

АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ

2•2017

Виходить чотири рази на рік

ЗАСНОВНИКИ

Інститут агроекології і природокористування
Національної академії аграрних наук України

Державна установа
«Інститут охорони ґрунтів України»

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ
вул. Метрологічна, 12, Київ-143, 03143
тел. (044) 522-60-62
e-mail: agroecojournal@ukr.net
<http://journalagroeco.org.ua>

*Журнал включено до переліку наукових видань України
з сільськогосподарських і біологічних наук
відповідно до наказу МОН України № 1528 від 29.12.2014*

*Журнал включено до міжнародних інформаційних та наукометричних баз:
Research Bib Journal Database (Японія),
РИНЦ (Російська Федерація),
Index Copernicus (Республіка Польща)
Googl Scholar (США)
Ulrich's Periodicals Directory (США)*

Пристатейний список літератури продубльовано відповідно до вимог міжнародних систем транслітерації (зокрема, наукометричної бази SCOPUS)

Редколегія не завжди поділяє думки авторів статей

**Журнал друкується і поширюється через мережу Інтернет
за рішенням вченої ради Інституту агроекології і природокористування НААН
(протокол № 4 від 18.04.2017)
Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 21008-10808 ПР від 15.10.2014**

Підписано до друку 05.05.2017 р. Формат 70×100/16. Друк офсетний.
Ум. друк. арк. 19,35. Наклад 250 прим. Зам. № АЕ-02–17.
Оригінал-макет та друк ТОВ «ДІА». 03022, Київ-22, вул. Васильківська, 45

АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ

2•2017



КИЇВ • 2017

АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ

2 • 2017

AGROECOLOGICAL JOURNAL

EDITORIAL BOARD

Editor-in-chief

FURDYCHKO O., Doctor of Economic and Agricultural Science, Prof., Full member of NAAS

Executive Secretary

DEMYANYUK O., Ph.D. of Agricultural Science, Senior Researcher

Output editor

RYZHYKOVA L.

- | | |
|--|---|
| BOYKO A. ,
Doctor of Biological Science, Prof.,
Full member of NAAS | RADCHENKO V. ,
Doctor of Biological Science, Prof.,
Full member of NAS of Ukraine |
| BORODAY V. ,
Doctor of Agricultural Science, Prof. | SOZINOV O. ,
Doctor of Agricultural Science, Prof.,
Full member of NAS of Ukraine and NAAS |
| BULYGIN S. ,
Doctor of Agricultural Science, Prof.,
Full member of NAAS | STADNYK A. ,
Doctor of Agricultural Science, Prof.,
Full member of EAS of Ukraine |
| GRYNYK I. ,
Doctor of Agricultural Science, Prof., Full member of NAAS | TARARIKO O. ,
Doctor of Agricultural Science, Prof.,
Full member of NAAS |
| GUDKOV I. ,
Doctor of Biological Science, Prof., Full member of NAAS | TARASYUK S. ,
Doctor of Agricultural Science, Prof., Corresponding
member of NAAS |
| DREBOT O. ,
Doctor of Economic Science, Prof., Corresponding member of NAAS | CHABANIUK Ya. ,
Doctor of Agricultural Science, Senior Researcher |
| YEHOROVA T. ,
Doctor of Agricultural Science, Senior Researcher | CHOBOTKO G. ,
Doctor of Biological Science, Prof. |
| ZHUKORSKYI O. ,
Doctor of Agricultural Science, Prof., Corresponding member of NAAS | SHERSTOBOEVA O. ,
Doctor of Agricultural Science, Prof. |
| ZARYSHNYAK A. ,
Doctor of Agricultural Science, Prof., Full member of NAAS | SHERSHUN M. ,
Doctor of Economic Science, Senior Researcher |
| ISAYENKO V. ,
Doctor of Biological Science, Prof. | ALEKNAVICIUS P. ,
Doctor of Social Science, Prof. (Lithuania) |
| IUTYNSKA G. ,
Doctor of Biological Science, Prof., Corresponding member
of NAS of Ukraine | VOLKOV S. ,
Doctor of Economic Science,
Full member of RAAS (Russian Federation) |
| KONISHCHUK V. ,
Doctor of Biological Science, Senior Researcher | ZHEKONIENE V. ,
Doctor of Biomedical Science, Prof. (Lithuania) |
| KOPYLOV E. ,
Doctor of Biological Science, Senior Researcher | KOLMYKOV A. ,
Doctor of Economic Science (Belarus) |
| KUCHMA M. ,
Doctor of Agricultural Science | KOWALSKI A. ,
Doctor of Economic Science, Prof. (Poland) |
| LAVROV V. ,
Doctor of Agricultural Science, Prof. | NAD J. ,
Doctor of Agricultural Science, Prof. (Hungary) |
| LANDIN V. ,
Doctor of Agricultural Science, Senior Researcher | NURZHANOVA A. ,
Doctor of Biological Science, Prof.
(Republic of Kazakhstan) |
| MOKLYACHUK L. ,
Doctor of Agricultural Science, Prof. | SOBCHYK V. ,
Doctor of Agricultural Science, Prof. (Poland) |
| PALAPA N. ,
Doctor of Agricultural Science, Senior Researcher | TIKHONOVICH I. ,
Doctor of Biological Science, Prof.,
Full member of RAAS (Russian Federation) |
| PARPAN V. ,
Doctor of Biological Science, Prof. | |
| PARFENYUK A. ,
Doctor of Biological Science, Prof. | |
| PRISTER B. ,
Doctor of Biological Science, Full member of NAAS | |

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор

ФУРДИЧКО О.І., д-р екон. і с.-г. наук, проф., акад. НААН

Відповідальний секретар

ДЕМ'ЯНЮК О.С., канд. с.-г. наук, старш. наук. співроб.

Відповідальний редактор

РИЖИКОВА Л.Г.

- | | |
|---|---|
| БОЙКО А.Л. ,
д-р біол. наук, проф., акад. НААН (Київ) | РАДЧЕНКО В.Г. ,
д-р біол. наук, проф., акад. НАН України (Київ) |
| БОРОДАЙ В.П. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Київ) | СОЗІНОВ О.О. ,
д-р с.-г. наук, проф., акад. НАН України і НААН (Київ) |
| БУЛИГІН С.Ю. ,
д-р с.-г. наук, проф., акад. НААН (Київ) | СТАДНИК А.П. ,
д-р с.-г. наук, проф., акад. ЛАН України (Біла Церква) |
| ГРИНИК І.В. ,
д-р с.-г. наук, проф., акад. НААН (Київ) | ТАРАРІКО О.Г. ,
д-р с.-г. наук, проф., акад. НААН (Київ) |
| ГУДКОВ І.М. ,
д-р біол. наук, проф., акад. НААН (Київ) | ТАРАСЮК С.І. ,
д-р с.-г. наук, проф., чл.-кор. НААН (Київ) |
| ДРЕБОТ О.І. ,
д-р екон. наук, проф., чл.-кор. НААН (Київ) | ЧАБАНЮК Я.В. ,
д-р с.-г. наук, старш. наук. співроб. (Київ) |
| ЄГОРОВА Т.М. ,
д-р с.-г. наук, доцент (Київ) | ЧОБОТЬКО Г.М. ,
д-р біол. наук, проф. (Київ) |
| ЖУКОРСЬКИЙ О.М. ,
д-р с.-г. наук, проф., чл.-кор. НААН (Київ) | ШЕРСТОБОЄВА О.В. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Київ) |
| ЗАРИШНЯК А.С. ,
д-р с.-г. наук, проф., акад. НААН (Київ) | ШЕРШУН М.Х. ,
д-р екон. наук, доцент (Київ) |
| ІСАЄНКО В.М. ,
д-р біол. наук, проф. (Київ) | АЛЕКНАВІЧЮС П.Ю. ,
д-р соц. наук, проф. (Литовська Республіка) |
| ІУТИНСЬКА Г.О. ,
д-р біол. наук, проф., чл.-кор. НАН України (Київ) | ВОЛКОВ С.М. ,
д-р екон. наук, проф., акад. РАН (Російська Федерація) |
| КОНІЩУК В.В. ,
д-р біол. наук, старш. наук. співроб. (Київ) | ЖЯКОНЕНЕ В.Ю. ,
д-р біомед. наук, проф. (Литовська Республіка) |
| КОПИЛОВ Є.П. ,
д-р біол. наук, старш. наук. співроб. (Чернігів) | КОЛМИКОВ А.В. ,
д-р екон. наук (Республіка Білорусь) |
| КУЧМА М.Д. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Київ) | КОВАЛЬСЬКІ А. ,
д-р екон. наук, проф. (Республіка Польща) |
| ЛАВРОВ В.В. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Біла Церква) | НАДЬ Я. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Угорщина) |
| ЛАНДІН В.П. ,
д-р с.-г. наук, старш. наук. співроб. (Київ) | НУРЖАНОВА А.А. ,
д-р біол. наук, проф. (Республіка Казахстан) |
| МОКЛЯЧУК Л.І. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Київ) | СОБЧИК В. ,
д-р с.-г. наук, проф. (Республіка Польща) |
| ПАЛАПА Н.В. ,
д-р с.-г. наук, старш. наук. співроб. (Київ) | ТИХОНОВИЧ І.А. ,
д-р біол. наук, проф., акад. РАН (Російська Федерація) |
| ПАРПАН В.І. ,
д-р біол. наук, проф. (Івано-Франківськ) | |
| ПАРФЕНЮК А.І. ,
д-р біол. наук, проф. (Київ) | |
| ПРІСТЕР Б.С. ,
д-р біол. наук, проф., акад. НААН (Київ) | |

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ

Фурдичко О.І.

Роль агроекології у формуванні збалансованої агросфери

**Тараріко Ю.О., Ковальчук В.П.,
Войтович О.П.**

Перспективи міжгалузевої оптимізації сучасних агроecosистем

**Мусієнко М.М., Бацманова Л.М.,
Войцехівська О.В.**

Глобальні зміни клімату та концептуальні основи сталого розвитку агроecosистем

Яцук І.П.

Збалансований розвиток агроecosистем як основа стратегії «зеленого» зростання сільського господарства

Ковалів О.І.

Нова парадигма звершення земельної реформи в Україні

**Бородай В.П., Пінчук В.О.,
Тертична О.В.**

Перспективні напрями екологічних досліджень у галузі тваринництва

Коніщук В.В.

