молекулярными массами около 10 000 отщепляются от образцов Y-серии, а молекулярные массы ГВ, отщепляемых от образцов S-серии, более разнообразны. Некоторые данные [656] свидетельствуют о том, что ГВ с молекулярной массой в несколько тысяч Да (А́томная едини́ца ма́ссы дальто́н) участвуют в прямой стимуляции растений за счет их адсорбции на поверхности корней растений, подтверждая, что высвобождаемые гуминовые

[655] Aeschbacher M., Graf C., Schwarzenbach R. P., Sander M. Antioxidant Properties of Humic Substances. *Environ. Sci. Technol.* 2012. Vol. 46, Issue 9. P. 4916–4925. doi: 10.1021/es300039h

[656] Muscolo A., Sidari M., Nardi S. Humic substance: Relationship between structure and activity. Deeper information suggests univocal findings. *J. Geochem. Explor.* 2013. Vol. 129. P. 57−63. doi: 10.1016/j.gexplo.2012.10.012

компоненты из наночастиц н-ГАП могут действовать как прямой стимулятор растений. Высвобожденные ГВ также способны хелатировать ионы кальция, образующиеся при растворении наночастиц н-ГАП, тем самым препятствуя повторному осаждению фосфата кальция.

Согласно [637], это ингибирующее действие в сочетании с поверхностной кислотностью HS может быть ключом к настройке кинетики высвобождения фосфора из n-HAP-HS. Кроме того, эти результаты убедительно показывают, что n-HAP-HS можно использовать для совместной доставки питательных веществ растений (т. е. ионов фосфата) и стимуляторов (т. е. HS) к ризосферам с учетом времени и синергизма. Наконец, этот совместный выпуск мог бы максимизировать агрономическую применимость предлагаемых наноудобрений, которые были протестированы на выращивании кукурузы (*Z. mays*).

Ожидалось, что свойства совместного высвобождения ионов фосфата и HS будут способствовать как росту, так и устойчивости к стрессу, поскольку P является макроэлементом для растений, а HS, как известно, стимулируют несколько наборов генов растений, связанных со снятием стресса [641]. Таким образом, степень раннего роста, продуктивности кукурузы и устойчивости к NaCl, индуцированных наночастицами ГК-ГС, оценивали и сравнивали с показателями, достигаемыми при использовании чистой ГК и коммерческих ФС с механизмами двойного высвобождения из-за присутствия быстро растворяющихся солей фосфора и медленных – высвобождение твердых частиц фосфора [637].

Выводы. По мнению авторов, создание трех типов новых материалов на основе наноразмерного гидроксиапатита (н-ГАП) отдельно или в их гибридной форме, где н-ГАП обладает значительным потенциалом в качестве перспективного носителя для мультипитательных (NPK) наноудобрений с медленным высвобождением. Использование этих материалов позволяет улучшить экологические показатели за счет сокращения потерь фосфора и азота в окружающую среду за счет любой комбинации снижения улетучивания NH_3, выбросов N_2O, стока и вымывания фосфора, стока и выщелачивания азота. С точки зрения рентабельности инвестиций предлагаемые материалы на основе нанотехнологий способны улучшить агрономические показатели, не снижая урожайность и не увеличивая чистые затраты фермы. В частности, использование n-HAP может эффективно доставлять питательные вещества сельскохозяйственным культурам в условиях слабокислой почвы. Однако этот тип наноудобрений имеет довольно низкую подвижность из-за их низкой растворимости в нейтральных и щелочных почвах (т. е. pH>7,0). Таким образом, жизнеспособной стратегией повышения биодоступности н-ГАП является модификация их поверхностей нетоксичными и безвредными для почвы материалами, способными увеличить растворимость н-ГАП (включая использование фосфор-солюбилизирующих бактерий и грибков).

4.7. Реабілітація радіоактивно забруднених земель Українського Полісся

Чоботько Г. М., Кучма М. Д., Райчук Л. А., Швиденко І. К., Тараріко М. Ю., Уманський М. С.
Інституту агроекології і природокористування НААН

За роки, що минули після аварії на ЧАЕС, радіоекологічна ситуація на постраждалих територіях істотно змінилася, у зв'язку з чим були внесені відповідні зміни до законодавства України. Зважаючи на це, з'явилася можливість, а то й необхідність перегляду принципів та пріоритетів ведення сільськогосподарського виробництва на постраждалих внаслідок Чорнобильської катастрофи землях, відновлення продукційних функцій цих земель та повернення їх у безпечне сільськогосподарське використання. Поряд з тим, проблема радіоактивного забруднення отриманої сільськогосподарської продукції досі актуальна і набуває певних особливостей, характерних саме віддаленому періоду ліквідації наслідків аварії, а існуючі економічні реалії вимагають повернення земель до сільськогосподарського використання.

Відповідно до радіоекологічного районування, найбільш критичним, з погляду радіаційної ситуації в аграрній сфері, та загалом депресивним регіоном є Полісся. Не зважаючи на велику кількість результатів наукових досліджень, наданих рекомендацій, розроблених стратегій тощо сільське господарство постраждалого регіону, на відміну від тієї ж Білорусі, так і не було належним чином реабілітоване, і тому Полісся залишається доволі проблематичним не лише в плані екологічної ситуації, але і з погляду розвитку аграрного та інших секторів економіки та соціальної сфери. Соціальні наслідки аварії виявилися особливо важкими для населення Українського Полісся, де сільськогосподарське виробництво є головним сектором економіки, природні ландшафти дають значну частку продукції, а доза опромінення сільського населення формується переважно за рахунок використання місцевих продуктів харчування: молоко, м'ясо корів, овочі, продукти лісового походження [657]. Навіть через 36 років після аварії 75–90 % дози внутрішнього опромінення людей обумовлені споживанням молока і молочних продуктів місцевого виробництва, а для окремих областей і населених пунктів – дикорослими грибами і ягодами, а також овочевою продукцією.

Однією з найбільш радіаційно забруднених областей є Житомирська. Тут до категорії постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС потрапили Народицький, Овруцький, Коростенський, Лугинський, Олевський, Ємільчинський, Малинський, Новоград-Волинський і Володарсько-Волинський (перейменований у Хорошівський) райони. Однак місцеві

[657] Дутов О. І. Сучасні підходи до раціонального використання радіоактивно забруднених земель (на прикладі аварії на Чорнобильській АЕС). *ІІ Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний науковий збірник ННЦ «ТГА ім. О. Н. Соколовського».* 2012. Вип. 77. С. 38–43.

органи влади, зокрема профільне управління ОДА, не мають точної відповіді на запитання, скільки гектарів земель в області виведені з сільгоспобробітку внаслідок радіаційного забруднення. Причиною цього, окрім очевидної відсутності відповідних обстежень, є той факт, що під час виникнення лісових пожеж, неконтрольованого підтоплення й осушення ґрунтів, епіфітотії та епізоотії можлива зміна інтенсивності міграції радіонуклідів. Варто згадати останню велику пожежу в природному заповіднику «Древлянський» (територія – 30,8 га) у Народицькій територіальній громаді. Очевидно, що вогняна стихія вплинула й на перерозподіл питомої активності радіонуклідів між об'єктами довкілля. При цьому останні ґрунтовні дослідження радіаційного стану здійснювали різні підрозділи міністерств та відомств у 1986–1995 роках [658]. За ними побудовані карти забруднення території України ^{137}Cs і ^{90}Sr. Однак пізніше детальних обстежень не було, лише коригування показників, у т. ч. за допомогою розрахункових методів.

Одним із найбільш репрезентативних районів із погляду радіоекологічної ситуації та її наслідків на території Українського Полісся є Народицький Житомирської області, територія якого найбільше забруднена радіонуклідами (населені пункти району об'єдналися в Народицьку селищну територіальну громаду). Тому раціональне використання радіоактивно забруднених земель повинно здійснюватись відповідно до агроекологічного та радіологічного групування земель з урахуванням генетичного типу ґрунтів, біологічних особливостей вирощуваних сільськогосподарських культур, щільності забруднення радіонуклідами, інтенсивності їх міграції в системі «ґрунт-рослина» та обсягів виносу радіонуклідів з екосистем.

Зазначена проблематика вимагає комплексного, масштабного вивчення з урахуванням сучасного рівня та складу радіонуклідного забруднення, природно-кліматичних умов та ландшафтної структури угідь, інноваційних технологій відновлення енергетичного потенціалу ґрунтів та ресурсо- та енергозберігаючих технологій вирощування різних культур, а також використання сучасних методів та засобів моніторингу та прогнозування, таких як математичне моделювання.

Класифікація агроландшафтів за винесенням радіонуклідів з продукцією. Значення виносу радіонуклідів з екосистем Українського Полісся визначається, насамперед, критичністю цих екосистем, тобто потенційною кількістю отриманої з них продукції з певною величиною радіонуклідного забруднення. Рівень винесення радіонуклідів з екосистем визначається ознаками: 1) рівнем радіонуклідного забруднення як усієї екосистеми, так і того її компонента (компонентів), який безпосередньо використовується людиною з попереднім вилученням із цієї екосистеми (забруднені

[658] Отчет о НДР на тему «Изучение процесов переспредиления радионуклидов в почвах и переход в растительность и закономерности миграции в цепи «почва-растения-животные (за 1996)» / Отд. Радиоекологии и рекультивации гос. Чернобыльского науч.-техн. центра международных иследований. Чернобыль, 1997. 364 с.

радіонуклідами корми та продукти харчування, деревина тощо); 2) значеннями коефіцієнтів переходу (КП) у системі «ґрунт-рослина» (або лісові продукти) – залежить від типу та характеристик ґрунту, погодних умов, рослинного покриву та умов удобрення; 3) для пасовищ і сіножатей – інтенсивністю міграції радіонуклідів, наявністю (ступенем) поліпшення, інтенсивністю використання цих угідь; 4) для лісових екосистем – кількісними показниками накопичення радіонуклідів у ресурсах лісу, типу лісорослинних умов, об'ємом заготівлі певного виду (або сумарно всіх видів) продукції [659].

У радіоекологічному розумінні головними показниками рівня виносу радіонуклідів з екосистем, є величини щільності радіоактивного забруднення ґрунту та коефіцієнтів переходу. Окрім цього, необхідно враховувати ступінь використання екосистем, що визначається внеском у загальну площу використовуваних угідь та внеском у загальну питому активність.

За здатністю акумулювати радіонукліди ландшафти можна поділити на 3 типи: ландшафти негативного балансу, частки яких втрачають радіонукліди; ландшафти нейтрального балансу, у яких надходження радіонуклідів компенсується за рахунок їх втрат; ландшафти позитивного балансу, у яких відбувається накопичення радіонуклідів. Особливу увагу при цьому варто звертати на системи водного переносу радіонуклідів.

Ландшафти радіоактивно забрудненої території Українського Полісся є системою водозбірних площ, лук, малих рік, і в остаточному підсумку – велику частину водозбірної площі р. Дніпро. Типовими елементами екосистеми, що формує стік радіонуклідів у річки, є схилові екосистеми послідовного типу, а також ландшафтні екосистеми рівнобіжного типу. В екосистемах послідовного типу скидання радіонуклідів відбувається поелементно, з одного в інший елемент ландшафту. У реальних ландшафтах реалізуються і більш складні комбіновані варіанти. Аналіз радіомісткості ландшафтів варто починати з класифікації території з виділення місць (зон) концентрування радіонуклідів, де найкращим способом можуть бути реалізовані різні контрзаходи. Оцінка величин факторів радіомісткості для всіх основних елементів може бути зроблена через імовірності утримання радіонуклідів у цих елементах ландшафту (рис. 1).

Під факторами, що обумовлюють об'єми виносу радіонуклідів екосистемами на території, розуміються ландшафтні характеристики екосистеми, рівні забруднення, фізико-хімічні та механічні властивості ґрунтів, ступінь зволоженості. Тому, для прогнозування рівня виносу радіонуклідів екосистемами необхідний моніторинг довкілля відносно таких даних: типи ґрунтів; їхні агрохімічні характеристики, у тому числі pH; рівні забруднення ґрунту, кБк/м^2; структура ценозу; КП «ґрунт – рослина», (Бк/кг)/(кБк/м^2).

[659] Ландін В. П. та ін. Методичні рекомендації щодо заходів з реабілітації критичних екосистем радіоактивно забруднених регіонів Українського Полісся. Київ, 2015. 30 с.

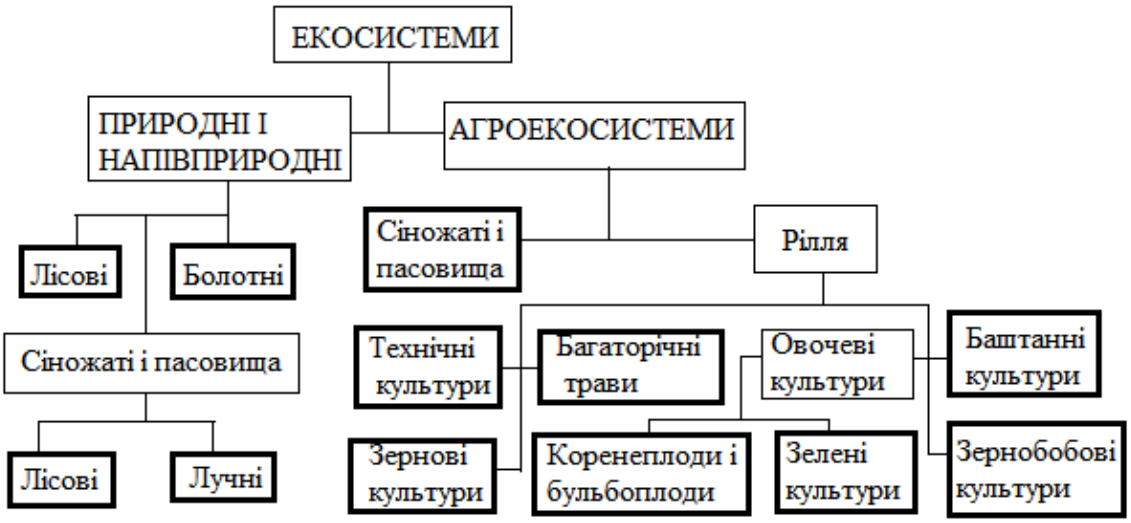


Рис. 1. Спрощена класифікація екосистем Українського Полісся в контексті рівня виносу радіонуклідів з продукцією

Джерело: авторська розробка.

Найбільш критичними, з погляду рівня виносу ^{137}Cs і ^{90}Sr, екосистемами залишаються перезволожені луки і пасовища, лісові масиви за рахунок забруднених радіонуклідами лісових продуктів (грибів, лісових ягід, дичини), а також агроекосистеми на органогенних ґрунтах, які в силу специфіки ведення сільського господарства у регіоні Українського Полісся, побуту та ряду причин соціального характеру широко експлуатуються населенням.

Математичне моделювання як засіб прогнозування радіаційного забруднення сільськогосподарської продукції. Питанню радіоактивного забруднення як у межах окремих сільгоспугідь чи агроекосистем, так і в межах агроландшафтів, присвячено низку робіт як вітчизняних (зокрема «Екомодель», розроблена в Інституті агроекології і природокористування НААН) [660], так і закордонних науковців [661, 662, 663, 664, 665]. Однак у більшості з них, зазвичай, розглядається проблема в розрізі невеликих адміністративних територій. Окрім того, в основі таких досліджень лежать дані обстежень щонайменше 15–20 – річної давнини.

У сучасних реаліях дедалі більшої уваги набувають економічні аспекти ведення агропромислового виробництва в Українському Поліссі та питання комплексної реабілітації регіону. Слід зважити як на зміну рівнів

[660] Гірій В. А. , Заїтов В. Р., Онищук В. А., Ясковець І. І. Екомодель: динамічна модель для радіоекологічної ситуації. *Агроекологія й біотехнологія*. 1999. № 3. С. 25–34.

[661] Goor F., Thiry Y. Processes, dynamics and modelling of radiocaesium cycling in a chronosequence of Chernobyl contaminated Scots pine (Pinus sylvestris L.) plantations. *Science of the Total Environment.* 2004. Vol. 325 P. 163–180.

[662] Goor F., Avila R. Quantitative comparison of models of ^{137}Cs cycling in forest ecosystems. *Environmental Modelling & Software.* 2003. Vol. 18. P. 273–279.

[663] Mamikhin S. V., Badawy W. M. A simulation model of 3D migration of Cs-137 in soils. *Вестник Московского университета. Сер. Почвоведение.* 2011. № 4. С. 32–36.

[664] Maskalchuk L., Baklay A., Leontieva T. Modeling of ^{137}Cs migration from soil to plants after usage of chemical matters. *World Journal of Nuclear Sciences & Engineering.* 2014. Vol. 1, Issue 1. P. 1–7.

[665] Schell W. R. et al. Model-directed sampling in Chernobyl forests: general methodology and 1994 sampling program. *The Sience of the Total Environmental.* 1996. Vol. 180. P. 119–240.

радіоактивного забруднення території та перерозподіл радіонуклідів між різними елементами агроландшафтів, так і на зміну радіологічного статусу деяких земель. Актуалізація наукових даних щодо згаданої проблематики та комплексне її вивчення з урахуванням не лише рівня радіонуклідного забруднення, а й його складу, нинішніх природно-кліматичних умов Українського Полісся, ландшафтної структури угідь дає змогу оцінювати та прогнозувати розвиток сільськогосподарського виробництва регіону.

Математична модель винесення радіонуклідів з агроландшафтів Полісся розроблена для відображення радіоекологічної ситуації в обмеженому регіоні, центром якого є невеликий населений пункт (селище міського типу, село або хутір). Особливостями зайнятості населення регіону Українського Полісся є ведення, переважно, сільськогосподарського виробництва, тому було враховано споживання мешканцями продукції, яку вони виробляють на місцевості де проживають, а також лісових грибів та ягід. Моделювання агроландшафтів досліджуваного регіону розглядається як сукупність чотирьох макроблоків (екосистем), що є функціональними одиницями модельованого агроландшафту: «лісова екосистема», «польова екосистема», «лукопасовищна екосистема» та «садова екосистема» [666, 667]. Кожен із указаних агроландшафтів має власну структуру і передбачає диференціацію на кілька підтипів за особливостями міграції полютанта мікроблоками екосистеми, а саме: лісова екосистема – хвойні, листяні, змішані та захисні насадження; польова екосистема – зернові, зернобобові і технічні, просапні та баштанні культури; лукопасовищна екосистема – природні та сіяні луки та пасовища; садова екосистема – промислові та присадибні сади. Кожен із цих підтипів передбачає різні коефіцієнти міжблокового переходу ^{137}Cs. Кожен із блоків характеризується певною особливістю та однорідністю. Основними типами ґрунту у нашій моделі були: дерново-слабопідзолисті та дерново-середньопідзолисті (становлять близько 60 % площі Українського Полісся); лугові та дернові (близько 20); торфовища та торфо-болотні (10 %).

Інформацію для побудови концептуальної моделі міграції радіонуклідів у лісових екосистемах було отримано з аналітичних досліджень біологічної ролі макро- та мікроміцетів [668, 669, 670, 671]. Основним джерелом даних для створення моделі, переважно під час визначення коефіцієнтів швидкості переходу радіонуклідів із одного

---

666 Чоботько Г. М. та ін. Рекомендації зі зниження виносу радіонуклідів з агроландшафтів. Київ : ДІА, 2019. 42 с.

667 Чоботько Г. М., Райчук Л. А., Швиденко І. К., Кучма М. Д. Математична модель винесення ^{137}Cs з агроландшафтів Українського Полісся у віддалений період після аварії на ЧАЕС. *Агроекологічний журнал.* 2020. № 1. С. 12–18.

668 Jongmans A. G. Rock-eating fungi. *Nature.* 1997. Vol. 389. P. 682–683.

669 Nikolova I., Johanson K. J., Clegg S. The accumulation of ^{137}Cs in the biological compartment of forest soils. *Journal of Environmental Radioactivity.* 2000. Vol. 47. P. 319–326.

670 Rafferty B., Dawson D., Kliashtorin A. Decomposition in two pine forests: the mobilisation of ^{137}Cs and K from forest litter. *Soil Biol. Biochem.* 1997. Vol. 29, Issue 11/12. P. 1673–1681.

671 Steiner M., Linkov I., Yoshida S. The role of fungi in the transfer and cycling of radionuclides in forest ecosystems. *Journal of Environmental Radioactivity.* 2002. Vol. 58. P. 217–241.

блоку моделі до іншого, були відповідні дані [672, 673, 674, 675, 676, 677, 678 , 679 , 680 , 681] та результати проведених нами досліджень на території Київської, Житомирської, Чернігівської, Рівненської та Волинської областей, розпочаті у 1993 р. Як додаткові джерела інформації були використані дані наукових публікацій, матеріали, отримані з лісгоспів, Державної агенції лісових ресурсів України, місцевих державних адміністрацій.

Математична формалізація моделі має вигляд системи лінійних диференціальних рівнянь першого порядку зі сталими коефіцієнтами, уточнення яких було здійснено за методикою Перетятко Є. Є., Прокопенко Л. А., Ясковця І. І. [682]. Розроблена модель належить до класу динамічних моделей і є детерміністичною за своїм характером. Невідомі показники переходу ^{137}Cs з одного блоку моделі до іншого визначено шляхом математичних розрахунків оптимальних параметрів, які зможуть забезпечити мінімальну розбіжність між експериментальними та розрахунковими значеннями за певних умов. Комп'ютерну реалізацію моделі було виконано в математичному пакеті MAPLE (version 10).

Результати досліджень, у т. ч. і експедиційних, проведених на території Українського Полісся, указали на необхідність розробки нового підходу до моделювання радіоекологічної ситуації у цьому регіоні. Були окреслені основні чинники, що впливають на перерозподіл ^{137}Cs між елементами екосистем та значення винесення радіонукліда за їх межі. Основними процесами, що впливають на перерозподіл радіонуклідів ланками певного виду екосистеми, є: перехоплення, вивітрювання, поглинання, обробіток ґрунту, удобрення, полив, розкладання органічних решток, надходження радіонукліда в нижчі шари ґрунту, дифузія, фіксація

---

[672] Василенков С. В. Технологии и технические решения по реабилитации радиоактивно загрязненных цезием территорий : автореф. дис. … до-ра техн. наук : 06.01.02. Москва, 2017. 51 с.

[673] Гірій В. А., Заїтов В. Р., Онищук В. А., Ясковець І. І. Екомодель: динамічна модель для радіоекологічної ситуації. *Агроекологія й біотехнологія*. 1999. № 3. С. 25–34.

[674] Краснов В. П., Турко В. М,. Ірклієнко С. П, Іванюк І. Д. Накопичення ^{137}Cs головними лісоутворювальними деревними породами Центрального Полісся. *Лісівництво і агролісомеліорація.* 1999. Вип. 95. С. 9–15.

[675] Орлов О. О. та ін. Порівняльна оцінка ролі різних компонентів лісової екосистеми лишайникового бору у розподілі сумарної активності ^{137}Cs. *Проблеми екології лісу та лісокористування на Поліссі України.* 2001. Вип. 2 (8). С. 10–25.

[676] Ясковец И. И., Гирий В. А., Онищук В. А., Шпинар Л. И. Результаты динамического моделирования радиоэкологической обстановки в Украинском Полесье и сравнение их с данными измерений. *Агроекологічний журнал.* 2001. № 2. С. 62–67.

[677] Паньковська Г. П. Екологічні особливості вирощування овочевої продукції на радіоактивно забруднених присадибних ділянках Полісся : автореф. дис. ... к-та с.-г. наук : 03.00.16 / Ін-т агроекології і природокористування НААН. Київ, 2012. 21 с.

[678] Maskalchuk L., Baklay A., Leontieva T. Modeling of ^{137}Cs migration from soil to plants after usage of chemical matters. *World Journal of Nuclear Sciences & Engineering*. 2014. Vol. 1, Issue 1. P. 1–7.

[679] Fesenko S. V. et al. Simulation of ^{137}Cs migration over the soil–plant system of peat soils contaminated after the Chernobyl accident. *Russian Journal of Ecology*. 2002. Vol. 33, Issue 3. P. 170–177.

[680] Goor F., Thiry Y. Processes, dynamics and modelling of radiocaesium cycling in a chronosequence of Chernobyl contaminated Scots pine (Pinus sylvestris L.) plantations. *Science of the Total Environment.* 2004. Vol. 325. P. 163–180.

[681] Fesenko S. V. et al. Simulation of ^{137}Cs migration over the soil–plant system of peat soils contaminated after the Chernobyl accident. *Russian Journal of Ecology.* 2002. Vol. 33, Issue 3. P. 170–177.

[682] Rafferty B., Dawson D., Kliashtorin A. Decomposition in two pine forests: the mobilisation of ^{137}Cs and K from forest litter. *Soil Biol. Biochem.* 1997. Vol. 29, Issue 11/12. P. 1673–1681.

мінералами ґрунту. Це дало змогу науково обґрунтувати та математично формалізувати модель винесення ^{137}Cs за межі агроландшафтів різних регіонів Українського Полісся (рис. 2).

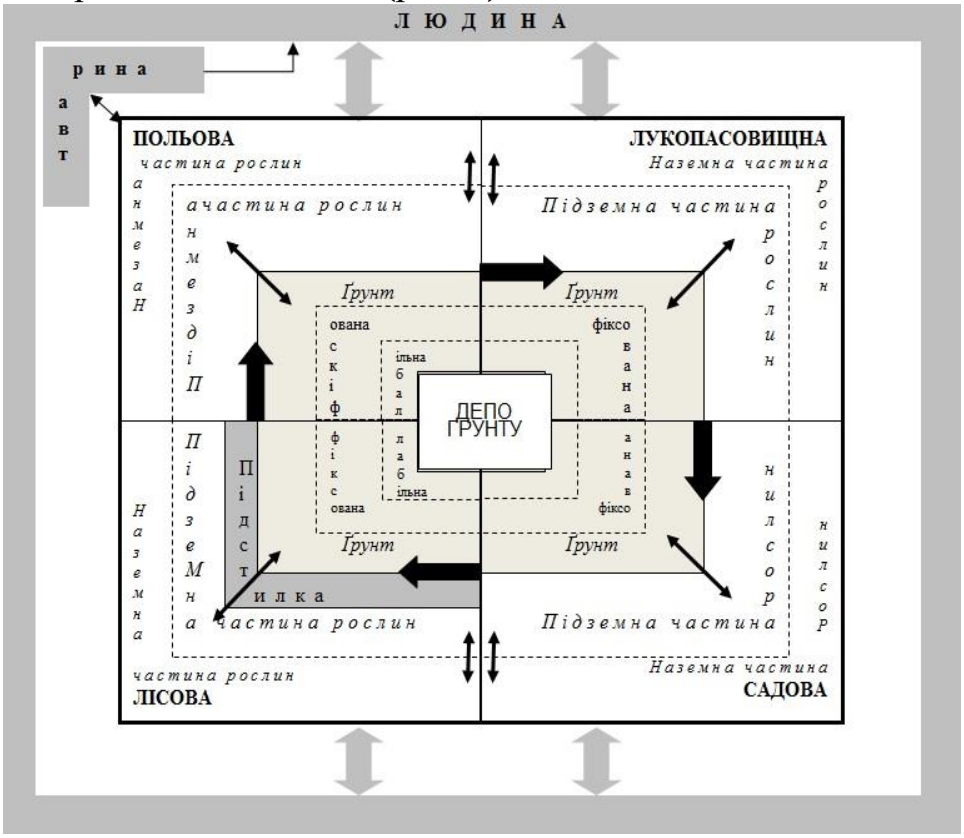


Рис. 2. Концептуальна модель міграції радіонуклідів у агроландшафтах Українського Полісся

Джерело: авторська розробка.

Під час побудови концептуальної схеми міграції радіонуклідів у основних агроландшафтах Українського Полісся ми розглядали агроландшафт як єдине ціле, тобто як систему природних екосистем та агроекосистем, що перебувають у взаємозв'язку і впливають одна на одну. Були враховані як вертикальні потоки в ланцюгу «ґрунт – рослина – тварина – людина», так і горизонтальні, що утворюються повітряними потоками та внаслідок людської діяльності. Ризик недооцінення чи неврахування важливих складових екосистеми або їх взаємодії зменшено завдяки використанню «інтерактивної матриці».

Загалом, математичну модель міграції ^{137}Cs основними агроландшафтами Українського Полісся сформовано у вигляді системи звичайних диференціальних рівнянь:

$$\frac{dQ_i}{dt} = \sum_{\substack{i,j=1 \\ i \neq j}}^{N} (a_{ji} Q_j + a_{ij} Q_i) + F_i(t) - \lambda Q_i \ ,$$

де індекс j – номер блоку, в який спрямовано потік радіонукліда; індекс i – номер блоку, з якого цей потік витікає; $F(t)_i$ – надходження забруднювача у блок i ззовні за одиницю часу (Бкм$^{-2}$t^{-1}); $Q_i(t)$ – вміст

радіонуклідів у блоці з номером i (Бк/м^2); α_{ji} – ймовірність переходу радіоактивності із блоку j у блок i за одиницю часу (t^{-1}); λ – швидкість напіврозпаду ^{137}Cs. Модель може функціонувати у різних прикладних пакетах числового аналізу на основі використання даних радіологічних обстежень; розрахована на широке коло користувачів і не потребує глибоких спеціальних знань з відповідної галузі. У розробленій нами моделі зберігається тенденція до повільного спаду концентрації ^{137}Cs в усіх мікроблоках лісової екосистеми і описується експоненційною залежністю. Аналогічними є моделі для садових лукопасовищних та польових екосистем. Різняться вони лише тим, що в польовій, садовій та лукопасовищній екосистемах ураховано обробіток ґрунту, внесення добрив та передбачено врахування поливу.

Незважаючи на загальну подібність з лісовою екосистемою, вміст ^{137}Cs у мікроблоках садової екосистеми досягає свого максимуму на декілька років раніше. Це зумовлено, насамперед, відсутністю підліска та, особливо, підстилки, яка є своєрідним бар'єром на шляху надходження забруднювачів у глибші шари ґрунту, що утримує їх упродовж певного часу, сповільнюючи колообіг радіонукліда ланками екосистеми. Наявність обробітку ґрунту і удобрення дещо зменшує надходження ^{137}Cs у мікроблок «Дерево».

Завдяки моделюванню лукопасовищних екосистем, за відсутності проміжного бар'єра на шляху початкового аерального забруднення до рослинного покриву та ґрунту, вміст ^{137}Cs у всіх мікроблоках екосистеми, окрім глибоких шарів ґрунту (понад 80 см), поступово зменшується внаслідок дії низки як природних, так і антропогенних чинників. Слід зауважити, що реальна ситуація дещо відрізняється від модельованої, оскільки на практиці поліпшення, особливо докорінне, лук і пасовищ упродовж 1993–1996 рр. здійснювалося не належним чином і не в потрібному обсязі. Для польових екосистем пік забруднення сільськогосподарських культур припав на перші 8 років після аварії на ЧАЕС, коли ^{137}Cs почав активно надходити не лише аеральним шляхом, але і з ґрунту. Після цього рівень забруднення рослинницької продукції поступово знижувався як унаслідок об'єктивних, незалежних від людини чинників, так і завдяки реалізації протирадіаційних заходів.

За умови реалізації оптимальної системи протирадіаційних заходів та активної експлуатації для усіх змодельованих екосистем найбільше винесення ^{137}Cs простежується для лісових екосистем. Наступними за рівнем винесення полютанта є сіножаті та пасовища, іноді – овочеві ділянки. Польові (переважно зернові та зернобобові культури) та садові екосистеми за ступенем винесення радіонуклідів перебувають на останньому місці. Це обумовлено рівнем забруднення певних компонентів екосистем та їх фітомаси, а також вжитими протирадіаційними заходами.

Традиційні й альтернативні системи відновлення продукційних функцій радіоактивно забруднених ґрунтів. Одним із найбільш важких наслідків Чорнобильської аварії стало радіоактивне забруднення сільськогосподарських угідь, а також природних і напівприродних екосистем, що зумовило небезпеку надходження радіонуклідів до організму людини впродовж тривалого періоду. Забруднення значної території України радіонуклідами, внаслідок аварії на ЧАЕС, вимагає постійного дослідження радіаційної ситуації на постраждалих територіях. Особливо це стосується земель сільськогосподарського призначення де, внаслідок процесів природного самоочищення (природний розпад радіонуклідів, фіксація їх ґрунтом, заглиблення в нижні горизонти ґрунту) та завдяки комплексу вжитих контрзаходів, радіаційна ситуація покращилася.

Міграція шкідливих речовин суттєво залежить від виду угідь. Найбільший їх переніс відбувається на орних землях. На лукопасовищних угіддях спостерігається незначний перерозподіл продуктів ділення, а на ділянках, зайнятих лісом – взагалі відсутній. Тому для зниження інтенсивності міграції нуклідів особливого значення набуває екологічно оптимізована структура угідь. Саме вона має стати основою організації землекористування на уражених землях.

Вирішення цієї проблеми також полягає в реформуванні системи землеробства на еколого-ландшафтній основі. Це практично означає перехід на адаптивно-ландшафтну систему землеробства, яка розроблена в Інституті сільського господарства Полісся НААН [683]. Вона враховує відповідність вимог рослин до умов зростання і їх здатність до накопичення радіонуклідів, що дозволяє визначити екологічно придатну структуру посівної площі та розробити систему сівозмін, просторове розміщення яких направлено на одержання конкуренто спроможної якісної рослинницької продукції.

Ураховуючи різну здатність культур до поглинання нуклідів, рекомендується при визначенні структури посівної площі та складу сівозмін розподіляти орні землі за щільністю забруднення на 5 агроекологічних груп: <1, 1–5, 5–10, 10–15 і >15,0 Кі/км^2 [684]. Землі, які забруднені менш ніж на 1 Кі/км^2, використовуються під усі культури без обмежень. Рілля, що відноситься до другої групи, має деякі обмеження щодо вирощування люпину. На землях третьої групи ці застереження стосуються всіх бобових культур. На ділянках, забруднених щільністю 10–15 Кі/км^2 бажано зернобобові висівати лише в якості сидератів. Крім цього, тут не рекомендується висівати льон на волокно, картоплю та коренеплоди для продовольчих цілей. Використання земель п’ятої групи передбачає виведення їх зі складу ріллі та розміщення на них насінницьких посівів багаторічних злакових і бобових культур.

---

[683] Проблемы экологии лесов и лесопользования в Полесье Украины. / отв. ред В. П. Краснов. Житомир : 1997. 140 с.

[684] Ландін В. П. та ін. Методичні рекомендації щодо заходів з реабілітації критичних екосистем радіоактивно забруднених регіонів Українського Полісся. Київ, 2015. 30 с.

Отже, відправною позицією розробки системи землеробства на забруднених землях має бути її адаптація до просторової структури ґрунтового покриву та його забруднення шкідливими речовинами. На цій основі є всі підстави для запровадження моделей ресурсо- та енергозберігаючих систем ведення аграрного виробництва з найбільш ефективним заходом агрохімічного забезпечення.

Останніми роками значне скорочення обсягів застосування органічних і мінеральних добрив та інтенсивне сільськогосподарське використання земель призвело до глобального поширення агрофізичної та агрохімічної деградації орних угідь. Необхідною умовою збереження родючості ґрунтів, збільшення врожайності сільськогосподарських культур і покращення якості продукції є використання органо-мінеральних добрив, мікродобрив, бактеріальних препаратів (ризобофіт, ризогумін, діазобактерин, азотобактерин, агробактерин, фосфоентерин тощо). У зерново-просапних сівозмінах для досягнення бездефіцитного балансу гумусу на чорноземах типових потреба в органічних добривах становить 10 т/га сівозмінної площі. Тобто, основним принципом застосування мінеральних добрив, особливо азотних, є «розумна достатність», яка забезпечує сталу продуктивність рослинництва та безпечний стан навколишнього природного середовища. Альтернативні технології базуються на використанні в якості органічних добрив біомаси побічної продукції та сидератів разом з помірними дозами мінеральних добрив та вапнуванням [685].

Для оцінки впливу агротехнологій на ефективність сільськогосподарських культур на землях Полісся обрано варіанти дослідів, які представляють найбільш поширені у виробництві системи удобрення: мінеральну та традиційну і альтернативну органо-мінеральну. Установлено, що потенціал виробництва зерна пшениці озимої на дерново-підзолистих ґрунтах у зоні Полісся можна збільшити від 2,5 т/га, який моделює сучасну поширену практику аграрного виробництва, до 7,4 т/га за оптимізації фізико-хімічних параметрів ґрунту, зеленої маси кукурудзи на силос відповідно з 34 до 84 т/га, зерна ячменю – з 1,4 до 5,5 т/га, зеленої маси конюшини – з 25 до 46 т/га, зерна жита озимого – з 2,6 до 6 т/га, бульб картоплі – з 15 до 45 т/га, зерна вівса – з 2,2 до 5,4 т/га, зеленої маси люпину – з 31 до 53 т/га (табл. 1).

Кратність зростання врожайності культур під дією різних систем удобрення до контролю така: пшениця озима і кукурудза – 1,2–1,7 рази, ячмінь – 1,4–2,1 рази, конюшина – 1,1–1,5 рази, жито озиме – 1,2–1,6 рази, картопля – 1,3–2,1 рази, овес – 1,2–1,8 рази, люпин – 1,1–1,2 рази.

Тобто управління фізико-хімічними параметрами дерново-підзолистих ґрунтів, у т.ч. радіоактивно забруднених, за допомогою

[685] Тараріко М. Ю. Оптимізація фізико-хімічних властивостей дерново-підзолистих ґрунтів в умовах радіоактивного забруднення. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 1. С. 56–61.

добрив дає змогу істотно стабілізувати продуктивність сівозмін стосовно змінних агрометеорологічних умов. Природний продуктивний потенціал дерново-підзолистих ґрунтів найкраще використовує кукурудза, що у середньому за 20 років накопичує 70,4 ц к.од./га. На фоні тривалого застосування добрив перевагу має картопля – 90,7–143,6 ц к.од./га. Серед інших культур сівозміни за продуктивністю також виділяється конюшина, що дає на контролі (без добрив) 47,6 і за органо-мінеральної системи удобрення 69 ц к.од./га та пшениця озима – відповідно 40,3 і 69 ц к.од./га.

1. Існуюча та потенційна урожайність сільськогосподарських культур в умовах Полісся

Культура	Урожайність, т/га			
	без добрив		органо-мінеральна система удобрення	
	існуюча	потенційна	існуюча	потенційна
Пшениця озима	2,0	4,0	3,5	6,0
Ячмінь	1,5	2,0	3,0	5,5
Жито озиме	2,5	3,7	4,2	6,0
Овес	1,9	2,5	3,0	5,1
Кукурудза на силос	23,0	47,0	48,0	70,0
Картопля	15,0	18,0	32,0	45,0
Конюшина	21,0	32,0	36,0	48,0
Люпин	31,0	47,0	37,0	53,0

Джерело: дані [686].

Таким чином, внесок окремих культур у продуктивність сівозміни помітно різниться. Відтак іншим дієвим заходом підвищення рівня реалізації агроресурсного потенціалу може бути оптимізація складу культур у сівозміні. Наприклад, частка кукурудзи і картоплі без добрив однакова і становить по 19 %, за органо-мінеральної системи удобрення у загальній продуктивності сівозміни картопля займає 24, а кукурудза – 20 %. Значно менший внесок ранніх ярих культур: люпину, ячменю і вівса зумовлюється більш коротким періодом їх вегетації. У зв'язку з цим перехід до 4-пільної сівозміни: картопля, кукурудза, пшениця озима + конюшина, конюшина, і супроводжуватиметься зростанням продуктивності сівозміна на 27–32 % [30].

Отже, для дерново-підзолистих радіоактивно забруднених ґрунтів, які повертаються у аграрне виробництво, у процесі їх реабілітації можна рекомендувати 4-пільну сівозміну: зернові, багаторічні трави або люпин, кукурудза та картопля з продуктивністю за основною і побічною продукцією рослинницької спеціалізації 57–90 ц к.од./га, змішаної, тобто рослинницько-тваринницької, 80–100, суто тваринницької – 90 ц к.од./га.

[686] Тараріко М. Ю. та ін. Еколого-економічні засади відтворення агроекологічних функцій радіоактивно забруднених земель Житомирського Полісся. *Сучасний стан і перспективи ефективного використання земельних ресурсів Житомирської області :* Збірник статей наук.-практ. конф. (20–21 січня 2016 р.). Житомир, 2016. С. 105–111.

За 2-пільної сівозміни з кукурудзою і картоплею цей показник відповідно становитиме на рівні 70–115, 100–130 та 115 ц к.од./га.

Управління фізико-хімічними параметрами ґрунту та балансом біогенних елементів у сівозмінах дає змогу підвищити середньобагаторічну продуктивність зональної 8-пільної сівозміни мінімально у 1,2 рази при сидерації і максимально за органо-мінеральної системи удобрення в 1,7 рази. Перехід до 4-пільної сівозміни може супроводжуватись зростанням продуктивності ріллі відповідно до 1,5 та 2,3 рази, а 2-пільної сівозміни – у 2 і 3 рази. Вихід продукції за впровадження 2-пільної сівозміни зросте у 2,2 і у 4,2 рази і становитиме за сидерації 101 ц к.од./га та за органо-мінеральної системи удобрення з сидерацією – 188 ц к.од./га.

З систем удобрення найпродуктивнішою є органо-мінеральна з сидерацією. Однак у зв'язку з тим, що зелену масу більш вигідно використовувати на корм, ніж на добриво, пріоритет слід віддавати органо-мінеральній (1Гн+NPK) або органічній (2Гн) системі удобрення, які мають однаковий максимальний рівень потенціалу продуктивності – 170 ц к.од./га. У свою чергу, із вказаних варіантів перевагу має суто тваринницька спеціалізація з навантаженням на ріллю 2 ум. гол./га у зв'язку з відсутністю необхідності внесення мінеральних добрив та вищими обсягами виробництва більш цінної тваринницької продукції.

Таким чином, з погляду підвищення рівня використання агроресурсного потенціалу в т.ч. радіоактивно забруднених земель, які повертаються у виробництво, сівозмінний фактор дає змогу підвищити природний потенціал продуктивності 8-пільної сівозміни з 4,5 до 5,7 т к.од./га або на 21 %, оптимізація водно-повітряного режиму до 6,2 т к.од./га або на 27 %, застосування добрив – до 7,7 т к.од./га, або на 42 %, а оптимізація усіх факторів – до 14,6 т к.од./га або у 3,2 рази [687].

Відтворення енергопотенціалу ґрунту як фактору сталого розвитку агроекосистем: моделі ресурсо- та енергозберігаючих систем ведення аграрного виробництва на радіоактивно забруднених землях. Агрокліматичні умови Полісся характеризуються здебільшого достатнім рівнем природного зволоження, однак рівень його використання рослинами обмежується високим ступенем вертикальної інфільтрації. Унаслідок інфільтрації опадів втрати нітратного азоту під просапними культурами можуть сягати до 70 кг/га, калію – 90, магнію – 25 і водорозчинного гумусу до 25 кг/га, У сівозмінах з багаторічними травами ці втрати знижуються майже удвічі. Тому науково обгрунтована сівозміна та застосування органо-мінеральної системи удобрення в зоні Полісся є основними засобами відновлення їх продукційного потенціалу

[687] Тараріко М. Ю., Личук Г. І. Вплив традиційних і перспективних добрив на активність ^{137}Cs в осушуваному дерново-підзолистому ґрунті. *Меліорація і водне господарство*. 2017. Вип. 106. С. 77–80.

особливо на радіоактивно забруднених ґрунтах які повертаються у виробниче використання.

Науковим підґрунтям запропонованих моделей виробничих систем різної спеціалізації, які відповідали рослинницькій, змішаній рослинницько-тваринницькій і вузькоспеціалізованій агроекосистемам, було обрано варіанти довгострокового агротехнічного досліду, закладеного в Інституті сільського господарства Полісся НААН. Досліджувані варіанти формують три основні галузеві моделі спеціалізації виробництва: 1) рослинницька — контроль (без добрив), сидерація, мінеральні добрива; 2) рослинницько-тваринницька – Гн + NPK; 3) тваринницька – 2 Гн (табл. 2).

Серед варіантів, що моделюють рослинницьку спеціалізацію, найефективнішою є мінеральна система удобрення на фоні вапнування. Вона забезпечує додатково до контролю 25,1 ц к.од./га або зростання на 56,4 %. Такий самий рівень продуктивності забезпечує органічна система удобрення, що притаманна суто тваринницькій спеціалізації з внесенням до 20 т/га сівозміни гною. Найефективнішою виявилася традиційна органо-мінеральна система удобрення, (Гн+NPK+Сд), де додатково отримано 32,1 ц к.од/га, що більше ніж на контролі на 72,1 %, що відповідає рослинницько-тваринницькій спеціалізації.

2. Варіанти системи удобрення, які забезпечують запровадження моделей вузької спеціалізації виробництва в умовах Полісся (стаціонарний дослід Інституту сільського господарства Полісся НААН, 2010–2015 рр.)

Спеціалізація	Варіант досліду	Скорочення
1. Рослинницька	Контроль – (без добрив)	К
	Сидерація	Сд
	Мінеральні добрива – $N_{68}P_{64}K_{86}$	NPK
	Мінеральні добрива та сидерація	NPK+Сд
	Мінеральні добрива та вапнування	NPK+$CaCO_3$
2. Змішана рослинницько-тваринницька	Гній 10 т/га або 1 ум. гол./га	Гн
	Гній 10 т/га та мінеральні добрива (NPK)	Гн+NPK
	Гній 10 т/га, NPK та сидерація	Гн+NPK+Сд
3. Тваринницька	Гній 20 т/га або 2 ум. гол./га	2 Гн

Джерело: дані [688].

Моделі агроекосистем на радіоактивно забруднених землях, які повертають в аграрне виробництво після їх реабілітації. Відповідно до результатів аналізу експериментальних багаторічних даних, у даних ґрунтово-кліматичних умовах можливо перейти до 4-пільної сівозміни, за рослинницької спеціалізації аграрного виробництва з використанням на добриво біомаси побічної продукції та сидератів у поєднанні з

[688] Тараріко М. Ю. Моделі розвитку сільськогосподарського підприємства в центральному Поліссі України. *Екологія і природокористування в системі оптимізації відносин природи і суспільства :* Матеріали ІІ Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (7–8 травня 2015 р.). Тернопіль : Крок, 2015. С. 166–169.

мінеральними добривами і вапнуванням, за рослинницько-тваринницької – використовувати традиційну органо-мінеральну (Гн+NPK) і за суто тваринницької – органічну систему удобрення (Гн). Потрібно також встановити необхідність відновлення в таких умовах осушувально-зволожувальних систем з метою досягнення максимальної продуктивності ріллі.

Відповідно до цих результатів на інформативній базі досліду здійснено опрацювання різних сценаріїв розвитку агроекосистем на забруднених радіонуклідами землях, які повертаються в аграрне виробництво, з метою виявлення найбільш перспективних ресурсо- та енергозберігаючих, економічно ефективних та конкурентноздатних виробничих сільськогосподарських систем [688].

Модель № 1 «Сучасна практика (Контроль)». Варіант агротехнічного досліду контроль (без добрив) – імітує поширену сучасну практику спеціалізації без тваринництва і добрив. При моделюванні умов прийнята зерно-картопляна сівозміна площею 1000 га з культур з у рожайністю пшениці озимої і картоплі відповідно 2,5 і 15 т/га.

Модель № 2 «ВРХ–4». Твариниицько-рослинницька спеціалізація молочного напрямку, яка відповідає варіанту досліду «Традиційна система». Щільність тварин – 1,1 ум. гол./га з продуктивністю 4 тис. кг молока.

Модель № 3 «Біоенергетична (2Гн)». Вирощування зеленої маси кукурудзи на площі 1000 тис. га з наступною її переробкою на біоенергію. Як і з нормою гною 20 т/га сівозмінної площі з біогумусом (нерозкладеним залишком після вилучення з біомаси біогазу) у ґрунт повертаються всі винесені з врожаєм макро- і мікроелементи. Тому у цій моделі врожайність кукурудзи приймається як середньо-багаторічна на варіанті органічної системи удобрення – 52 т/га.

Модель № 4 «Тваринництво 1 ум. гол. на га (Гн+NPK+Сд)». У сівозміні площею 1000 га найбільш продуктивні культури, що забезпечують збалансовану кормову базу галузі молочного скотарства з врожайністю на фоні органо-мінеральної системи удобрення: пшениця озима – 4,4, кукурудза – 58, картопля – 32 і люпин – 36 т/га. Продуктивність тварин за молоком сягає 3,8 тис. кг на рік з переробкою відходів тваринництва на біоенергію.

Модель № 5 «Тваринництво 2 ум. гол., на га (2Гн)». Сценарій передбачає збільшення поголів'я тварин у два рази тобто 2 ум. гол. на 1 га і врожайність культур сівозміни, що відповідає середньобагаторічному рівню при органічній системі удобрення – 20 т/га гною: пшениця озима – 3,7, кукурудза МВС – 52, картопля – 27 і люпин – 37 т/га. Продуктивність тварин за молоком 3,8 тис. кг на рік з переробкою відходів на енергію.

Таким чином, варіанти стаціонарного агротехнічного досліду дають змогу змоделювати велику кількість сценаріїв реалізації агроресурсного потенціалу дерново-підзолистих ґрунтів, у т. ч. забруднених

радіонуклідами, починаючи від сучасної найпоширенішої виробничої рослинницької практики отримання товарної продукції рослинництва з використанням переважно природного ґрунтово-кліматичного потенціалу і завершуючи надзвичайно складними агроекосистемами зі змішаною та вузькою тваринницькою, спеціалізацією з переробкою продукції з метою досягнення максимальної продуктивності й економічної ефективності за рахунок створення замкнених циклів біогенних елементів в агроекосистемах.

Культури, що дають найбільший внесок у продуктивність рекомендованої зональної сівозміни на всіх фонах удобрення: пшениця озима, кукурудза, картопля, конюшина або люпин. Однак, якщо моделювати сучасну поширену практику ведення аграрного виробництва без застосування добрив і без галузі тваринництва, (модель №1), то за таких умов зелену масу кормових культур вирощувати недоцільно, відповідно залишаються лише культури, що дають товарну продукцію на реалізацію: зернові і картопля.

Застосування мінеральних добрив є одним з потужних факторів підвищення продуктивності й ефективності аграрного виробництва. Їх систематичне застосування, особливо в поєднанні з регулярною сидерацією супроводжується збільшенням валових зборів пшениці озимої до 2,0 тис. т, картоплі – до 13,5 тис. т (модель № 2).

На сучасному етапі розвитку АПК України залишається дискусійним питання щодо перспектив використання сільськогосподарських угідь гумідної зони, забруднених радіонуклідами зокрема осушуваних земель. З одного боку, існує думка, що ці території мають підлягати суцільній ренатуралізації, тобто поверненню до природного стану, а з іншого, навпаки, доцільності відновлення повноцінного використання агроресурсного потенціалу меліорованих земель. Саме для отримання відповіді на питання доцільності відтворення або будівництва в гумідній зоні меліоративних систем розглядається модель № 3 за товарної рослинницької спеціалізації без добрив. Урожайність пшениці озимої і картоплі приймається максимальна, отримана на контролі без добрив у найсприятливіші для цих культур роки, що імітує роботу осушувально-зволожувальної системи, відповідно 5 і 29 т/га з валовими зборами 8,9 і 2,5 тис. т з площі 1000 га.

Із впровадженням системи державного стимулювання виробництва біоенергії, актуальним завданням є встановлення доцільності трансформації рослинної біомаси в енергетичні ресурси (модель № 3), зокрема із залученням в інфраструктуру біогазових установок (БГУ). З культур сівозміни стаціонарного досліду найбільшу кількість біомаси і відповідно сухої органічної речовини накопичує кукурудза на силос — від середньобагаторічних 34 т/га на контролі (без добрив) до 84 т/га на фоні органічної системи удобрення у найсприятливіший за погодними умовами рік.

Слід ураховувати, що з біогазом із рослинної біомаси вилучається лише вуглець, водень і кисень у складі метану і вуглекислого газу. Біогенні макро- і мікроелементи, винесені з ґрунту врожаєм, концентруються в залишку органічної біомаси після газогенерації – біогумусі. Його маса становить приблизно половину вихідної сировини (силосу) та за кількістю повернення в ґрунт біогенних елементів на одиницю площі. За ефективністю це органічне добриво можна прирівняти до подвійної норми гною (2Гн). Ефективність розвитку цього напрямку потрібно встановити як за звичайних умов вирощування з середньобагаторічною врожайністю за систематичного застосування 2Гн на гектар сівозмінної площі – 52 т/га (модель № 3). Потрібно також розглянути сценарій припинення дії «зеленого тарифу» через 10-річний період, що передбачено відповідним законодавчим актом.

Моделі № 3, 4 ґрунтуються на варіантах досліду з органо-мінеральними і органічними системами удобрення, що моделюють змішану і суто тваринницьку спеціалізацію. Для об'єктивного порівняння цих моделей продуктивність тварин за молоком приймалася однаковою 3,8 тис. л на рік на корову. Структура стада – на кожні 100 голів припадає 35 нетелів і 80 телят.

Оскільки вихід органічних добрив залежно від кормової бази, кількості підстилки та інших факторів приймається 10 т на 1 ум. гол. ВРХ на рік, то норма гною 10 т/га у досліді моделює навантаження тваринами 100–150 ум. гол. на 100 га ріллі і впровадження рослинницько-тваринницької спеціалізації аграрного виробництва. Максимальна продуктивність майже всіх культур сівозміни досягається за сумісного застосування 10 т/га гною, мінеральних добрив і сидерації.

Створення відповідної поголів’ю кормової бази передбачає впровадження 4-пільної сівозміни з найбільш продуктивних культур: пшениці озимої, картоплі, кукурудзи і люпину (конюшини). При цьому за органо-мінеральної системи удобрення з сидерацією середньобагаторічна їх урожайність відповідно становить 4,4, 32, 58 і 36 т/га, за органо-мінеральної з оптимізацією водно-повітряного режиму: 7,4, 45, 81 і 52 т/га. У разі доповнення такої структури рослинництва і тваринництва переробними модулями і біоенергетичним комплексом з утилізацією усіх відходів на БҐУ на виході із системи залежно від продуктивності сівозміни то можна отримувати для реалізації, крім картоплі і зерна, продукти переробки тваринництва: сир, вершки, м’ясо, а також значну кількість тепло- і електроенергії.

Таким чином в умовах Полісся на дерново-підзолистих ґрунтах забруднених радіонуклідами в процесі їх реабілітації і наступного залучення у сільськогосподарське виробництво за суто рослинницької спеціалізації найбільші обсяги виробництва товарної продукції рослинництва забезпечують пшениця озима і картопля. На природному фоні родючості (без добрив) за усередненими за 30 років урожайними даними можна

отримувати на рівні 7,5 т бульб і 2,5 т зерна у 1 га сівозмінної площі 2-пільної зерно-картопляної сівозміни. Урегулювання поживного і водно-повітряного режиму ґрунту дає змогу збільшити ці показники відповідно до рівнів 13,5 і 2 та 8,9 і 5 т/га, а систематичне внесення мінеральних добрив осушувально-зволожувальної системи – до 22,5 та 3,3 т/га.

Вирощування кукурудзи на силос на фоні органічної системи удобрення з подальшою переробкою біомаси на енергетичній установці дає змогу генерувати на 1 га площі близько 25 тис. кВт-год тепло- і електроенергії, а оптимізація водно-повітряного режиму ґрунту за такої системи удобрення – більше 40 тис. кВт-год енергії. Створення і використання такої інфраструктури супроводжується формуванням замкнутих циклів макро- і мікроелементів і економією 110 і 180 кг д. р./га мінеральних добрив.

Інфраструктура з біоенергетичним комплексом, переробкою і зберіганням продукції, за впровадження 4-пільної сівозміни з кормовими культурами та за розвитку галузі тваринництва до рівня 100–150 ум. гол. ВРХ на 100 га ріллі на фоні органо-мінеральної системи удобрення залежно від наявності осушувально-зволожувальної системи дасть змогу одночасно отримувати з 1 га 7,5–11,4 т бульб картоплі, до 0,6 т зерна, 13–19 тис. кВт-год. енергії, 80 кг м'яса, 350 кг твердих сирів, більше 200 кг вершків. Економія мінеральних добрив становитиме 230–410 кг д. р./га. За приведення чисельності тварин у відповідність до обсягів виробництва основної і побічної рослинної продукції за органічної системи удобрення при регулюванні водно-повітряного режиму ґрунту можна щорічно з 1 га отримувати 10–15 тис кВт-год енергії 180–280 кг м'яса, 800–1100 кг сиру і 500–700 кг вершків.

Усі досліджені системи відтворення агроекологічних функцій ґрунтів забезпечують оптимізацію гумусного стану, поліпшення поживного режиму та фізико-хімічних параметрів дерново-підзолистого ґрунту, тому за умови дефіциту органічних добрив тваринного походження відтворення агроекологічних функцій можна досягти шляхом використання на добриво всієї побічної продукції сівозміни та біомаси сидератів [689].

Проблема радіаційного забруднення територій і отримуваної продукції залишається актуальною і досі в силу низки як об’єктивних, так і суб’єктивних чинників. Найбільш забрудненими продуктами харчування на території Українського Полісся традиційно є коров’яче молоко та «дари лісу», зокрема дикорослі гриби. Численні дослідження показують систематичне і значне перевищення вмісту радіонуклідів у великій кількості відібраних проб. І хоча кількість проб із перевищеннями із часом зменшується, ці види продукції і досі залишаються радіаційно

[689] Тараріко М. Ю. Сучасний стан забруднення ландшафтів та опромінення населення в гумідній зоні України. *Меліорація і водне господарство*. 2018. № 2. С. 79–84. URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/Mivg_2018_2_13.

критичними. Зокрема з урахуванням того, що молоко і гриби є традиційно одними з найбільш споживаних продуктів у раціоні харчування мешканців регіону.

Для виробництва на забруднених територіях сільськогосподарської продукції та продуктів харчування, які відповідають вимогам радіаційної безпеки, важливо забезпечити у необхідних обсягах фінансування контрзаходів, які передбачають проведення хімічної меліорації кислих ґрунтів на основі ресурсозберігаючих систем удобрення, забезпечення бездефіцитного балансу елементів живлення, що, у свою чергу, знижує забруднення радіонуклідами продукції рослинництва. Однак для планування адресних контрзаходів і розроблення стратегії розвитку сільськогосподарського виробництва і лісового господарства на радіоактивно забруднених землях необхідно володіти актуальною інформацією стосовно радіоекологічної ситуації в постраждалому регіоні. Тому необхідно зосередити дослідження у напрямку проведення на державному рівні суцільного радіологічного моніторингу на всіх забруднених землях для отримання детальної інформації щодо щільності забруднення сільськогосподарських угідь, у тому числі і ріллі, у віддалений після аварії період.

Оскільки господарський стан більшості аграрних підприємств нині є таким, що не дозволяє їм самостійно впроваджувати увесь комплекс заходів, пов'язаних з охороною земель та відтворенням родючості ґрунтів. Тому вирішення проблеми ефективного використання радіоактивно забруднених ґрунтів та підвищення їх родючості має бути пов'язане з комплексом економічних, науково-технічних та організаційно-правових заходів збоку держави. До основних із них належать: контроль за використанням і охороною радіоактивно забруднених земель сільськогосподарського призначення; стимулювання впровадження альтернативних ресурсозберігаючих і безпечних технологій та систем землеробства на територіях, що постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС; ведення екологічного, у т. ч. радіоекологічного, моніторингу з метою своєчасного виявлення змін якісного стану земель, актуалізації стану радіоактивного забруднення угідь, погіршення властивостей ґрунтів унаслідок їх нераціонального використання тощо; передбачення санкцій за неефективне та/чи неправомірне використання радіоактивно забруднених земель сільськогосподарського призначення, застосування екологічно небезпечних технологій обробітку ґрунту і вирощування культур, забруднення земель, погіршення якості ґрунтового покриву.

Для стабілізації гумусного стану як основного елементу, який забезпечує реалізацію агроекологічних функцій ґрунту, необхідне комплексне застосування як мінеральних, так і органічних добрив при їх оптимальному співвідношенні, а на кислих ґрунтах ще і додаткове управління реакцією ґрунтового середовища з поправкою на необхідне

зменшення надходження радіонуклідів у рослини. Однак при визначенні ефективності організаційних та агрохімічних заходів необхідно враховувати кліматичні зміни, оскільки аналіз температурних умов і рівня зволоження дає підстави впевнено прогнозувати розвиток аридизації клімату Українського Полісся, що істотно впливає на інтенсивність накопичення радіонуклідів у продукції.

Отримана інформація необхідна для прийняття рішень локального рівня щодо проблем проживання населення та використання забруднених територій під час ведення підсобного господарства та агропромислового виробництва, істотно розширюють базу даних про концентрацію радіонуклідів у довкіллі й харчових продуктах, містять інформацію щодо формування доз опромінення критичної групи населення залежно від умов проживання, різних видів природокористування, дають можливість виявити найбільш критичні компоненти раціону, можуть бути широко екстрапольовані й використані для інших забруднених радіонуклідами територій. Оптимізація використання забруднених земель зумовлена виробництвом радіоекологічно безпечної сільськогосподарської продукції і спрямована на зменшення як індивідуальної ефективної дози опромінення в продуктах харчування, так і колективної для певних груп споживачів (із урожаєм сільськогосподарських культур).

РОЗДІЛ 5

ЕКОЛОГІЗАЦІЯ МЕТОДІВ ПЕРЕРОБКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ У ЗАБЕЗПЕЧЕННІ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ

5.1. Вплив зрошення на гідрометеорологічний режим полів з овочевими культурами

Польовий А. М., Божко Л. Ю., Барсукова О. А., Черноволюк Р. Г.
Одеський державний екологічний університет

Агрометеорологічне обслуговування сільського господарства повинне вирішувати питання, які б дійсно впливали на процес формування врожаю сільськогосподарських культур шляхом регулярної оцінки агрометеорологічних умов формування продуктивності, регулювання витрат води на сумарне випаровування, використання оптимальних норм добрив у відповідності з гідрометеорологічним режимом. Для вирішення цих питань необхідні методики, які дозволяли б отриману з агрометеорологічної мережі інформацію переробити у той вигляд, який необхідний для активного обслуговування сільськогосподарських організацій. Для виконання таких задач необхідні дослідження впливу агрометеорологічних умов на формування продуктивності зрошуваних овочевих культур з метою розробки методик прогнозування їх урожайності, оцінки умов формування врожаїв, а також рекомендацій що до оптимізації умов вирощування шляхом регулювання режиму зрошення, мінерального живлення, структури посіві то що [690]. Відомі такі дослідження для інших сільськогосподарських культур [691, 692].

Матеріали і методи досліджень. Для дослідження зв'язку продуктивності овочевих культур із складовими теплового балансу, елементами мікроклімату використовувались спостереження за станом рослин і посівів в цілому (фенологічні і фітометричні), за станом зовнішнього середовища (повний комплекс актинометричних, фітокліматичних, тепло- і водобалансових спостережень над посівами і в посівах овочевих культур) за період з 1986 по 2005 рр. на полях польової агрометеорологічної лабораторії Одеського державного екологічного університету, розташованої в с. Чорноморка на рівнинному плато з невеликим ухилом на південь.

Ґрунти – чорнозем південний, середньо суглинковий, слабко солонцюватий з товщиною гумусового горизонту 60–65 см. Об’єктом

[690] Божко Л. Е. Клімат і продуктивність овочевих культур в Україні. Одеса : «Екологія», 2010. 368 с.

[691] Гойса Н. И., Олейник Н. Р., Рогаченко А. Д. Гидрометеорологический режим и продуктивность орошаемой кукурузы. Ленинград : Гидрометеоиздат, 1983. 230 с.

[692] Алпатьев С. М. Поливной режим сельскохозяйственных культур в южной части Украины. Киев : изд. МСХ УССР, 1965. 122 с.

досліджень були середньостиглі сорти баклажанів, солодкого перцю та томатів. Агротехніка вирощування – з використанням розсади, зрошення дощуванням та по борознах. Норми та терміни поливів розраховувались для підтримки вологості ґрунту на рівні 75–85 % найменшої вологомісткості.

При виборі параметрів, що характеризують покажчики життєдіяльності рослин, виходили з таких передумов: кожний покажчик повинен визначатися одним параметром; вибраний параметр повинен дозволяти характеризувати отриману залежність від конкретних географічних умов; просто і надійно вимірюватися.

Всі фактори, що впливають на ріст та розвиток рослин, згідно з [691] можна розділити на три групи: кліматичні (сонячна радіація, тепло, волога, газовий склад повітря, вітер і т. ін.), едафізичні (структура ґрунту та його хімічний склад) і біофізичні (різні мікроорганізми, рослинні та тваринні організми як корисні, так і шкідливі).

Об’єктом наших досліджень була перша група факторів на зрошуваних полях плодових овочевих культур: баклажанів, солодкого перцю і томатів. Мета дослідження – дати оцінку впливу зрошення на температурний режим та режим зволоження повітря, ґрунту та рослин.

Результати досліджень та їх аналіз виконано за окремими показниками. Температурний режим посівів. За характеристику температурного режиму повітря і ґрунту використовувались показники: температура повітря над посівом, в посіві $T_п$, температура поверхні листя $T_л$, різниця температур $T_л–T_п$, температура поверхні ґрунту $T_{пг}$, температура ґрунту на глибинах 5, 10, 15, 20 см. Ці показники необхідні для вирішення сугубо практичних задач таких, як визначення термінів висаджування розсади, виконання розрахунків випаровування з поверхні ґрунту, регулювання діяльності мікроорганізмів та ін. Також відомості про температуру необхідні для рішення задач при математичному моделюванні продуктивного процесу рослин та задач що до дослідження теплового і водного режимів приземного шару повітря.

Основними факторами, які визначають формування термічного режиму ґрунту і приземного шару повітря при наявності рослинного покриву (РП) радіаційний режим, стан рослин, теплофізичні характеристики ґрунту і повітря.

При вивченні впливів зрошення на термічний режим встановлено, що засоби поливів по різному впливають на режим температури ґрунту. При поливі по борознах утворюється більш контрастний температурний режим ґрунту за рахунок його перезволоження в борознах та недостатнього зволоження на вершинах валків. На вершинах валків температура ґрунту через швидке висихання за значеннями близька до температури ґрунту незрошуваних ділянок. Температура ґрунту в борознах нижче температури ґрунту на ділянках, де зрошування виконувалось дощуванням. Під впливом зрошення значно зменшується

амплітуда добового ходу $T_г$. На другу добу на ділянках після поливу дощуванням амплітуда знижується на 5–6 ºС, а на полі зрошуваному по борознах амплітуда $T_г$ на вершинах валків збільшується на 2 ºС в порівнянні з незрошуваним полем. Така різниця в температурі ґрунту спостерігається на початку вегетаційного періоду культур. З ростом рослин термічний ефект зрошення значно слабшає.

Для характеристики впливу рослинності на формування термічного режиму ґрунту і приземного шару повітря використовувалась різниця температур $\Delta T_г$ оголеної поверхні ґрунту на метеорологічному майданчику $T_{гм}$ і в посівах $T_{пп}$ та різниця стрибків температури ґрунт – повітря, які характеризують збудження температурного поля приземного шару повітря, що викликане наявністю рослин:

$$\Delta T_г = \Delta T_{гм} - \Delta\ T_{пп}, \qquad (1)$$

де $\Delta T_{гм}$ та $\Delta\ T_{пп}$ – стрибки температури ґрунт – повітря на метеорологічному майданчику ($\Delta T_{гм}=T_{гм} - T_{2,0}$) і в посіві ($\Delta T_{пп} = T_{пп} - T_{2,0п}$);

$T_{2,0}$ та $T_{2,0п}$ – температура повітря на висоті 2,0 м над поверхнею ґрунту на метеорологічному майданчику і на висоті 2,0 м над шаром витіснення посіву.

На величину вищевказаних параметрів впливають інтенсивність сумарної радіації Q, стан рослинного покриву, за показник якого прийнята суха надземна фітомаса Mc (т/га), відносна площа листя L, міра зволоження верхніх шарів ґрунту W.