Онтологія становлення екосоцологічного та інвайронментологічного напрямів

Гудков І.М.

Становлення сільськогосподарської радіоекології в Україні: етапи розвитку, досягнення, проблеми, перспективи

**Ландін В.П., Чоботко Г.М.,
Кучма М.Д., Райчук Л.А.**

Подолання наслідків Чорнобильської катастрофи в агросфері України

**Краснов В.П., Ландін В.П.,
Захарчук В.А.**

Становлення радіоекології лісових екосистем в Україні

TOPICAL ECOLOGICAL PROBLEMS

7 **Furdychko O.**

Significance of agroecology in the process of well-balanced agrosphere formation

14 **Tarariko Y., Kovalchuk V.,
Voytovych O.**

Prospects for the inter-branch optimization of modern agroecosystems

21 **Musijenko M., Bacmanova L.,
Vojcekhivsjska O.**

Global climate changes and conceptual foundations of sustainable development of agro-ecosystems

31 **Yatsuk I.**

Balanced development of agro-ecosystems as the basis for the strategy of «green» agricultural growth

37 **Kovaliv O.**

A new paradigm of the accomplishment of land reform in Ukraine

44 **Borodai V., Pinchuk V.,
Tertychna O.**

Promising areas of environmental research in livestock

49 **Konishchuk V.**

Ontology of formation the directions of ecosozology and environmentology in the department of landscape, biodiversity and nature reserve

58 **Ghudkov I.**

Formation of Agricultural Radiology in Ukraine: milestones, achievements, problems and prospects

67 **Landin V., Chobotko G., Kuchma M.,
Raychuk L.**

Overcoming the consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant in the Ukrainian agrosphere

76 **Krasnov V., Landin V.,
Zakharchuk V.**

Formation of Radiology of forest ecosystems in Ukraine

АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ

**Чертко М.К., Карпиченко О.О.,
Жумар П.В.**

Ландшафтно-геохімічний стан вироблених торфовищ Білоруського Полісся, їх оптимізація та раціональне використання

**Палапа Н.В., Устименко О.В.,
Сігалова І.О.**

Екологічна оцінка сільських селітебних територій

Аристархова Е.О.

Біотестування токсичності питної води

**Пічура В.І., Пилипенко Ю.В.,
Домарацький Є.О., Гадзало А.Я.**

Екологічна оцінка стану транскордонного водозбірної басейну річки Дніпро

РОДЮЧІСТЬ І ОХОРОНА ГРУНТІВ

Тараріко О.Г., Ізюмова О.Г.

Досягнення нейтрального рівня деградації ґрунтів у ерозійно небезпечних агроландшафтах України

**Медведєв В.В., Булігін С.Ю.,
Булігіна М.Е.**

Сучасні системи землеробства і проблема обробітку ґрунту

**Моклячук Л.І., Городиська І.М.,
Ліщук А.І.**

Природоохоронні технології відновлення деградованих ґрунтів у органічному землеробстві

БІОРІЗНОМАНІТТА ТА БІОБЕЗПЕКА ЕКОСИСТЕМ

**Шерстобоева О.В., Дем'янюк О.С.,
Чабанюк Я.В.**

Біодіагностика і біобезпека ґрунтів агро-екосистем

Іутинська Г.О.

Мікробні біотехнології для реалізації нової глобальної програми забезпечення сталого розвитку агросфери України

AGRO-ECOLOGICAL MONITORING

**Chartko M., Karpichenko A.,
Zhoomar P.**

Landscape-geochemical state of depleted peat deposits of Belarusian Polissya, their optimization and rational use

**Palapa N., Ustymenko O.,
Sihalova I.**

Environmental assessment of rural residential areas

Arystarkhova E.

Biotesting the toxicity of drinking water

**Pichura V., Pilipenko Y.,
Domaratsky E., Gadzalo A.**

Environmental assessment of the state of trans-boundary watersheds of the Dnieper

FERTILITY AND PROTECTION OF SOILS

Tarariko O., Iziumova O.

Achievement of a neutral level of soil degradation in the erosion-hazardous agro-landscapes of Ukraine

**Medvediev V., Bulyhin S.,
Bulyhina M.**

Modern farming systems and the problem of cultivation

**Moklyachuk L., Gorodyska I.,
Lishchuk A.**

Environmental protection technologies of contaminated and degraded soils in organic farming

ENVIRONMENTALLY SAFE AGROTECHNOLOGIES

**Sherstoboeva O., Demyanyuk O.,
Chabanyuk Ya.**

Biodiagnostics and bio-security of soils of agroecosystems

Iutynska G.

Microbial biotechnology for implementation of the new global program for sustainable development of agrosphere in Ukraine

Парфенюк А.І.

Сорт рослин як чинник біологічної безпеки в агроценозах України

Копилов Є.П., Надкєрнична О.В.

Ґрунтові гриби як біотичний чинник впливу на рослини

Бойко А.Л.

Убіквітарність, структура та функція вірусів за різних екологічних умов

Бурда Р.І.

Актуальні номенклатурні і таксономічні зміни видового складу польових бур'янів України

Лісовий М.М., Чайка В.М.

Концептуальні підходи досліджень ентомологічного різноманіття агроценозів України

Демидов О.А., Васильківський С.П., Гудзенко В.М.

Еколого-генетичні аспекти селекції ячменю озимого щодо підвищення його продуктивного та адаптивного потенціалу у Лісостепі України

Симочко Л.Ю.

Антибіотикорезистентні мікроорганізми в агроєкосистемах як чинник ризику для здоров'я людини

СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО**Душко П.М.**

Оцінювання добрив сої в технології її вирощування за адаптивним потенціалом

Краєвська Л.С.

Вплив передпосівної обробки насіння на врожайність квасолі звичайної (*Phaseolus vulgaris* L.)

Руденко О.М.

Поглинання вуглецю та продукування кисню сосною звичайною в умовах Міжріччинського регіонального ландшафтного парку

ЮВІЛЕЙ

О.В. Шерстобоевій – 70

155 Parfeniuk A.

Plant varieties as a factor in biosafety agro-cenoses Ukraine

163 Kopylov E., Nadkernichna O.

Soil fungi as a biotic factor affecting on the plants

176 Boyko A.

Ubiquity, structure and function of viruses under different environmental conditions

182 Burda R.

Inevitable nomenclatural and taxonomical changes in the List of the field weeds of Ukraine

188 Lisovyy M., Chayka V.

Conceptual approaches to entomological research of agro-cenosis diversity in Ukraine

194 Demydov O., Vasylykivskiy S., Hudzenko V.

Ecological and genetic aspects of winter barley breeding under increasing of productive and adaptive capacity in the Forest-Steppe of Ukraine

201 Symochko L.

Antibiotic resistant microorganisms in agro-ecosystems as a factor of risk for human health

YOUNG SCIENTIST'S PAGE**205 Dushko P.**

Evaluation fertilizers in soybean cultivation technology according to its adaptive capacity

211 Kraievska L.

Effect of seed pre-treatment on Kidney Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) yield

216 Rudenko O.

The absorption of carbon and production of oxygen by a pine in terms of Mizhrichynskiy Regional Landscape Park

JUBILEE

220 O. Sherstoboyeva – 70

УДК 631.95:001.891(477)

РОЛЬ АГРОЕКОЛОГІЇ У ФОРМУВАННІ ЗБАЛАНСОВАНОЇ АГРОСФЕРИ

О.І. Фурдичко

Інститут агроекології і природокористування НААН

Розкрито значення науки агроекології як фундаментальної основи формування збалансованої агросфери, охорони навколишнього природного середовища, раціонального використання й відтворення природних ресурсів і забезпечення екологічної безпеки. Обґрунтовано, що агроекологія в нинішніх складних екологічних та економічних умовах повинна визначати стратегію розвитку аграрного виробництва з обов'язковим урахуванням екологічних, соціальних і економічних чинників. Управління агросферою потребує розроблення нових науково обґрунтованих підходів, що базуються на основних принципах Концепції сталого розвитку. Визначено низку пріоритетних завдань агро-екології на сучасному етапі розвитку аграрної науки і виробництва України.

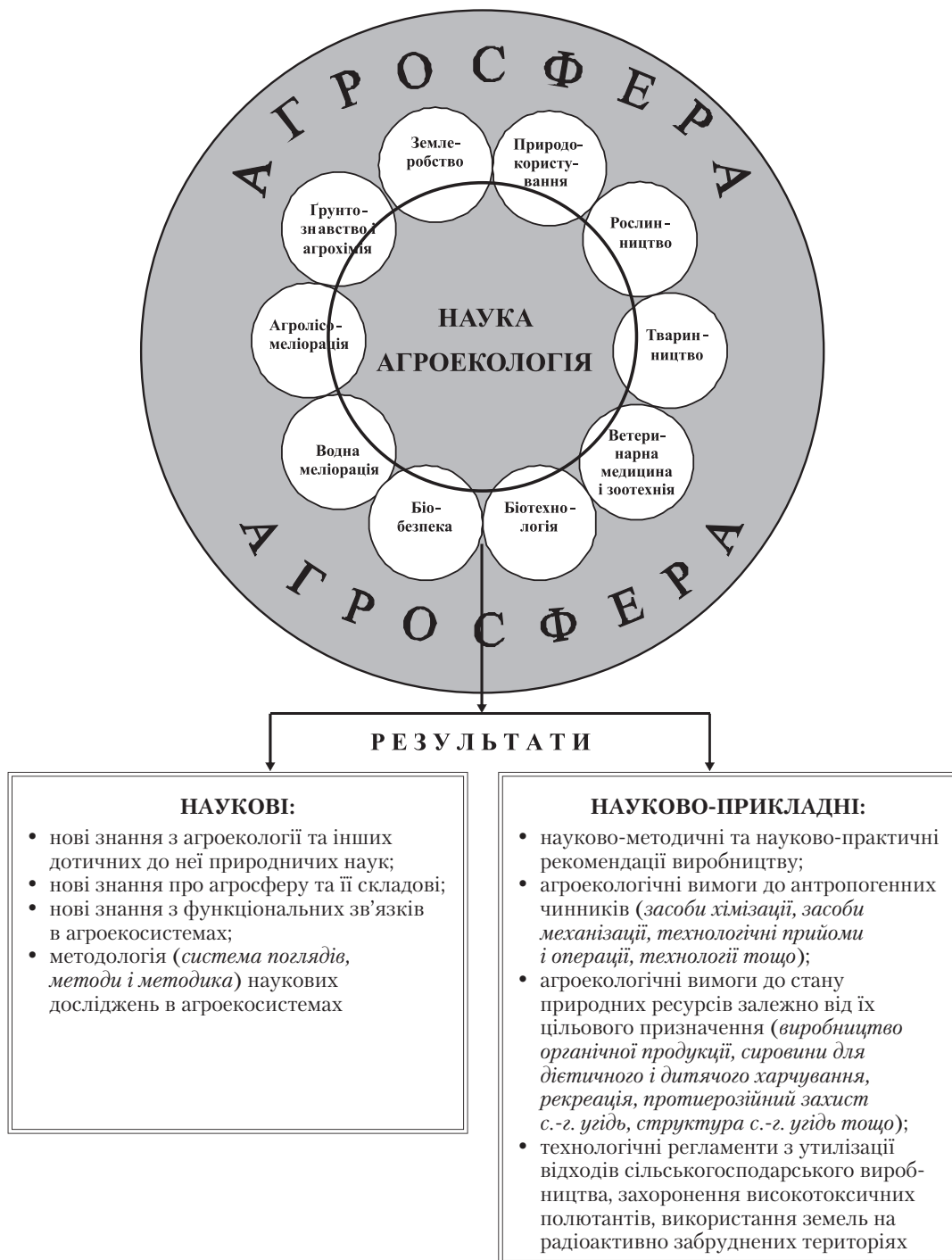
Ключові слова: агроекологія, агросфера, збалансований розвиток, навколишнє природне середовище, природні ресурси.