Аналіз результатів спостережень показав, що при вологості ґрунту в шарі 0–20 см від 30 до 50 мм при збільшенні Q $\Delta T_г$ зростає. Зростання його незначне при фітомасі до 0,2 т/га. При збільшенні фітомаси $\Delta T_г$ зростає пропорційно зростанню M_c (табл. 1).

1. Залежність різниці температур $\Delta T_г$ поверхні ґрунту на метеорологічному майданчику і в посіві солодкого перцю від сумарної радіації Q за різних значень сухої надземної фітомаси M_c і $W_{0\text{-}20}$= 30–50 мм

M_c	Сумарна сонячна радіація Q , Вт/см^2							
т/га	100	200	300	400	500	600	700	800
0,25	-4,8	-1,5	0	0,3	0,8	1,0	1,1	1,9
2,5	-2,5	0,8	1,5	3,9	4,8	5,5	6,8	9,5
3,5	0	1,1	3,6	5,2	7,1	9,8	12,0	14,9
7,5	0,2	1,5	2,5	5,1	10,1	11,2	13,5	16,1

Джерело: авторські дослідження.

Слід зазначити, що такі закономірності зміни $\Delta T_г$, які спостерігаються на полі з солодким перцем під впливом сумарної радіації і сухої маси рослин, спостерігаються і на полях з баклажанами і томатами.

Залежність $\Delta T_г$ від Q впродовж доби неоднозначна. У першій половині дня із збільшенням сумарної радіації $\Delta T_г$ безперервно зростає. У другій половині дня із зменшенням Q $\Delta T_г$ також зменшується, але

повільніше, ніж зростає у першій половині. Після заходу сонця різниця має позитивний знак, перед світанком різниця має мінусовий знак.

Вплив рослинного покриву на термічний режим повітря оцінювалось шляхом порівняння температури повітря на полях з овочевими культурами з температурою повітря на метеорологічному майданчику на рівні шару витіснення ΔT_{zn} та на висоті 2,0 м над ним $\Delta T_{2,0\ zn}$:

$$\Delta T_{zn} = T_{zn,м} - T_{zn,n}\,, \tag{2}$$

$$\Delta T_{2,0\ zn} = T_{2,0\ zn} - T_{2,0\ zn,n}\,, \tag{3}$$

де $T_{zn,м}$ і $T_{zn,n}$ – температура повітря на метеорологічному майданчику та на полі на рівні шару витіснення h_{zn}.

$T_{2,0\ zn}$ і $T_{2,0\ zn,n}$ – температур повітря на метеорологічному майданчику на висоті 2,0 м і в полі на висоті 2,0 м над шаром витіснення.

Значення ΔT_{zn} та $\Delta T_{2,0\ zn}$ можуть мати позитивний і мінусовий знак і визначаються мірою розвитку посівів [691] Після висадження розсади в ґрунт коли фіто маса мала, температура повітря на метеорологічному майданчику на висоті h_{zn} не набагато нижче температури повітря на тій же висоті в посівах. Найбільшого значення ця різниця набуває о 13 г і складає 1,5 ºС. Різниця температури повітря на висоті 2,0 над h_{zn} значно менше і становить о 13 г 0,7 ºС, а у вечірні години і вночі має зворотний знак. Із зростанням фітомаси температура повітря в полі стає нижчою, ніж на метеорологічному майданчику. В добовому ході ΔT_{zn} та $\Delta T_{2,0\ zn}$ чітко прослідкується перехід T_{zn} через 0. Строки переходу залежать від величин M_c та відносної площі листя L.

Це дозволяє зробити висновок, що зміни термічного режиму приземного шару повітря під впливом рослинного покриву спостерігаються і добовому ході і по мірі розвитку рослин.

Для характеристики температурного поля приземного шару повітря використовується поняття стрибок температури ґрунт – повітря:

$$\Delta T_n = T_г - T_{2,0}\,, \tag{4}$$

де $T_г$ і $T_{2,0}$ – температура поверхні ґрунту і температура повітря на висоті 2,0 м.

Дослідження показали, що в продовж доби спостерігається зміна коливань ΔT_n. Найбільше значення ΔT_n спостерігаються на початку періоду розвитку овочевих культур, один – два тижні після висаджування розсади у ґрунт, біля полудня, коли ΔT_n змінюється від 0,8 до 28,9 ºС.

У подальшому, коли рослини підростають і стають більш розвинені діапазон коливань $\Delta T_{пм}$ і його найбільш імовірні значення зменшуються в залежності від накопиченої фіто маси. В період технічної стиглості рослин, при найбільшій фіто масі діапазон коливань $\Delta T_{пм}$ о 13 г в порівнянні з метеорологічним майданчиком зменшується у 3 рази на полях баклажанами, солодким перцем та томатами. Такі зміни $\Delta T_{пм}$ в

процесі розвитку рослин свідчать про значний вплив рослинності на термічний режим приземного шару.

Величина стрибків $\Delta T_{пм}$ також залежить від приходу сонячної радіації і від вологості ґрунту (табл. 2).

Головним чинником зміни динаміки добового ходу показників термічного режиму посівів є денний хід *Q*, який визначається широтою місця, похилом сонця, наявністю хмар та прозорістю атмосфери.

В умовах змінної хмарності на механізм формування термічного режиму в посівах в значній мірі будуть впливати випадкові коливання сумарної радіації і елементів термічного режиму, які викликатимуться мінливістю хмарності та густотою посівів.

В табл. 3 представлені показники гідрометеорологічного режиму в посівах овочевих культур в дні настання основних фаз розвитку при різній густоті посівів. Аналіз розрахунків показав, найбільше на температуру поверхні ґрунту впливає густота посівів. При густоті 80 тис. рослин/га різниця становить 7,3 ºС.

2. Залежність стрибків температури ґрунт – повітря на метеорологічному майданчику ($\Delta T_{пм}$, ºС) від приходу сумарної радіації і вологості ґрунту $W_{0\text{-}20}$ = 30–50 мм

Строки спосте-режень, г	Сумарна радіація, Вт/м^2												
	70	140	210	280	350	420	490	560	630	700	770	850	920
7	1,9	2,3	2,5	2,9	3,5	4,0	-	-	-	-	-	-	-
10	2,4	3,6	5,6	7,4	10,2	12,1	13,5	14,9	16,2	17,5	18,4	19,3	-
13	-	-	7,3	9,3	11,0	13,4	15,6	17,8	19,2	20,4	20,5	20,9	21,7
16	3,9	6,0	7,3	9,2	11,1	13,0	15,1	17,8	-	-	-	-	-
19	1,9	3,0	3,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Джерело: авторські дослідження.

Водний режим посівів овочевих культур. Всі овочеві культури відзначаються підвищеними вимогами до забезпечення вологою. На більшій частині території України (степова і лісостепова зони) баклажани, капуста, огірки, солодкий перець і томати вирощуються переважно на зрошуваних полях. Водоспоживання рослин це кількість води, яка витрачається посівами за вегетаційний період. На величину водоспоживання рослин впливають біологічні особливості рослин, гідрометеорологічний режим впродовж вегетації та типи ґрунтів. Існуючі методи врахування гідрометеорологічних факторів при встановленні потреб рослин у воді засновуються переважно на врахуванні випаровуваності, яка розраховується за формулами з використанням стандартної метеорологічної інформації.

Дослідженнями [692] започаткований розвиток біокліматичних методів розрахунку випаровування і випаровуваності, в основі яких лежить визначення потреби рослин у воді, її мінливості під впливом погодних умов та стану рослин, а також визначення оптимального

водного режиму. Потреба рослин у воді розглядається як біологічна категорія, котра залежить від географічного положення місця, біологічних особливостей кожної культури і метеорологічних умов.

3. Гідрометеорологічний режим на полях з овочевими культурами за різної густоти посівів 50 тис. рослин/га (1), 80 тис. рослин/га (2) в період цвітіння

Культура	Тп	R	ΔT	ΔL	Тг	T_{10}
Баклажани						
(1)	23,1	20	1,5	1,0	45,6	25,8
(2)	22,9	21	1.1	1,1	26,0	24,0
Солодкий перець						
(1)	23,3	20	1,5	0,9	47,0	25,9
(2)	23,0	22	0,8	1,0	27,2	24,7
Томати						
(1)	23,4	20	1,5	0,6	24,6	24,8
(2)	23,2	20	1,2	0,8	24,0	23,3

Примітка: $T_п$ – температура повітря, R – найменша вологість повітря, $T_г$, T_{10} – температура ґрунту, ΔT, ΔL – градієнти температури і вологості повітря.

Джерело: авторські дослідження.

Витрати води в польових умовах на сумарне випаровування *E* при безперебійному надходженні води до коріння розглядається як волого потреба рослин. Водний режим ґрунту вважається оптимальним, якщо кількість вологи в ґрунті знаходиться в інтервалі 70–80 % найменшої волого місткості (НВ).

Водоспоживання рослин прирівнюється до сумарного випаровування *E*, яке складається із транспірації рослин E_m та випаровування із поверхні ґрунту $E_г$. Для врахування біологічних особливостей рослин С. М. Алпатьєвим введено поняття біологічної кривої водоспоживання. Були розраховані подекадні значення біологічних кривих баклажанів, солодкого перцю і томатів, Порівняння їх показало, що різниця між ними не перевищує 0,1 в період максимального розвитку надземної маси.

Тому при розрахунках доцільно користуватись значеннями одними і тими ж значеннями К для цих культур.

Найбільші значення біологічної кривої для овочевих культур спостерігаються в період максимального накопичення рослинної маси, тобто в період від початку цвітіння до першого збору плодів.

Приведені до однакових погодних умов та оптимальних запасів вологи у ґрунті біологічні криві є стійкою характеристикою впливу біологічних особливостей рослин на їх водоспоживання. По між фазних періодах значення коефіцієнтів біологічної кривої становить: від висаджування розсади у ґрунт до цвітіння – 0,65; від цвітіння до технічної стиглості – 0,75; через дві декади після настання фази технічної стиглості – 0,68, далі до кінця вегетації – 0,56.

Була розрахована випаровуваність на полях кожної культури і вона становила в середньому: для баклажанів від висаджування розсади в ґрунт до цвітіння 180 мм, від цвітіння до технічної стиглості 138 мм, від технічної стиглості до припинення вегетації 270 мм; солодкого перцю – 188, 145, 272 мм; для томатів – 180, 140, 269 мм.

Інтенсивність випаровування залежить Q, W, $T_{рп}$ та площі зрошуваної ділянки [693]. При зменшенні площі ділянок інтенсивність випаровування зростає. Залежність E від Q та L для баклажанів представлена на рис. 2.

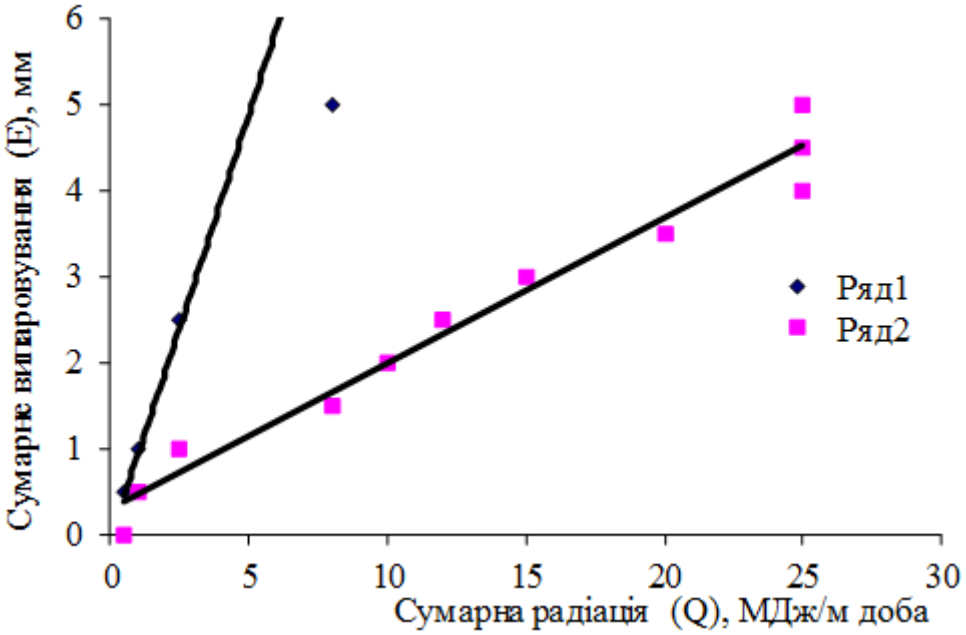


Рис. 1. Залежність інтенсивності сумарного випаровування баклажанів від сумарної радіації при різних значення відносної площі листя

Джерело: авторські розробки.

Залежності побудовані при запасах продуктивної вологи у шарі 0–50 см 50–70 мм. Із рис. 1 видно, що при всіх значеннях відносної площі листя залежність випаровування від сумарної радіації прямолінійна. Такі ж залежності спостерігаються на полях солодкого перцю, томатів і огірків. Такі залежності дають змогу розраховувати сумарне випаровування за даними сумарної радіації і площі листя. Врахування таких факторів як відносна площа листя та сумарна радіація підвищить точність розрахунків сумарного випаровування. Крім того, можливість розрахунків сумарного випаровування через відносну площу листя та сумарну радіацію, дає змогу включати їх в модель формування продуктивного процесу рослин [694].

[693] Константинов А. Р. Зависимость интенсивности испарения от размера площади испаряющей поверхности. *Труды Укр НИГМИ.* 1969. Вып. 84. С. 131–142.

[694] Полевой А. Н. Методы оценки агрометеорологических условий формирования продуктивности и прогнозирования урожайности сельскохозяйственных культур в Украине. *Гідрометеорологія і охорона*

Сумарне випаровування, як основна витратна складова теплового балансу зрошуваних сільськогосподарських полів, формується під впливом різних факторів: гідрогеологічних, біологічних, метеорологічних, ґрунтових, господарської діяльності людини.

Систематичні спостереження за сумарним випаровуванням дозволили виявити закономірності його зміни в динаміці розвитку овочевих культур протягом вегетаційного періоду.

Максимальні добові величини сумарного випаровування спостерігаються в період від цвітіння до технічної стиглості у всіх даних культур у зв'язку з найбільшою кількістю рослинної маси, що нагромадилася, і підвищеним температурним режимом (табл. 3). Найбільша кількість споживаної води за вегетаційний період доводиться на частку солодкого перцю, якнайменше – на частку томатів. Порівняння величин сумарного випаровування з полів овочевих культур до поливу і після поливу показує, що величина сумарного випаровування до поливу в два, два з половиною разу нижче, ніж після поливу. Потім ефект зрошування згладжується і величина сумарного випаровування через 6–7 днів досягає значень до поливу. До моменту максимального розвитку надземної маси рослин (фаза технічної стиглості) такого згладжування не спостерігається у наслідок збільшення транспірації рослин і зменшення випаровування з поверхні ґрунту через збільшення її затінювання. Таке співвідношення величини сумарного випаровування зберігається до кінця вегетаційного періоду.

Встановлено, що найбільша кількість споживаної води за вегетаційний період доводиться на частку солодкого перцю, якнайменше – на частку томатів. Величина випаровування і зміна запасів вологи під овочевими культурами функція багатьох процесів. Динаміка цих величин залежить від кількості опадів, норм поливів та розподілу їх в часі, температури повітря, міри розвитку коріння рослин. Основна маса коріння овочевих культур розташована у верхньому шарі ґрунту до глибини 60 см.

Висновки. Багаторічні дослідження гідрометеорологічного режиму зрошуваних полів овочевих культур дозволили виявити закономірності його формування в умовах зрошення та оцінити вплив агрометеорологічних факторів на формування врожаю цих культур.

Встановлені закономірності формування термічного режиму, вологості повітря і ґрунту в посівах зрошуваних овочевих культур дають можливість більш повно та надійно враховувати вплив цих елементів на ріст і розвиток рослин, оцінювати умови їх вирощування та впливати на них за допомогою різних агротехнічних заходів. Дослідження також дозволяють використати результати для побудови спрощеної моделі радіаційного режиму посівів овочевих культур для вирішення задач програмування урожаю.

навколишнього середовища – 2002 : Доповіді до ювілейної міжнар. конф., присвяч. 70-ти річчю утворення Одеського державного екологічного університету, ч. 1. Одеса, 2003. С. 13–18.

6.2. Розв'язання проблеми переробки сільськогосподарської продукції у забезпеченні продовольчої безпеки населення

Пузир Т. М., Ященко Л. Д., Алєксов О. П.
Відокремлений структурний підрозділ «Боярський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України»

Одним з основних і найскладніших стратегічних завдань аграрної реформи в Україні є поступове переведення національного АПК на екологічно безпечний шлях розвитку, виробництво конкурентоспроможної та екологічно чистої сільськогосподарської продукції та розв'язання на цій основі першочергових соціально-економічних і екологічних проблем. Екологічні проблеми сучасного етапу економічного розвитку України набувають усе більшого загострення й актуальності. Нині гостро стоїть питання реорганізації екологічної політики як держави в цілому, так і АПК зокрема. Екологічна політика має чітко визначити стратегію і тактику удосконалення взаємовідносин суспільства, агровиробництва і природи, які тісно пов'язані між собою, оптимального єднання екологічних і економічних критеріїв розвитку виробничих сил і функціонування територіально-виробничих комплексів, усіх сфер економіки.

Особливу роль в АПК відіграє продовольчий комплекс, який забезпечує населення продуктами харчування. До складу якого входять галузі з виробництва продовольчої продукції: зерновий, продуктовий, картоплепродуктовий, цукробуряковий, плодоовочевоконсервний, виноградно-виробничий, м'ясний, молочний, олійно-жировий підкомплекси.

Важливим підрозділом продовольчого комплексу є галузі з переробки сільськогосподарської продукції та сировини, а саме: переробні підприємства, розміщені в сировинних зонах і в районах споживання готової продукції та переробні цехи в самих сільськогосподарських підприємствах [695].

До спеціалізованих переробних комплексів та підприємств АПК належать [690]:

– зернопромислові (хлібопекарні, макаронні, круп'яні, борошномельні, комбікормові, кондитерські;
– цукрові;
– олійножирові;
– плодоовочеконсервні;
– виноградарські;
– молокомаслосироробні;
– м'ясопереробні;

[695] Технологія зберігання і переробки сільськогосподарської продукції : навч. посіб. / Н. О. Ситнікова, К. Ф. Фоміна, Л. І. Дудник, та ін. Київ, 2008. 304 с.

– птахопромислові;

– пивоварні та безалкогольних напоїв;

– льонопромислові;

– приміські (малотранспортабельної продукції – овочі, свіже і дієтичне м’ясо, незбиране молоко).

У сферах виробництва, зберігання, переробки і реалізації продукції першочергове значення має якість і конкурентоспроможність продукції.

Якість продукції – це сукупність властивостей і характеристик, що зумовлюють спроможність даної продукції задовольняти потреби споживача згідно з її цільовим призначенням.

Сільськогосподарська продукція має таке цільове призначення:

– продукція кінцевого споживання (свіжі овочі, фрукти, ягоди, незбиране молоко);

– проміжна продукція, яка призначена для виробничих потреб (насіння, посадковий матеріал, корми);

– сільськогосподарська сировина (цукрові буряки, значна частина зерна, картоплі, соняшник, льон).

До основних біологічних показників, які характеризують придатність продукції до споживання в їжу за вмістом необхідних поживних речовин, зовнішнім виглядом відносять [690]:

технологічність – це властивості продукції, необхідні для промислової потреби або наступного виробничого використання (схожість, сортова чистота, вологість насіння зернових);

транспортабельність – ступінь її придатності до перевезення і до вантажно-розвантажувальних робіт відповідними способами і засобами;

надійність – придатність продукції до збереження біологічних і ряду технологічних показників якості при її зберіганні та транспортуванні;

екологічність – це екологічна чистота продукції та її придатність до споживання в їжу людьми або годівлі тварин (вміст радіонуклідів, нітратів);

безпечність характеризує сутність безпеки працівників у процесі виробництва і використання продукції;

естетичність характеризує товарний вигляд продукції.

За територією Україна є найбільшою країною Європи, а за якісним складом та біопродуктивністю земельних угідь є однією з найбагатших держав світу. В Україні зосереджена значна частина (8 %) світових запасів чорноземних та інших найродючіших різновидів ґрунтів. Забезпеченість основних галузей господарства земельними ресурсами в 3–4 рази вища ніж у західноєвропейських країнах.

Сільськогосподарські угіддя займають 69,3 % території України, орні землі в їх складі – 78,1 і 54,1 % від загальної площі України знаходиться у виробників товарної землеробської продукції Екологобезпечне використання сільськогосподарських земель необхідно

розглядати як першооснову розвитку суспільства в цілому з метою попередження екологічної кризи.

Вирощування екологічно чистої продукції – досить складний і трудомісткий процес, який неможливий без внесення органічних добрив. Поряд з цим потрібна належна сівозміна культур; використання рослинних решток, бобових рослин і рослинних добрив, органічних відходів виробництва мінеральної сировини, вчасна боротьба з бур'янами та різноманітними шкідниками з метою підвищення родючості й поліпшення структури ґрунтів.

Щодо терміну «екологічно чиста продукція», то міжнародна організація «Глобальна мережа екологічного маркування» (Global Ecolabelling Network GEN), яка об'єднує 36 країн, включаючи Україну, тлумачить його так: екологічно чистою є продукція, безпечна для здоров'я людини та довкілля.

В умовах ринкових відносин якість завжди розглядається з позиції споживача продукції. Задоволення його інтересів, що включають побажання і всезростаючі запити населення та організацій у сфері споживання продукції, можливе лише за умови взаємодії з боку виробників продукції і суспільства. Підвищення якості сільськогосподарської продукції і продовольства є стратегічним завданням, що вимагає розроблення національної політики в цій галузі [696].

В наш час немає продукції більш соціально значимої ніж продукти харчування, і однією з важливіших прерогатив соціально-економічної політики держави є стабілізація продовольчого ринку. Для успішного розв'язання поставлених завдань необхідна реалізація системи заходів у галузі поліпшення якості і забезпечення безпеки сільськогосподарської продукції і продовольства.

Найважливішою складовою агропромислового комплексу є зернова галузь, що визначає основу економічної безпеки країни. Зернове виробництво займає провідне місце в структурі аграрного сектору економіки України. Від рівня ефективності його розвитку залежить добробут населення, гарантування національної продовольчої безпеки, експортні можливості країни.

Зернове виробництво – це галузь, продукція якої завжди була, є і буде одним з найважливіших джерел багатства будь-якої держави. У світовому землеробстві зернові культури постійно домінували, а зерно й нині залишається найважливішим і стратегічним продуктом сільського господарства [697, с. 81].

Природно-кліматичні умови та родючі землі України сприяють вирощуванню всіх зернових культур і дають змогу отримувати

[696] Економіка світового сільського господарства : підруч. / за ред. В. П. Галушко, В. К. Берегового. Київ : ЗАТ «Нічлава», ТОВ ЦТІ «Енергетика та електрифікація», 2011. 1000 с.

[697] Кириленко І. Г. Формування зернового ринку в Україні: стратегія розвитку. *Економіка АПК*. 2009. № 9. С. 79–84.

високоякісне продовольче зерно в обсягах, достатніх для забезпечення внутрішніх потреб і формування експортного потенціалу.

Ринок зерна являє собою систему товарно-грошових відносин, що виникають між його суб'єктами в процесі виробництва, зберігання, торгівлі та використання зерна, на засадах вільної конкуренції, вільного вибору напрямів реалізації зерна та визначенні цін, а також державного контролю за його якістю та зберіганням [698, с. 62].

Технологія зберігання і переробки зерна передбачає: зберігання зерна та насіння на елеваторах і складах, перероблення зерна в борошно на борошномельних заводах в крупи на круп'яних підприємствах та в комбікорми на комбікормових заводах.

В Україні пшеницю вважають однією з головних продовольчих культур. Із неї виготовляють цінний та культовий продукт для українців – хліб. Якість хлібобулочних виробів визначає склад зернини. Серед інших зернових озима пшениця містить найвищий показник білка, який досягає до 15 % залежно від технології виробництва та сорту. Крім того, зерно багате на вуглеводи та інші важливі мікроелементи.

Сировиною для виробництва борошна є пшениця та жито.

Одержують борошно також із кукурудзи, ячменю та вівса під час переробки їх на крупу.

В Україні налічується близько 200 млинів, які можуть виготовляти 7–8 млн т борошна щорічно.

Нині будують мінімлини продуктивністю десятки тон на добу. Вихід борошна визначається складом анатомічних частин зернини. Наприклад, пшениця містить в середньому 82,5 % крохмалистої частки, тобто теоретичний вихід борошна, що відповідає за якістю вищому сорту, становить також 82,5 % [690].

Виробничий процес переробки зерна на борошно у великих державних борошномельних заводах і сільськогосподарських млинах залежить від: якості зерна, яке надходить на переробку; ступеня досконалості технологічного процесу; стану технологічного обладнання; кваліфікації кадрів.

Для виробництва хлібопекарського борошна в основному використовують пшеницю м'яких сортів, яка в свою чергу поділяється умовно на сильну, середню та слабку. Клейковина сильних пшениць еластична та пружна, і такі пшениці використовують як поліпшувачі до слабких пшениць, борошно яких для випікання хліба самостійно не використовують, оскільки їх клейковина нестійка. Борошно середніх за якістю пшениць для випікання хліба може бути використано без поліпшувачів. Борошно слабких пшениць самостійно використовується для випікання кондитерських виробів (печиво, бісквіти, торги). Пшениця твердих

[698] Худолій Л. М. Розвиток ринку зерна в Україні. *Економіка АПК*. 1997. № 9. С. 59–66.

сортів використовується, головним чином, для вироблення макаронного борошна, з якого готують макарони, лапшу, галушки, вареники [690].

Борошномельні властивості зерна виявляються в процесі переробки на борошно і визначаються загальним виходом борошна і його якістю. Виходом називають кількість борошна, виробленого із зерна в результаті помелу. Вихід виражають у відсотках до маси переробленого зерна. Так, може бути 100 %-й вихід (практично 99,5 %-й), коли все зерно перетворене на борошно, воно неоднорідне за розмірами часточок, до складу яких входить ендосперм з оболонками.

Технологія виробництва борошна складається з: очищення зерна і його підготовки до помелу в зерноочисному; переробки зерна на борошно в розмельному відділеннях. У розмельному відділенні борошномельного заводу із зернової маси видаляють органічні і неорганічні домішки за допомогою сепараторів, аспіраторів, кукіле- та вівсюговідбірних машин, магнітних сепараторів; очищають поверхню зерна від пилу і бруду, видаляють борідку, оболонки і зародок, використовуючи для цього оббивні машини з абразивними та стальними циліндрами, а також щіткові й мийні машини.

Після очищення другою важливою операцією підготовки зерна до помелу є його кондиціювання. Розрізняють холодне і гаряче кондиціювання зерна. Найпоширенішим способом гідротермічної обробки (ГТО) є холодне кондиціювання, яке ділиться на два види: без підігрівання зерна і води та з підігріванням зерна і води [699].

Після ГТО зерно змішують за певною рецептурою – складають помельні суміші. Далі зерно через магнітні сепаратори надходить у розмельне відділення. У борошномельному виробництві помелом називають сукупність зв’язаних між собою технологічних операцій з переробки зерна на борошно, під час яких намагаються повністю добути із зерна ендосперм у вигляді борошна або подрібнити на борошно все зерно. Основними принципами помельного процесу є: безперервність, послідовність і паралельність ведення технологічних операцій. Помели бувають разові і повторювальні (прості і складні). Сортове борошно можна отримати лише за повторювальних помелів, просте – під час разових.

Поряд з оцінкою сортів борошна за зольністю і крупністю широко використовують оцінку якості борошна за білизною, що визначається на фотоелектричному приладі.

Колір борошна може бути: білий та сіруватий, кремовий, жовтий. Норми білизни пшеничного хлібопекарського борошна складають: вищого сорту – 20–27 ум. од., 1-го сорту – 37–45 ум. од., 2-го сорту – 68–75 ум. од. шкали приладу [690].

---

[699] Подпрятов Г. І., Рожко В. І., Скалецька Л. Ф. Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва : підруч. Київ : Аграрна освіта, 2014. 393 с.

Технологічні властивості зерна круп'яних культур поділяють на три групи: загального стану, круп'яних властивостей і споживчої якості крупи. До показників, які характеризують загальний стан зерна, регламентують його якість для переробки належать: колір і запах зерна; наявність смітних і зернових домішок; вологість зерна. Для круп'яного зерна важливими є такі показники, як: плівчастість, однорідність за типовим та сортовим складом, крупність та вирівняність [694].

Основною метою круп'яного виробництва є відокремлення ядер круп'яних культур від оболонок. Різні форми та міцність зв'язків оболонок з ядром вимагають певних особливостей технологічних процесів переробки зерна на крупу для кожного виду сировини [690].

У більшості крупів міститься від 1 до 1,5 % жирів, у гречаних і пшоні – до 3 %, у вівсяних – понад 6 %. При зберіганні жири крупів швидко окислюються. Крупи багаті на вуглеводи, особливо на крохмаль. Вміст цієї речовини складає 75–80 % загальної кількості сухих речовин і 9 5–96 % кількості вуглеводів.

Залежно від виду круп'яної культури, крупи поділяють на види (пшеничні, ячмінні, вівсяні, кукурудзяні, рисові, гречані та ін.), а від технології виготовлення на різновиди, номери, сорти. До технологічних операцій, які впливають на формування асортименту крупів належать: термічна обробка (звичайні, із скороченим часом варіння, швидкорозварювані і такі, що не потребують варіння), цілісні ядра (неподрібнені, подрібнені, плющені), спосіб обробки поверхні (нешліфовані; шліфовані), крупності (номери), вміст доброякісного ядра і домішок (сорти) [690].

Хліб є одним із основних продуктів харчування людини. Цінність хліба полягає в тому, що він містить майже всі поживні речовини, необхідні людині. За правильної технології виробництва вся маса хліба (100 %) є їстівною. Майже половину сухих речовин хліба становлять вуглеводи (45–55 %), з яких основним є крохмаль. Залежно від сорту борошна хліб містить 5–8 % білків. За рахунок житнього і пшеничного хліба людина задовольняє свою потребу в білках на 25–30 %, у вуглеводах – на 30–40 % [694].

Важливим показником біологічної цінності хліба є наявність у ньому вітамінів. Хліб – основне джерело вітамінів групи В, РР, Е. З мінеральних речовин у хлібі є фосфор, кальцій, залізо, магній та ін. За вмістом вітамінів і зольних елементів хліб із низькосортного борошна, і особливо оббивного, переважає хліб, випечений із борошна вищих сортів. Хліб відрізняється від багатьох інших продуктів харчування тим, що він добре засвоюється. Висока засвоюваність речовин, що містяться в хлібі, пояснюється тим, що він має пористу, м'яку, еластичну та нелипку м'якушку, в якій знаходяться денатуровані білки, частково клейстеризований і розчинений крохмаль, сильно розм'якшені оболонкові часточки зерна.

Виготовлення хлібобулочних виробів включає такі операції, як: підготовка сировини до виробництва – перемішування, просіювання борошна, розчинення масла, дріжджів, розчинення солі у воді, підготовка заквасок, замішування опари; замішування тіста, його бродіння; формування хлібобулочних виробів; вистоювання (ферментація); випікання; охолоджування; нарізання, пакування, підготовка до транспортування.

Макаронні вироби – це висушене пшеничне тісто у формі трубочок, стрічок та різних фігурок. Це один з найбільш поширених продуктів харчування у світі. В Україні середнє споживання макаронів на особу близько до фізіологічної норми і становить 7 кг на рік.

Сорти макаронних виробів вищий, перший та другий відповідають сорту борошна, з якого вони виготовлені.

Технологічна схема виробництва макаронних виробів включає такі етапи: формування сировинної бази, заміс тіста для макаронів, формування і стиснення (пресування), розрізання на окремі частини готової макаронної стрічки, сушіння і охолодження, контроль якості та пакування.

Отже, першочергове завдання держави – гарантувати продовольчу безпеку населення. Зернове господарство України є стратегічною і найефективнішою галуззю народного господарства. Зерно і вироблені з нього продукти завжди ліквідні, оскільки становлять основу продовольчої безпеки держави.

Також Україна є одним з найбільших експортерів зерна в Європі. Для утримання позицій на міжнародній арені з продажу зерна, вітчизняним товаровиробникам необхідно постійно вкладати кошти у підвищення ефективності галузі, запроваджувати інноваційні технології з виробництва конкурентоспроможної продукції.

5.3. Шляхи раціонального використання рослинної сільськогосподарської продукції

Снєжкін Ю. Ф., Шапар Р. О., Дмитренко Н. В., Гусарова О. В.
Інститут технічної теплофізики НАН України

Агропромисловий сектор, основою якого є сільське господарство, формує продовольчу, економічну, екологічну та енергетичну безпеку країни, забезпечує розвиток технологічно пов'язаних галузей економіки та створення соціально-економічних умов сільського розвитку і забезпечення промисловості сільськогосподарською сировиною, а населення – високоякісною та безпечною вітчизняною харчовою продукцією, підвищення її конкурентоспроможності на внутрішньому та зовнішньому ринках [700]. Вимоги до безпечності сільськогосподарської

[700] Про схвалення Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». URL : https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text (дата звернення: 15.03.2019).

продукції займають пріоритетну позицію, оскільки саме безпека продовольчої сировини і харчових продуктів є одним з основних чинників, що впливають і визначають здоров'я людини.

Економічно обґрунтоване становлення України на міжнародному ринку як агровиробника потребує створення надійних механізмів перероблення сільськогосподарської сировини і доведення її до споживчої кондиції. Розповсюдженим процесом у технологіях збереження і перероблення сільськогосподарської сировини є сушіння.

Сушіння – складний енергоємний процес, що супроводжується значними витратами енергії на випаровування вологи, яка у вигляді водяної пари надходить у навколишнє середовище і відноситься до парникових газів. Враховуючи, що витрати енергоресурсів на процеси зневоднення у промисловості України (рис. 1, [701]) дорівнюють 6,0…6,5 млн т. у. п., у тому числі в агропромисловому секторі – 1,2 млн т. у. п (15...20 % від загальних витрат), то сумарний об’єм водяної пари, що викидається у довкілля оцінюється майже у 17 млн тон. Зниження енерговитрат під час зневоднення та скорочення викидів у навколишнє середовище поєднуються в одне завдання – оптимізацію технологічних процесів, оновлення та модернізацію теплоенергетичного обладнання.