У контексті реалізації положень Концепції сталого розвитку та процесів трансформації свідомості людини щодо переосмислення значення якості і безпечності довкілля, використання природних ресурсів неможливо не визнати пріоритетне значення науки агроекології на сучасному етапі розвитку аграрної галузі [1, 2]. Поступово відходять у минуле орієнтири, переважно спрямовані на економічні результати та впровадження наукових досягнень, інноваційних технологій без урахування пріоритетності розвитку екологічних і соціальних чинників.

На думку багатьох учених, в Україні спостерігаються всі ознаки екологічної кризи, яку вже зараз розглядають як кризу філософії буття, кризу духовності. Деградація довкілля є наслідком не лише техногенного тиску на нього, а й зuboжіння моральності суспільства, недалекоглядності щодо майбутніх колізій усталеного рівня життя. З огляду на це, на передній план подолання екологічних проблем у

аграрній сфері виходять основні напрями науки агроекології. Агроекологія в нинішніх складних екологічних та економічних умовах визначає стратегію розвитку аграрного виробництва, що має спрямовуватись на збереження і відтворення, насамперед, ґрунтових, водних та біологічних ресурсів, на охорону навколишнього природного середовища та забезпечення людей високоякісними продуктами харчування в необхідній кількості.

Агроекологія формується як самостійна наука на перетинах багатьох дисциплін. Її основою, з одного боку, є комплекс природничих наук, зокрема загальна екологія, фізіологія, хімія, морфологія, фізика, метеорологія, гідрологія, біохімія, математика, а з іншого — виробничі науки про вирощування культур та виробництво продукції тваринництва: землеробство, рослинництво, агрохімія і ґрунтознавство, агролісомеліорація, лісівництво, меліорація, тваринництво, зоотехнія, біотехнологія, біобезпека, природокористування тощо (рисунок). Крім того, агроекологія тісно переплітається з охороною природи і соціальною екологією.



Агроєкологія в системі аграрних наук [1]

Агроєкологія — це наука, спрямована на дослідження агросфери загалом, що вивчає засади збалансованого використання сільськогосподарських земель для одержання продукції рослинництва та тваринництва та їх переробки за одночасного збереження природних ресурсів (біоти, ґрунтів, вод, атмосферного повітря тощо), біотичного різноманіття і захисту середовища існування людини та виробленої продукції від забруднення [3]. Хоча агроєкологія є міждисциплінарною наукою, вона все-таки тяжіє до сільськогосподарських наук з домінуючим акцентом на розробленні та науковому обґрунтуванні заходів, необхідних для отримання якісної і безпечної сільськогосподарської продукції, превентивної оцінки небажаних наслідків негативного впливу людської діяльності на агроєкосистеми та їх усунення, загалом на біогеоцензи, ландшафти.

Фундатор вітчизняної агроєкологічної науки академік НАН України, НААН і РАСГН О. Созінов наголошував, що сучасна агроєкологія — це комплексна наука, яка ґрунтується на синтезі багатьох наук і заснована на системному підході з використанням політичних, економічних та інших чинників. В умовах України втілення в життя розробок агроєкології не потребує значних додаткових витрат, натомість забезпечує ефективніше використання нашого природного потенціалу. Важливо тільки, щоб була виявлена політична воля владних структур із втілення в життя принципів біологізації сільського господарства і формування сталих агроландшафтів та агроєкосистем [4].

Агроєкологічні дослідження є своєрідним синтезом інвайронментології (науки про навколишнє природне середовище) та екосозології (науки про охорону навколишнього природного середовища). Агроєкологія постає не лише як галузева сільськогосподарська наука з дослідження агросфери для забезпечення потреб людства, до кола її інтересів входять також загальні агроєкологічні проблеми з охорони довкілля, що є важливою складовою збалансованого розвитку навколишнього природного середовища.

Головною метою агроєкології є забезпечення збалансованого виробництва якісної та безпечної продукції, збереження і відтворення природно-ресурсного потенціалу аграрного сектора, тобто екологічна безпека всіх галузей сільського виробництва за економічної доцільності. Вона вивчає взаємодію людини з навколишнім природним середовищем у процесі сільськогосподарського виробництва, а саме: вплив сільського господарства на природні комплекси, взаємодію між компонентами агроєкосистем, перенесення енергії, особливості функціонування агроєкосистем в умовах техногенних навантажень [5].

Агроєкологія і природокористування — це дві споріднені та взаємопов'язані між собою науки, які покликані формувати нову філософію пізнання людиною агросфери та використання ресурсів живої і неживої природи, насамперед відновних ресурсів, у процесі виробництва, для збереження динамічно збалансованого стану довкілля, а також для забезпечення кращого життя сучасних і прийдешніх поколінь, соціальної адаптації суспільства до постійних змін навколишнього природного середовища. Тобто агроєкологія — це наукові дослідження стану і динаміки агросфери, а природокористування — це практичні заходи з користування природними об'єктами та рекомендації щодо технологій використання природних ресурсів, моніторинг їх стану і пошук шляхів оптимізації еколого-економічних показників діяльності суб'єктів господарювання. Тому агроєкологія повинна стати провідною силою у розв'язанні проблем збалансованого природокористування та забезпечити отримання високоякісної і екологічно безпечної сільськогосподарської продукції [1].

Об'єктом досліджень в агроєкології є агросфера, а предметом — взаємозв'язки людини з довкіллям у процесі сільськогосподарського виробництва, вплив сільського господарства на природні комплекси, взаємозв'язки між компонентами агроєкосистеми і специфіка кругообігу в них речовин, енергії та інформації під впливом антропогенних навантажень. Агроєкологія

як наука розглядає системи землеробства і технології вирощування сільськогосподарських культур, виробництва продукції тваринництва щодо витрачання і відтворення природних ресурсів, оцінює обґрунтованість екологічних рішень. Її завдання — розробляти теоретичні основи для екологічно безвідходного та нешкідливого виробництва продукції рослинництва і тваринництва, формувати такі умови, за яких зберігатиметься гармонійна рівновага (гомеостаз) з біосферою.

Агросфера — не тільки головне джерело забезпечення населення продовольством і сировиною для харчової і легкої промисловості (переважно завдяки енергії Сонця та інших природних ресурсів — ґрунтів, води, кліматичних чинників тощо), а й середовище існування значної частини населення. Властивими їй є особливі фундаментальні закономірності внутрішнього розвитку, як наслідок взаємодії різних природних і соціально-економічних чинників [6]. І саме наука агроекологія, головною метою якої є гармонізація відносин агросфери і навколишнього природного середовища, визначає шляхи до збалансованого розвитку аграрної галузі [7].

Тому агроекологію слід розуміти як міждисциплінарну науку, що вивчає всі злободенні екологічні проблеми в процесі агропромислового виробництва та визначає природоохоронні принципи для всіх галузей АПК. Методологічно важливо надати екологічного спрямування агротехнологіям з урахуванням напрямів науково-технічного прогресу, особливостей спеціалізації і концентрації за природно-господарськими зонами. Концепція збалансованого природокористування повинна бути закладена у виробничі системи, а для оцінювання продуктивності слід зважати на співвідношення виробленої продукції й обсягів використаних ресурсів та отриманих відходів [8].

Головне завдання агроекології — знайти формулу оптимального співвідношення, тобто збалансованості, у виробництві продукції рослинництва і тваринництва залежно від умов навколишнього природного

середовища. Мірилом цього співвідношення є продуктивність сільськогосподарських рослин і тварин, що, крім кількісних показників, має характеризуватися високою якістю продукції, безпекою навколишнього природного середовища, а це значною мірою обумовлено особливостями екологічних процесів у агросфері.

Еволюція агроекологічної науки залежить від розвитку природних процесів у біосфері, взаємовідносин людини з довкіллям, а також від перебігу політико-економічних процесів у суспільстві. Ретроспективні дослідження свідчать, що вже тисячі років тому стихійна діяльність людини спричиняла значні зміни навколишнього природного середовища, які іноді ставили під загрозу існування людства [9]. Упродовж багатовікової історії життя людини на Землі її взаємовідносини з навколишнім природним середовищем були неоднаковими і постійно змінювалися.

Сільське господарство є найтривалішим, і залишається найпотужнішим, чинником трансформації наземних екосистем і біосфери загалом. Розвиток осілого землеробства спричинив перші істотні антропогенні потрапи́ння біосфери. Кризи, катаклізми та інші порушення стану довкілля впродовж цивілізації не були рідкістю. У минулі століття вихід із таких критичних ситуацій був доволі простим: центр економічного розвитку територіально зміщувався або людина змінювала спосіб господарювання. Наприкінці XX ст. людство відчувало наближення ще однієї екологічної кризи, що мала абсолютно інше походження порівняно з усіма попередніми. Ця криза була зумовлена технолого-виробничими чинниками, у т.ч. і сільськогосподарським виробництвом. Почалася загальна глобальна деградація довкілля. Елементами тиску цивілізації на навколишнє природне середовище стали фінансово затратні технології із значними обсягами небезпечних відходів, які застосовувалися у промисловості і сільському господарстві.

Агросфера в Україні охоплює понад 70% загальної території. Перші її островці виникли внаслідок неолітичної революції

близько 8–10 тис. років до н.е. (Трипільська культура). Значного розвитку вона набула в XIX ст. Головним протиріччям між агросферою і навколишнім природним середовищем у ті часи було її розширення внаслідок вирубування лісів, а також пошкодження степових екосистем через значне збільшення на цих територіях поголів'я овець. Однак, загалом, дія антропогенних чинників у ті часи не призводила до глобального порушення гомеостазу довкілля. Незважаючи на це, видатні вчені В. Вернадський, В. Докучаєв, П. Костичев, Г. Висоцький, О. Ізмаїльський ще на межі минулого століття застерігали, що зростаючий антропогенний тиск на агросферу може спричинити екологічну кризу. Вони обґрунтували необхідність цілеспрямованих дій щодо збереження і відтворення природних ресурсів, зокрема земель сільськогосподарського і лісгосподарського призначення, водних і лісових екосистем тощо.

Ситуація почала швидко змінюватися в другій половині XX ст. унаслідок активної індустріалізації сільського господарства і посиленого негативного впливу на агросферу промисловості та урбанізованих територій. Різко зросла розораність земель та інтенсивність їх обробітку, прискорились процеси ерозії ґрунтів, їх деградація і забруднення ксенобіотиками. Поступово зникали малі річки, на значних територіях порушувався гідрологічний режим, у т.ч. і внаслідок грубих прорахунків у здійсненні водної меліорації.

Поряд із тим у цей період була проведена потужна робота із землевпорядкування, агролісомеліорації, впровадження сівозмін, було збільшено і урізноманітнено застосування мінеральних і органічних добрив, унаслідок чого значно підвищилася продуктивність рослинництва, збільшилося поголів'я тварин. У 80-х роках почала впроваджуватись розроблена вітчизняними вченими ґрунтозахисна контурно-меліоративна система землеробства. Але, загалом, у агросфері України посилювалась екологічна криза, що особливо загострилася після аварії на Чорнобильській АЕС.

Серед чинників нинішньої складної екологічної ситуації в агросфері слід також виокремити неефективність державного управління, незадовільне використання економічних важелів для впровадження екологічно безпечних технологій, низький рівень екологічної культури виробників та населення, а також малу активність і ефективність дії екологічних організацій та громадського руху.

Особливої уваги потребує питання впровадження і налагодження системи загальнодержавного агроекологічного моніторингу з використанням сучасних інформаційних і космічних технологій, оцінювання рівня забруднення всіх складових агроландшафтів патогенними організмами (віруси, бактерії, мікроміцети), органічними ксенобіотиками та важкими металами, вивчення міграції та трансформації токсикантів у ґрунті та у системі «ґрунт — рослина — тварина — людина» тощо. Не менш важливим напрямом також є розроблення методів та технологій відновлення забруднених ґрунтів і повернення їх у сільськогосподарське виробництво [10].

Звичайно, забезпечення населення продовольством і сировиною потребує значної інтенсифікації усіх галузей сільського господарства, що спричиняє деградаційні процеси в агросфері. Якщо на початку XX ст. вони були локальними, то нині стали глобальними і потребують швидкої оптимізації сільськогосподарського виробництва, у т.ч. із урахуванням змін клімату [11].

Сучасна агроекологія на основі комплексного системного підходу визначає шляхи переходу агроєкосистем у напрямі збалансованого розвитку. Це означає, що стабільне отримання необхідної кількості високоякісної конкурентоспроможної продукції повинно здійснюватися на умовах обмеження витрат антропогенної енергії, поновлення природних ресурсів, формування збалансованих агроєкосистем і мінімального забруднення навколишнього природного середовища з урахуванням критеріїв раціонального природокористування і принципів біоетики.

Агросфера формується та постійно підтримується людиною і за своєю суттю є інерційною. Управління нею потребує системного підходу та науково обґрунтованої стратегії. Незалежно від того, що агросфера переважно є антропогенною системою за своєю фундаментальною суттю, але вона становить і частину біосфери, тому у ній діють основні механізми, характерні для останньої. Це — наявність фотоавтотрофів і хемогетеротрофів (до них належить і людина), сюди входять кругообіг біогенних елементів та енергії, збалансованість взаємодії патогенних чинників (вірусів, мікроорганізмів, комах) з рослинами і тваринами. Порушення такого балансу може мати катастрофічні наслідки [10, 12].

Як відомо, фундаментом і основою існування та збалансованості біосфери є біорізноманіття. За його збіднення вся система стає нестійкою, що може призвести до повного її колапсу. Особливо це стосується агроєкосистем. Інтенсифікація аграрного виробництва створила у людини уяву про домінування керованих антропогенних чинників у розв'язанні всіх проблем у агросфері, зокрема стосовно техніки, добрив, хімічних засобів захисту рослин і тварин тощо. Недооцінювання цього чинника, брак досліджень з визначення шляхів збереження біорізноманіття ставить під загрозу можливість досягнення збалансованого розвитку агроєкосистем і, відповідно, благополуччя населення [13].

Безперечно, функцію основного годувальника людини агросфера виконуватиме завжди. Але ця мета повинна досягатися на основі пріоритетності збереження природних ресурсів, поліпшення якості продукції, значного підвищення ефективності використання енергії Сонця, передусім зеленими рослинами, інтенсифікації мікробіологічних процесів у ґрунті як важливої ланки кругообігу речовин в агроєкосистемах, зокрема біологічної азотфіксації і мобілізації фосфору. Це потребує не тільки нових шляхів розв'язання проблем соціально-економічних відносин у сфері агропромислового виробництва, а й нових взаємовідносин між агросферою, техно-

сферою та урбосферою, застосування високих енергозберігаючих природоохоронних технологій.

Для України проблема формування нової збалансованої агросфери має особливе значення. Нині назріла необхідність визначення нової стратегії розвитку як агропромислового виробництва, так і агросфери загалом. Потрібні рішучі дії і підтримка на державному рівні впровадження основних положень Концепції сталого розвитку, формування агросфери на її принципах, біосферно-ноосферного підходу, що ґрунтується на ідеях В. Вернадського. Для цього насамперед необхідно розробити модель агросфери України XXI ст. на засадах усталених принципів агроєкологічної і економічної науки. До того ж слід враховувати якісні зміни у навколишньому природному середовищі, що стали наслідком значного посилення у XX ст. антропогенного навантаження на довкілля, сучасні тенденції глобальних змін клімату тощо.

В Україні й досі не існує механізмів економічних стимулів щодо впровадження екологічно безпечних технологій. Низьким залишається рівень застосування інноваційних, ресурсозберігаючих та природоохоронних технологій, у т.ч. технології переробки та утилізації відходів аграрного виробництва.

Негативні процеси особливо швидко поглиблюються в останні десятиліття, що зумовлено глобальними змінами клімату, збільшенням кількості техногенних катастроф, невідповідністю технологій виробництва сучасним вимогам екологічної безпеки. Тому актуальним залишається питання формування збалансованих агроландшафтів, збільшення площі екологічно стабілізуючих угідь та доведення до оптимального рівня площі лісових насаджень у структурі агроландшафтів, збереження і відтворення природних ресурсів загалом. У галузі рослинництва і тваринництва необхідно приділити особливу увагу створенню екологічно безпечних технологій, придатних для одержання високоякісної сільськогосподарської продукції з невиснажливим використанням природних ре-

сурсів (земельних, водних, біологічних) за мінімального впливу на довкілля [14].

І насамкінець слід зауважити, що лише усвідомлення значення науки агроєкології у сучасному аграрному виробництві, застосування на практиці наукових постулатів продуманого управління екологічними процесами в агросфері, дотримання

збалансованості потреб економічного розвитку і можливостей відтворення природних ресурсів, комплексна реалізація агро-екологічних заходів і технологій в АПК — це основа стабільного розвитку держави, тривалості життя і міцного здоров'я та благополуччя нинішніх і майбутніх поколінь.

ЛІТЕРАТУРА

1. Фурдичко О.І. Агроєкологія: монографія / О.І. Фурдичко. — К.: ДІА, 2014. — 400 с.
2. Фурдичко О.І. Агроєкологія — фундаментальна основа формування збалансованої агросфери / О.І. Фурдичко, О.С. Дем'янюк // Агроєкологічний журнал. — 2014. — № 3. — С. 7–13.
3. Словник-довідник з агроєкології і природокористування / За наук. ред. О.І. Фурдичка. — 2-ге вид., доповн. — К.: ДІА, 2012. — 336 с.
4. Созінов О.О. Агроєкологія — філософія сільського господарства ХХІ століття / О.О. Созінов // Вісник аграрної науки. — 1997. — № 9. — С. 61–67.
5. Агроєкологія / В.А. Черникова, Р.М. Алексакхін, А.В. Голубев і др.; под ред. В.А. Черникова, А.І. Чекереса. — М.: Колос, 2000. — 536 с.
6. Созінов О.О. Агросфера України у ХХІ столітті [Електронний ресурс] / О.О. Созінов // Вісник НАН України. — 2001. — № 10. — Режим доступу: <http://www.visnyk-nanu.kiev.ua/2001-10/3.htm>
7. Фурдичко О.І. Агросфера — об'єкт досліджень агроєкології / О.І. Фурдичко // Агроєкологічний журнал. — 2008. — С. 12–14. — (Спецвип.).
8. Фурдичко О.І. Еколого-економічні особливості використання природних ресурсів в аграрному виробництві України / О.І. Фурдичко, О.С. Дем'янюк // Агроєкологічний журнал. — 2013. — № 3. — С. 7–12.
9. Чалаван В.В. Еволюція агроєкологічної науки та стратегія ведення сучасного сільськогосподарського виробництва / В.В. Чалаван // Агроєкологічний журнал. — 2008. — С. 259–269. — (Спецвипуск).
10. Екологічна безпека агропромислового виробництва: монографія / за наук. ред. акад. О.І. Фурдичка, акад. А.І. Бойка. — К.: ДІА, 2013. — 416 с.
11. Дем'янюк О.С. Зміни клімату — глобальна екологічна і продовольча проблема людства / О.С. Дем'янюк // Збалансоване природокористування. — 2016. — № 4. — С. 6–13.
12. Про найважливіші показники та кількісно-якісні властивості мега-агроєкосистем (агросфери) України / О.О. Созінов, В.І. Придатко, Р.І. Бурда та ін. // Агробіорізноманіття України: теорія, методологія, індикатори, приклади / за ред. О.О. Созінова, В.І. Придатка, О.І. Лисенка. — Кн. 2. — К.: ЗАТ «Нічлава», 2005. — С. 17–30.
13. Агробіорізноманіття України: теорія, методологія, індикатори, приклади / за ред. О.О. Созінова, В.І. Придатка. — Кн. 1. — К.: ЗАТ «Нічлава», 2005. — 384 с.
14. Фурдичко О.І. Якість і безпечність сільськогосподарської продукції в контексті продовольчої безпеки України / О.І. Фурдичко, О.С. Дем'янюк // Агроєкологічний журнал. — 2014. — № 1. — С. 7–12.