У східно-південних районах нашої країни традиційно вирощують плоди дині. При цьому, кожного року аграрії стикаються з проблемою накопичення так званих «відходів» у вигляді м’якоті, що залишається після видалення насіння, а також нестандартної та своєчасно нереалізованої продукції (від 25 до 40 %), які є джерелом органічного і мікробного забруднення довкілля.

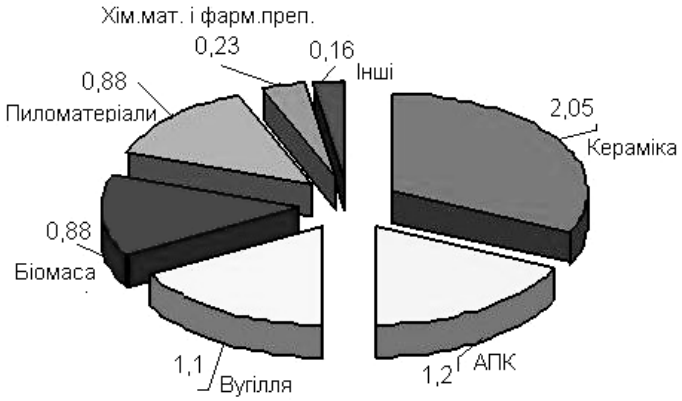


Рис. 1. Витрати енергії на сушіння в галузях України (млн т. у. п.)
Джерело: авторська розробка.

Сучасний рівень технологій комплексного перероблення рослинної сільськогосподарської продукції дає змогу раціонально використовувати всі складові частини плодів дині (рис. 2) шляхом отримання цільових компонентів і харчових продуктів, у тому числі сушених, забезпечуючи тим самим збільшення загальних харчових ресурсів країни.

[701] Снєжкін Ю. Ф., Шапар Р. О. Енергоефективне обладнання для зневоднення термолабільних матеріалів. *Теплофізика та теплоенергетика*. 2020. Т. 42. № 2. С. 5–17. doi: 10.31472/ttpe.2.2020.1

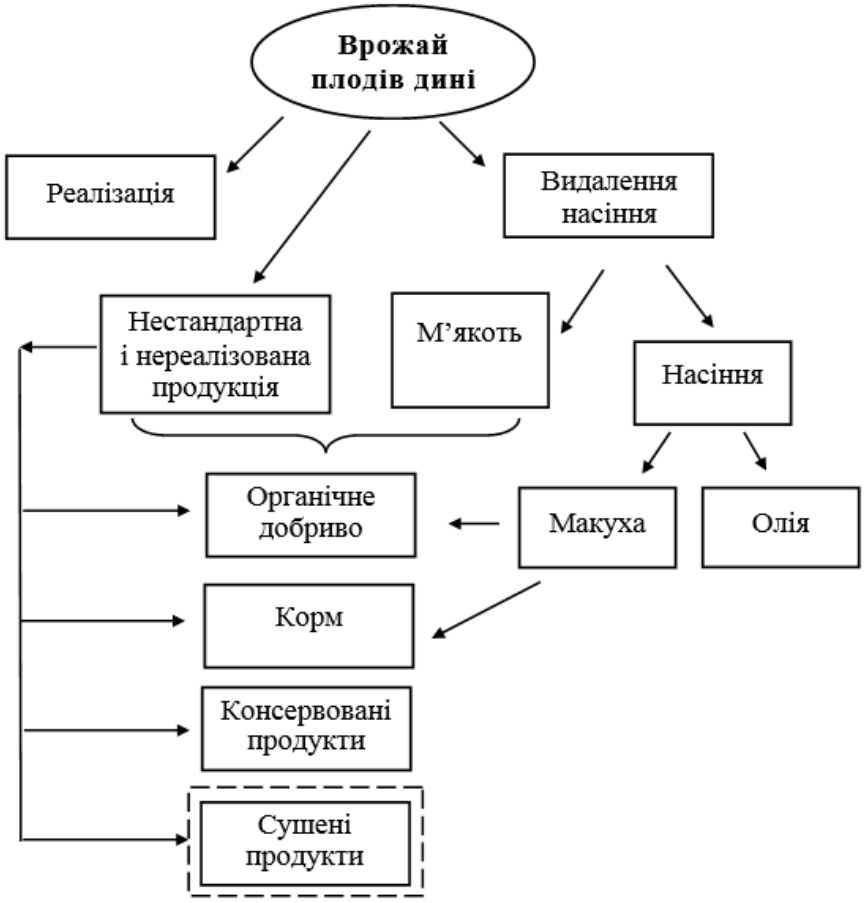


Рис. 2. Схема комплексного перероблення плодів дині

Джерело: авторська розробка.

М'якоть дині є суттєвою та цінною для нашого споживання частиною плоду завдяки своєму унікальному складу (табл. 1).

1. Середній хімічний склад плодів дині

Найменування показників	Значення
Цукри, % на сиру масу	9…18
Ди – та моноцукри, % до загальної кількості цукрів сахароза глюкоза фруктоза	 42,5 25,3 32,2
Пектинові речовини, % на сиру масу	0,4…0,6
Органічні кислоти, у перерахунку на переважну кислотність	0,08…0,2
Вітаміни, мг/% С каротиноїди	 20…40 0,6…0,8
Мінеральні речовини (зола), % на сиру масу	0,4…0,7
Вода, % на сиру масу	82…92
Клітковина, % на сиру масу	0,4…0,9

Джерело: дані [702, 703].

[702] Скурихина И. М., Волгарева М. Н. Химический состав пищевых продуктов: справ. таблицы. Кн. 2. Москва : Агропромиздат, 1987. 360 с.

[703] Диня: хімічний склад, калорійність, корисні властивості. URL : https://dovidka.biz.ua/dinya-himichniy-sklad-kaloriynist-korisni-vlastivosti (дата звернення: 07.05.2021).

Цукри в дині представлені глюкозою, фруктозою і сахарозою. Харчова цінність дині посилюється наявністю вітамінів, у тому числі каротиноїдів, фолієвої та нікотинової кислот, мінеральних речовин, зокрема солей заліза, ароматичних сполук, завдяки чому її споживання рекомендовано для профілактики при атеросклерозі для покращання кровотворення і нормального перебігу окислювальних процесів.

Як об'єкт сушіння диня – колоїдний капілярно-пористий матеріал, що складається з різних за своєю структурою і складом частин. Вона має ніжну м'якоть, шкірку різного кольору та товщини, насіннєве гніздо з насінням у жорсткій оболонці. М'якоть побудована з крупних паренхімних клітин з міжклітинними проміжками. Кожна клітина оточена тонкою клітинною оболонкою всередині якої є протоплазма, а вакуолі заповнені клітинним соком з розчиненими речовинами: цукрами, розчинними формами пектинів і вітамінів, азотистими речовинами, кислотами, ферментами, мінеральними солями.

Технологія одержання сушеної дині допускає різні способи сушіння. Так, відповідно до [704] диню миють, очищують від шкірочки, видаляють насіння, нарізають, розкладають на піддони і зневоднюють сонячно-повітряним способом. Але, сезонність виробництва і несприятливі погодні умови та довготривалість процесу сушіння, а також можливість бактеріологічного обсіменіння зневоднюваного матеріалу, стримує використання такого методу.

Спосіб виробництва харчового продукту [705] передбачає видалення насіння, нарізання на скибочки, насичення вуглеводами за температури 35 °С у рідкій фазі із вмістом сухих речовин 50…60 % по масі до досягнення вмісту сухих речовин у сировині близько 35 % по масі, сушіння під вакуумом за температури не більше 40 °С до залишкової вологості 12 %. Сировину насичують вуглеводами: яблучним концентратом, консервантом (наприклад йодкрохмалем модіфікованим) і/або антиоксидантом (наприклад аскорбіновою кислотою).

Сушена диня, одержана у такий спосіб, втрачає свою природність, набуває смаку плодової чи ягідної рідкої фази, має високу собівартість за рахунок використання дорогого вакуумного сушильного обладнання, плодів чи ягід для приготування сиропу або соку і домішок, якими є антиоксиданти, консерванти, здебільшого штучного походження.

Відповідно до [706] плоди дині миють, нарізають, проводять конвективне сушіння до проміжної вологості, витримують під тиском при нагріванні до температури не нижчої за 100 °С, скидають тиск до

---

[704] Санникова Т. А. Научные основы ресурсосберегающей безотходной технологии возделывания дыни : автореферат дис. д. т. н. Астрахань : АГУ, 2009. 56 с. URL : http://rudocs.exdat.com/docs/index-326549.html (дата звернення: 07.03.2013 р.).

[705] Способ производства пищевого продукта из овощей: пат. 2287298 Российская Федерация: МПК A23L 1/212, A23B 7/02. № 2005101484/13; заявл. 25.01.2005; опубл. 20.11.2006. Бюл. № 19. 4 с.

[706] Способ производства пищевого продукта из дыни: пат. 2409264 Российская Федерация: МПК A23L 1/212. № 2009138522/13; заявл. 21.10.2009; опубл. 20.01.2011. Бюл. № 2. 3 с.

атмосферного, досушують у полі НВЧ до досягнення вмісту сухих речовин не менше 85 %, вносять смакові домішки: цукор, прянощі.

Одержана сушена диня має підвищену калорійність за рахунок внесення цукру, набуває смаку та аромату доданих прянощів. Використання прянощів іноземного виробництва підвищує собівартість кінцевого продукту. Застосування високоенергетичного НВЧ обладнання для досушування є неефективним, оскільки при його використанні нерівномірно прогрівається зневоднюваний матеріал через що спостерігається руйнування цінних термолабільних речовин.

Автори [707] провели дослідження щодо впливу попередньої обробки скибочок дині завтовшки 5 мм ультразвуком на тривалість зневоднення та якісні показники готового продукту під час двоетапного сушіння за температури від 60 до 80 ºС.

За результатами досліджень показана доцільність застосування ультразвукової попередньої обробки сировини.

Зазначене вище доводить, що основними вимогами, що пред'являються до процесу сушіння плодів дині, як і будь-якої іншої сільськогосподарської продукції, є інтенсивність, економічність, забезпечення максимально повного збереження природних компонентів вихідної сировини.

Експериментально встановлено, що зміна хімічних, біологічних і структурних властивостей рослинних тканин під час сушіння може впливати на співвідношення вільної та зв’язаної води в них та теплоту зневоднення і залежить від тривалості, температурного рівня та інтенсивності теплової обробки. Фактором, що лімітує технологічні параметри сушіння, є максимально допустима температура зневоднювального матеріалу. Теплотехнологічні фактори процесу сушіння впливають на тканини дині певним чином. Наявність у сировині термолабільних речовин робить плоди дині чутливими до впливу високих температур і обмежує температурний рівень процесу сушіння та можливість його прискорення завдяки підвищенню температури сушіння. Через довготривалість теплового впливу на зневоднюваний матеріал чиняться такі негативні явища, як карамелізація цукрів, утворення меланоїдинових сполук, руйнування вітамінного складу тощо, уникнення яких досягається сушінням дині в режимі конвективно-конденсаційного зневоднення [708]. В міру видалення вологи з паренхімних тканин дині збільшується концентрація цукрів у клітинному соку, внаслідок чого також сповільнюється процес сушіння і зростають витрати теплоти на зневоднення.

---

[707] Hajimirza S., Sharifi A. Effect of two-step drying and ultrasound pretreatment on physicochemical properties of cantaloupe slices. *Iranian Journal of Food Science and Technology.* 2022. Vol. 18, Issue 119. P. 183–192. doi: 10.52547/fsct.18.119.183

[708] Снежкин Ю. Ф., Шапарь Р. А., Гусарова Е. В. Энергоэффективный конвективно-конденсационный метод сушки в технологиях производства чипсов. *Повышение эффективности процессов и аппаратов в химической и смежных отраслях промышленности* : труды межд. наук.-техн. конф. посвященной 105-летию со дня рождения А. Н. Плановского (8–9 сентября 2016). Т. 2. Москва, 2016. С. 45–47.

Відомо, що збільшення концентрації сахарози у водному розчині призводить до зниження ступеня її гідратації [709, 710, 711], і ступінь її гідратації дещо залежить від температури [712]. Від концентрації водного розчину залежить і ступень гідратації фруктози та глюкози. Експериментальні данні свідчать про значне зменшення питомого вмісту гідратної (зв'язаної) води при збільшенні концентрації водного розчину цукрів з самого початку випаровування (рис. 3). Характер залежності водоутримуючої здатності цукрів від концентрації водних розчинів свідчить про зміну кількості водневих зв'язків між молекулами цукрів та водою по мірі випаровування. Така залежність безпосередньо впливає на водоутримуючу здатність, структурні зміни та процес сушіння цукровмісної рослинної сировини [713].

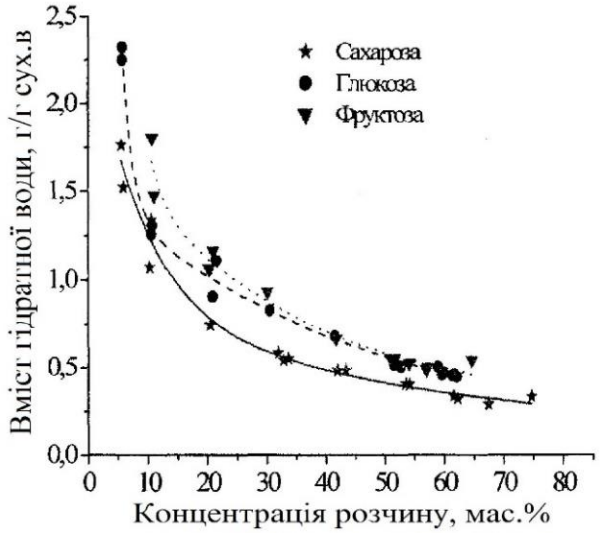


Рис. 3. Залежність питомого вмісту гідратної води у розчинах сахарози, α-*D*-глюкози і *D*-фруктози від концентрації

Джерело: дані [714].

Спроба прояснити особливості зміни гідратаційної здатності сахарози у водному розчині шляхом теоретичного моделювання поведінки системи «вода-сахароза» [715] привели до висновку, що молекула води вставляється між глюкозою-2-О і фруктозою-1-ОН сахарози. Тобто виникає щось типу «містка» з молекули води між

---

[709] Пасынский А. Г. Сольватация неелектролитов и сжимаемость их растворов. *Журнал физической химии.* 1946. Т. 20. № 9. С. 981–994.

[710] Харин С. Е. О водно-сахарных растворах. *Изв. вузов. Пищевая технология*. 1963. № 5. С. 47–51.

[711] Михайлик В. А. Экспериментальное исследование гидратации сахарозы. *Наукові праці ОНАХТ*. 2006. Вип. 28. Т. 2. С. 370–374.

[712] Буравлева В. И., Зубченко А. В., Олейникова А. Я. К вопросу о гидратации сахаров. *Изв. вузов. Пищевая технология*. 1977. № 5. С. 129–131.

[713] Дмитренко Н. В. Вплив розчинних речовин на стан води в рослинних тканинах та кінетику їх сушіння. *Наукові праці ОНАХТ*. 2018. Т. 82. Вип. 1. С. 102–108.

[714] Михайлик В. А. Особенности поведения растворов сахаров при обезвоживании. *Современные энергосберегающие тепловые технологии. СЭТТ–2008* : труды III Межд. науч.-практ. конф. (Москва-Тамбов, 16–20 сент. 2008). Т. 1. С. 240–242.

[715] Lichtenthaler F. W., Pokinskyj P., Immel S. Saccharose als nachwachsender organischer Rohstoff: Neue, selektive Einstiegsreaktionen via Computersimulation ihrer Lösungskonformationen und der Reaktivität ihrer Hydroxylgruppen. *Zuckerind*. 1996. Vol. 121, Issue 3. P. 174–190.

піранозним і фуранозним залишками сахарози. Ця молекула води є єдиною в межах першої гідратної оболонки сахарози, яка з'єднана з сахарозою двічі. Всі інші молекули води пов'язані з сахарозою тільки один раз – з її гідроксилами. Важливим для нас результатом цієї роботи є розуміння, як процесу розчинення сахарози у воді, так і зворотної її кристалізації в ході випаровування розчину. Процес випаровування води з концентрованого розчину сахарози можна уявити як агрегацію молекул сахарози в грона, що йде через заміну молекул води з гідратної оболонки гідроксилами інших молекул сахарози. Наступна кристалізація потребує вільного повороту піранозного залишку сахарози до фуранозного і може статися тільки після усунення молекули води, яка утворила жорсткий «містковий зв'язок». Але видалення молекули води, яка двічі зв’язана з молекулою сахарози та заблокована іншими молекулами сахарози всередині грона, є не такою легкою задачею. Тобто, отримав теоретичне пояснення давно відомий експериментальний факт утворення досить сильно пересичених концентрованих водних розчинів сахарози, що передують процесу її кристалізації чи взагалі унеможливлюють його. На рис. 4 наведено приклад на якому відображено таке утворення пересиченого розчину сахарози, що повністю унеможливило процес її кристалізації за температури випаровування 40 ºС. Натомість, при температурах випаровування 60 та 80 ºС бачимо чіткі піки екзотермічного процесу кристалізації сахарози.

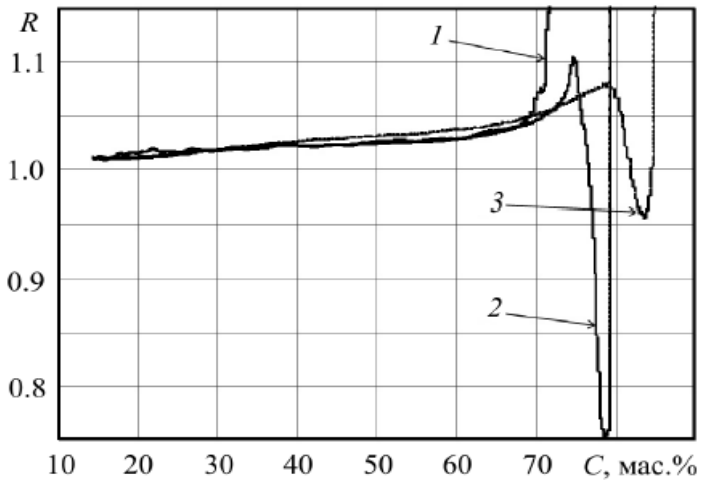


Рис. 4. Криві залежності приведеної питомої теплоти випаровування води з розчинів сахарози від концентрації при температурі випаровування 40 ºС (1), 60 (2) и 80 ºС (3)

Джерело: дані [716].

Для нас важливо, що цукри, які дрібно закристалізувалися всередині висушених тканин, суттєво підвищують органолептичні показники сушеного продукту і термін зберігання.

[716] Mikhailik V. A., Dmitrenko N. V., Snezhkin Y. F. Investigation of the Influence of Hydration on the Heat of Evaporation of Water From Sucrose Solutions. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*. 2019. Vol. 92, Issue 4. P. 916–922. doi: 10.1007/s10891-019-02003-8

При відпрацюванні технологій отримання сушених продуктів з цукристих рослинних тканин не завжди вдається отримати ефект кристалізації цукрів [717]. Зазвичай це залежить від складу цукрів, режимних параметрів сушіння. Тканини дині мають значну кількість фруктози і глюкози, процес кристалізації яких не обтяжено наявністю «місткового зв'язку» через двічі зв'язану молекулу води, як у сахарози. Отже, визначення енергозберігаючих режимів одержання сушеної дині із закристалізованими цукрами є важливим і необхідним завданням.

Як об'єкт дослідження обрано дині сортів Титовка і Валенсія, нарізані на зразки завтовшки 1,5…2,5 мм. Дослідження зміни кількості зв'язаної води в паренхімних тканинах дині під час зневоднення проводили на диференціальному сканувальному мікрокалориметрі ДСМ-2М, встановлення закономірностей конвективного сушіння – на експериментальному стенді з системою автоматичного збору та обробки інформації на основі програми «Sooshka». Дослідження витрат теплоти на випаровування води з плодів дині під час сушіння було проведено на диференціальному мікрокалориметрі випаровування ДМКИ-01.

З результатів дослідів зміни кількості зв'язаної води в паренхімних тканинах дині при зневодненні (рис. 5) випливає, що видалення зв'язаної води з тканин дині розпочинається задовго до настання заключних етапів сушіння.

На підґрунті аналізу результатів цих дослідів, що цілком відповідають літературним даним щодо зміни гідратаційної спроможності цукрів у розчинах (рис. 3) та аналізу хімічного вмісту тканин дині, зроблено висновок, що вже на початкових етапах сушіння відбувається видалення зв'язаної води з клатратних оболонок простих розчинних вуглеводів, які складають ~ 78 % сухих речовин дині [718]. Також, в даному експерименті, спостерігаємо деяке початкове підвищення питомого вмісту зв'язаної води в тканинах дині. В роботі [719] причиною подібного явища під час сушіння термооброблених паренхімних тканинах картоплі називають ентальпійно-ентропійний характер взаємодії води з компонентами сухих речовин – конкурування процесу тепломасообміну з процесом упорядкування-розупорядкування двох фаз матеріалу.

Згідно [720] різка усадка тканин на перших етапах низькотемпературного конвективного сушіння може призводити до зменшення діаметру пор та міжклітинних проміжків. Це «викликає таке зростання питомої кількості води, зв'язаної силами капілярного утримування, яке здатне нівелювати її зменшення через структурну деградацію нерозчинних біополімерів та зменшення кількості їх водоутримуючих центрів».

---

[717] Михайлик В. А., Снєжкін Ю. Ф., Корінчевська Т. В., Горніков Ю. І. Вплив режиму конвективного сушіння на кристалічність порошків з яблук та цукрового буряку. *Промислова теплотехніка*. 2015. Т. 37, № 5. С. 23–37.

[718] Дмитренко Н. В., Шапар Р. О. Конвективне сушіння цукровмісних паренхімних тканин дині. *Наукові праці ОНАХТ*. 2021. Т. 85. Вип. 1. С. 75–81. doi: 10.1673/swonaft.vi1.2073

[719] Гришин М. А., Погожих Н. И., Потапов В. А. Эффект динамического структурирования влаги в процессе сушки. *Промышленная теплотехника*. 2001. Т. 23. №. 4–5. С. 100–105.

[720] Потапов В. А. Кинетика сушки: анализ и управление процессом. Харьков, 2009. 250 с.

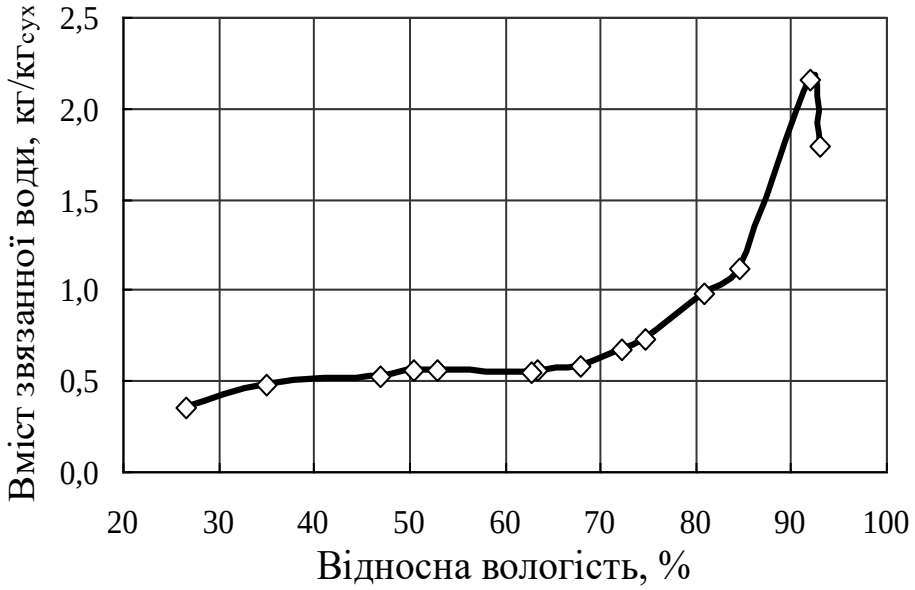


Рис. 5. Залежність питомого вмісту зв'язаної води у паренхімних тканинах дині від вологості

Джерело: авторська розробка.

Припущення, що деяке початкове підвищення питомого вмісту зв'язаної води в тканинах дині (рис. 5) відповідає етапу видалення з них лише вільної води, підтверджується результатами експериментальних досліджень сушіння в режимі двостадійного зневоднення (рис. 6).

Порівняльний аналіз кінетичних і швидкісних характеристик кінетики вологобміну при зазначених параметрах процесу доводить, що зневоднення дині дійсно проходить у періодах постійної (видалення лише вільної води) та спадної швидкості. На стадії прогрівання швидкість сушіння збільшується до свого максимального значення 10,8 %/хв і залишається постійною до досягнення матеріалом величини критичної абсолютної вологості W^c = 835 % (W = 89 % відносних), далі швидкість зневоднення тканин дині поступово знижується (рис. 6, а).

Використання високої температури на першій стадії позитивно впливає на кінетику вологообміну, інтенсифікуючи процес і скорочуючи його тривалість.

Стадійні режими запобігають небажаним змінам у паренхімних тканинах дині та руйнуванню термолабільних речовин сировини, оскільки після досягнення матеріалом температури 59,5 ºС (рис. 6, б) температуру сушильного агента знижували від 95 до 70 ºС і підтримували її на такому рівні до кінця сушіння. За вказаними режимами температура матеріалу протягом зневоднення не перевищує гранично допустиму величину й забезпечує високий ступінь збереження природного складу сировини, інтенсифікацію тепломасообмінних процесів, зниження енерговитрат до 25 %.

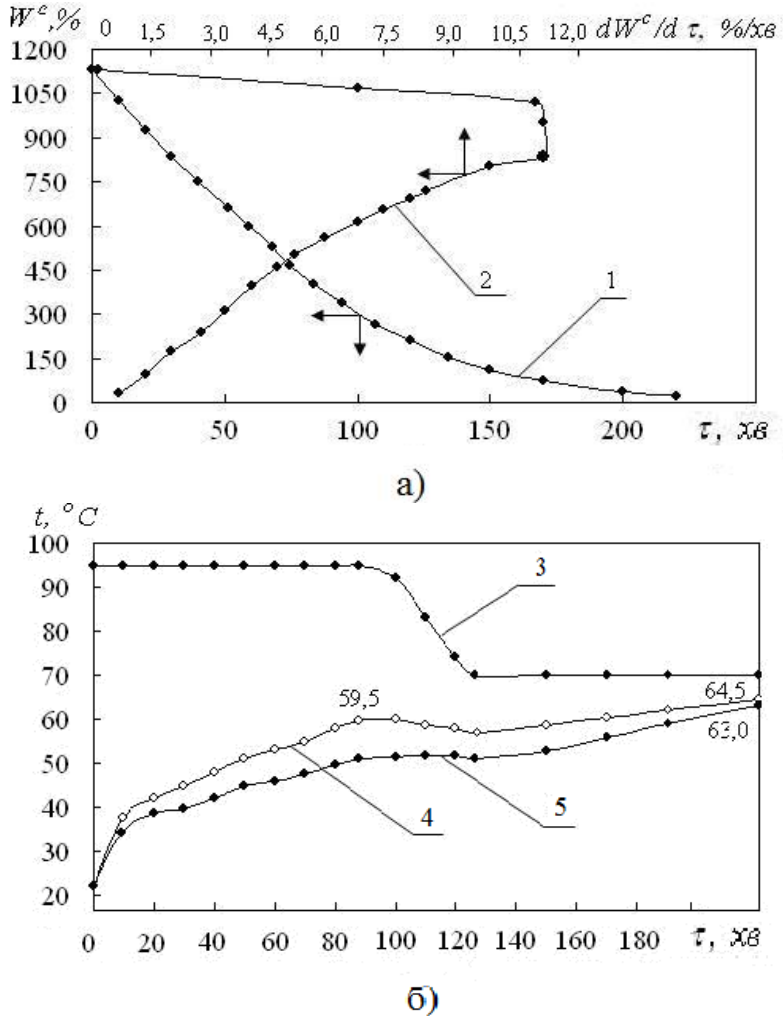


Рис. 6. Криві кінетики вологообміну двостадійного конвективного сушіння дині (а), температури теплоносія і матеріалу (б)

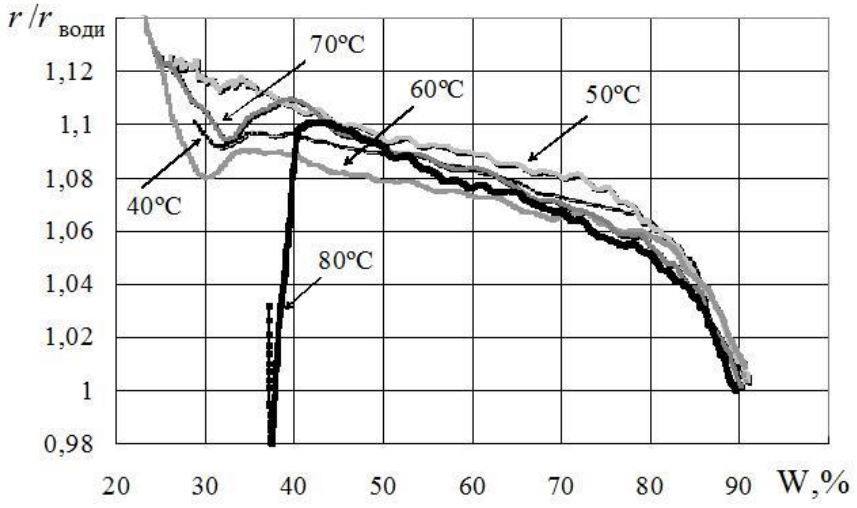
Примітки: t = 95…70 ºС; V = 2 м/с; d = 10 г/кг сухого повітря: 1 – кінетика сушіння $W^c = f(\tau)$; 2 – швидкість сушіння $dW^c/d\tau = f(W^c)$; 3 – температура теплоносія; 4 – температура зовнішнього шару матеріалу; 5 – температура внутрішнього шару матеріалу.

Джерело: дані [721].

Результати дослідів зміни витрат теплоти на випаровування води під час сушіння тканин дині представлено у координатах залежності питомих витрат теплоти на випаровування, приведених до табличних для чистої води, від досягнутої тканинами відносної вологості (рис. 7). Експериментально отримана питома теплота випаровування води з тканин дині починає зростати над теплотою випаровування чистої води ($r/r_{води}$ = 1) з самого початку вимірювання і перевищує табличні значення теплоти випаровування чистої води на 10…12 % наприкінці сушіння (рис. 5). Отриманий результат знаходиться цілком у відповідності до зміни теплових витрат на видалення води при випаровуванні розчинів сахарози (рис. 4). Він відповідає і характеру зменшення кількості зв'язаної води в тканинах дині в міру їх висушування та

[721] Снєжкін Ю. Ф., Шапар Р. О. Обгрунтування режимів сушіння дині. *Енергоефективність процесів сушіння.* 2021. Т. 1. С. 43–47.

зростанню енергії зв'язування води у глибших гідратних шарах. Збільшення температури сушіння від 40 до 80 ºС мало вплинуло на отримані значення. Тобто, теплота випаровування води з тканин дині зменшується при підвищенні температури сушіння пропорційно зменшенню теплоти випаровування чистої води. Різке зростання значення $r/r_{води}$ наприкінці сушіння відбувається за класичними уявленнями про сушіння колоїдних капілярно-пористих матеріалів.



V = 0,8 м/с; d = 4 г/кг сухого повітря

Рис. 7. Залежність приведеної питомої теплоти випаровування води з дині від відносної вологості за різних температур сушіння

Джерело: авторська розробка.

На кривих зміни витрат теплоти на випаровування спостерігається ще деякий піковий тепловий ефект в діапазоні досягнення тканинами вологості 37…27 % відносних (58…36 % у абсолютних величинах). При збільшенні температури сушіння початок піку спочатку зсувається в бік меншої вологості тканин, а потім навпаки. Пікове зниження значення $r/r_{води}$ обумовлено накладанням на ендотермічний процес випаровування води якогось екзотермічного процесу. Найімовірніше – процесу кристалізації розчинних вуглеводів при концентруванні клітинного соку (рис. 4). Величина піку свідчить про меншу, або більшу частину цукрів, які закристалізувалися.

Дещо несподіваний для нас ефект різкого збільшення піку кристалізації цукрів в тканинах дині, зневоднених за температури 80 ºС, можна пояснити більш значним перепадом температур та вологості вздовж шарів зразка за таких умов сушіння. Це підтверджується і результатами з кінетики сушіння, наведеними на рис. 6, б – більший перепад температур зовнішнього і внутрішнього шарів тканин дині спостерігається при вищій температурі сушильного агенту [722].

З урахуванням встановлених стадійних режимів зневоднення розроблено ресурсоенергозберігаючу екологічно безпечну теплотехнологію

[722] Дмитренко Н. В., Шапар Р. О. Конвективне сушіння цукровмісних паренхімних тканин дині. *Наукові праці ОНАХТ*. 2021. Т. 85. Вип. 1. С. 75–81. doi: 10.1673/swonaft.vi1.2073

перероблення плодів дині на сушені продукти, у тому числі порошкоподібну форму. Для сушіння використовують створені зонні конвективні сушильні установки тунельного та стрічкового типу, а також теплонасосні, що характеризуються низькими витратами теплоти. Завдяки автономності теплових зон, інтенсивність теплового потоку на матеріал розподіляється відповідно до ступеневого режиму. Зневоднення проводять у середовищі чистого гарячого повітря без обробки інертними й хімічно синтезованими речовинами [701]. Контроль якісних показників проводять на кожному етапі технології виробництва (рис. 8), гарантуючи дотримання режимних тепловологісних параметрів, екологічність технологічного процесу та мікробіологічну чистоту і безпечність кінцевого продукту.

По закінченню процесу зневоднення температура сушеної дині дорівнює 60…65 ºС, вона набуває термопластичності, що зумовлено високим вмістом цукрів у сировині.

Для уникнення термопластичності висушеної дині, а також у разі отримання порошкоподібної форми, для забезпечення якісного подрібнення й фракціонування з мінімальними енерговитратами в розроблених сушильних установках передбачено зону детермопластифікації (охолодження) в якій автоматично підтримуються необхідні параметри охолоджуваного повітря, а робочу камеру диспергатора обладнано охолоджувальною сорочкою [723].

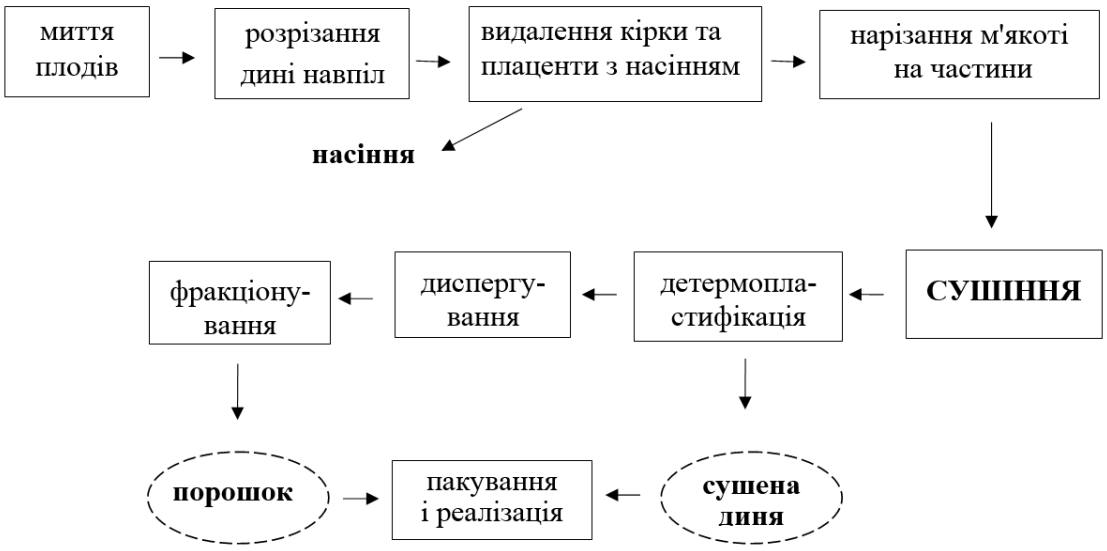


Рис. 8. Блок-схема технологічного процесу

Джерело: авторська розробка.

Сушена диня відповідає вимогам розробленим ТУ У 15.3- 05417118-038:2010 «Диня сушена»: має світлий колір, приємний солодкий смак і аромат, властивий свіжій сировині. Її використовують цілорічно у системі

[723] Sniezhkin Yu. F., Shapar R. O., Husarova O. V. *Grinding and fractionation of dried plant materials. Priority areas for development of scientific research: domestic and foreign experience:* collective monograph / edited by authors ; 3rd ed. Riga, Latvia. 2021. P. 89–110. doi: 10.30525/978-9934-26-049-0-35

оздоровчого харчування як самостійний високовітамінний продукт або як складовий компонент у приготуванні різноманітних страв. Герметичне пакування сприяє мікробіологічній стійкості сушеної дині, уповільнює неферментативне окислення, подовжує термін її зберігання до року.

Отже, на основі результатів теоретичних й експериментальних досліджень оптимізовано технологічний процес, обґрунтовано енергозберігаючі стадійні режими сушіння цукровмісних плодів дині. За цими режимами температура матеріалу протягом зневоднення не перевищує гранично допустиме значення й забезпечує високу збережуваність природних компонентів вихідної сировини, інтенсифікацію процесу, скорочення енерговитрат до 25 %.

Отримані результати підтверджують наше припущення щодо можливості одержання сушеної дині зі закристалізованими цукрами і, тим самим, суттєво підвищити якість та термін зберігання готового продукту.

Включення процесу сушіння до комплексної схеми вирощування та перероблення плодів дині дає змогу одержувати високопоживний вітамінний продукт, скоротити втрати врожаю до 40 %, робить технологію ресурсоенергозберігаючою та безвідходною за рахунок раціонального використання всіх складових частин дині та сприяє поліпшенню екологічного стану навколишнього середовища.

5.4. Агрокліматична оцінка продуктивності озимого ріпаку в Вінницькій області в умовах зміни клімату

Ляшенко Г. В.[1], Данілова Н. В.[2]
[1]Інститут виноградарства і виноробства імені В. Є. Таїрова
[2]Одеський державний екологічний університет

Аграрна галузь в Україні відноситься до провідних галузей економіки, що визначає актуальність наукових досліджень, спрямованих на обґрунтування раціонального еколого-економічного використання земельних ресурсів території країни. Це стосується, в першу чергу, оптимізації розміщення сільськогосподарського виробництва в розрізі окремих регіонів, адміністративних областей і районів країни.

Сільськогосподарське виробництво, за усіма відомими критеріями, одне із найбільш залежних від ґрунтово-кліматичних і погодних умов галузей. Результуючою дією цих умов є рівень врожайності культур, можливість її підвищення та зменшення втрат врожаїв внаслідок невідповідності ґрунтових і погодних умов біологічним вимогам окремих груп сільськогосподарських культур.

Детальна оцінка ґрунтово-кліматичних умов територій різного таксономічного рангу стосовно сприятливості вирощування різних

сільськогосподарських культур за останні 70–100 років виконується в рамках одного із напрямку кліматичних досліджень – агрокліматичних. І якщо в 20–70-ті роки минувшого століття розглядалися питання принципової можливості вирощування сільськогосподарських культур, то з 70-х років проводяться дослідження економічної доцільності тих чи інших схем розміщення культур в просторовому (територіальному) розрізі.

Ефективність агрокліматичного напрямку досліджень для обґрунтування оптимального розміщення сільськогосподарського виробництва, взагалі, і окремих груп сільськогосподарських культур, зокрема, базується на детальному визначенню агрокліматичних ресурсів територій, що відповідають факторам життя рослин – ресурси світла, тепла і вологи, в тому числі лімітуючих факторів – умов морозо- і заморозконебезпечности та посушливості.

На процес формування врожаю, як відомо, впливає безліч чинників. Основними з них є надходження сонячної радіації і ступінь її поглинання посівами, волога, тепло, родючість ґрунтів, рівень агротехніки, сортові особливості рослин, фотосинтетичний потенціал посівів [724, 725].

Зміна клімату, яка відзначається з кінця 80-х років століття і, особливо, в останні 20 років поточного століття, вимагає переглянути поширені схеми розміщення галузей сільськогосподарського виробництва, взагалі, і окремих культур, зокрема, в різних регіонах країни, опираючись на розрахунки їх продуктивності за різними сценаріями зміни клімату.

Озимий ріпак – дуже вимоглива культура до умов перезимівлі. Він добре зимує в м'якому кліматі з вологою восени, поступовим настанням зими і вельми стійким сніговим покривом. Природно, такі умови складаються не у всіх регіонах України, особливо в останні роки [726].

За дослідженнями останніх років придатними для вирощування озимого ріпаку може вважатися Полісся і Західний Лісостеп, а також центральні і східні райони Лісостепу, Північний Степ. Непридатними, за агрометеорологічними умовами є Південний Степ і Закарпаття [727, 728].

Незважаючи на потепління клімату, яке найбільше проявляється в холодний період, що зумовлює поліпшення умов перезимівлі, слід пам'ятати, що за низьких температур повітря і ґрунту озимий ріпак схильний до вимерзання в першу чергу. Якщо рослини озимої пшениці, жита при нормальному розвитку здатні переносити температуру ґрунту мінус 14–18 °С і нижче на рівні вузла кущіння, то озимий ріпак гине вже за температури мінус 9 °С, а такі температури мають певну ймовірність практично по всій території України, за винятком західних областей [727, 728].

---

[724] Ляшенко Г. В. Практикум з агрокліматології : навчальний посібник. Одеса : Вид.ПП «ТЕС», 2014. 161 с.
[725] Ляшенко Г. В., Данілова Н. В. Практикум з мікрокліматології : навчальний посібник. Одеса : ТЕС, 2016. 220 с.
[726] Адаменко Т. Агрокліматичні умови вирощування ріпаку в Україні. *Агроном*. 2006. № 2. С. 95–96.
[727] Наконечний О. Т., Санін О. Ю. Вирощуємо озимий ріпак. *Агровісник*. 2007. № 1 (13). С. 34–36.
[728] Лихочвор В. В., Проць Р. Р. Ріпак. Українські технології. Львів : НВФ, 2005. 88 с.

Ріпак також має важливе сільськогосподарське значення, так як особливості кореневої системи рослини забезпечують розпушування ґрунту, запобігаючи мінералізацію і вимивання азоту. Також ріпак здатний придушити деякі ґрунтові патогенні, наприклад, кореневі гнилі.

Останнім часом ріпак став куди більш популярний завдяки використанню для отримання компонентів екологічного біопалива. В результаті у багатьох країнах Євросоюзу, найбільш стурбованих проблемами екології та високою ціною більш звичних енергоносіїв, посівні площі під ріпак значно зросли.

Ріпак є однією з найбільш цінних та перспективних культур у загальносвітовому виробництві рослинних олій. Це культура з високим вмістом олії (до 45 %). Ріпаку відводять важливу роль як джерелу харчової олії, а також як сировини для отримання технічних продуктів, а саме, виробництва метилових та етилових кислот ріпакової олії (або біодизеля). Зацікавленість у олії ріпаку зумовлена її складом, зокрема жирними кислотами у складі триацилгліцеринів. Їх склад підвищує стійкість олії до окиснення, що, своєю чергою, дозволяє гарантувати виробникам ріпакової олії для харчових цілей більший термін придатності до вживання. Стійкість до окиснення ріпакової олії у порівнянні з іншими важлива також при виробництві метилових та етилових жирних кислот як альтернативне паливо для дизельних двигунів [727, 728].

В Україні близько 95 % від загальної посівної площі ріпаку це озимий ріпак. Кліматичні умови України є сприятливими для вирощування саме озимого ріпаку.

Перевагою озимого ріпаку перед ярим є те, що у зв'язку з довшим вегетаційним періодом його розвиток дещо сильніший, врожайність вища, а вміст олії в насінні на 2–4 % більший.

Проте, в останні роки в Україні спостерігається тенденція зменшення площ під ріпаком, що пов'язане з тим, що у нас ця культура вирощується в основному на експорт і сильно залежить від кон’юнктури ринку.

Метою даної роботи є дослідження впливу змін клімату агрокліматичних умов на зростання озимого ріпаку в Вінницькій області.

На території Вінницької області у 2021 році озимий ріпак зібрано на площі 48,2 тис. га, за середньої урожайності – 3,22 т/га, що на 0,45 т/га більше ніж 2020 році; ярий ріпак зібрано на 82 % площ з урожайністю 1,57 т/га.

Оцінка впливу зміни кліматичних умов виконана шляхом порівняння даних за середньобагаторічний період з 1986 по 2005 рр. та за сценарієм зміни клімату *RCP4.5*, який передбачає стабілізацію викидів парникових газів в атмосферу та середніх багаторічних характеристик кліматичних й агрокліматичних показників за тридцятирічний період, який розбивався на три десятирічних для того, щоб прослідити динаміку зміни кліматичних умов: 2021–2030 рр. (І-й сценарний період), 2031–2040 рр.

(ІІ-й сценарний період), 2041–2050 рр. (ІІІ-й сценарний період). В якості вихідної інформації використовувалися середньобагаторічні дані спостережень гідрометеорологічних станцій [729], та результати, отримані за регіональною кліматичною моделлю, яка поєднує в собі фізичні схеми, розроблені Європейським центром середньострокових прогнозів погоди [730].

Розрахунки продуктивності озимого ріпаку виконано із застосуванням базової моделі формування продуктивності сільськогосподарських культур Польового А. М. [731].

При оптимальній забезпеченості рослин вологою, теплом і мінеральним ґрунтовим живленням максимальний приріст фітомаси посівів озимого ріпаку за період відновлення вегетації – повна стиглість визначається надходженням фотосинтетично активної радіації (*ФАР*) і коефіцієнтом її використання.

Потенційна урожайність (*ПУ*) визначається в залежності від величини фотосинтетично активної радіації (*ФАР*) і біологічних особливостей культури, якими є онтогенетична крива, *ККД* та калорійність. Метеорологічно можлива урожайність (*ММУ*) являє собою приріст потенційної урожайності, який буде обмежений впливом волого-температурного режиму. Формування дійсно можливої урожайності (*ДМУ*) обмежується рівнем природної родючості ґрунту.

Температурний режим за сценарієм *RCP4.5* буде дещо завищеним. Так, в ІІ-й та ІІІ-й періоди температура повітря зросте на 0,1 та 0,2 ºС від середньої багаторічної. В І-й період середня температура залишиться не змінною.

За умовами реалізації сценарію *RCP4.5* за період відновлення вегетації – повна стиглість сумарне випаровування в І-й та ІІ-й періоди зросте на 14 та 5 мм, а в ІІІ-й період – зменшиться на 8 мм, в порівнянні з середньо багаторічним значенням – 224 мм.

В середньо багаторічному випаровуваність складає 310 мм. В І-й та ІІІ-й періоди випаровуваність зменшиться до 305 та 284 мм, що нижче від середньо багаторічного на 5 та 13 мм. В ІІ-й період випаровуваність складатиме 284 мм, що нижче на 26 мм від середньо багаторічного.

За середніми багаторічними даними вологозабезпеченість озимого ріпаку за період відновлення вегетації – повна стиглість складає 0,72 відн. од. У І-й та ІІІ-й сценарні періоди вологозабезпеченість посівів озимого ріпаку очікується на рівні 108 та 101 % від середньо багаторічної. В ІІ-й період очікується найвища вологозабезпеченість – 113 % від середньо багаторічної.

Надходження *ФАР* за період відновлення вегетації – повна стиглість за сценарієм *RCP4.5* в І-й та ІІІ-й періоди зросте до 181,9 та 185,7 кДж/см^2,

---

[729] Агрокліматичний довідник по території України / за ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіди, А. Л. Прокопенко. Кам'янець-Подільський, 2011. С. 107.

[730] Gao1 Y., Fu J. S., Drake J. B., Lamarque J. F., Liu Y. The impact of emission and climate change on ozone in the United States under representative concentration pathways (RCPs). *Atmos. Chem. Phys.* 2013. Vol. 13. P. 607–621.

[731] Польовий А. М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроекосистем. Київ : КНТ, 2007. С. 344.

що складає 106 та 108 % від середнього багаторічного. В ІІ-й період *ФАР* зросте до 196,7 кДж/см^2 і складатиме 114 % (табл. 1).

1. Агрокліматичні умови стосовно озимого ріпаку за сценарієм зміни клімату *RCP4.5* у Вінницькій області

Період, сценарій	Середня температура повітря за період, °С	Сумарне випаровування за період (Е), мм	Випаровуваність за період, (E_0), мм	Відносна вологозабезпеченість (E/E_0), відн. од.	Сума ФАР, кДж/см^2 за період
1986–2005	14,4	224	310	0,72	171,3
2021–2030	14,4	238	305	0,78	181,9
Різниця	0	+14	-5	+0,006	+10,5
2031–2040	14,5	229	284	0,81	196,7
Різниця	+0,1	+5	-26	+0,009	+25,4
2041–2050	14,6	216	297	0,73	185,7
Різниця	+0,2	-8	-13	+0,01	+14,4

Джерело: власні дослідження.

ПУ всієї сухої маси залежить від *ФАР*. В І-й та ІІ-й періоди *ПУ* зросте до 1915 та 1919 г/м^{2}дек, тобто до 131 % від середньої багаторічної (1465 г/м^{2}дек) (табл. 2). В ІІІ-й період відзначається найбільше підвищення *ПУ* – до 1922 кДж/см^2, що складає 131 %.

Зміна показників фотосинтетичної продуктивності культури відбувається під впливом зміни агрокліматичних умов вирощування озимого ріпаку, до яких в першу чергу відноситься площа асимілюючої поверхні посівів.

Як видно з даних рис. 1, рівень динаміки площі листя за умовами сценарію *RCP4.5* буде вищим, порівняно з середньо багаторічним періодом. Площа листкової поверхні в період її максимального розвитку за середньо багаторічними даними складає 4,61 м^2/м^2. В І-й та ІІІ-й періоди площа листкової поверхні зросте до 4,735 та 4,86 м^2/м^2. В ІІ-й період очікується найвищий рівень площі листя, який складатиме 4,95 м^2/м^2.

2. Формування урожаю озимого ріпаку за сценарієм зміни клімату *RCP4.5* у Вінницькій області

Період, сценарій	Вся суха маса, г/м^{2}дек			Фотосинтетичний потенціал, м^2/м^2 за період	Баланс гумусу, т/га	Урожай ріпаку при вологості 14 %, ц/га
	потенційного урожаю	метеорологічно можливого урожаю	дійсно можливого урожаю			
1986–2005	1465	838	503	207	0,042	22,9
2021–2030	1915	1060	636	224	0,089	29,0
Різниця	+450	+222	+133	+17	0,047	+6,1
2031–2040	1919	1102	661	239	0,093	30,1
Різниця	+454	+246	+158	+32	+0,051	+7,2
2041–2050	1922	1038	623	230	0,087	28,4
Різниця	+457	+200	+120	+23	+0,045	+5,5

Джерело: власні дослідження.

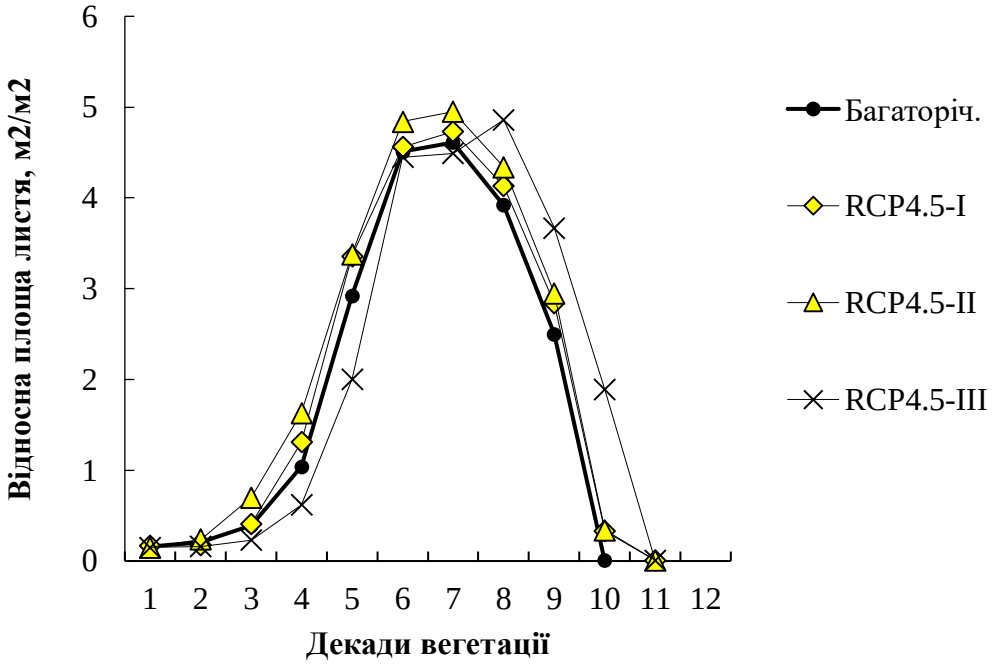


Рис. 1. Динаміка площі листя озимого ріпаку за період відновлення вегетації – повна стиглість за сценарієм RCP4.5 у Вінницькій області

Джерело: авторська розробка.

Фотосинтетичний потенціал (*ФП*) за умовами реалізації сценарію *RCP4.5* (табл. 2) за базовий період та за сценарні періоди – відповідно 207, 224, 239 і 230 м^2/м^2.

ММУ, який визначається умовами тепла і вологи залежить від факторів тепла та вологи. За середньобагаторічними даними *ММУ* складає 838 г/м^{2}дек. В І-й та ІІІ-й періоди відзначається ріст *ММУ* до 1060 та 1036 г/м^{2}дек, що складає 126 та 124 % від середньобагаторічного. В ІІ-й період, через кращі умови тепло- та вологозабезпеченості, *ММУ* зросте до 1102 г/м^{2}дек, що складає 132 % від базового періоду.

Баланс гумусу під посівами озимого ріпаку в І-й та ІІІ-й періоди підвищиться на 0,047 та 0,045 відн. од., а в ІІ-й період – на 0,051 відн. од., в порівнянні з середньо багаторічним 0,042 відн. од. (табл. 2). З урахуванням природної родючості ґрунту *ДМУ* сухої маси озимого ріпаку в середньому багаторічному складає 503 г/м^{2}дек. В І-й та ІІІ-й періоди також спостерігається ріст *ДМУ* до 636 та 623 г/м^{2}дек, що становить 126 та 123 % від базового періоду. В ІІ-й період спостерігається найвище значення *ДМУ* – 661 г/м^{2}дек, що складає 131 % від середньо багаторічного.

При реалізації сценарію *RCP4.5* урожай озимого ріпаку за вологості 14 % і при середніх багаторічних умовах складає 2,29 т/га (табл. 2). В І-й та ІІІ-й періоди урожай озимого ріпаку зросте до 2,9 та 2,84 т/га, що становить 127 та 124 % від базового періоду, а в ІІ-й період очікується найвищий урожай озимого ріпаку – 3,01 ц/га, що становить 131 % від середньобагаторічного.

У зв'язку з тим, що найбільш адекватне вираження агрокліматичних ресурсів може бути реалізовано в агроекологічних категоріях урожайності,

була проведена оцінка продуктивності території Вінницької області стосовно до культури озимого ріпаку в розрізі основних агроекологічних категорій урожайності за сценарієм зміни клімату *RCP4.5.*

На основі агроекологічних категорій урожайності були визначені чотири узагальнені оцінки: ступеня сприятливості кліматичних умов (*СВУ*); рівня використання агрокліматичних ресурсів (C_o); рівня реалізації агроекологічного потенціалу (C_d) та рівня господарського використання і ґрунтових ресурсів (C_a)).

Ступінь сприятливості кліматичних умов (*СВУ*) вирощування озимого ріпаку *RCP4.5* (табл. 3) за базовий період складає 0,572 відн. од. В І-й та ІІІ-й сценарні періоди *СВУ* знизиться до 0,553 та 0,552 відн. од., що складатимуть 96 та 97 % від базового, а в ІІ-й період значення *СВУ* складає 0,574 відн. од., що становить 100 % від базового.

Рівень використання агрокліматичних ресурсів (C_0) для вирощування культури озимого ріпаку показала, що в середньому багаторічному та у всі сценарні період показник C_0 очікується на рівні 0,600 відн. од.

3. Узагальнені характеристики агрокліматичних умов вирощування озимого ріпаку за середньо багаторічними даними та за сценарієм зміни клімату *RCP4.5* у Вінницькій області

Період	СВУ, відн. од.	C_O, відн. од.	C_d, відн. од.	C_a, відн. од.
1986–2005	0,572	0,600	0,419	0,733
2021–2030	0,553	0,600	0,321	0,579
2031–2040	0,574	0,600	0,320	0,557
2041–2050	0,552	0,600	0,326	0,592

Джерело: власні дослідження.

Рівень реалізації агроекологічного потенціалу (C_d) для культури озимого ріпаку за базовий період на території Вінницької області складає 0,419 відн. од., а в три сценарні періоди відповідно до 0,321, 0,320 і 0,326 відн. од., що складає 77, 77 та 78 % від базового періоду. Рівень культури землеробства C_a для ріпаку на території області за базовий період складає 0,733 відн. од., а в І-й – ІІІ-й сценарні періоди C_a зменшиться відповідно до 0,579, 0,557 і 0,592 відн. од.

Таким чином, в результаті проведених досліджень встановлено, що за сценарієм зміни клімату *RCP4.5* у Вінницькій області відзначається погіршення агрокліматичних умов формування продуктивності озимого ріпаку. Оцінка ж рівня використання агрокліматичних ресурсів при цьому дещо низька, проте є резерв її підвищення.

На жаль, переважна більшість українського ріпаку йде на експорт, а не переробляється на олію і біодизель, як у провідних країнах світу.

5.5. Теоретичне обґрунтування та удосконалення методів розрахунку дренажних систем для захисту від підтоплення та затоплення сільськогосподарських земель та населених пунктів в умовах глобальних змін клімату та зростаючого техногенного навантаження на водне середовище

Обертас І. А.
Київський національний університет будівництва і архітектури

В результаті інтенсивної господарської діяльності і природно-кліматичних умов, що змінюються, в останнє десятиліття для більшості територій України, як у північних, так і особливо в південних областях внаслідок порушення водного балансу спостерігається інтенсивний підйом рівнів ґрунтових вод (РГВ) від 0,5 до 8 м/рік. З цієї причини багато міст, сільські населені пункти, як і сільськогосподарські угіддя, знаходяться в стадії потенційного підтоплення, а значна їхня частина вже підтоплена, внаслідок чого заподіюється значні збитки населенню, навколишньому середовищу і народному господарству [732, 733, 734, 735]. Тому при вирішені наукової проблеми регулювання рівнів ґрунтових вод при підтопленні населених пунктів та прилеглих територій існує необхідність у розробці та в удосконаленні методів розрахунку дренажних систем з використанням сучасних методів гідродинаміки підземних вод в пористому середовищі.

Розробці методів розрахунку дренажних систем присвячені численні роботи, як вітчизняних, так і зарубіжних вчених. Опубліковано ряд монографій, методичних рекомендацій, матеріалів конференцій і форумів, присвячених даній проблемі, наприклад, [736].

Дренаж є найважливішим інженерним засобом регулювання водного режиму в насичено-ненасиченому середовищі і тому в Україні відіграє ключову роль у водогосподарському будівництві. Головна функція дренажу на підтоплених територіях полягає у зниженні РГВ.

Реалізувати її повною мірою допомагає математичне моделювання фільтрації та вологопереносу в пористих середовищах при наявності в них зосереджених і розподілених стоків і джерел [736, 737]. Розв’язки коректно сформульованих математичних задач дренажу в гідродинамічній і гідравлічній постановках аналітичними методами є

[732] Трофимчук О. М., Яковлєв Є. О., Глебчук Г. С. Регіональне підтоплення земель в Україні як фактор зростаючого впливу на еколого-економічну безпеку держави. *Екологія і ресурси.* 2004. Вип. 9. С. 13–20.

[733] Балюк С. А., Ромащенко М. І., Трускавецький Р. С. Меліорація ґрунтів. Систематика, перспективи, інновації. Херсон, 2015. 668 с.

[734] Цілі сталого розвитку: Україна : Національна доповідь. Київ : Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, 2017. 176 с. URL : https://www.zoda.gov.ua/files/WP_Article_File/original/000080/80861.pdf.

[735] Телима С. В. Прогнозування гідрогеолого-екологічних змін в південних районах України в умовах регіонального підтоплення ґрунтовими водами. *Сучасні технології та досягнення інженерних наук в галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії.* 2021. Вип. 3. С. 65–70.

[736] Олейник А. Я. Геогидродинамика дренажа. Київ : Наукова думка, 1981. 284 с.

[737] Решение задач охраны подземных вод на численных моделях. Москва : Недра, 1992. 240 с.

базою при розробці інженерних методів розрахунку його конструктивних і технологічних параметрів. Для успішного практичного застосування цих методів необхідні достовірні дані про фільтраційні властивості водоносної товщі, закономірності водообміну між нею і атмосферою. Важливо, щоб подібна інформація, яка здобута завдяки проведенню комплексу цілеспрямованих експериментальних досліджень в натурних і лабораторних умовах, дозволяла, насамперед, провести схематизацію природної обстановки на об'єкті захисту від підтоплення і вибрати на цій основі відповідну схему дренажу, а потім забезпечити розрахункову методику набором значень всіх модельних параметрів, що містяться в ній. Тому цінність таких методик полягає не тільки у визначенні просторово-часових змін шуканих характеристик, обґрунтуванні параметрів дренажу, а й у раціональному плануванні вищезазначених досліджень,обробці їх результатів з метою конкретизації вихідних даних. Очевидно, що вони можуть успішно застосовуватися тільки тоді, якщо попередньо підібрані достовірні значення параметрів, що відображають геофільтраційні умови насиченої товщі ґрунту, а також умови водообміну із суміжними напірними горизонтами і приземним шаром атмосфери [738, 739, 740].

В практиці проектування і будівництва захисних дренажних споруд, особливо на території населених пунктів, де по умовам забудови не завжди можливо будівництво відомих простих схем горизонтального і вертикального дренажів, необхідність його прокладання на ділянках, вільних від забудови, наприклад, уздовж проїжджої і пішохідної частини вулиць, на землях, які не використовуються в сільському господарстві,і таке інше, забезпечення зниження рівнів грунтових вод до критичних глибин, які, як правило, будуть різними на ділянках безпосередньої забудови, а також із-за особливостей рельєфу місцевості з окремими підвищеннями і зниженнями поверхні землі вимагають розташування дренажу на різних глибинах і віддалях між ними.

Методика розрахунку захисного дренажу у вказаних умовах ґрунтується на теоретичних дослідженнях з використанням методів фільтраційних опорів дренажів, які працюють в однорідних і неоднорідних водоносних товщах. В загальному випадку при наявності інфільтраційного живлення постійної інтенсивності ε рівняння одномірного ґрунтового потоку має наступний вигляд [736]:

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(T\frac{\partial H}{\partial x}\right)+\varepsilon=\mu\frac{\partial H}{\partial t}. \qquad (1)$$

[738] Калугин Ю. И., Курганская С. Н., Сирый В. С. Математические модели регулирования водно-воздушного режима почв на основе расчета водно-солевых потоков в зоне аэрации. *Прикладна гідромеханіка*. 2001. № 3 (75). С. 26–31.

[739] Salvucci G. D. An approximate solution for steady vertical flux of moisture through an unsaturated homogeneous soil. *Water Resources Research*. 1993. Vol. 29, Issue 11. P. 3749–3753.

[740] Поляков В. Л., Калугин Ю. И. Математическое моделирование водообмена между насыщенной и ненасыщенной зонами дренируемого грунта. *Доповіді НАНУ*. 2016. № 6. С. 38–45.

де H – напір підземних вод; μ – коефіцієнт водовіддачі; T – коефіцієнт водопровідності водоносної товщі; x – просторова координата.

Так, для досконалих дрен захисного горизонтального дренажу і усталеного руху при постійній водопровідності в результаті рішення рівняння (1) одержимо наступний вираз для визначення положення рівнів (напорів) у будь-якому перерізі x:

$$H_i\left(x\right) = H_i - \frac{H_i - H_{i-1}}{B_i}x + \frac{\varepsilon\, B_i}{2T_i}x - \frac{\varepsilon x^2}{2T_i}, \qquad (2)$$

де H_i і H_{i-1} – відповідно рівні води в i та i-1 дрена; B_i – віддаль між цими дренами; T_i – середня водопровідність водоносної товщі на ділянці B_i і в зоні розташування i-ої дрени (рис. 1).

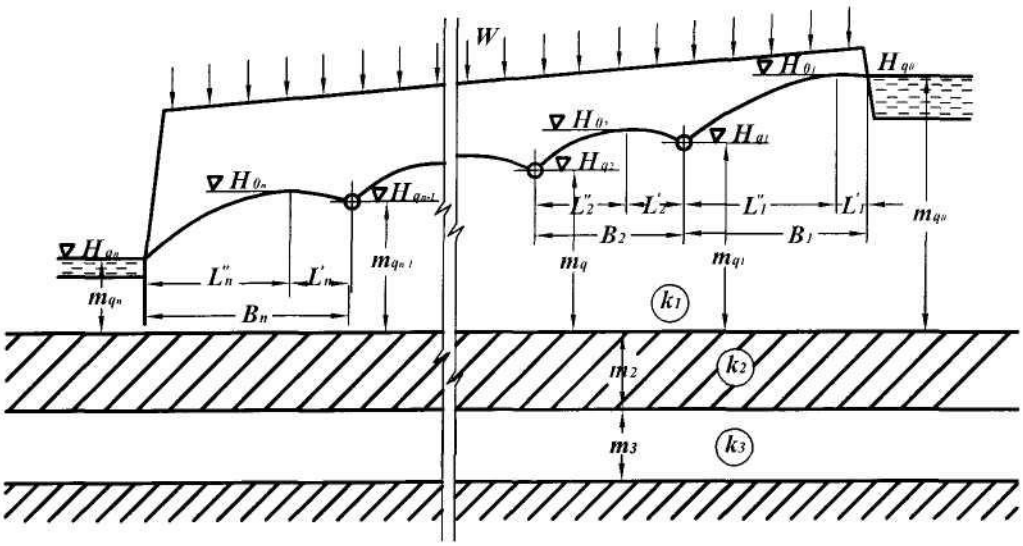


Рис. 1. Розрахункові схеми з різним розташуванням дрен по глибині потоку

Джерело: авторська розробка.

Найчастіше найбільш несприятливі меліоративні і інші умови створюються в місцях найвищого стояння ґрунтової води. Оскільки фільтраційний потік несиметричний, то в загальному випадку віддаль від дрен до відповідних перерізів з максимальним рівнем $L_i^{"}$ буде різною. Для визначення цих віддалей після диференціювання рівняння (2) по x, та прирівнювання потім похідної $\frac{dH}{dx}$ нулю, отримаємо:

$$L_i^{"} = \frac{\left(H_{i-1} - H_i\right)T_i}{B_i\varepsilon} + \frac{B_i}{2}. \qquad (3)$$

Для врахування недосконалості дрен використовується метод фільтраційних опорів, який дозволяє перейти від досконалої дрени

(траншеї) з рівнем $H_g^{'}$ до еквівалентної недосконалої дрени з рівнем H_g за допомогою залежності [741]:

$$H_g^{'} = H_g + \frac{\varepsilon B}{T}\Phi_g, \tag{4}$$

де Φ_g – фільтраційний опір, обумовлений гідродинамічною недосконалістю дрени в однорідному чи неоднорідному ґрунті.

Методики визначення цих опорів приведені в роботах [736, 741]. Зокрема, для однорідного ґрунту опір Φ_g можна визначити за відомою формулою:

$$\Phi_g = 0,73m \cdot \lg\frac{m}{\pi r_g}, \tag{5}$$

де m – потужність шару ґрунту, r_g – розрахунковий радіус дрени.