REFERENCES

1. Furdychko, O.I. (2014). *Ahroekolohiya: monohrafiya [Agroecology: monograph]*. Kyiv: DIA [in Ukrainian].
2. Furdychko, O.I., Demyanyuk, O.S. (2014). *Ahroekolohiya — fundamentalna osnova formuvannya zbalansovanoi ahrosfery [Agroecology — the fundamental basis for creating a balanced agrosphere]*. *Ahroekolohichniy zhurnal — Ahroecological journal*, 3, 7–13 [in Ukrainian].
3. Furdychko, O. (Eds.). (2012). *Slovnnyk-dovidnyk z ahroekolohii i pryrodokorystuvannya [Glossary Directory of Agroecology and Environmental]*. (2d ed.). Kyiv: DIA [in Ukrainian].
4. Sozinov, O.O. (1997). *Ahroekolohiia — filosofiia silskoho hospodarstva KhKhI stolittia [Agroecology — philosophy agriculture XXI century]*. *Visnyk ahrarnoi nauky — Journal of Agricultural Science*, 9, 61–67 [in Ukrainian].
5. Chernykov, V.A., Aleksakhyn, R.M., Holubev A.V. et al. (2000). *Agrojekologija [Agroecology]*. V.A. Chernykova, A.Y. Chekeresa (Eds.). Moscow: Kolos [in Russian].
6. Sozinov, O.O. (2001). *Ahrosfera Ukrainy u KhKhI stolitti [Agrosfera Ukraine in the XXI century]* *Visnyk NAN Ukrainy — National Library of Ukraine*, 10. Retrieved from: <http://www.visnyk-nanu.kiev.ua/2001-10/3.htm> [in Ukrainian].
7. Furdychko, O.I. (2008). *Ahrosfera — ob'iekt doslidzhen ahroekolohii [Agrosfera — agroecology research facility]*. *Ahroekolohichniy zhurnal — Ahroecological journal, Special Issue*, 12–14 [in Ukrainian].
8. Furdychko, O.I., Dem'ianiuk, O.S. (2013). *Ekoloho-ekonomichni osoblyvosti vykorystannia pryrodnnykh resursiv v ahrarnomu vyrobnytstvi Ukrainy [Ecological and economic characteristics of natural resources in agricultural production Ukraine]*. *Ahro-*

- ekolohichnyi zhurnal — Ahroecological journal*, 3, 7–12 [in Ukrainian].
9. Chalavan, V.V. (2008). Evoliutsiia ahroekolohichnoi nauky ta stratehiia vedennia suchasnoho silskohospodarskoho vyrobnytstva [Evolution of agroecological science and strategy of modern agriculture]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Ahroecological journal, Special Issue*, 259–269 [in Ukrainian].
 10. Furdychko, O.I., Boiko, A.L. (Eds.). (2013). Ekolohichna bezpeka ahropromyslovoho vyrobnytstva [Environmental safety agroindustrial production]. Kyiv: DIA [in Ukrainian].
 11. Dem'ianiuk, O.S. (2016). Zminy klimatu — hlobalna ekolohichna i prodovolcha problema liudstva [Climate change — a global environmental problem humanity and Food]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannia — Balanced Nature Management*, 4, 6–13 [in Ukrainian].
 12. Sozinov, O.O., Prydatko, V.I., Burda R.I. et al. (2005). Pro naivazhlyvishi pokaznyky ta kilkisno-
iakisni vlastyvoli meha-ahroekosystem (ahrosfery) Ukrainy [On key indicators and quantitative and qualitative properties mega agro-ecosystems (agrosphere) Ukraine]. *Ahrobioriznomanittia Ukrainy: teoriia, metodolohiia, indykatory, pryklady* [Agrobiodiversity of Ukraine: Theory, Methodology, Indicators, Examples]. O.O. Sozinov, V.I. Prydatko, O.I. Lysenko (Ed.). (Book 2). Kyiv: ZAT «Nichlava» [in Ukrainian].
 13. Sozinov, O.O., Prydatko, V.I.. (2005). Ahrobioriznomanittia Ukrainy: teoriia, metodolohiia, indykatory, pryklady [Agrobiodiversity of Ukraine: Theory, Methodology, Indicators, Examples]. (Book 1). Kyiv: ZAT «Nichlava» [in Ukrainian].
 14. Furdychko, O.I., Dem'ianiuk, O.S. (2014). Yakist i bezpechnist silskohospodarskoi produktsii v konteksti prodovolchoi bezpeky Ukrainy [The quality and safety of agricultural products in the context of food security of Ukraine]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Ahroecological journal*, 1, 7–12 [in Ukrainian].

УДК 631.11.1

ПЕРСПЕКТИВЫ МЕЖОТРАСЛЕВОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ АГРОЭКОСИСТЕМ

Ю.А. Тарарико, В.П. Ковальчук, А.П. Войтович

Институт водных проблем и мелиорации НААН

Обґрунтовано необхідність підвищення родючості ґрунту як основи екологічно стійкої аграрної системи. За результатами стаціонарних дослідів і теоретичних досліджень наведено коефіцієнти корисної дії фотосинтетично активної радіації для різних ґрунтово-кліматичних умов. Серед проблем управління аграрними виробничими системами особливу увагу приділено відсутності комплексних планів розвитку виробництва. Запропоновано етапи розв'язання цієї проблеми на основі оптимізації співвідношення галузей рослинництва і тваринництва з використанням інформаційно-аналітичної системи.

Ключові слова: *рослинництво, тваринництво, міжгалузева оптимізація, родючість ґрунту, моделі розвитку господарства, інформаційно-аналітична система.*

Главная особенность сельскохозяйственного производства состоит в том, что его эффективность непосредственно связана с уровнем почвенного плодородия. Если в результате технологического цикла, например за ротацией севооборота, не обеспечивается воспроизводство исходных параметров плодородия почвы, то можно

утверждать о бесперспективности данного производства. Иными словами, невозобновляемое использование почвенных запасов легкодоступных питательных веществ и углерода в дальнейшем приводит к неуклонному снижению продуктивности посевов и экономической нецелесообразности ведения хозяйства даже при минимальных затратах ресурсов химикотехногенного происхождения, например,

в технологической цепочке «обработка почвы — посев — уборка урожая». Поэтому высокорентабельные, экологически устойчивые аграрные производственные системы могут функционировать только на основе воспроизводства и повышения почвенного плодородия [1–2]. При этом для наращивания производства продукции необходимо постоянно улучшать качество земельных ресурсов, повышать уровень почвенного плодородия по всем показателям, и в первую очередь по содержанию гумуса и основных элементов питания. Именно из соблюдения этого первого условия необходимо исходить при формировании плана развития любого хозяйственного формирования и распределении средств в процессе производственного цикла.

Цель работы — показать, что комплексное планирование развития конкретного хозяйства целесообразно начинать с его межотраслевой оптимизации на эколого-экономических принципах. Информационно-аналитические системы могут служить инструментом реализации управления процессами выработки экологически и экономически обоснованных решений в сельскохозяйственном производстве.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наши теоретические исследования проводились исходя с результатов стационарных опытов научно-исследовательских учреждений НААН [3]. Опыты заложены в разных почвенно-климатических условиях с целью определения доз традиционных и альтернативных органических и минеральных удобрений, обеспечивающих воспроизводство плодородия почвы и высокую продуктивность посевов. Так, в Полесье на дерново-подзолистой почве коэффициент полезного действия фотосинтетически активной радиации (КПД ФАР) без внесения удобрений не превышает 0,60%, а с их внесением максимально повышается до 1,14%, при средней многолетней продуктивности севооборота 38,5 и 63,2 ц к.е./га соответственно. В условиях неустойчивого увлажнения Левобережной Лесосте-

пи на чернозёме типичном без внесения удобрений КПД ФАР и продуктивность находятся на уровне соответствующих показателей Полесья. Применение удобрений обеспечивает максимальное увеличение этих показателей до 0,87% и 51,0 ц к.е./га. В Правобережной Лесостепи на чернозёме оподзоленном, в условиях достаточного увлажнения и без удобрений, КПД ФАР не превышает 0,68% и при совместном внесении органических и минеральных удобрений почти удваивается и достигает 1,29%, при продуктивности севооборота 43,4% и 76,1 ц к.е./га. В засушливых условиях степной зоны на чернозёмах типичных малогумусных КПД ФАР составляет 0,56%, а под влиянием удобрений максимально увеличивается до 1,09%. Однако, по мнению А.А. Ничипоровича [4], реально достижимый уровень КПД ФАР в условиях достаточного увлажнения составляет 2% и более. Это может свидетельствовать о том, что при закладке опытов дозы удобрений применялись произвольно, поскольку исследователю заранее точно предугадать оптимальные дозы азота, фосфора, калия и органического углерода в нужном соотношении, в сущности, невозможно. Только после их длительного применения на основе балансовых исследований удалось установить, что практически по всем вариантам стационарных опытов дозы органических и минеральных удобрений являлись несбалансированными, т.е. имело место чрезмерное накопление одних элементов питания и при этом — острый дефицит других. Во многих случаях в испытываемых системах удобрения нарушается оптимальное соотношение углерода к азоту (С:N, как 30:1) [2]. Это приводит к повышению непродуктивных потерь данных элементов, снижению активности гумификации свежего органического вещества. Такое положение можно считать одной из главных причин относительно невысокой продуктивности посевов и КПД ФАР даже на очень богатых агрофонах. Из этого вытекает предположение о том, что при соответствующей корректировке систем применения удобрений можно существенно повысить продуктив-

ность севооборотов. В результате оптимизации почвенных режимов в отдельных почвенно-климатических зонах Украины появляется возможность повысить КПД ФАР до 1,5–2%, что эквивалентно 80–90 ц/га и более озимой пшеницы. Между тем в США данная проблема в настоящее время успешно решается. К примеру, урожайность кукурузы в среднем по стране составляет 70–80 ц/га, и в ближайшее время этот показатель планируется повысить до уровня 100–110 ц/га. Обобщение результатов исследований в стационарных опытах, в конечном счёте, позволило скорректировать системы удобрения применительно к разным почвенно-климатическим условиям с целью дальнейшего повышения продуктивности посевов. В итоге, были установлены и формализованы основные закономерности формирования высокопродуктивных агроэкосистем, создан соответствующий алгоритм [1]. Таким образом, даже в длительных стационарных опытах добиться оптимизации всех параметров плодородия почвы чрезвычайно сложно. В производственных условиях полное решение данной проблемы несравнимо усложняется и практически невозможно даже при высокой квалификации персонала.