На основі виразу (4) можна записати, що:

$$H_{gi}^{'} = H_{gi} + \frac{\varepsilon\left(B_{i+1} - L_{i+1}^{"} + L_i^{"}\right)}{T_i}\Phi_{gi}. \tag{6}$$

Підставляючи значення $H_{gi}^{`}$ із виразу (4) в формулу (3), одержимо:

$$L_1^{"} = \frac{\frac{\left(H_{g_{i-1}} - H_{g_i}\right)T_i}{\varepsilon} + B_i\Phi_{i-1} + L_{i-1}^{"}\Phi_{i-1} - B_{i+1}\Phi_i + L_{i+1}^{"}\Phi_i + \frac{B_i^2}{2}}{B_i + \Phi_{i-1} + \Phi_i}. \tag{7}$$

Після визначення віддалі $L_1^{`}$ можна знайти максимальні рівні води між дренами H_0:

$$H_{0_i} = H_{g_i} + \frac{\varepsilon}{T_i}\left[\frac{L_i^{"2}}{2} + \left(B_{i+1} - L_{i+1}^{"} + L_i^{"}\right)\Phi_i\right], \tag{8}$$

$$H_{0_n} = H_{g_n} + \frac{\varepsilon}{T_n}L_n^{"2}, \tag{9}$$

а також двосторонній приток до кожної дрени:

$$q_i = \varepsilon\left(L_i^{"} + L_{i+1}^{'}\right). \tag{10}$$

Для ряду характерних схем наведені рівняння можуть бути суттєво спрощені. Так для схеми дренажу в однорідному чи неоднорідному шаровому ґрунті загальні рівняння мають вигляд:

рівень в любому перерізі ($0 \le x \le B$):

$$H_x = H_{g_1} - \frac{\varepsilon x^2}{2T} + \frac{L^{'}\varepsilon}{T}\left(x + 2\Phi_1\right); \tag{11}$$

[741] Тугай А. М., Олійник О. Я., Тугай Я. А. Продуктивність водозабірних свердловин в умовах кольматажу. Харків, 2004. 240 с.

максимальний рівень:

$$H_0 = H_{g_1} + \frac{\varepsilon L'}{2T}\left(L' + 4\Phi_1\right); \tag{12}$$

витрати в дренах:

$$q_1 = \varepsilon L', \qquad q_2 = 2\varepsilon\left(B - L'\right); \tag{13}$$

де $L`$ – віддаль від дрени D_1 до водорозділу з максимальним рівнем H_0:

$$L' = \frac{\Delta H_g T + 2\varepsilon B\Phi_1 + 0,5\varepsilon B^2}{\varepsilon\left(B + 2\Phi_{g_1} + 2\Phi_{g_2}\right)}, \tag{14}$$

де ΔH_g, Φ_{g1}, Φ_{g2} – фільтраційні опори на недосконаліть дрен D_1 і D_2.

Для схеми дренажу в однорідному чи в неоднорідному (рис. 1) шаровому ґрунтах розрахункові рівняння відповідно на ділянках B_1 і B_2 – B_1 при середній водопровідності T по довжині всього потоку будуть:

$$H_x' = H_{g_1} - \frac{\varepsilon x^2}{2T} + \eta\left(x + 2\Phi_{g_1}\right), \tag{15}$$

$$H_x'' = H_{g_2} - \frac{\varepsilon x^2}{2T} + \frac{\varepsilon B_2}{T}x - \frac{\varepsilon B_1 B_2}{T} + \eta\left(B_1 + 2\Phi_{g_1}\right), \tag{16}$$

де

$$\eta = \frac{H_{g_2} - H_{g_1} + \frac{\varepsilon B_1 B_2}{T} + \frac{\varepsilon B_1^2}{2T}}{B_1 + 2\Phi_{g_1} + 2\Phi_{g_2}}.$$

Витрати знаходять по формулам (11), в яких рівні $H`_{g1}$ і $H`_{g2}$ визначаються із рівнянь (15)–(16) відповідно при $x=0$ *і* $x=B$.

В окремих випадках (по гідрогеологічним умовам, характеру забудови території, яку треба захистити, необхідної глибини зниження РГВ, забезпечення відведення дренажної води тощо) будівництво горизонтального дренажу може виявитися малоефективним і дорогим заходом і більш економічним та технічно виправданим може виявиться облаштування вертикального дренажу. Будівництво вертикального дренажу, якщо це дозволяють геологічні умови, має ряд суттєвих переваг, зокрема, можливість забезпечення більших глибин зниження і в цілому регулювання РГВ на захисній території, і, що також особливо, у виборі місця розташування свердловин і використання дренажної води тощо. Відомі схеми систематичного вертикального дренажу, які часто влаштовуються для регулювання РГВ на меліоративних землях, в умовах територій населених пунктів, які захищаються по різним причинам, не завжди бувають доцільними. Дренування таких територій доцільно здійснювати окремими невеликими групами свердловин з різним розташуванням в межах населеного пункту. При розрахунках таких свердловин поряд з вивченням дії всієї групи взаємодіючих свердловин іноді необхідно вибірково розглядати дію окремих свердловин цієї групи.

При складанні розрахункових фільтраційних схем як для всієї групи, так і для окремих свердловин, необхідно, крім інфільтраційного живлення ґрунтових вод, діючого в межах захисної території, обов'язково враховувати зовнішнє живлення, яке не перехоплене контурним дренажем. Врахувати вплив цього притоку можна шляхом задання на границях території, яка захищається, значень постійних рівнів (напорів) чи витрат. Границі цієї території і характер живлення на них встановлюється в кожному окремому випадку в результаті аналізу гідрогеологічних умов регіону і попереднього розгляду більш загальної регіональної схеми фільтрації, складовою частиною якої є територія, яка захищається. Аналіз свідчить, що навіть при наближеному врахуванні живлення на границях території можна с достатньою для практичних розрахунків точністю виконати розрахунок вертикального дренажу. При цьому різні геометричні контури в плані границь захисної ділянки шляхом розроблених заходів і способів можуть бути приведені до кругової області фільтрації з приведеним радіусом R [742].

Вирішення ряду практичних задач, таких як забезпечення потрібного зниження РГВ в задані терміни, регулювання його положення на окремих ділянках захисної території, встановлення оптимального режиму відкачки із свердловин і відповідно роботи насосного обладнання вимагає вивчення дії дренажу в умовах неусталеної фільтрації, що пов'язано зі значними труднощами при реалізації математичних моделей. Тому при проведенні відповідних практичних розрахунків доцільно використання спрощених математичних залежностей, що дозволяють з необхідною точністю визначати параметри дренажу та проводити прогнозні розрахунки для різних схем розташування дренажних свердловин [743].

При рішенні вказаних задач у багатьох випадках можна обмежитись розглядом схем вибіркового дренажу з невеликою кількістю свердловин в необмеженій області фільтрації. Як відомо, в областях фільтрації з віддаленими границями живлення в реальних умовах роботи свердловин впливом цих границь можна знехтувати і розглядати область фільтрації, як необмежену в плані. Область фільтрації приймається необмеженою, якщо її найближча границя до свердловини віддалена на віддаль $R > 3\text{-}4\sqrt{at}$ чи $L > 2\sqrt{\pi at}$, де a – коефіцієнт п'єзопровідності [744].

Нижче приводиться інженерна методика розрахунку неусталеної фільтрації до вибіркового вертикального дренажу в неоднорідній водоносній товщі для умов одночасного водовідбору із двох водоносних горизонтів, що складається з двох водоносних горизонтів ґрунтових та підземних вод, розділених слабопроникним роздільним прошарком, де приймається жорсткий режим фільтрації (рис. 2).

---

[742] Методические рекомендации по расчетам защиты территорий от подтопления в зоне орошения. Киев : Минводхоз УССР, 1986. 392 с.

[743] Олейник А. Я. Фильтрационные расчеты вертикального дренажа. Київ : Наукова думка, 1978. 202 с.

[744] Дегтярев Б. М. Дренаж в промышленном и городском строительстве. Москва : Стройиздат, 1990. 237 с.

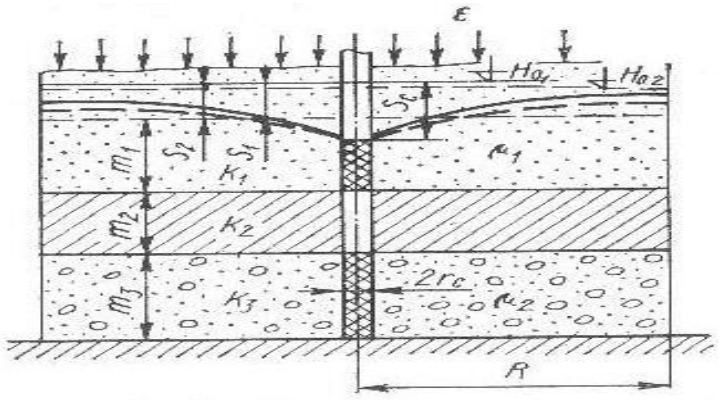


Рис. 2. Розрахункова схема вертикального дренажу в неоднорідній водоносній товщі

Джерело: авторська розробка.

Для даної схеми неусталена радіальна фільтрація до свердловини вертикального дренажу в цій водоносній товщі записується наступною системою диференціальних рівнянь [742, 743]:

$$a_1\left(\frac{\partial^2 S_1}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial S_1}{\partial r}\right)-b_1(S_1-S_2)-\bar{\varepsilon}=\frac{\partial S_1}{\partial t}, \qquad (17)$$

$$a_2\left(\frac{\partial^2 S_2}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial S_2}{\partial r}\right)+b_2(S_1-S_2)=\frac{\partial S_2}{\partial t},$$

де $a_i=\frac{T_i}{\mu_i}$; $b_i=\frac{k_0}{\mu_2 m_0}$; $T_i=k_i m_i$; $\bar{\varepsilon}=\frac{\varepsilon}{\mu_1}$; $R=\frac{\sigma}{\sqrt{\pi}}=0.56\sigma$; $S_i(r,t)=H_i^0-H_i(r,t)$ – зниження рівнів ґрунтових та підземних вод відповідно в першому та другому водоносних горизонтах; H_i^0 і $H_i(r,t)$ – рівні відповідно до початку роботи дренажу та в процесі водовідбору; k_0 і m_0 – відповідно коефіцієнт фільтрації та потужність роздільного прошарку; k_i, μ_i, m_i – відповідно коефіцієнти фільтрації, водовіддачі та потужність основних водоносних горизонтів; ε – середня інтенсивність інфільтраційного живлення; σ-відстань між свердловинами вертикального дренажу; $i=1,2$.

Система рівнянь (17) розв'язується при наступних початкових та граничних умовах на зовнішньому контурі водоносної товщі:

$$t=0,\quad S_i=0 \qquad (18)$$

$$t>0,\quad r=R,\quad \frac{\partial S_i}{\partial r}=0. \qquad (19)$$

та граничних умовах на контурі свердловини радіусом r_0 для різних варіантів: водовідбір при постійному зниженні в обох горизонтах; водовідбір при постійному зниженні в нижньому горизонті і водовідбір з постійним дебітом з обох горизонтів:

$$t>0,\quad r=r_0,\quad S_i=S_0 \qquad (20)$$

$$t>0,\quad r=r_0,\quad \frac{\partial S_i}{\partial r}=0,\quad S_2=S_0 \tag{21}$$

$$t>0,\quad r=r_0,\quad \frac{\partial S_i}{\partial r}=0,\quad 2\pi r T_i\frac{\partial S_i}{\partial r}=-\theta \tag{22}$$

Опускаючи проміжні складні викладки для кожного із зазначених випадків, представимо розв'язок відносно S_i при граничних умовах (18)–(19) у наступному вигляді [736, 742, 743]:

$$S_1'(r,\infty)=\frac{S_0(r)}{T}+\frac{T_2}{T}\varepsilon_0(W_1+W_2-1), \tag{23}$$

$$S_2'(r,\infty)=\frac{S_0(r)}{T}-\frac{T_1}{T}\varepsilon_0(W_1+W_2+1), \tag{24}$$

де $S_0(r)=S_0T-\frac{\varepsilon R^2}{2}\ln\frac{r}{r_0}+\frac{\varepsilon}{4}\left(r^2-r_0^2\right)$, $\varepsilon_0=\frac{\varepsilon_0}{R_0}\frac{T_2}{T}m_0$,

$$W_1=\frac{I_0(cr)}{I_1(cr_0)+\frac{I_1(cR)}{K_1(cR)}K_0(cr_0)},\quad W_2=\frac{K_0(cR)}{K_0(cr_0)+\frac{K_1(cR)}{I_1(cR)}I_0(cr_0)},$$

$$T=K_1m_1+K_2m_2,\quad T_1=K_1m_1,\quad T_2=K_2m_2,\quad C=\sqrt{\frac{K_0}{m_0}\frac{T}{T_1T_2}}.$$

Так як $cr_0<<1$, то можна записати, що $I_0(cr_0)\approx 1$, а $K_0(cr_0)=ln(1.12/cr_0)$. Тоді при $r=R$ рівні ґрунтових і підземних вод розраховуються по наступним формулам:

$$S_1'(R,\infty)=S_0-\frac{\varepsilon R^2}{2T}\left(\ln\frac{R}{r_0}-0{,}5\right)-\frac{T_2}{T}\varepsilon_0\left(1-\frac{B}{\ln\frac{1{,}12}{cr_0}+A}\right), \tag{25}$$

$$S_2'(R,\infty)=S_0-\frac{\varepsilon}{2}\frac{R^2}{T}\left(\ln\frac{R}{r_0}-0{,}5\right)-\frac{T_1}{T}\varepsilon_0\left(1-\frac{B}{\ln\frac{1{,}12}{cr_0}+A}\right), \tag{26}$$

де $A=\frac{K_1(cR)}{I_1(cR)}$, $B=K_0(cR)+\frac{K_1(cR)}{I_1(cR)}I_0(cR)$.

Загальний дебіт свердловини Q складається із витрат, що поступають із верхнього та нижнього водоносних горизонтів і використовуючи відому залежність виду [742]:

$$Q_i=-2\pi r T_i\left.\frac{\partial S_i}{\partial r}\right|_{r=r_0'}, \tag{27}$$

отримуємо співвідношення відносно $Q_1(t)$ та $Q_2(t)$:

$$Q_1(t) = Q_2' + 2\pi^2 T_1 \sum_{n=1}^{\infty} P(\mu_n) S_1''(\mu_n, t), \tag{28}$$

$$Q_2(t) = Q_2' + 2\pi^2 T_2 \sum_{n=1}^{\infty} P(\mu_n) S_2''(\mu_n, t), \tag{29}$$

де Q_1' та Q_2' – витрати при стаціонарному режимі фільтрації $(t \to \infty)$:

$$Q' = \frac{\pi\varepsilon T_1}{T}\left(R^2 - r_0^2\right) - \frac{2\pi T_1 T_2 c\varepsilon_0 r_0}{T} C, \tag{30}$$

$$Q_2' = \frac{\pi r T_2}{T}\left(R^2 - r_0^2\right) - \frac{2\pi T_1 T_2 c\varepsilon_0 r_0}{T} C, \tag{31}$$

де $C = \dfrac{1}{cr_0\left(\ln\dfrac{1{,}12}{cr_0} + A\right)}$, $\quad Q' = Q_1' + Q_2' = \pi\varepsilon\left(R^2 - r_0^2\right)$.

Для інженерних розрахунків формули (25)–(26) можна спростити до наступного виду:

$$Q_1(t) = Q_1' + Q_1^0 e^{\lambda_n t}; \quad Q_2(t) = Q_2' + Q_2^0 e^{\lambda_n t}, \tag{32}$$

де $\theta_i^0 = \dfrac{4T_i S_i(R)}{Y_0(\mu_1) + 0{,}64 I_0(\mu_1)\ln\dfrac{1{,}12R}{\mu_1 r_0}}, \quad (i = 1{,}2),$

а зниження $S_i(R)$ знаходимо по формулам (25)–(26).

Для спрощення вирішення практичних задач проведено чисельні розрахунки різних варіантів розв'язку розглянутої задачі, результати яких зведені у спеціальні таблиці. Враховуючи обмежений об'єм статті вказані таблиці в роботі не приводяться. У якості прикладу приведені дані рішення методичної задачі в і результати обчислень величин S_1 і S_2 по формулам:

$$S_i(r,t) = S_i' + \sum P(\mu_n) V_0(\mu\bar{r}) S_i''(\mu_n, t), \quad (i = 1{,}2) \tag{33}$$

і значень витрат із першого і другого водоносних горизонтів $Q_1(t)$ і $Q_2(t)$, $Q(t) = Q_1(t) + Q_2(t)$ по наступним формулам:

$$Q_1(t) = \frac{\pi\varepsilon T_1}{T}\left(R^2 - r_0^2\right) - \frac{2\pi T_1 T_2 C\varepsilon_0 r_0}{T} G + 2\pi^2 T_1 \sum_{n=1}^{m} P(\mu_n) S_1''(\mu_n, t), \tag{34}$$

$$Q_2(t) = \frac{\pi\varepsilon T_2}{T}\left(R^2 - r_1^2\right) + \frac{2\pi T_1 T_2 C\varepsilon_0 r_0}{T} G + 2\pi^2 T_2 \sum_{n=1}^{m} P(\mu_n) S_2''(\mu_n, t)$$

для значень верхньої границі сум n=20, величині інфільтраційного живлення *ε=0.001 м/ добу* та значенні *r =R = 500 м* (таблиця 1).

В таблиці 2 приведені значення складових із формули:

$$S_i(r,t) = S_i' + \frac{\pi^2}{2}\sum_{n=1}^{m} P(\mu_n) V_0(\mu\bar{r}) S_i''(\mu_n, t), \qquad (35)$$

а саме: $P(\mu_n) V_0(\mu\bar{r}) S_i''(\mu_n, t)$ для n = 1, 2, 5, 20 і значень t =1, 2, 50, 100, 150, 200, 500, 1000, 5000 діб.

1. Чисельні значення величин S_1, S_2, Q_1, Q_2, Q при ε=0.001 м/добу

t, доба	S_1, м	S_2, м	Q_1, м³/добу	Q_2, м³/добу	Q, м³/добу
$n = 20$					
1	-0,0077752205	-0,29045903	362,2844	1066,2557	1428,5401
20	-0,012688353	-0,21686177	266,0426	1031,2387	1297,2813
50	0,055259862	-0,53279471	247,6789	989,8254	1237,5043
100	0,231666766	0,20388401	235,6439	937,32104	1172,9650
150	0,39841233	0,42882549	227,24573	893,24105	1120,4867
200	0,54380236	0,62365795	220,13152	855,20189	1075,3334
500	1,0861523	1,3499818	193,66725	713,44432	907,11158
1000	1,3862114	1,7518200	179,02664	635,01767	814,04432
5000	1,4785715	1,8755083	174,52017	610,87747	785,39764

Джерело: авторська розробка.

2. Чисельні значення складових ряду для визначення знижень S_1 та S_2

t, day	$n=1$	$n=2$	$n=3$	$n=4$	$n=5$	$n=6$
S_2, м						
20	$-4.270\cdot10^{-1}$	$3.141\cdot10^{-3}$	$-1.181\cdot10^{-4}$	$3.821\cdot10^{-6}$	$-7.5\cdot10^{-8}$	$8.1\cdot10^{-10}$
50	$-3.916\cdot10^{-1}$	$6.760\cdot10^{-4}$	$-2.673\cdot10^{-6}$	$2.852\cdot10^{-8}$	$-7\cdot10^{-13}$	
100	$-3.388\cdot10^{-1}$	$5.225\cdot10^{-5}$	$-4.841\cdot10^{-8}$	$1.7\cdot10^{-14}$		
150	$-2.932\cdot10^{-1}$	$4.038\cdot10^{-6}$	$-8.768\cdot10^{-12}$			
200	$-2.537\cdot10^{-1}$	$3.120\cdot10^{-7}$	$-1.588\cdot10^{-14}$			
500	$-1.065\cdot10^{-1}$	$6.651\cdot10^{-13}$				
1000	$-2.507\cdot10^{-1}$					
5000	$-2.360\cdot10^{-7}$					
S_1,м						
20	$-3.189\cdot10^{-1}$	$1.850\cdot10^{-2}$	$-1.938\cdot10^{-4}$	$1.246\cdot10^{-4}$	$-4.126\cdot10^{-6}$	$6.649\cdot10^{-8}$
50	$-2.924\cdot10^{-1}$	$3.980\cdot10^{-3}$	$-4.388\cdot10^{-5}$	$9.302\cdot10^{-8}$	$-3\cdot10^{-11}$	
100	$-2.530\cdot10^{-1}$	$3.076\cdot10^{-4}$	$-7.947\cdot10^{-8}$	$5.7\cdot10^{-13}$		
150	$-2.189\cdot10^{-1}$	$2.378\cdot10^{-5}$	$-4.439\cdot10^{-10}$			
200	$-1.894\cdot10^{-1}$	$1.838\cdot10^{-6}$	$-2.607\cdot10^{-13}$			
500	$-7.952\cdot10^{-3}$	$3.916\cdot10^{-13}$				
1000	$-1.872\cdot10^{-2}$					
5000	$-1.762\cdot10^{-7}$					

Джерело: авторська розробка.

Для обчислювання функцій Бесселя використано представлення їх у вигляді рядів, яке є в численній літературі, зокрема, в [742, 743].

При тестуванні підпрограм для обчислювання цих функцій були розраховані контрольні приклади, результати яких із заданою точністю співпали з табличними значеннями для даних функцій.

Проведені дослідження показали, що на характер понижень великий вплив мають границі водоносного горизонту в плані. Тому, як вже зазначалось вище, одним із підходів при схематизації природних умов є спрощення природної обстановки до найбільш простої схеми необмеженого пласта з відповідним обґрунтуванням. При цьому похибка схематизації за рахунок неврахування планових границь не повинна перевищувати 5…10 % [736, 737].

В цілому в статті приведені методи та розрахункові залежності для розв'язків практичних задач по захисту від підтоплення та затоплення ґрунтовими водами населених пунктів та забудованих територій.

Запропоновано чисельно-аналітичні методи розрахунку систем горизонтального та вертикального дренажу для найбільш поширеної трьохшарової водоносної товщі ґрунтів з різним розташуванням дрен по глибині і в плані на захисних територіях. В умовах різних форм живлення ґрунтового потоку на цих територіях (інфільтраційного живлення за рахунок атмосферних опадів і зволожувальних поливів, бокового притоку тощо) запропоновані методи розрахунків дозволяють визначати глибини ґрунтового потоку в довільних точках ділянок захисту та дренажні витрати. Для спрощення практичних розрахунків систем вибіркового та систематичного вертикального дренажу приведені таблиці складових в основних залежностях по визначенню знижень рівнів ґрунтових і підземних вод, що дозволяє на різних стадіях проектування та будівництва захисного дренажу оптимізувати вибір найбільш ефективних схем із врахуванням гідрогеолого-екологічних умов на досліджуваних територіях.

5.6. Удосконалення методів розрахунку дренажних систем на підтоплених територіях

Телима С. В.
Інститут гідромеханіки НАН України

Як відомо, останнім часом процеси підтоплення територій України набули масштабного характеру і цей процес продовжує розширятись, що являється суттєвим фактором впливу на еколого-економічну безпеку держави [745, 746, 747].

Для запобігання та захисту від підтоплення різних об'єктів та територій широко використовується дренаж, як основний засіб регулювання водного

[745] Трофимчук О. М., Яковлєв Є. О., Глебчук Г. С. Регіональне підтоплення земель в Україні як фактор зростаючого впливу на еколого-економічну безпеку держави. *Екологія і ресурси.* 2004. Вип. 9. С. 13–20.

[746] Цілі сталого розвитку: Україна : Національна доповідь. Київ, Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, 2017. 176 с. URL : https://www.zoda.gov.ua/files/WP_Article_File/original/000080/80861.pdf.

[747] Телима С. В. Прогнозування гідрогеолого-екологічних змін в південних районах України в умовах регіонального підтоплення ґрунтовими водами. *Сучасні технології та досягнення інженерних наук в галузі гідротехнічного будівництва та водної інженерії.* 2021. Вип. 3. С. 65–70.

режиму у водонасиченому середовищі [748, 749, 750].

В розрахунках дренажних споруд різних конструкцій для підвищення їх точності необхідно враховувати фільтраційний опір на конструктивні особливості дренажу Φ_x (обсипку, матеріал конструкції дренажної труби, тощо). Враховуючи складність визначення цієї величини в зв'язку із обмеженням даних щодо моніторингу дренажних споруд різного призначення, цей параметр, як правило, не враховувався при розрахунках та проектуванні дренажів. Крім того, при оцінці фільтраційного опору по конструктивним параметрам дренажу не враховувався також термін експлуатації цих споруд, тоді як теоретичні та експериментальні дослідження багатьох авторів свідчать про зменшення пропускної спроможності дренажу з часом експлуатації, що зменшує ефективність його роботи та забезпечення постійного дренування відповідних територій [751 , 752 , 753]. Тому при проектуванні та реконструкції дренажних систем постає актуальною проблема врахування в різних фільтраційних розрахунках величини фільтраційних опорів на конструктивні особливості дренажі.

Розв'язання цієї проблеми дозволяє, на нашу думку, виконувати більш детально прогнозні розрахунки положення рівнів ґрунтових вод на підтоплених територіях.

Основні принципи методу фільтраційних опорів широко висвітлені в спеціальній літературі, зокрема, стосовно його використання при розрахунках різних водозабірних і дренажних споруд в роботах [748, 749, 753]. В будь-якому, навіть досить складному фільтраційному потоці, можна виділити дві групи характерних зон потоку, а саме: локальні зони різкозмінної фільтрації і значні зони повільнозмінного потоку, який рухається переважно в горизонтальному напрямку. Зони різкозмінної фільтрації мають місце переважно поблизу різних недосконалих границь (каналів, водоймищ, водозаборів, дренажів, завіс тощо). В цих випадках вплив зони різкої деформації потоку, яка характеризується значним збільшенням опору потоку, тобто падінням рівня (напору) в них, може бути враховано за допомогою методу фільтраційних опорів шляхом заміни недосконалих границь досконалими, еквівалентними по фільтраційним витратам і картині фільтрації на деякій віддалі від границі, яка розглядається. При такій заміні зони різкозмінної фільтрації виключаються із розгляду. Таким чином, ефект від дії самих різноманітних по своїм геометричним особливостям і конструкціям

---

[748] Олейник А. Я. Геогидродинамика дренажа. Київ : Наукова думка, 1981. 284 с.

[749] Методические рекомендации по расчетам защиты территорий от подтопления в зоне орошения. Киев : Минводхоз УССР, 1986. 392 с.

[750] Олейник А. Я. Фильтрационные расчеты вертикального дренажа. Київ : Наукова думка, 1978. 202 с.

[751] Левицька В., Хоружий П. Взаємодія дренажних свердловин у протифільтраційних завісах. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Сер. Геологія.* 2020. Вип. 3 (90). С. 91–96.

[752] Телима С. В., Кремез В. С. Розрахунки очисних фільтрів водозабірних свердловин в умовах кольматажу при різних типах осаду. *Вода для всіх* : Матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Київ : ІВПіМ УААН, 2019. С. 119–120.

[753] Тугай А. М., Олійник О. Я., Тугай Я. А. Продуктивність водозабірних свердловин в умовах кольматажу. Харків, 2004. 240 с.

недосконалих дренажів можна замінити практично еквівалентними по дії, простими по формі і конструкції досконалими водозаборами і дренажами, які повністю розкривають (прорізають) водоносну товщу. При цьому, вже на віддалі декількох потужностей водоносної товщі пласта утворюється зона повільнозмінного планового потоку з таким же розподілом і значеннями напорів в ньому, як і у випадку досконалих меж. Ця обставина суттєво полегшує розробку методів фільтраційного розрахунку дренажів, приводячи його до визначення так званих зовнішнього і внутрішнього фільтраційних опорів, які враховують відповідно характер і особливості руху підземних вод в зонах повільного і різкозмінного потоків. Використання методу фільтраційних опорів особливо ефективно у випадку дренажів складної конструкції, як в плані, так і по глибині потоку, що особливо важливо і необхідно враховувати при розробці їх фільтраційних розрахунків та технологічних параметрів.

Зовнішній фільтраційний опір, *F*, обумовлений діями досконалих променевих дренажів, визначається плановими розмірами потоку і не залежить від його структури по глибині і особливістю руху води в спорудах. Цим опором враховується розташування границь живлення і стоків, їх розташування по відношенню до границь живлення і стоку, кількість дрен , їх довжина і розташування в плані по відношенню один до одного.

Внутрішній фільтраційний опір Φ обумовлений гідродинамічною недосконалістю дренажів і визначається в основному через параметри водоносної товщі (потужності пласта і окремих його шарів і їх коефіцієнтами фільтрації), розмірами дрен і їх віддаллю одна від одної. В загальному випадку, крім цього основного фільтраційного опору, обумовленого гідродинамічною недосконалістю дренажу по ступені розкриття пласта Φ слід враховувати також додатковий опір за характером розкриття пласта, тобто, загальний опір буде складати:

$$\Phi_0 = \Phi + \Phi_x. \qquad (1)$$

Опір за характером розкриття пласта Φ_x, являє собою комплексну характеристику і обумовлений різними факторами, а саме: конструкцією і іншими особливостями споруди, гідравлічними втратами напору всередині споруди, порушенням лінійного закону фільтрації поблизу споруди, утворенням фільтраційної пробки і осаду всередині споруди тощо. Аналіз показує, що із всіх перерахованих факторів при визначенні опору Φ_x значну роль (особливо при довгостроковій експлуатації споруди) можуть відігравати фільтраційні деформації в прилягаючій до споруди зоні, переважно внаслідок накопичення (кольматації) і винесення часток ґрунту (суфозії), які найменш вивчені, а також гідравлічні втрати напору на тертя по довжині труб-променів [753, 754]. Слід відмітити, що

[754] Телима С. В., Тугай Я. А., Олійник Є. О., Майстренко Г. В. Розрахунок берегового променевого водозабору при боковому фільтраційному потоці. *Екологічна безпека та природокористування.* 2013. Вип. 12. С. 70–82.

на сучасний момент немає достатньо обгрунтованих пропозицій щодо визначення опорів Φ_x. Найбільш надійним методом визначення опорів Φ_0 і, особливо його складової частини Φ_x, є проведення спеціально організованих і науковообгрунтованих дослідних і експлуатаційних спостережень за роботою дренажів і використання даних цих досліджень. Навіть при повному розкритті фільтром водоносного пласта, коли можна вважати $\Phi \approx 0$, дія опору Φ_x не виключається (навіть збільшується) і при необхідності повинна бути врахована в розрахунках. Як показали дослідження, при відносно якісному підборі фільтра і нормальній роботі споруди в деяких випадках можна знехтувати опором Φ_x і обмежитись в розрахунках тільки опором Φ. Методика визначення опору Φ основана на точних (гідромеханічних) рішеннях окремих задач усталеної і неусталеної фільтрації до дренажів з використанням чисельних і аналітичних методів. При цьому приймається доведена при дослідженні горизонтальних дрен і вертикальних свердловин, а також на підставі чисельних розрахунків дренажів передумова про те, що в умовах неусталеної фільтрації опір на недосконаліть Φ хоча і залежить від часу, проте швидко прямує до усталеного значення. Зовнішній фільтраційний опір F визначається шляхом аналітичного чи чисельного рішення планових задач фільтрації до досконалих дренажів. При цьому у випадку усталеної фільтрації середнє значення напору (рівня) на кожній досконалій дрені H'_{gi} зв'язано з відповідним середнім (рівнем) на відповідній недосконалій дрені H_g відношенням:

$$H'_{gi} = H_g + \frac{Q_{gi}}{2\pi T l_i} \Phi_i, \qquad (2)$$

де Q_{gi} – приток (витрата) до *i*-тої дрени довжиною l_i; T – середня водопровідність водоносної товщі.

У випадку неусталеної фільтрації витрата в дрені Q_{gi} залежить від часу t і тому значення напору H'_g на дренах буде змінним і також залежним від часу *t*. В цьому випадку для горизонтальних дрен при рішенні вихідних рівнянь фільтрації на лінії дрен приймається відома гранична умова третього роду. На підставі сказаного вище можна зробити загальний висновок, що доцільним і ефективним є використання методу фільтраційних опорів, що дозволяє без зменшення точності практичних розрахунків значно спростити рішення різних задач фільтрації в складних гідрогеологічних і природних умовах при наявності також недосконалих границь живлення і стоку, а також недосконалих дренажів. Використання методу фільтраційних опорів дозволяє розглядати також складні просторові фільтраційні потоки шляхом зведення їх до більш простих планових і навіть одномірних потоків [748–750].

Розглянемо застосування методу фільтраційних опорів на прикладі роботи променевих дренажів в умовах багатошарової водоносної товщі з різними фільтраційними параметрами. Для таких випадків цей метод дозволяє розв‘язувати з достатньою точністю різні практичні задачі [754].

Відповідно до методу фільтраційних опорів витрата кожного *i*-го горизонтального променя (дрени) променевого дренажу в умовах бокового притоку із різних джерел живлення визначається за такою універсальною залежністю:

$$Q_{gi} = \frac{2\pi T S_{gi} l_i}{F_i + \Phi_i}. \qquad (3)$$

Тоді загальний дебіт (витрати) променевого дренажу, який складається із N $(N \geq 1)$ променів складає:

$$Q = \sum_{n=1}^{N} Q_{gi}. \qquad (4)$$

де S_{gi} – задане зниження в і-му промені (дрені) (середнє чи в окремій характерній точці); F_i і Φ_i – зовнішній і внутрішній опори *i*-ой дрени довжиною l_i.

Як зазначалось вище, опори F_i і Φ_i кожної дрени – променя можуть бути визначені в загальному випадку в результаті строгих рішень задач просторової фільтрації до променевого дренажу. Однак, реалізація моделей просторовой фільтрації для визначення опорів Φ вимагає використання складних чисельних методів рішення задачі і аналізу одержаних результатів. Тому для практики при визначенні опорів Φ досить розглянути і виконати рішення більш простих локальних схем просторового радіального притоку підземних (ґрунтових) вод до променевого дренажу. Доцільність запропонованого підходу визначення опорів Φ підтверджена відповідними чисельними розрахунками.

В загальному випадку опір Φ в умовах променевого дренажу, який складається із взаємодіючих між собою дрен-променів, буде складатись із суми двох опорів: основного Φ_* і додаткового $\Delta\Phi$, тобто маємо [754]:

$$\Phi = \Phi_* + \Delta\Phi, \qquad (5)$$

де Φ_* – основний опір на недосконаліть дрени-променя, який розглядається; $\Delta\Phi$ – додатковий опір, який враховує вплив на недосконаліть сусідних дрен – променів при їх близькому розташуванні ($r_k < m$). У випадку однорідного водоносного пласта опір Φ і його складові Φ_* і $\Delta\Phi$ будуть визначатись за формулами:

$$\Phi = mf, \qquad \Phi_* = mf_*, \quad \Delta\Phi = m\Delta f, \qquad (6)$$

де $f = f_* + \Delta f$, f_* і Δf – відповідні безрозмірні опори, які визначаються з використанням загального рівняння фільтрації до точкового джерела:

$$\varphi = \frac{q}{2\pi m}\left[\ln\frac{4m}{l} + 2\sum_{n=1}^{\infty} K_0\left(\frac{\pi n r}{m}\right)\cos\frac{\pi n z}{m}\cos\frac{\pi n b}{m}\right]. \tag{7}$$

Для схеми радіального притоку до променевого дренажу з рівномірним розташуванням в плані променів пропонуються для визначення опорів f_* і Δf наступні рівняння:

$$f_* = 4\sum_{n=1}^{\infty}\int_0^{l/2} K_0\left(\frac{\pi n}{m}\sqrt{\eta^2 + r_g^2}\right)\cos^2\frac{\pi n b}{m}\,d\eta, \tag{8}$$

$$\Delta f = 2\sum_{j=1}^{N-1}\sum_{n=1}^{\infty}\int_0^{l} K_0\left(\frac{\pi n \rho_j}{m}\right)\cos^2\frac{\pi n b}{m}\,d\eta, \tag{9}$$

де

$$\rho_j = \sqrt{\eta^2 - \eta l\cos\left(\frac{2r_g}{l} - \frac{2\pi}{N}j\right) + \frac{l^2}{4}}, \tag{10}$$

$$0 \le \eta \le l.$$

Інтегрування цих рівнянь було одержано окремо для довгих $l \ge 2m$ і коротких дрен $l < 2m$. В першому випадку дрену кінцевої довжини l можна розглядати як нескінчено довгу дрену $l \to \infty$, а в другому випадку кожна коротка дрена замінюється еквівалентною сферичною дреною радіусом r_0.

В результаті проведеного аналізу для практичного використання запропоновані наступні залежності:

для довгих дрен ($l \ge 2m$) маємо:

$$f_* = \ln\frac{m}{2\pi r_g \sin\dfrac{\pi(2b + 2g)}{2m}}, \tag{11}$$

$$\Delta f = 2\sum_{k=2}^{N} f_k(r_k, b), \tag{12}$$

$$f_k(r_k, b) = \sum_{n=1}^{\infty}\frac{1}{n}e^{-\frac{\pi n r_k}{m}}\cos^2\frac{\pi n b}{m}; \tag{13}$$

при будь-якому розташуванні дрени по глибині $(b \ne 0)$;

$$f_* = 2\ln\frac{m}{\pi r_g}, \tag{14}$$

$$\Delta f = -2\sum_{k=2}^{N}\ln\left(1 - e^{-\frac{\pi r_k}{m}}\right), \tag{15}$$

при розташуванані дрени у покрівлі пласта ($b = 0$).

В приведених формулах r_g – розрахунковий радіус дрени; r_k – віддаль від середини дрени – променя, яка розглядається (k=1), до середини променів (k=2, 3,… N). Якщо ця віддаль буде $r_k > m$, то практично можна не враховувати вплив цієї дрени, тобто, приймати в розрахунках $f_k = 0 \quad (\Delta f = 0)$. Так, наприклад, у випадку 4-х променевого дренажу з рівномірним розташуванням променів $\Delta f = 2\left(f_{n_2} + f_{n_3} + f_{n_4}\right)$. Так як $l_3 = l > 2m,\ r_2 = r_4$, то маємо $f_{n_3} = 0$, $f_{n_2} = f_{n_4}$ і остаточно $\Delta f = 4 f_{n_2}$. Ряди в наведених формулах сходяться швидко і тому в розрахунках досить взяти суму із декількох перших членів. Для зручності розрахунків на основі формул (13) і (15) побудовано графік $f_k = f\left(r_k, b\right)$, приведений на рис. 1.

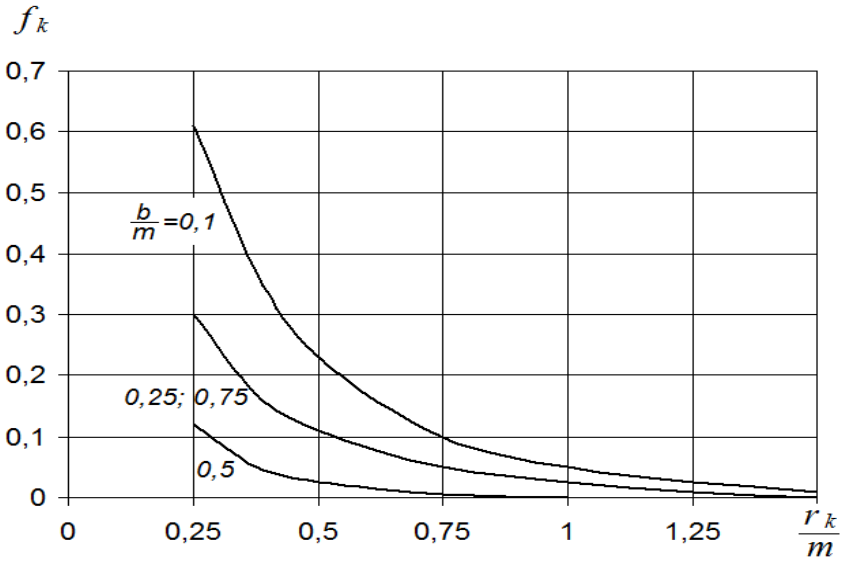


Рис. 1. Графік функції $f_k = f\left(r_k, b\right)$

Джерело: дані [754].

Аналогічні залежності та графіки отримані і для коротких дрен-променів ($l < 2m$), що показано в роботі [754].

Із аналізу приведених залежностей можна зробити такі висновки: 1) опір Φ_* залежить тільки від розмірів дрени-променя і її розташування по глибині фільтраційного потоку і не залежить від кількості дрен-променів, N, і від їх розташування в плані; 2) розташування дрен-променів в плані, як рівномірне, так і нерівномірне, а також їх кількість, N, враховується додатковим опором $\Delta\Phi$. При цьому для схеми променевого дренажу з N рівномірно розташованими променями додатковий опір $\Delta\Phi$ для кожної дрени буде однаковим; для схеми променевого дренажу з N нерівномірним розташуванням променів кожна дрена буде мати свій опір $\Delta\Phi$, який також може бути визначений по приведеним вище залежностям.

Для променевого дренажу, який дренують воду з двошарової водоносної товщі (пласта) розрахунок виконується за формулою (3), в

якій приймається водопровідність двошарової товщі (пласта) $T = k_1 m_1 + k_2 m_2$, а опір Φ буде залежати від параметрів цього пласта.

При розташуванні променевого дренажу у верхньому шарі пласта маємо:

$$\Phi_* = m_1 \frac{(1+\lambda_1)\lambda_1}{2} f_1 + \frac{T}{k_1} \frac{(\lambda_1 - 1)\lambda_1}{2} \bar{f}_1 - m\left(\lambda_1{}^2 - 1\right) f , \qquad (20)$$

де $\lambda_1 = \frac{k_1 - k_2}{k_1 + k_2}$, f_1, f – безрозмірні опори в однорідній товщі відповідної потужності m_1, а $m = m_1 + m_2$, які визначаються згідно наведеної вище методики.

При розташуванні променевого дренажу в нижньому шарі двошарової товщі (пласта) маємо:

$$\Phi_* = m_2 \frac{(1+\lambda_2)\lambda_2}{2} f_2 + \frac{T}{k_2} \frac{(\lambda_2 - 1)\lambda_2}{2} \bar{f}_2 - m_2\left(\lambda_2{}^2 - 1\right) f , \quad (21)$$

де $\lambda_2 = \frac{k_2 - k_1}{k_1 + k_2}$, f_2, f – безрозмірні опори в однорідному ґрунті відповідної потужності m_2, а $m = m_1 + m_2$; k_1, k_2 – коефіцієнти фільтрації верхнього і нижнього шарів з потужностями m_1 і m_2. Безрозмірні опори $\bar{f}_1$ і $\bar{f}_2$ визначаються по наступним формулам:

$$\bar{f}_1 = 2\ln \frac{4m_1 \cos\frac{\pi b}{m_1}}{\pi\sqrt{2r_g}\left(b + 0{,}5r_g\right)}, \text{ при } b \neq 0, \qquad (22)$$

$$\bar{f}_1 = 2\ln \frac{4m_1}{\pi r_g}, \text{ при } b = 0, \qquad (23)$$

$$\bar{f}_2 = \ln\left(\frac{4m_2}{\pi r_g} tg \frac{\pi a}{2m_2}\right), \text{ при } a < m_2 - r_g, \qquad (24)$$

$$\bar{f}_2 = 2\ln\left(\frac{4m_2}{\pi r_g}\right), \text{ при } a = m_2 - r_g, \qquad (25)$$

де b, a – відповідно віддалі до дрен–променів від крівлі і підошви двошарового пласта.

На підставі теоретичного рішення задач усталеної планової фільтрації до променевих водозаборів і дренажів, а також до інших дренажних споруд були одержані деякі аналітичні рішення для визначення зовнішніх опорів *F*. Як уже зазначалось вище, області фільтрації, які обмежені різними по окресленню в плані границями потоку, часто можуть бути приведені завдяки схематизації грунтового потоку до кругової області фільтрації радіусом *R* [748, 750]. Для цієї схеми радіального потоку до променевого дренажу з рівномірно розташованими однакої довжини *l* в плані *N* променями з заданими

одинаковими зниженнями на всіх дренах-променях, S_g , і однакових опорах Φ розрахункова формула для ви значення витрати променевого дренажа буде мати вигляд [754]:

$$Q_N = \frac{2\pi T S_g l N}{F_N + \Phi}. \tag{26}$$

Вирішивши вираз (26) відносно S_g , одержимо формулу для визначення середнього зниження рівня (напору) на дренах (наближено на водозбірному колодязі) при заданій витраті Q променевого дренажу. Проте, в загальному випадку в залежності від N опір F_N буде різним і тому в загальному випадку витрати Q визначаються по формулі (4). Для цього зовнішній опір F доцільно представити у вигляді:

$$F_N = F_1 + \Delta F_N, \tag{27}$$

де F_1 – зовнішній опір при радіальному притокові до одиночної дрени довжиною l, який визначається за залежністю:

$$F_1 = l \ln \frac{2R}{l} + l - 2r_g \, arctg \frac{l}{2r_g}. \tag{28}$$

Так як часто $r_g << l$, то формула (28) може бути спрощена до вигляду:

$$F_1 = l\left(\ln \frac{2R}{l} + 1 \right). \tag{29}$$

Додатковий зовнішній опір ΔF_N (N = 2, 3, 4, 6, 8), що враховує вплив кількості променів, визначається по відповідним формулам [754]:

$$\begin{aligned}
\Delta F_2 &= l\left(\ln \frac{2R}{l} - 0{,}40 \right), \\
\Delta F_3 &= l\left(2\ln \frac{2R}{l} - 0{,}575 \right), \\
\Delta F_4 &= l\left(3\ln \frac{2R}{l} - 1{,}32 \right), \\
\Delta F_6 &= l\left(5\ln \frac{2R}{l} - 2{,}80 \right), \\
\Delta F_8 &= l\left(7\ln \frac{2R}{l} - 5{,}25 \right).
\end{aligned} \tag{30}$$

Формулу (27) для подальших розрахунків зручно представити у вигляді:

$$F_N = F_1 + (1 + \gamma_N), \tag{31}$$

де поправочний коефіцієнт $\gamma_N = \frac{\Delta F_N}{F_1}$ враховує взаємний вплив (інтерференцію) горизонтальних досконалих дрен-променів. При значному віддаленні променевого дренажу від кругової границі живлення $(R > 3l)$ в практичних розрахунках недосконалий променевий дренаж у випадку коротких дрен-променів доцільно привести до досконалого великого колодязя, до якого, як відомо, фільтраційний приток визначається за наступною формулою [749]:

$$Q = \frac{2\pi T S_g}{\ln \frac{R}{r_{l_H}}}, \qquad (32)$$

де розрахунковий радіус цього недосконалого колодязя, r_{l_H}, буде:

$$r_{l_H} = \alpha r_{l_g}, \qquad (33)$$

а $\alpha = \exp(-\Phi)$ враховує недосконаліть променевого дренажу. У випадку досконалого променевого дренажу у формулі (33) приймається $\alpha = 1$, а r_{l_g} – радіус еквівалентного досконалого колодязя.

Наведемо методичний приклад розрахунку: на ділянці забудови на відстані 300 м від річки необхідно понизити рівень грунтових вод, S_g, на 2,0 м для запобігання можливого підтоплення території за рахунок бокового фільтраційного притоку. Аналіз гідрогеологічних умов на визначеній ділянці дозволив схематизувати водоносну товщу як двошарову у розрізі та напівобмежену в плані з коефіцієнтами фільтрації та потужностями виділених шарів відповідно k_1 = 0,5 м/доба, k_2 = 5 м/доба, m_1 = 5 м, m_2 = 10 м.

Пропонується 6-ти променевий недосконалий дренаж на глибині 8,0 м від поверхні землі з довжиною дрен l = 50 м та радіусом r_g = 0,1 м, для перехоплення потоку зі сторони річки.

Визначення дебіту променевого дренажу, що забезпечить необхідне пониження рівнів ґрунтових вод на ділянці забудови виконуємо за формулою (26). Для цього попередньо знаходимо T = $0{,}5 \cdot 5 + 5 \cdot 10$ = 52,5 м^2/доба, λ_2 = 0,82. Так як при розрахунку опорів f, f_2 і $\bar{f}_2$ витримується умова $l > 2m$ тобто $\Delta f = 0$, то приймаємо $f = f_*$, $f_2 = f_{2*}$, $\bar{f}_2 = \bar{f}_{2*}$ і їх визначення проводимо за формулами (11) і (24) f = 3,69, f_2 = 2,97, $\bar{f}_2$ = 5,52. Після цього по формулі (21) визначаємо опір Φ_* = 30,0 м, а по формулі (27) – опір F_6 = 994,7 м, визначивши перед цим по формулам (34) і (35) опори F_1 =176,3 м і ΔF_6 = 818,4 м. Таким чином, дебіт (витрата) променевого дренажу, розрахований по формулі (26), буде 193,15 м^3/добу.

Викладені в даній роботі результати проведених досліджень

дозволили зробити наступні висновки: для практичних розрахунків дренажних систем при прогнозуванні процесів підтоплення ґрунтовими водами забудованих територій та сільськогосподарських земель доцільно використовувати в деяких випадках методику розрахунку фільтраційних опорів. Застосування даної методики показано на прикладі розрахунку променевих дренажів. Розглянута одна із схем бокового притоку до променевого дренажу. Як показано із приведених розрахунків, визначаються витрати кожного променю та загальний дебіт дренажу при заданому пониженні на променях, а при заданих значеннях дебіту визначаються величини знижень рівнів ґрунтових вод на контурі водозбірного колодязя. При цьому при обґрунтуванні проблеми захисту територій від підтоплення та затоплення ґрунтовими водами запропонована методика розрахунку променевих дренажів дозволяє вирішувати задачі вибору раціональних схем дренажу (тип, конструкцію, розташування дрен-променів в плані та в розрізі, їх кількість, необхідну довжину, робочий радіус фільтру тощо).

5.7. Системна екологізація правових засад державного управління сталим розвитком сільських територій

Юшин С. О.
ННЦ «Інститут аграрної економіки» НААНУ

На катастрофізм де-екологізації землеробства вказував Аристотель [755] (свідоцтва загибелі і знищення цілих народів через те, що земля вже нікого не може прогодувати). Цієї точки зору притримувався Лібіх Ю. [756], який стверджував, що народ виникає та розвивається відповідно до родючості країни і з настанням її виснаження ніби зникає (не зневага землеробством, а падіння родючості через хижацьке господарювання).

Лукінов І. І. [757] доводив, що щорічні втрати України від неефективного природокористування і забруднення довкілля складають від 15 до 20 % її національного доходу і є, мабуть, найбільшими у світі. За даними Созінова О.О. [758], забруднення довкілля в Україні на 35–40 % визначається АПК, у т.ч. земель і водойм – на 50 %. І це не тільки в Україні. У США [759] у 70-х роках XX ст. майже 3/5 загального забруднення довкілля було наслідком інтенсифікації агросфери. У свій час член Римського клубу Форрестер Дж. [760] також вказував, що глобальне зникнення сільгоспугідь маскується за рахунок зростання продуктивності одиниці площі шляхом

[755] Аристотель. Метеорологика. Соч. в 4-х т. Т. 3. / Пер. с древнегреч. Москва : Мысль, 1981. С. 471.

[756] Либих Ю. Химия в приложении к земледелию и физиологии. / Пер. с нем. Москва-Ленинград : ОГИЗ-СЕЛЬХОЗГИЗ, 1936. С 86.

[757] Лукінов І. І. Вибрані твори. У двох книгах. Кн. 1. Київ : ННЦ ІАЕ, 2007. С. 541.

[758] Созинов О. О. Принципи развитку агросфери України у XXI столітті. *Збірник наукових праць Інституту землеробства УААН*. 1999. Вип. 4. С. 94.

[759] Маклярский Б. М. Экологический бумеранг. Москва : Междунар. отношения, 1980. С. 93 с.

[760] Форрестер Дж. Мировая динамика. / Пер. с англ. Москва : Наука, 1978. С. 21.

мехнізації, іригації, застосування пестицидів та селекції нових сортів. Затверджені Законом України (далі – ЗУ) № 2697 (2019 р.) «Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року» вказують: Стан земельних ресурсів України близький до критичного. Водною і вітровою ерозією уражені близько 57 % території, понад 12 % території зазнають підтоплення. За різними критеріями забруднені близько 20 % земель. Щороку фіксується майже 23 тисячі випадків зсувів. … Причини такої ситуації мають комплексний характер (порушення екологічно збалансованого співвідношення між категоріями земель, надмірна розораність території, порушення природного процесу ґрунтоутворення, використання недосконалих технологій в сільському господарстві, орієнтація на досягнення коротко- та середньострокових економічних вигод. Отже, питання екологізації землекористування через численні вади «перемоги людини над природою» стає дуже *актуальним*.

Сутність поняття «територіальна громада» визначив у 1997 р. ЗУ «Про місцеве самоврядування в Україні» (№ 280): «жителі, об'єднані постійним проживанням у межах села, є самостійними адміністративно-територіальними одиницями, добровільне об'єднання жителів кількох сіл, що мають єдиний адміністративний центр». З Ратифікацією (ЗУ № 1678, 2014 р.) Угоди про асоціацію України з ЄС (далі – Угода-2014) новий імпульс отримали питання розвитку сільських територій. Глава 17 Угоди-2014 особливий наголос зробила на синхронізованому розвитку сільського господарства та сільських територій на засадах: взаємного розуміння політик у сфері; посилення адміністративних спроможностей на центральному та місцевому рівнях; заохочення сталого виробництва; гармонізованого з відповідними нормами права та стандартами ЄС інноваційного інвестування сільських громад на етапі прискореного формування інформаційного суспільства в Україні (ст. 380 Угоди-2014).

Загалом, планування вітчизняних територій здійснюється на основі правових актів, які приймалися на різних етапах еволюції держави. Так, у 2000 р. прийнятий ЗУ «Про державне прогнозування та розроблення програм економічного і соціального розвитку України» (№ 1602) свою дію розповсюджує до рівні районів та не охоплює сільські громади, при цьому у ст. 5 ЗУ № 1602 вказувалося, що «показники прогнозних і програмних документів розвитку – орієнтир для розроблення суб’єктами підприємницької діяльності власних прогнозів, планів». Тут є колізія, де господарства разом із сільською територією стали дезорієнтованими щодо свого місця у рівнях прогнозних і програмних документів. Для сільських територій така ситуація обернулася гальмом їх розвитку, бо Господарський кодекс України (далі – ГКУ) у п. 5 ст. 11 вказував, що тим суб’єктам, які не враховують суспільні інтереси, відображені в програмних документах економічного і соціального розвитку, не можуть надаватися передбачені законом пільги та переваги у здійсненні ними господарської діяльності. Певні кроки до подолання такої колізії були зроблені у ЗУ № 2059 «Про Генеральну схему планування

території України» (2002 р.) з його орієнтирами на сталий розвиток) і у ЗУ № 1621 «Про державні цільові програми» (2004 р.), ЗУ № 2982 «Про основні засади державної аграрної політики на період до 2015 року (2005 р.), які були чітко орієнтовані на сталий розвиток, інвестиційно-інноваційну модель, інформаційне суспільство, міжнародні стандарти, тощо. Але на певному етапі стало зрозуміло, що пріоритети державного регулювання повинні більш суттєво узгоджуватися із пріоритетами сільських громад разом із пріоритетами конкретних галузевих суб'єктів господарювання.

У 2014-2015 рр. прийняті ЗУ про «співробітництво територіальних громад» (№ 1508) і «добровільне об'єднання територіальних громад (№ 157) та постанова Кабінету Міністрів України (далі – КМУ) № 214 (2015 р.) яка затвердила «Методику формування спроможних територіальних громад». Але, як повідомив віце-прем`єр України Зубко Г. [761], залишки коштів місцевих бюджетів щороку зростають і у 2017 р. станом на 1 листопада досягли 79,6 млрд грн. Тобто, сама лише децентралізація державного управління неспроможна вирішити комплекс актуальних питань без формування системи дієвих проєктів, орієнтованих на сталий розвиток територій. Світовий досвід незаперечно довів, що розроблення складних проєктів розвитку підприємств і територій потребує наявності відповідного стандартизованого науково-інформаційного забезпечення. Як приклад, за даними Жаркова Ю. В. [762], чіткі уявлення стосовно моделі інноваційного розвитку в аграрній сфері має не більше 3 % її керівників. Зрозуміло, що за таких обставин сільські територіальні громади навряд чи готові брати участь у складних проєктах власного сталого розвитку.

Територіальний устрій держави згідно зі статтею 132 Конституції України ґрунтується на засадах поєднання централізації і децентралізації у здійсненні державної влади, збалансованості і соціально-економічного розвитку регіонів, з урахуванням … екологічних … особливостей. Тут, по суті, проголошується курс на сталий розвиток держави. Не потребує доказів, що тут ми маємо справу з конвергенцією двох складних процесів, де, вважає Мінцберг Г. [763], починають домінувати процеси децентралізації управління. Тому цілком логічним стала орієнтація на децентралізацію, визначена у 2010 р. ЗУ «Про засади внутрішньої і зовнішньої політики» № 2411, де ст. 4 передбачає розширення повноважень місцевих рад шляхом децентралізації функцій органів державної влади і гармонізацію загальнодержавних, регіональних місцевих інтересів. Затверджена далі постановою КМУ № 385 (2014 р.) «Державна стратегія регіонального розвитку на період до 2020 року підтвердила орієнтацію на території, які є найбільшими виробниками продовольства, на децентралізацію (за умови забезпечення синхронізації дій центральних та місцевих органів виконавчої

[761] Цензор-НЕТ: 25.12.1917 р. за посиланням на Укрінформ.

[762] Жарков Ю. В. Формування системи механізмів управління інноваційним процесом в АПК регіону. *Економіка АПК*. 2003. № 8. С. 58.

[763] Минцберг Г. Структура в кулаке: создание эффективной организации / Пер. с англ. С-Петербург : Питер, 2004. С. 106.

влади, органів місцевого самоврядування у регіональному та місцевому розвитку) і на сталий розвиток.. Даний курс був підтверджений у положеннях «Стратегії сталого розвитку "Україна – 2020"», яка була згодом прийнята Указом Президента України (далі – УПУ) № 5 (2015 р.).

На важливість врахування у процесі пізнання явищ таких категорій як «просте-складне» вказував ще Аристотель [764] (для будь-кого доступно і просто роздати і розтратити гроші, ось витрачати на те, що потрібно, стільки, скільки потрібно, коли, заради того і як необхідно, здатен не будь-хто, і це не просто», тобто складно). З методологічної точки зору, зазначав Кант І. [765], аналіз субстанційно складного має завершатися тільки такою частиною, яка не є цілим, а є чимось простим, тоді як синтез завершується тільки таким цілим, яке не є частиною. Процес входження до інформаційного суспільства висуває до управління більш високі вимоги, які обумовлені тим, що надскладна робота потребує усіх засобів спрощення та систематизації, які можливо буде застосувати [766]. Бір Ст. [767] вважав: проблема складності є фундаментальною проблемою управління (як її виміряти і як з нею впоратися). Привабливість ринку, доводив у свій час Гелбрейт Дж. [768], в значній мірі пояснюється тим, що, як вважали, він спрощує життя (краще проста помилка, ніж складна істина), а планування невідворотньо породжує складні проблеми. Для вирішення цих проблем, вказує Майнцер К. [769], слід застосувати міждисциплінарну методологію.

Згідно із загальноприйнятою сучасною парадигмою, сталий розвиток – це такий тип розвитку об`єкта, де соціальні, екологічні і економічні складові знаходяться у гармонійному співвідношенні. З деклараційної точки зору – звучить презентабельно. Але при пошуку конкретних форм забезпечення гармонійності між згаданими складовими сталого розвитку одразу з`ясовується відсутність теоретико-методологічного розуміння сутності цього феномену. Бо донині ще ніхто не відповів на питання: що таке соціальний розвиток? екологічний розвиток? економічний розвиток?

Наприклад, коли хтось вивчає агрохімію, то він не просто вивчає дози NPK, а, згідно із законом Лібіха, – взаємне доповнення їх стосовно конкретних умов застосування. Коли ж хтось шукає ідеальну дієту для живої істоти, то він вивчає не взагалі БЖВ (білки, жири, вуглеводи), а конкретні поживні речовини у розрізі усієї гами продуктів харчування і особливості їх споживання конкретним суб`єктом. І на сьогодні ми застосовуємо колосальний обсяг стандартів і нормативів, на основі яких ми здійснюємо регулювання елементарних процесів. Та коли мова ведеться не про конкретні явища, які є об’єктом дослідження окремих

---

[764] Аристотель. Никомахова этика ; Соч. в 4-х т. Т.4. Пер. с древнегреч. Москва : Мысль, 1983. С. 93.

[765] Кант И. О форме и принципах чувственно-воспринимаемого и умопостигаемого мира ; Соч. в 6 томах. Т. 2. Москва : Мысль, 1964. С. 383.

[766] Курс для высшего управленческого персонала / Сокр. пер. амер. изд.. Москва : Экономика, 1970. С. 25.

[767] Бир С. Мозг фирмы / Пер. с англ. Москва : Радио и связь, 1993. С. 9.

[768] Гэлбрейт Дж. К. Экономические теории и цели общества. / Пер. с англ. Москва : Прогресс, 1979 С. 106.

[769] Майнцер К. Сложносистемное мышление: Материя, разум, человечество. Новый синтез. / Пер. с англ. Москва : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2009. С. 25.

наук, а про явища, які за своєю сутністю є транс-дисциплінарними, то тут наука у багатьох випадках є безсилою. Бо системний підхід поки що лише декларується, а практично ніде не застосовується. Тому й перешкодою на шляху отримання «сталим розвитком» статусу окремої наукової дисципліни є не чиновники-зловмисники, бюрократи, для яких у переході суспільства на засади сталого розвитку вбачається привид революцій, а сама організація науки, яка не тяжіє до міждисциплінарних досліджень.

Директива Європейського Парламенту і Ради 2003/98/ЄС (2003 р.) говорить, що за відсутності дійсної мінімальної гармонізації на рівні Співтовариства, законодавча діяльність на національному рівні, яка вже була розпочата у низці держав-членів для того, щоб відреагувати на технологічні проблеми, може призвести до ще більших відмінностей. Вплив таких законодавчих відмінностей і невизначеностей зростатиме внаслідок подальшого розвитку інформаційного суспільства. У той же рік в Україні прийнятий ЗУ № 433 «Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні», де стаття 7 серед пріоритетних напрямів Верховна Рада України (далі – ВРУ) проголосила особливим пріоритетом України гармонійний розвиток людського потенціалу, економіки та природного середовища держави. Але даний ЗУ втратив свою чинність у 2011 р., а у ЗУ № 3715 (2011 р.) згадка положень сталого розвитку взагалі відсутня.

Принцип 5 Декларації ФАО з продовольчої безпеки (Рим, 2009 р.) говорить про забезпечення стійких та суттєвих зобов'язань з боку всіх партнерів з інвестування у сектори сільського господарства, продовольчої безпеки та харчування з виділенням необхідних ресурсів на своєчасній та надійній основі та з чіткою орієнтацією на багаторічні плани та програми.

Згаданий вище ЗУ № 2697 наголошує, що В Україні було розроблено національну систему цілей сталого розвитку (далі – ЦСР), що має забезпечити: підґрунтя для подальшого планування розвитку України, подолання дисбалансів в економічній, соціальній та екологічній сферах; стан довкілля, що сприятиме якісному життю і благополуччю нинішніх та прийдешніх поколінь; необхідні умови для суспільного договору між владою, бізнесом і громадянським суспільством щодо підвищення якості життя громадян і гарантування соціально-економічної та екологічної стабільності; упровадження регіональної політики, яка базуватиметься на гармонійному поєднанні загальнонаціональних і регіональних інтересів.

Державна цільова програма розвитку українського села на період до 2015 року (Постанова КМУ № 1158) удосконалення системи управління в аграрному секторі орієнтувала на: по-перше, концептуальне визначення і моделювання стратегії трансформаційного розвитку агропромислового потенціалу України на основі запровадження інноваційних управлінських інструментів; по-друге, створення системи управління аграрним сектором економіки, яка відповідає міжнародним стандартам менеджменту та вимогам СОТ і директив ЄС; запровадження моделі, яка раціонально поєднує державну і недержавну форму управління у тісній взаємодії з

практичним менеджментом на рівні окремих галузей і підприємств; збалансований розподіл функцій між органами управління, що сприятиме системності економічних процесів у виробничій сфері і в соціальному розвитку сільських територій; по-третє, робота з реформування системи управління повинна здійснюватися у три етапи на *єдиній концептуально-методологічній основі*: 1) методи; 2) підготовка; 3) проведення реформи.

Серед основних принципів охорони навколишнього природного середовища (ЗУ № 1264, 1991 р.) чільне місце належить науково обґрунтованому узгодженню екологічних, економічних та соціальних інтересів суспільства. Рух України до стану сталого розвитку зафіксовано у ряді її Законів: «Про Генеральну схему планування території України» (№ 3059, 2002 р.), «Про основи національної безпеки України» (№ 964, 2003 р.), «Про основні засади державної аграрної політики на період до 2015 року» (№ 2982, 2005 р.), «Про стимулювання розвитку регіонів» (№ 2850, 2005 р.), «Про засади внутрішньої і зовнішньої політики» (№ 2411, 2010 р.). Про це ж ведеться мова в УПУ № 5 (2015 р.) «Стратегії сталого розвитку "Україна – 2020"» та УПУ № 722 «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» (2019 р.), в постанові КМУ № 178 «Про Національну економічну стратегію на період до 2030 року» (2021 р.). Та суттєвих зрушень щодо оптимізації сталого розвитку поки не відбулося.

Варто підкреслити, що ЗУ «Про охорону навколишнього природного середовища» (№ 1264, 1991 р.) пропонував таке науково обґрунтоване узгодження складових сталого розвитку, яке має принципово відбуватися на основі поєднання міждисциплінарних знань екологічних, соціальних, природничих і технічних наук при одночасному прогнозуванні стану навколишнього природного середовища (далі – НПС). Ось тут виникають проблеми, по-перше, поєднання певної сукупності різновидових знань, по-друге, доцільності прогнозування стану лише екології без аналогічних прогнозів соціальної та економічної сфер. Зазначимо, що принцип науковості, визначений ЗУ № 1602, задає нам орієнтацію на постійне удосконаленням методології з одночасним використанням світового досвіду в галузі прогнозування та розроблення програм економічного і соціального розвитку. Схвалена постановою № 634 КМУ «Комплексна програма реалізації на національному рівні рішень, прийнятих на Всесвітньому саміті зі сталого розвитку, на 2003–2015 роки» (2003 р.) також передбачає забезпечення науково-методологічного обґрунтування заходів, визначених даною Програмою, з одночасним розширенням обсягу науково-дослідницької і методологічної роботи, удосконаленням нормативно-правової бази системи контролю за виконанням органами виконавчої влади згаданих зобов`язань щодо сталого розвитку України.

Слід відзначити, що питання методологізації займають важливе місце у екологічній складовій сталого розвитку. ЗУ № 1264 акцентує увагу на методах контролю за станом природи та методах поліпшення якості її ресурсів. Ратифікована ЗУ № 257 (1994 р.) «Конвенція про

охорону біологічного різноманіття» передбачає розроблення методів сталого використання біологічних ресурсів. ЗУ № 45 «Про екологічну експертизу» (1995 р.) вказує на застосування новітніх методів еколого-експертного аналізу та оцінки. Ратифікована ЗУ № 435 (1996 р.) «Рамкова конвенція ООН про зміну клімату» вже веде мову про порівняльні методології у соціальній, економічній і екологічній політиці, які мають використовувати держави. Схвалені постановою ВРУ № 188 (1998 р.) «Основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки» говорять про розробку методології визначення ступеня екологічного ризику для довкілля. ЗУ «Про відходи» № 187 (1998 р.) теж передбачає розроблення екологічно безпечних методів та засобів поводження з відходами. Ратифікована у 1999 р. (ЗУ № 534) «Конвенція про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті» актуалізує розробку методології застосування принципів оцінки впливу на навколишнє середовище на макроекономічному рівні. Ратифікований у 2002 р. (ЗУ № 152) Картахенський протокол про біобезпеку включає методологію оцінки ризиків, Кіотський протокол (ЗУ № 1430, 2004 р.) – методологічну роботу експертів, Європейська ландшафтна конвенція (ЗУ № 2831, 2005 р.) – обмін методологією між Сторонами на Європейському рівні. ЗУ «Про екологічний аудит» (№ 1862, 2004 р.) передбачає методичне забезпечення проведення процедури аудиту, «Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2020 року» (ЗУ № 2818, 2010 р.) – методологію оцінки екологічного ризику.