Переходя к практической стороне проблемы эффективного управления продуктивностью современных аграрных производственных систем, необходимо отметить, что в процессе реализации земельной реформы землепользователи Украины сталкиваются с множеством сложных, порой неразрешимых проблем. Прежде всего, это острый дефицит ресурсов и нерациональное использование имеющихся ограниченных средств. В результате образуется замкнутый круг: при завершении производственного цикла вложения либо не окупаются, либо приносят прибыль, недостаточную для эффективного развития производства. В этих условиях формирование высоко rentабельной производственной системы возможно при наличии у персонала четкого плана развития предприятия и приоритетов вложения капитала в процессе хозяйственной деятельности.

На практике, чаще всего, имеет место спонтанное, интуитивное принятие решений, целесообразность которых определяется огромным количеством факторов и зависит, главным образом, от опыта и уровня квалификации имеющихся специалистов. Напротив, при наличии комплексного плана развития производства хозяйство рассматривается как единая, с доведенными до совершенства кругооборотами вещества и потоками энергии система, в которой каждый чётко понимает своё место в общем производственном процессе.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На наш взгляд, формирование комплексного плана развития конкретного хозяйства целесообразно начинать с его межотраслевой оптимизации. Наличие высокопродуктивного поголовья сельскохозяйственных животных является обязательным условием успешного развития растениеводства. Прежде всего, при отсутствии животноводческой отрасли теряется смысл в выращивании бобовых кормовых культур, в первую очередь многолетних бобовых трав, являющихся почвоулучшающими культурами, способных накапливать в почве огромное количество органического углерода и биологического азота. При этом в интенсивных севооборотах без трав обеспечить бездефицитный баланс гумуса за счёт применения всей малоценной части урожая на удобрение невозможно.

С другой стороны, сельскохозяйственные животные позволяют более полно утилизировать растительную биомассу, а также за счёт многократного использования биогенных элементов ощутимо сократить расходы на приобретение минеральных удобрений. Например, при реализации 100 т зерна за пределы хозяйства отчуждается около 3,5 т биогенных элементов. При скормливании этого зерна сельскохозяйственным животным с молоком из агроэкосистемы будет теряться 0,7 т элементов питания, с мясом — 0,3–0,4 т. Соответственно, вынос азота в зависимости от специализации животноводства сокращается в 4–8 раз, фосфора — в 10–25, калия — в 60 раз. Важ-

но отметить, что особенно существенно сокращается отчуждение фосфора и калия, поскольку, в отличие от азота, до 50% кругооборота которого можно пополнить из атмосферы биологическим путём в самой агроэкосистеме, запасы данных элементов в доступной для растений форме в почве ограничены, и пополнять их можно только за счёт дорогостоящих минеральных удобрений. При этом следует учитывать, что высокий уровень рециркуляции одних и тех же элементов питания возможен лишь при обеспечении «герметичности» их кругооборота в системе «почва — растение — животное — отходы животноводства — почва», что достигается соблюдением технологии накопления, хранения и внесения органических удобрений, в особенности навоза. При нарушении данного требования и применения навоза низкого качества потребность в минеральных удобрениях резко возрастает.

Таким образом, основополагающим условием повышения продуктивности и устойчивости агроэкосистем является адаптация специализации производства к конкретным почвенно-климатическим условиям на основе оптимизации соотношения отраслей растениеводства и животноводства. Результаты наших исследований относительно баланса удобрений в стационарных опытах и сельскохозяйственных предприятиях показали, что данный показатель должен составлять не менее 0,8 условных голов (у.г.) на 1 га сельскохозяйственных угодий, с максимальным уровнем до 2 у.г./га. При этом, чем выше насыщенность землепользования животными, тем больше рециркуляция элементов питания и органического углерода, которая приближается к 100% при плотности поголовья около 2 у.г./га.

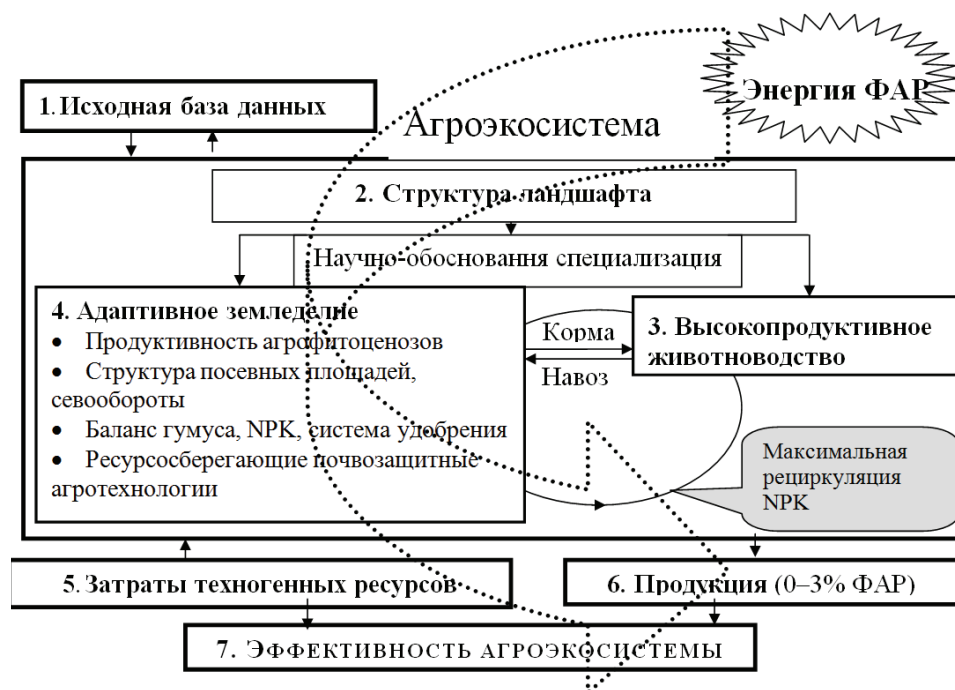
После решения проблемы межотраслевой оптимизации в проекте развития хозяйства необходимо отработать большое количество других направлений: системы применения удобрений, средств защиты растений, севообороты, кормопроизводство, семеноводство, техническое обеспечение и т.д. Комплексно увязать такую мно-

гофакторную систему с целью получения намеченного эффекта очень сложно. Однако подобные задачи эффективно решаются при помощи современных информационных технологий. Такие разработки уже существуют и применяются на практике. Примером может служить универсальный информационно-аналитический компьютерный комплекс «AIS.AGRO», который позволяет оперативно разрабатывать множество сценариев производственной деятельности любого сельскохозяйственного предприятия, моделировать различные варианты применительно к существующим или запланированным производственным показателям (рис.).

В процессе создания комплексного технологического проекта развития хозяйства (3–5-летнего плана) его руководитель и специалисты осваивают технологию работы с ним. Понятно, что при реализации разработанного проекта будут возникать различные корректировки, уточнения, связанные с непредвиденными обстоятельствами, в т.ч. с экстремальными погодными условиями, изменением цен и спроса на определённые виды продукции.

Также в процессе повседневной работы специалисты, принимающие управленческие решения, вводят в банк данных возможные или произошедшие изменения — урожайности культур, структуры посевных площадей, продуктивности животных, их численности и т.д. Самостоятельно оперативно проводят необходимый анализ и выбирают близкий к оптимальному вариант или несколько перспективных вариантов действий, учитывающие интересы всех производственных секторов предприятия.

Для реализации на практике разработанного проекта составляются переходные таблицы: в растениеводстве — от фактического размещения культур по полям к намеченным севооборотам; в животноводстве — от фактического поголовья животных к запланированной структуре, количественному и породному составу стада. Согласно этим таблицам, по переходным годам необходимо стремиться к жесткому соблюдению плана. В процессе и после



Универсальный информационно-аналитический комплекс «AIS.AGRO»

освоения севооборотов и системы применения удобрений необходимо обеспечить постоянный рост продуктивности посевов.

В отличие от животноводства, где выход продукции находится в контролируемых условиях, в растениеводстве получить запланированный урожай практически никогда не удаётся. Это связано с тем, что каждый год по погодным условиям, фитосанитарному состоянию посевов и по многим другим показателям — уникален, соответственно, посевы различных культурных растений по-разному реагируют на складывающиеся специфические условия определённого года. Даже при соблюдении оптимальных параметров почвенного плодородия, создании благоприятных агрохимических, агрофизических, физико-химических, микробиологических и других свойств почвы, возможны либо недобор продукции (неблагоприятный год), либо получение большей продуктивности культур, чем предполагалось (благоприятный год). С помощью блока программы «Балан-

сы», созданного на основе формализации результатов исследований в стационарных опытах и позволяющего производить балансовые исследования в действующих сельскохозяйственных предприятиях, при вводе в блок «Исходная информация» фактической урожайности предыдущей культуры пользователь точно устанавливает дозы удобрений под последующую при помощи модуля расчета доз и подбора определенных торговых марок. Таким образом, удаётся постоянно поддерживать питательный режим почвы в оптимальном состоянии. В результате возникают предпосылки для целенаправленного подъёма продуктивности севооборотов, и при соблюдении закона возврата уровень плодородия почвы будет неуклонно повышаться. Это обеспечит стабильный рост продуктивности пашни.

Отдельные возможности совершенствования землепользования с помощью комплекса «AIS.AGRO» показаны на примере сельскохозяйственного предприятия,

расположенного в северной части Полтавской области. Структура агроландшафта и землепользования является типичной для Левобережной Лесостепи Украины. Преобладающая почва — чернозем типичный малогумусный со средней обеспеченностью доступным для растений фосфором и калием.

При разработке моделей развития этого хозяйства использовалась информация относительно основных характеристик землепользования и следующих параметров:

1. Ретроспективная модель — продуктивность растениеводства на уровне 40 ц к.е./га; поголовье животных — 0,5 у.г./га.

2. Современная модель — продуктивность растениеводства на уровне 30 ц к.е./га; поголовье — 0,4 у.г./га.

3. Перспективная модель — продуктивность растениеводства на уровне 50 ц к.е./га; поголовье — 1 у.г./га.

В процессе определения векторов межотраслевой оптимизации и совершенствования структуры землепользования равнинные земли, в отличие от традиционного радиального размещения полей в севооборотах, предложено дифференцировать по их расстоянию от объектов животноводства. Из отдаленных полей сформированы зернотравяные севообороты с долей трав до 40%, система удобрения в которых базируется на использовании всей побочной продукции на удобрение и внесении NPK, исходя из запланированного уровня продуктивности. На земельных массивах, прилегающих к животноводческим комплексам, созданы интенсивные зернопропашные севообороты с внесением высоких доз навоза. Такая организация территории дает возможность полностью реализовать систему воспроизводства плодородия почвы при сокращении затрат на 10%.

Баланс гумуса без учёта компенсирующего действия

наличных органических удобрений в современной модели значительно ухудшился (–0,55 т/га) в сравнении с его исходным значением (–0,35 т/га). Это объясняется как снижением продуктивности растениеводства и накопления растительных остатков, так и сокращением площади многолетних трав. В перспективной модели баланс гумуса приближается к бездефицитному (–0,1 т/га). Таким образом, если при исходных и современных производственных показателях растениеводства и животноводства для воспроизводства гумусного состояния почвы объемов навоза не хватает, то при реализации перспективной модели его накопление будет превышать потребность (табл.).

Для определения объемов применения на удобрение излишков соломы устанавливается общий объем ее производства, а также учитывается потребность животноводства. Во всех моделях при целенаправленном использовании имеющихся ресурсов органического вещества в севооборотах можно обеспечить бездефицитный баланс гумуса, однако при снижении урожайности культур и поголовья животных, относительно модели 2, будет ощу-

Характеристика производственных моделей

Показатель	Модель		
	1	2	3
Поголовье, у.г./100 га	49,8	38,1	100,0
Потребность в корме, тыс. т к.е.	11,9	8,5	24,3
Протеин, г/кг	105,4	103,6	112,2
Площадь трав, %	17,5	11,9	23,8
Продуктивность, ц к.е./га	41,1	32,3	52,9
Необходимо навоза, т/га	7,3	10,0	5,9
Производство навоза, т/га	6,7	5,6	13,3
Потребность в NPK, кг/га	65,0	58,0	63,0
Азотфиксация, кг/га	32,0	23,0	65,0
Рециркуляция, %	56,0	51,0	60,0
Кээ	6,1	5,2	6,4

шаться дефицит органического углерода. Для воспроизводства гумусного состояния почвы в близлежащих зернопропашных севооборотах без трав необходимо вносить до 20 т/га навоза, что подтверждают результаты исследований в стационарном опыте Полтавской опытной станции при аналогичных почвенно-климатических условиях.

Вынос биогенных элементов в модели 1 суммарно составляет 251 кг/га, в модели 2 — 192, в модели 3 — 330 кг/га, при продуктивности пашни — 40, 30 и 50 ц к.е./га соответственно. За счет рециркуляции и азотфиксации в моделях 1, 2, 3 в почву поступает: азота — 82, 74 и 96%, фосфора — 62, 56 и 83, калия — 70, 64 и 71% от выноса соответственно. В зернопропашных севооборотах в моделях 1 и 2 потребность в минеральных удобрениях за счет высоких доз навоза незначительная, а в модели 3 поступление элементов питания с навозом преобладает над их выносом.

ВЫВОДЫ

На примере имитационного сценарного моделирования доказано, что формирование комплексного плана развития конкретного хозяйства целесообразно начинать с его межотраслевой оптимизации. При этом главным условием повышения продук-

тивности и устойчивости агроэкосистем является адаптация специализации производства к конкретным почвенно-климатическим условиям на основе оптимизации соотношения отраслей растениеводства и животноводства.

Показано, что при повышении общей продуктивности перспективной модели 3 до 52,9 ц к.е./га, в сравнении с современной моделью 2 (32,3 ц к.е./га), потребность в минеральных удобрениях для достижения бездефицитного баланса питательных веществ повышается лишь на 8,6%. Это объясняется повышением уровня рециркуляции элементов питания с 51 до 60%, а также увеличением использования биологического азота с 23 до 65 кг на 1 га пашни. В результате коэффициент энергетической эффективности (Кээ) возрастёт с 5,2 до 6,4, поступление денежных средств увеличится на 40%, чистая прибыль — в 1,8 раза.

Провести комплексный расчет, оперативную разработку множества сценариев производственной деятельности любого сельскохозяйственного предприятия, смоделировать различные варианты применительно к существующим или запланированным производственным показателям позволяет разработанный авторами универсальный информационно-аналитический компьютерный комплекс «AIS.AGRO».

ЛИТЕРАТУРА

1. Тараріко Ю.О. Енергозберігаючі агроєкосистеми. Оцінка та раціональне використання агроресурсного потенціалу України / Ю.О. Тараріко. — К.: ДІА, 2011. — 576 с.
2. Тараріко Ю.О. Формирование устойчивых агроэкосистем / Ю.О. Тараріко. — К.: ДІА, 2007. — 560 с.
3. Довгострокові стаціонарні польові досліді України. Реєстр атестатів — Х.: Вид-во «Друкарня № 13», 2006. — 119 с.
4. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений в посевах: методы и задачи учета в связи с формированием урожаев / А.А. Ничипорович. — М.: Изд-во АН ССР, 1961. — 135 с.

REFERENCES

1. Tarariko, Yu.O. (2011). *Energozberigayuchi agroekosistemy. Otsinka ta ratsionalne vykorystannya agroresursnogo potentsialu Ukrainy* [Energy-saving agro-ecosystems. Assessment and rational use of agrarian resources potential of Ukraine]. Kyiv: DIA [in Ukrainian].
2. Tarariko, Yu.O. (2007). *Formirovanie ustoychiviyh agroekosistem* [Formation of sustainable agroecosystems]. Kiev: DIA [in Russian].
3. *Dovgostrokovi statsionarni polovi doslidy Ukrainy. Reiestr atestativ* [Long-term stationary field experiments Ukraine. Registry certificates]. (2006). Harkiv: «Drukarnya № 13» [in Ukrainian].
4. Nichiporovich, A.A. (1961). *Fotosinteticheskaya deyatel'nost rasteniy v posevakh: metody i zadachi ucheta v svyazi s formirovaniem urozhayev* [Photosynthetic activity of plants in crops: methods and tasks of accounting in connection with the formation of crops]. Moscow: AN SSR [in Russian].

ГЛОБАЛЬНІ ЗМІНИ КЛІМАТУ ТА КОНЦЕПТУАЛЬНІ ОСНОВИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ АГРОЕКОСИСТЕМ

М.М. Мусієнко, Л.М. Бацманова, О.В. Войцехівська

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Розглянуто ризики виникнення деградаційних процесів та адаптаційні заходи з пом'якшення їхньої дії на продуктивність агроєкосистем. Обґрунтовано основні принципи сталого розвитку агроєкосистем в Україні, де природа набула ознак типового антропогенного середовища. Втілення їх в життя забезпечить не лише стабільність аграрної сфери виробництва, а й оптимальні умови існування всього біорізноманіття. Запропоновано екологічно безпечний та ефективний спосіб регуляції адаптаційного потенціалу рослин за умов комплексної дії природно-кліматичних чинників. Показано, що активація ендогенних захисних механізмів оптимізує метаболічні процеси рослин пшениці озимої відповідно до конкретних умов, що складаються впродовж онтогенезу.

Ключові слова: агроєкосистема, сталий розвиток, біорізноманіття, пероксид водню, адаптаційні реакції.

Глобальні зміни клімату на Землі, початок етапу «екологічних криз» у взаємодіях людини та природи наглядно демонструють, що питання виживання в умовах зростання антропогенного тиску на навколишнє природне середовище набувають дедалі більшої актуальності для її біорізноманіття [1]. Наразі відомо, що впродовж найближчих 20–30 років через техногенні зміни в навколишньому природному середовищі світ може втратити понад 1 млн видів рослин і тварин. Поряд із тим біорізноманіття — це запорука стійкості, витривалості як окремих екосистем, так і біосфери загалом. Ось чому зменшення біорізноманіття — це значна втрата біосфери, одна з головних екологічних проблем сьогодення. Найпомітнішим наслідком зміни клімату стає не лише поступове потепління, аридизація, а й значне збільшення «надзвичайних ситуацій», таких як сильні посухи, повені, шторми, урагани, спекотні дні, кислотні дощі, лісові пожежі, піщані бурі тощо. Людство буде змушене зіткнутися з проблемами водопостачання та з деградацією сільськогосподарських земель і лісів. Останнім часом низку проблем зумовлено також безжа-

лісною експлуатацією земельних угідь. У всьому світі швидкими темпами відбувається деградація й ерозія ґрунтів. За даними ООН, понад 900 млн людей проживають у посушливих зонах нашої планети, землі яких потерпають від спустелювання. Екологічною проблемою є і загибель водних екосистем. Значна кількість отруйних речовин, що накопичуються навколо міст, промислових центрів, виносяться поверхневими та ґрунтовими водами у ріки, а звідти — в моря й океани. Значну тривогу у світі викликає перезабруднення атмосфери шкідливими газами, що призводить до збільшення площ озонових «дір» та активації розвитку парникового ефекту. Ключовою подією міжнародних кліматичних переговорів ООН зі зміни клімату (Париж, 2015) стало оголошення 47 країнами світу рішення про повний перехід на використання лише відновлюваної енергетики вже до середини цього століття. Раніше такі плани прийняли Німеччина, Швеція, Норвегія та ін. Такі країни, як США, Канада та Мексика, планують досягти 50% виробництва електроенергії з чистих джерел до 2025 р. Наразі доля відновлюваних джерел в загальному енергоспоживанні України становить 6%. У планах на найближчу перспективу (до 2020 р.) — довести цей показник до 11%.