Підкреслимо одночасно й той факт, що ЗУ «Про охорону атмосферного повітря» (№ 2707, 1992 р.) і Кодекс про надра України (ЗУ № 132, 1994 р.) містять окремі згадки стосовно використання окремих методик. Водний кодекс України (ЗУ № 213, 1995 р.) лише у трьох місцях тексту згадує окремі методики. Схвалена постановою ВРУ (№ 1390, 2000 р.) «Концепція розвитку водного господарства України» передбачає застосування програмно-цільового методу планування, прогнозування і організації водогосподарської діяльності та відпрацювання методології управління на основі проведення басейнових експериментів і пілотних проектів. ЗУ № 2988 «Про Загальнодержавну програму розвитку водного господарства. України» (2002 р.) передбачає розробку методичної бази стосовно водогосподарської та екологічної інвестиційної діяльності.

У законодавстві України за досліджуваний період спостерігаються як позитиви, так і негативи у частині вимог стосовно методологізації земельних відносин. У ЗУ «Про державний контроль за використанням та охороною земель» (№ 963, 2003 р.) взагалі не згадуються методи, у Законі «Про меліорацію земель» (№ 1389, 2000 р.) і Земельному кодексі України (ЗУ № 2768, 2001 р.) присутні лише декілька згадок про методи та методики, а у ЗУ «Про землеустрій» (№ 858, 2003 р.) робиться наголос на сталому землекористуванні як форми та на відповідних до неї методів

використання земель, що забезпечують оптимальні параметри функцій територій (екологічних і соціально-економічних). ЗУ «Про охорону земель» (№ 962, 2003 р.) передбачає затвердження методичних рекомендацій для аграрних підприємств з використання та охорони земель; методи, методики і засоби визначення складу та властивостей земель віднесені до нормативних документів із стандартизації в галузі охорони земель. Останнє є безумовно важливим явищем з огляду на законодавчо визначену пріоритетність адаптації законодавства України до законодавства ЄС і конвергенції вітчизняної системи стандартизації із міжнародними системами стандартизації, у т. ч. із стандартами серії ISO.

Аналіз кодексів України, які регулюють її економіку, свідчать про недостатню присутність там аспектів методологізації. Бюджетний кодекс згадує організаційно-методологічні засади оцінки ефективності програм. Усі інші кодекси містять згадки про розроблення окремих методичних документів (методів чи методик) або певних заходів з їх запровадження.

Аналіз економічних актів (ЗУ про: ціни і ціноутворення; систему оподаткування; зовнішньоекономічну діяльність суб'єктів; інвестиційну діяльність суб'єктами; заставу; обмеження монополізму і недопущення недобросовісної конкуренції; оподаткування доходів підприємств; відновлення платоспроможності боржника або визнання його банкрутом; плату за землю; аудиторську діяльність; транспорт; податок на додану вартість; захист від недобросовісної конкуренції; фінансовий лізинг; оренду землі; концесії; банки і банківську діяльність; кредитні спілки; інноваційну діяльність; захист економічної конкуренції; іпотеку; акціонерні товариства; ціни і ціноутворення) свідчить про відсутність у їх більшості достатньо повної орієнтації на методологізацію. Згадка права встановити методологію визначення звичайної ціни товарів була лише у ЗУ № 334 «Про оподаткування прибутку підприємств» (1994 р.). ЗУ «Про Національний банк України» (№ 679, 1999 р.) встановлено, що саме НБУ методологічно забезпечує систему грошово-кредитної і банківської статистичної інформації. ЗУ «Про бухгалтерський облік та фінансову звітність в Україні» (№ 996, 1999 р.) регулювання питань методології бухгалтерського обліку і фінансової звітності також було віднесено до сфери компетенції Мінфіну України. ЗУ «Про оцінку земель» (№ 1378, 2003 р.) зафіксував потребу у єдності методологічного й інформаційного простору у сфері оцінки земель, а ЗУ «Про Державний земельний кадастр» (№ 3613, 2011 р.) – у єдності методології ведення кадастру.

Аналіз соціальних законодавчих актів (ЗУ про: захист прав споживачів; зайнятість населення; охорону праці; сприяння соціальному становленню та розвитку молоді; межу малозабезпеченості; оплату праці; прожитковий мінімум; державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання; державне соціальне страхування на випадок безробіття; державні соціальні стандарти та державні соціальні гарантії; ратифікацію Європейської

соціальної хартії; професійний розвиток працівників; зайнятість населення) свідчить, що рівень методологічної їх орієнтованості на порядок нижче, ніж актів економічних, і на два рівні нижче, ніж актів екологічних. У ЗУ «Про страхування» (№ 85, 1996 р.) згадується проведення дослідницько-методологічної роботи. Але ж страхування охоплює і соціальні, і економічні, і екологічні аспекти господарювання.

Стаття 3 пункт «г» ЗУ № 1264 серед основних принципів охорони навколишнього середовища (далі – НПС) особливо виділяє екологізацію матеріального виробництва на основі комплексності рішень у питаннях охорони НПС, використання та відтворення відновлюваних природних ресурсів, широкого впровадження новітніх технологій. Але ж усе це реалізується через науково-інноваційні структури, які формують певні концепції та технологічні новації, які мають втілитися у систему рішень законодавчих і виконавчих гілок влади. Недарма ж УПУ № 722 (2019 р.) доручив КМУ забезпечити проведення із залученням вчених, експертів, представників громадських об'єднань аналізу прогнозних і програмних документів з урахуванням Цілей сталого розвитку України а вже після такого аналізу у разі необхідності вжити заходів щодо їх удосконалення.

Аналіз ключових нормативно-правових актів України (далі – НПА), які визначали комбінаторику елементів у «трійці» сталого розвитку за період 1990–2019 рр., свідчить, що екології *перше місце* у «трійці» було віддане лише у 4-х актах (1990 р. – постанова ВРУ № 438; 1991 р. – ЗУ № 1264; 1995 р. – ЗУ № 45; 2018 р. – ЗУ № 2354). *Друге місце* екології було віддане у одному НПА: 2010 р. – ЗУ № 2818. І на *третьому місці* екологія опинилася у 12 НПА: 1997 р. – акт КМУ № 1491; 1999 р. – ЗУ № 1359; 2002 р. – ЗУ № 3059; 2003 р. – ЗУ № 433; акт КМУ № 634; 2004 р. – ЗУ № 1864; 2005 р. – ЗУ № 2831; 2009 р. – акт КМУ № 997; 2010 р. – акт КМУ № 121; 2015 р. – УПУ № 5 та 2019 р. – УПУ № 722; ЗУ № 2697 (2019 р.).

Що стосується соціальної складової сталого розвитку, вона займала *перше місце* у 4-х актах (ЗУ № 1359; ЗУ № 433; ЗУ № 2831; акт КМУ № 1017), *друге місце* у 9-х актах (акт КМУ № 1491; ЗУ № 3059; акт КМУ № 634; ЗУ № 1864; акт КМУ № 997; акт КМУ № 121; ЗУ № 2354; ЗУ № 2697; УПУ № 722), *третє місце* у 2-х актах (ЗУ № 45; ЗУ № 2818). Відповідно, соціальна складова сталого розвитку визнана важливішою екологічної.

Абсолютний пріоритет у структурі складових сталого розвитку має економічна складова (на першому місці у 11 НПА, на другому – у 4-х НПА). І це при тому, що ЗУ № 2697 прямо визнає, що першопричинами екологічних проблем є: підпорядкованість екологічних пріоритетів економічній доцільності; неврахування наслідків для довкілля у законодавчих та НПА, зокрема у рішеннях КМУ та інших органів влади.

Отже, екологізації матеріального виробництва сільських територій повинна передувати екологізація правових засад державного управління сталим розвитком на основі системно-методологічного інструментарію.

Аристотель [770] вважав: усе існуюче не бажає «поганого управління». А які ж у його розумінні риси «не-поганого управління»? На це запитання він відповів [771]: «погане-добре» управління тотожне відносинам «цілого» та його «частин». Янг С. [772] відповідає на це запитання наступним чином: «Поки всі частини системи не будуть узгоджені, загальні результати неповноцінні, навіть якщо певні частини системи управління ефективні», відповідно «аналіз окремих властивостей системи, що виробляє рішення, стає осмисленим, коли кожна властивість оцінюється у контексті цілісної системи». Отже, «не-погане управління» стає *управлінням системним*.

На системність економічної динаміки вказував Сміт А. [773]: «природні перешкоди для введення кращої системи можуть бути усунені лише внаслідок тривалої праці та ощадливості, і має пройти не менше півстоліття або, можливо, навіть ціле століття, перш ніж можливо буде у всіх частинах країни залишити стару систему, яка поступово відмирає». Тобто, «краща система» є результатом складної організаційної діяльності.

Загальна декларація ООН про ліквідацію голоду та недоїдання (16.11.1974 р.) наголосила на тому, що добробут народів світу значною мірою залежить від встановлення системи всесвітньої продовольчої безпеки, у рамках якої всі країни повинні співпрацювати шляхом своєї участі у глобальній системі інформації та завчасного попередження криз у галузі продовольства та сільського господарства, а також підтримки функціонування цієї системи. Якщо до цього додати рішення прийнятої у 2000 р. Окінавської Хартії глобального інформаційного суспільства (далі – ГІС), то сучасне системне управління передбачає розвинуті партнерські відносини між усіма потенційними учасниками економічної діяльності.

З огляду на НПА, прийнятих у 1990–2021 рр. державна незалежність Україні загалом була орієнтована на системні трансформації. Так, ЗУ «Про економічну самостійність УРСР» (1990 р., № 142) вказував, що УРСР самостійно формує систему державного управління господарством. Прийнята у тому ж році ВРУ «Концепція переходу УРСР до ринкової економіки» була орієнтована саме на формування системи економічних інститутів державного управління. На системні засади управління були спрямовані Постанови ВРУ (1991 р, № 1698; 1992 р., № 61) а також ЗУ (2005 р, № 2982; 2007 р., № 877). Разом з тим, в УПУ № 810 (1998 р.) «Про заходи щодо впровадження Концепції адміністративної реформи в Україні» вказувалося, що існуюча нині в Україні система державного управління залишається в цілому неефективною, система є внутрішньо суперечливою, незавершеною, громіздкою і відірваною від людей, внаслідок чого існуюче державне управління стало гальмом у проведенні соціально-економічних і політичних реформ. В УПУ № 341 (2001 р.) згадувалася несистемність державної політики, яка стала однією з причин

[770] Аристотель. Метафизика / Соч. в 4-х т. Т. 1. Москва : Мысль, 1976. С. 319.
[771] Аристотель. Топика / Соч. в 4-х т. Т. 2. Москва : Мысль, 1978. С. 491.
[772] Янг С. Системное управление организацией / Пер. с англ. Москва : «СР», 1972. С. 29.
[773] Смит А. Исследование о природе и причинах богатства народов. / Пер. с англ. Москва : ДП, 2008. С. 174.

стримування соціально-економічного розвитку і стабільності в державі. А в УПУ № 816 (2007р.) визнавалось, що разом із тим системного характеру набуває в останні роки процес накопичення проблем у сфері формування і реалізації регуляторної політики, стримуючи розвиток господарювання.

Схвалена Розпорядженням КМУ № 536-р (2005 р.) «Концепція Комплексної програми підтримки розвитку українського села на 2006–2010 роки» стверджує, що складна ситуація на селі та в аграрному секторі економіки викликана насамперед безсистемністю розв'язання завдань аграрної реформи в Україні. Схвалена Розпорядженням КМУ № 1437-р (2015 р.) «Концепція Державної цільової програми розвитку аграрного сектору економіки на період до 2022 року» визнає відсутність системного підходу до просування на зовнішньому ринку аграрної продукції, як і безсистемність у виконанні короткострокових господарських заходів.

Зрозуміло, що системність управління в сучасних умовах прагнення держав до участі у формуванні ГІС неможлива без врахування усієї сукупності факторів інформатизації держави. З прийняттям у 2007 р. ЗУ «Про Основні засади розвитку інформаційного суспільства в Україні на 2007-2015 роки» (№ 537) був визнаний той факт, що ступінь розбудови інформаційного суспільства в Україні є недостатнім і не відповідає потенціалу та можливостям України, одночасно стримуючи системні державні рішення. Відповідно, ЗУ передбачав активізацію зусиль у напрямках: *гармонізації* інтересів людини, суспільства та держави в інформаційній діяльності; *гармонізації* інформаційного законодавства та всієї системи законодавств; *партнерських* відносин держави і приватних секторів економіки в контексті розбудови інформаційного суспільства.

Схвалена Розпорядженням КМУ № 67-р (2018 р.) «Концепція розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018–2020 роки» вказує, що при системному державному підході цифрові технології стимулюватимуть поліпшення екологічної ситуації в Україні, скорочення промислових викидів та зменшення наслідків глобального потепління, «розумне» та відповідальне користування і забезпечення доступності ресурсів, санітарії та гігієни, повну децентралізацію системи управління (цифровізація землеробства та сільського господарства є інструментом масштабної програми цифровізації сіл, відродження сільських територій).

Висновки: наведені вище матеріали дозволяють стверджувати:

1. Сталий розвиток сільських територій Україні стає визначальним фактором виробництва продовольства та збереження природних ресурсів.
2. Процеси децентралізації державного управління повинні сприяти всебічному включенню сільських територій в коло інноваційних процесів системної трансформації господарювання на засадах сталого розвитку.
3. Екологізації матеріального виробництва в сільських територіях має узгоджуватися із екологізацією правових засад державного управління.
4. Системність екологізації виробничих та управлінських систем має формуватися синхронно із стандартами інформатизованої цифровізації.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Адамчук-Чала Надія Іванівна, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник Інституту агроекології і природокористування НААН, e-mail: nadiaadamchuk@gmail.com.

Алєксов Олександр Петрович, викладач циклової комісії еколого-природничих та сільськогосподарських дисциплін Відокремленого структурного підрозділу «Боярський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України».

Андросов Єгор Вадимович, спеціаліст Центру енергоменеджменту Національного університету «Києво-Могилянська академія», ORCID ID: 0000-0002-7040-0291, e-mail: yegor.androsov@ukma.edu.ua.

Антипенко Надія Василівна, кандидат економічних наук, доцент, професор кафедри фінансів, обліку та оподаткування Національного авіаційного університету, ORCID ID: 0000-0003-4132-4709.

Багорка Марія Олександрівна, доктор економічних наук, професор, професор кафедри маркетингу Дніпровського державного аграрно-економічного університету, ORCID ID: 0000-0002-8500-0362, e-mail: masha010574@gmail.com.

Бараболя Ольга Валеріївна, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри рослинництва Полтавського державного аграрного університету, ORCID ID: 0000-0003-4123-9547, e-mail: olga.barabolia@ukr.net.

Барсукова Олена Анатоліївна, кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри агрометеорології та агрометеорологічних прогнозів Одеського державного екологічного університету, ORCID ID: 0000-0002-9054-142X, e-mail: lena5933@ukr.net.

Безхлібна Анастасія Павлівна, кандидат економічних наук, доцент, кафедри туристичного, готельного та ресторанного бізнесу Національного університету «Запорізька Політехніка», ORCID ID: 0000-0003-1027-7452, e-mail: bezkhlibna22@gmail.com.

Бернацька Наталія Любомирівна, кандидат технічних наук, інженер НУ «Львівська політехніка», ORCID ID: 0000-0002-5613-7597, e-mail: bernatska.nati@gmail.com.

Бєлікова Марина Володимирівна, кандидат історичних наук, доцент кафедри туристичного, готельного та ресторанного бізнесу Національного університету «Запорізька Політехніка», ORCID ID: 0000-0002-2587-4295, e-mail: belikova.marina@outlook.com.

Білоцерківська Лілія Василівна, викладач Новочорторийського технолого-економічного фахового коледжу, e-mail: bilocerkivskalilia@gmail.com.

Божко Людмила Юхимівна, кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри агрометеорології та агрометеорологічних прогнозів Одеського державного екологічного університету, ORCID ID: 0000-0002-1485-4707, e-mail: bozko@i.ua.

Бойченко Сергій Леонідович, доктор технічних наук, професор Національного технічного університету «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського».

Бондус Росина Олексіївна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідуюча лабораторією технічних, кормових та овочевих культур Устимівської дослідної станції рослинництва Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України, ORCID ID: 00000-0002-5367-5225, e-mail: bondus1971@gmail.com.

Бут Тетяна Вікторівна, кандидат економічних наук, доцент, кафедри туристичного, готельного та ресторанного бізнесу Національного університету «Запорізька Політехніка», ORCID ID: 0000-0001-9403-4698, e-mail: tatyanabut1979@ukr.net.

Веремчук Ярина Юріївна, кандидат ветеринарних наук, старший викладач кафедри внутрішньої патології, акушерства, хірургії і фізіології Поліського національного університету, ORCID ID: 0000-0002-9285-7110, e-mail: vetveremchuk@gmail.com.

Гордієнко Валентина Василівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідуюча лабораторією генетичних ресурсів картоплі Інституту картоплярства НААН України, ORCID ID: 00000-0003-0407-1474, e-mail: beky@i.ua.

Гордієнко Олександр Віталійович, здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії Інституту картоплярства НААН України, ORCID ID: 00000-0002-9389-1935.

Горобець Максим Вікторович, здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії Полтавського державного аграрного університету, ORCID ID: 0000-003-1287-7857, e-mail: gorobecmaks995@gmail.com.

Грищук Геннадій Петрович, кандидат ветеринарних наук, доцент, доцент кафедри внутрішньої патології, акушерства, хірургії і фізіології Поліського національного університету, ORCID ID: 0000-0001-7092-2412, e-mail: vetgenna@ukr.net.

Гусарова Олена Віталіївна, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу тепломасопереносу в теплотехнологіях Інституту технічної теплофізики НАН України, ORCID ID: 0000-0001-7622-9168, e-mail: o.v.husarova@nas.gov.ua.

Данілова Наталія Василівна, кандидат географічних наук, старший викладач Одеського державного екологічного університету, e-mail: nataliadanilova0212@gmail.com.

Дековець Віталій Олександрович, здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії кафедри селекції, насінництва і генетики Полтавського державного аграрного університету, e-mail: dekovets1994@i.ua.

Джумеля Ельвіра Анатоліївна, кандидат технічних наук, асистент НУ «Львівська політехніка».

Дмитренко Наталія Віталіївна, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу тепломасопереносу в теплотехнологіях Інституту технічної теплофізики НАН України, ORCID ID: 0000-0002-4520-4205, e-mail: natatal@ukr.net.

Дьомін Дмитро Геннадійович, здобувач ступеня доктора філософії кафедри селекції, насінництва і генетики Полтавського державного аграрного університету, ORCID ID: 0000-0002-2421-0729, e-mail: dag@ukr.net.

Євтух Людмила Григорівна, кандидат ветеринарних наук, доцент кафедри внутрішньої патології, акушерства, хірургії і фізіології Поліського національного університету, ORCID ID: 0000-0003-3116-3980, e-mail: kludavet@gmail.com.

Жукова Олена Григорівна, кандидат технічних наук, доцент кафедри охорони праці і навколишнього середовища Київського національного університету будівництва і архітектури, ORCID ID: 0000-0003-0662-9996, e-mail: elenazykova21@gmail.com.

Заяц Ольга Василівна, кандидат економічних наук, доцент кафедри менеджменту Національного транспортного університету, ORCID ID: 0000-0002-6574-4516.

Китаєв Андрій Сергійович, керівник Центру енергоменеджменту Національного університету «Києво-Могилянська академія», ORCID ID: 0000-0001-5860-8690, e-mail: a.kytaiev@ukma.edu.ua.

Ключевич Михайло Михайлович, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри захисту рослин Поліського національного університету, ORCID ID: 0000-0003-2711-2566, e-mail: kluchevichm@ukr.net.

Коваленко Ігор Миколайович, доктор біологічних наук, професор, професор кафедри екології та ботаніки Сумського національного аграрного університету, ORCID ID: 0000-0003-4957-2352, e-mail: kovalenko_977@ukr.net.

Коваль Віта Сергіївна, здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії Інституту картоплярства НААН України, ORCID ID: 0000-0002-2721-2463, e-mail: vitok1995ok@gmail.com.

Короткова Ірина Валентинівна, кандидат хімічних наук, доцент, професор кафедри біотехнології та хімії Полтавського державного аграрного університета, ORCID ID: 0000-0003-0577-9634, e-mail: 2irinakorotkova10@gmail.com.

Костюкєвич Тетяна Костянтинівна, кандидат географічних наук, асистент кафедри агрометеорології та агроекології Одеського державного екологічного університету, ORCID ID: 0000-0002-1952-8839, e-mail: kostyukevich1604@i.ua.

Крикунова Валентина Юхимівна, кандидат хімічних наук, доцент, професор кафедри біотехнології та хімії Полтавського державного аграрного університету, ORCID ID: 0000-0002-8440-2490, e-mail: valentyna.krykunova@pdaa.edu.ua.

Кулик Максим Іванович, доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри селекції, насінництва і генетики Полтавського державного аграрного університету, ORCID ID: 0000-0003-0241-6408, e-mail: kulykmaksym@ukr.net.

Куценко Олександр Михайлович, кандидат сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри рослинництва Полтавського державного аграрного університету, ORCID ID: 0000-0001-8692-2302, e-mail: oleksandr.kutsenko@pdaa.edu.ua.

Кучма Микола Дмитрович, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник лабораторії радіоекології аграрних і лісових екосистем Інституту агроекології і природокористування НААН, ORCID ID: 0000-0002-1280-3113, e-mail: kuchma_m_d@ukr.net.

Ладичук Дмитро Олександрович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри гідротехнічного будівництва, водної інженерії та водних технологій Херсонського державного аграрно-економічного університету, ORCID ID: 0000-0002-5729-2521, e-mail: dladychuk@ukr.net.

Литвинюк Леонтій Коленкович, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник Державного підприємства «Дослідне господарство «Оленівський ННЦ» «Інституту механізації та електрифікації сільського господарства НААН».

Лімонт Анатолій Станіславович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри агроінженерії Житомирського агротехнічного коледжу, ORCID ID: 0000-0003-2243-008X.

Лімонт Злата Андріївна, студентка Дніпровського національного університету ім. Олеся Гончара, ORCID ID: 0000-0002-0011-7386, e-mail: zl.kitti@gmail.com.

Лотиш Ігор Ігорович, кандидат сільськогосподарських наук, викладач, завідувач навчальної лабораторії ВСП «Аграрно-економічний фаховий коледж Полтавського державного аграрного університету», ORCID ID: 0000-0003-0373-6630, e-mail: lotysh@pdaa.edu.ua.

Ляшенко Галина Віталіївна, доктор географічних наук, професор, головний науковий співробітник Інституту виноградарства і виноробства імені В. Є. Таїрова, e-mail: lgv53@ukr.net.

Ляшенко Віктор Васильович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри рослинництва Полтавського державного аграрного університету, ORCID ID: 0000-0003-0177-6209, e-mail: viktor.liaschenko@pdaa.edu.ua.

Макєєва Людмила Миколаївна, кандидат наук з державного управління, доцент, завідувач кафедри геодезії та землеустрою Державного біотехнологічного університету, ORCID ID: 0000-0002-9121-8560, e-mail: makeevafiz2017@gmail.com.

Мареха Ірина Сергіївна, кандидат економічних наук, старший викладач кафедри міжнародних економічних відносин Сумського державного університету, ORCID ID: 0000-0002-9905-7706, e-mail: ukr_irina@ukr.net.

Марова Світлана Феліксівна, доктор наук державного управління, професор, провідний науковий співробітник науково-дослідної лабораторії публічної безпеки громад Донецького державного університету внутрішніх справ, ORCID ID: 0000-0002-7887-4934.

Марусей Тетяна Володимирівна, кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри туризму та готельно-ресторанної справи Кам'янець-Подільського національного університету імені Івана Огієнка, ORCID ID: 0000-0002-1018-702X, e-mail: nikmar76@gmail.com.

Миколайко Валерій Павлович, доктор сільськогосподарських наук, професор, декан природничо-географічного факультету Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини, ORCID ID: 0000-0002-3701-804.

Міщенко Лідія Трохимівна, доктор біологічних наук, професор, провідний науковий співробітник д,т № 21 БФ 0360-02 кафедри вірусології ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID ID: 0000-0003-0697-6971, e-mail: lmishchenko@ukr.net.

Міщенко Юрій Григорович, доктор сільськогосподарських наук, доцент, професор кафедри агротехнологій та ґрунтознавства Сумського національного аграрного університету, ORCID ID: 0000-0002-5942-9288, e-mail: yrmis@ukr.net.

Мокєрова Наталія Валентинівна, старший викладач кафедри геодезії та землеустрою Державного біотехнологічного університету, ORCID ID: 0000-0003-1475-464X, e-mail: mokerova.fiz@gmail.com.

Обертас Ірина Анатоліївна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри водопостачання і водовідведення Київський національний університет будівництва і архітектури, ORCID ID: 0000-0003-2006-2877, e-mail: obertas@ukr.net.

Параскєєва Альона Магомедівна, кандидат економічних наук, доцент кафедри менеджменту Луганського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID ID: 0000-0002-5787-2702.

Пащенко Поліна Олександрівна, здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії Полтавського державного аграрного університету, ORCID ID: 0000-0001-8375-2424, e-mail: pashchenko291275@gmail.com.

Писаренко Віктор Микитович, доктор сільськогосподарських наук, професор, професор кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля, завідувач кафедри захисту рослин Полтавського державного аграрного університету, ORCID ID: 0000-0002-0184-3929, e-mail: viktor.pysarenko@pdaa.edu.ua.

Писаренко Павло Вікторович, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля Полтавського державного аграрного університету, академік Інженерної академії України, ORCID ID: 0000-0002-4915-265X, e-mail: pavlo.pysarenko@pdaa.edu.ua.

Піщаленко Марина Вікторівна, кандидат ільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри захисту рослин Полтавського державного аграрного університету, ORCID ID: 0000-0001-8954-8256, e-mail: marina_pischalenko@ukr.net.

Подгаєцький Анатолій Адамович, доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри біотехнології та фітофармакології Сумського національного аграрного університету, ORCID ID: 0000-0002-2130-8835, e-mail: podgaje@.ua.

Польовий Анатолій Миколайович, доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри агрометеорології та агрометеорологічних прогнозів Одеського державного екологічного університету, ORCID ID: 0000-0002-0049-7024, e-mail: apolevoy@te.net.ua.

Пузир Таїсія Миколаївна, кандидат педагогічних наук, викладач, голова циклової комісії еколого-природничих та сільськогосподарських дисциплін Відокремленого структурного підрозділу «Боярський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України», e-mail: netisa@ukr.net.

Райчук Людмила Анатоліївна, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, завідувач відділу радіоекології і дистанційного зондування ландшафтів Інституту агроекології і природокористування НААН, ORCID ID: 0000-0002-2552-4578, e-mail: edelvice@ukr.net.

Ревунець Анатолій Степанович, кандидат ветеринарних наук, доцент, декан факультету ветеринарної медицини, доцент кафедри внутрішньої патології, акушерства, хірургії і фізіології Поліського національного університету, ORCID ID: 0000-0002-1098-5283, e-mail: revunets@ukr.net.

Рожко Ілона Іванівна, доктор філософії, асистент кафедри селекції, насінництва і генетики Полтавського державного аграрного університету, ORCID ID: 0000-0002-0646-4004, e-mail: ilona.rozhko@pdaa.edu.ua.

Сахно Тамара Вікторівна, доктор хімічних наук, професор, професор кафедри біотехнології та хімії Полтавського державного аграрного університета, ORCID ID: 0000-0001-7049-4657, e-mail: sakhno2003@ukr.net.

Сиротюк Ганна Володимирівна, кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри економіки Львівського національного аграрного університету, ORCID ID: 0000-0002-8740-7959, e-mail: annasyr@ukr.net.

Сімченко Олександр Олександрович, здобувач ступеня вищої освіти доктор філософії Дніпровського державного аграрно-економічного університету, агроном ТОВ «ТРАНСРЕЗЕРВ», ORCID ID: 0000-0002-1139-4645, e-mail: supersima1234@gmail.com.

Скрипник Вікторія Віталіївна, кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри фінансів, обліку та банківської справи Луганського національного університету імені Тараса Шевченка, ORCID ID: 0000-0003-1813-1749.

Снєжкін Юрій Федорович, доктор технічних наук, академік НАН України, професор, директор Інституту технічної теплофізики НАН України, ORCID ID: 0000-0001-7871-8774.

Совгіра Світлана Василівна, доктор педагогічних наук, професор, завідувач кафедри хімії, екології та методики їх навчання Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини, ORCID ID: 0000-0002-8742-7773, e-mail: sovgirasvitlana@gmail.com.

Степаненко Тетяна Олександрівна, кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри геодезії та землеустрою Державного біотехнологічного університету, ORCID ID: 0000-0003-1882-4721, e-mail: yanat-star@ukr.net.

Столяр Світлана Григорівна, кандидат сільськогосподарських наук, старший викладач кафедри захисту рослин Поліського національного університету, ORCID ID: 0000-0001-5925-2008, e-mail: svetlana-stolyar@ukr.net.

Тараріко Михайло Юрійович, кандидат економічних наук, науковий співробітник лабораторії радіоекології аграрних і лісових екосистем Інституту агроекології і природокористування НААН, ORCID ID: 0000-0003-1659-8919, e-mail: tararikom@gmail.com.

Телима Сергій Васильович, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник відділу прикладної гідродинаміки Інституту гідромеханіки НАН України, ORCID ID: 0000-0003-0109-0696, e-mail: sertelyma@gmail.com.

Типіло Ірина Василівна, кандидат хімічних наук, завідувач лабораторії НУ «Львівська політехніка», e-mail: elviradzhumelia@gmail.com.

Тригуб Олег Володимирович, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач лабораторії зернобобових, круп'яних культур і кукурудзи Устимівської дослідної станції рослинництва Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, ORCID ID: 0000-0003-3346-9828, e-mail: trygub_oleg@ukr.net.

Уманський Микола Степанович, провідний фахівець лабораторії радіоекології аграрних і лісових екосистем Інституту агроекології і природокористування НААН, e-mail: nikum1@ukr.net.

Фурдига Микола Миколайович, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, директор Інституту картоплярства НААН України, ORCID ID: 00000-0002-9398-0487, e-mail: iknaan.ukr@gmail.com.

Харченко Владислав Андрійович, здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії кафедри обліку, аналізу і оподаткування Черкаського державного технологічного університету, e-mail: vlad_chichik1927@ukr.net.

Харченко Юрій Вікторович, кандидат сільськогосподарських наук, провідний науковий співробітник, директор Устимівська дослідна станція рослинництва Інституту рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН України, ORCID ID: 0000-0003-0901-9624, e-mail: udsr@ukr.net.

Чайка Тетяна Олександрівна, кандидат економічних наук, старший науковий співробітник відділу еколого-економічного розвитку сільських територій і сільськогосподарського виробництва Полтавського відділення академії наук технологічної кібернетики України, ORCID ID: 0000-0002-5980-7517, e-mail: chayka_ta@ukr.net.

Чала Ніна Дмитрівна, доктор наук державного управління, професор, професор кафедри маркетингу та управління бізнесом Національного університету «Києво-Могилянська академія», ORCID ID: 0000-0002-0356-9003, e-mail: n.chala@ukma.edu.ua.

Черновалюк Роман Геннадійович, магістр Одеського державного екологічного університету, e-mail: roman.chiernovaliuk.89@gmail.com.

Чиж Віра Іванівна, доктор економічних наук, професор, професор кафедри обліку, аналізу і оподаткування Черкаського державного технологічного університету, e-mail: chizhvera1954@gmail.com.

Чоботько Григорій Михайлович, доктор біологічних наук, професор, провідний науковий співробітник лабораторії радіоекології аграрних і лісових екосистем Інституту агроекології і природокористування НААН, ORCID ID: 0000-0001-8228-4331, e-mail: chobotko@ukr.net.

Шапар Раїса Олексіївна, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, провідний науковий співробітник відділу тепломасопереносу в теплотехнологіях Інституту технічної теплофізики НАН України, ORCID ID: 0000-0001-6448-8760, e-mail: r.sh@ukr.net.

Шувар Іван Антонович, доктор сільськогосподарських наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, професор кафедри технологій у рослинництві Львівського національного аграрного університету, ORCID ID: 0000-0002-4149-1761, e-mail: shuvaria@ukr.net.

Юрченко Наталія Іванівна, кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри маркетингу Дніпровського державного аграрно-економічного університету, ORCID ID: 0000-0002-3156-6790, e-mail: yurchenko-n@meta.ua.

Юшин Сергій Олександрович, доктор економічних наук, професор, головний науковий співробітник відділу проблем організації менеджменту, публічного управління та адміністрування ННЦ «Інститут аграрної економіки» НААНУ, ORCID ID: 0000-0002-9874-4926, e-mail: saykiev@ukr.net.

Ященко Лариса Дмитрівна, викладач циклової комісії еколого-природничих та сільськогосподарських дисциплін Відокремленого структурного підрозділу «Боярський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України».

Наукове видання

ЕКОЛОГООРІЄНТОВАНІ ПІДХОДИ ВІДНОВЛЕННЯ ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ ТЕРИТОРІЙ І СТВОРЕННЯ СТАЛИХ ЕКОСИСТЕМ

Колективна монографія

За заг. редакцією Т. О. Чайки

Комп'ютерна верстка – Т. О. Чайка
Дизайн обкладинки – А. О. Свєшнікова, І. І. Лотиш

Рекомендовано до друку Вченою радою
Полтавського відділення академії наук
технологічної кібернетики України

Підписано до друку 15.04.2021 р.
Формат 60x84/8. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman
Друк різографічний. Умовн. друк. арк. 26,27 Авт. арк. 24,47
Наклад 100 шт. Замовлення 2022-75

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