Однією з найгостріших екологічних проблем сьогодення залишається необхідність демонтажу сотень блоків АЕС, що відпрацювали свій ресурс, транспортування й безпечне поховання твердих і рідких радіоактивних відходів. Тому на зламі тисячоліть перед людством постала надзвичайно складна проблема — вибір нової моделі сталого розвитку цивілізації, яка зможе протистояти дедалі більший деградації навколишнього природного середовища.

Сталий розвиток — це такий процес формування і розвитку суспільних відносин, за якого вплив на довкілля залишається у межах господарської ємності довкілля, тобто такий, що забезпечує збереження природної основи не лише для розвитку економічного базису і сприятливого життя людини, а й для оптимальних умов існування всього біорізноманіття. Вперше перехід до сталого розвитку було проголошено на конференції ООН з навколишнього середовища і розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992), де представники 179 держав світу визначили в «Порядку денному на ХХІ століття» сталий розвиток як стратегію існування нашої планети. В ньому викладено основні принципи, які визначають права всіх народів Планети на розвиток та їх обов'язки щодо збереження оптимального для життя людини навколишнього природного середовища. Це розвиток, у центрі якого — людина, яка прагне зберегти природу, тому концепція сталого розвитку, поряд з екологічною, дедалі ширше набуває гуманістичної спрямованості [2]. На нашу думку, для успішного втілення в життя концепції сталого розвитку агроєкосистем в Україні, насамперед, необхідно чітко визначитись, що слід вважати «агроєкосистемою».

З одного боку, це — «нестала система агроценопопуляцій культивованих рослин на оброблюваних ґрунтах, склад, структура і режим яких підтримується людиною», а з іншого, якщо вкладати в це поняття соціальний та екологічний чинник, — «територія, яка використовується за єдиним господарським планом для виробництва сільськогосподарської продукції» [3]. Тоді до поняття агроєкосистеми слід віднести

весь перетворений ландшафт з полями, луками, лісами, річками, вирощувану худобу і навіть населені пункти. Такі агроєкосистеми створюються людьми, і вони, на відміну від міських, є «автотрофними», бо для них основний енергетичний ресурс, як і в природі, — Сонце. Додаткова антропогенна енергія в їх загальному бюджеті не є визначальною. Накопичена рослинами (продуцентами) сонячна енергія або безпосередньо використовується людиною (зерно, овочі, фрукти), або надходить до неї через консументи (тварини), тобто в агроєкосистемі функціонують три блоки — поля, луки та худоба.

Співвідношення між блоками, їх якісний склад регулює людина, насамперед через певні енергетичні субсидії. На нашу думку, саме від їх форми (обробіток ґрунту, зрошення, добрива, пестициди, затрати на селекцію нових сортів), поєднання одноментних інтересів (урожай поточного року, прибуток понад усе) та відповідальності за збереження ресурсів для майбутніх поколінь і залежить стійкість таких систем.

Особливо важливу роль в сталому розвитку агроєкосистем відіграє соціальний чинник: чим досконаліша соціальна система, рівень свідомості, тим активнішим є прагнення до досягнення стійких агроєкосистем, де підтримується баланс поживних речовин і гумусу в ґрунтах, продуктивність і видове різноманіття пасовищ, стан водойм, якість продуктів харчування, повітря, питної води тощо.

Тому сталий розвиток агроєкосистем неможливий без переходу на принципи сталого розвитку всієї держави, базисом якого є такий процес формування і розвитку суспільства, за якого вплив на довкілля залишається в межах господарської підтримки навколишнього природного середовища, тобто щоб збереглася природна основа як для сприятливого життя людини, так і збереження різноманіття. Сталий розвиток базується на принципі забезпечення гармонізації співіснування людини і природи, на реалізації права на справедливе задоволення потреб і рівність можливостей розвитку сучасних і майбутніх поколінь.

Політика сталого розвитку відповідає стратегічним цілям України не лише на порівняно близьку, а й далеку перспективу. Всі ми розуміємо, що ефективне використання доволі багатого природно-ресурсного потенціалу та ресурсозбереження — один із головних чинників економічного зростання нашої держави на найближчі роки [4]. Так, Україна є регіоном Європи, в якому навколишнє природне середовище є найбільш трансформованим у всіх його компонентах і проявах. Природа втратила властиві їй доміанти і набула ознак типового антропогенного середовища. Як відомо, в Україні землеробська трипільська культура сягає глибин епохи міді та бронзи, тому нинішня ситуація в нашій державі логічно віддзеркалює ставлення людини до землі, відображає стан культури в суспільстві, еволюцію його виробничих і суспільних відносин.

Основним чинником масштабної деградації довкілля, передусім, є екологічна недосконалість структури земельних угідь та технологій вирощування сільськогосподарських культур [5]. Агроекосистеми у світі налічують значні площі: орні землі, плантації, сади і засіяні луки займають наразі 19 млн км², пасовища та природні луки — 26,6 млн км². Загалом, агросфера становить понад 10% поверхні суходолу під орними землями та ще 20% під сіножатями та пасовищами. Для отримання продуктів харчування та кормів також частково використовуються лісові угруповання. Усе це разом становить 32% площі суходолу.

Із загальної території України в 603,7 тис. км² частка сільськогосподарських угідь становить 71%, землі лісового фонду — 15,6, водна поверхня — 4, забудовані землі — 4, інші землі — 5,6% [6]. Ці дані свідчать про те, що основу землекористування в нашій країні становлять землі сільськогосподарського призначення, що зумовлює значне навантаження на довкілля. Як правило, розораність землі — це докорінні зміни в процесах ґрунтоутворення і агроекосистем. Господарська діяльність людини спричинила порушення динамічної рівноваги між

продукцією та деструкцією органічної речовини в агроекосистемах.

Ґрунт є найважливішою складовою екосистем, а його родючість залежить, насамперед, від умісту і складу гумусу, надходження і трансформації органічної речовини. Як відомо, вже на початок 80-х років XX ст. втрати гумусу компенсувалися завдяки внесенню на кожен гектар орних земель близько 6 т органічних добрив. Пізніше внесення органіки знизилося до 1,3 т/га, що зумовило збільшення дефіциту гумусу майже в 5 разів. Щорічні втрати гумусу становлять 600–700 кг/га [7].

Зауважимо, що сталі екосистеми можливі лише за умови стабілізації вмісту гумусу в ґрунті завдяки внесенню необхідної кількості органічних добрив, оптимізації співвідношення між культурами просапними та сучільної сівби, а також за умов мінімізації обробітку ґрунту, вапнування, гіпсування ґрунтів та їх захисту від ерозії.

Екологічний статус ґрунту потребує розгляду його родючості в поєднанні з іншими компонентами екосистеми, проте визначальним має бути біологічний чинник. Необхідно зберігати природне різноманіття біотичної частини екосистеми, забезпечити оптимізацію умов існування всього фіторізноманіття, у т.ч. і культурних рослин агроценозів.

Зміна природного рослинного покриву, інтенсивні технології обробітку ґрунту і вирощування сільськогосподарських культур зумовили не тільки видозміну самого ґрунту, а й напрям ґрунтоутворювальних процесів. Тому управління процесами забезпечення родючості ґрунту має здійснюватися не тільки на ландшафтно-регіональному, а й ґрунтово-екосистемному рівнях. Перший передбачає оптимізацію структури природних і сільськогосподарських угідь, а другий — оптимізацію структури посівних площ у конкретних господарствах. Також останній передбачає розширення посівних площ багаторічних трав та кормових культур, залуження ерозійно небезпечних ділянок, тобто дає змогу вживати заходів щодо родючості ґрунту конкретної сівозміни і навіть поля [8].

Особливе занепокоєння викликає деградація ґрунтів, зокрема їх ерозія та токсифікація радіонуклідами, пестицидами та важкими металами. Надзвичайну екологічну проблему спричинила аварія на ЧАЕС, наслідки якої призвели до радіоактивного забруднення більш як 50 тис. км² території України, що зумовило вилучення з користування майже 180 тис. га орних земель та 157 тис. га лісів.

Після аварії на ЧАЕС надходження радіонуклідів у довкілля, включення їх у біологічні ланцюги міграції постійно зумовлюють формування додаткового до природного фону джерела опромінення живих організмів, у т.ч. людини [9]. І нині, і в подальшому — це реальність, на яку слід зважати, особливо під час ведення сільськогосподарської діяльності на забруднених територіях. У післяаварійний період дозові навантаження на людину визначаються переважно внутрішнім опроміненням, що є наслідком споживання забрудненої радіонуклідами сільськогосподарської продукції, а основним дозоутворювальним радіонуклідом залишається ¹³⁷Cs, і тільки локально ⁹⁰Sr.

Основним шляхом забруднення продуктів як рослинного, так і тваринного походження є біогенна міграція у ланці «ґрунт — рослина», тобто через забруднення фітомаси. Тривалість періоду забруднення цими радіонуклідами може продовжуватись десятки і сотні років, тому оцінка радіологічного стану сільськогосподарських угідь має передбачати агрорадіо-екологічний моніторинг як за забрудненням ними ґрунтів та вирощуваних культур, так і природних ландшафтів [9]. Адже саме останні визначають інтенсивність міграції радіонуклідів у системі «ґрунт — рослина», перерозподілу радіонуклідів між компонентами навколишнього природного середовища та їх виносу за межі сільгоспугідь.

Важливу роль в екологічній інфраструктурі агроєкосистем відіграють лісові насадження, масиви задернованих земель, луки, малі водойми тощо. Як відомо, в середньому у світі лісистість досягає 29%, а в Євро-

пі перевищує 41%. Науково обґрунтована площа лісів для поліської зони України має становити близько 34%, тоді як фактично маємо тільки 27, у лісостеповій — 18 і 13, у степовій — 9 і 5, у Карпатах — 45 і 42 і в АР Крим — 19 і 10% відповідно. На перспективу в Україні передбачено створення нових лісів та полезахисних смуг на основі залісення малопродуктивних сільськогосподарських земель та неугідь на площі близько 1,7 млн га.

Особливо шкідливим є руйнування прибережних рослинних угруповань в межах басейну рік (водорозділу), яке супроводжується зниженням різноманіття дикоростучих форм рослин через ерозію, вплив пестицидів, зникнення прибережних рослин. Рослинне різноманіття на прибережних землях та сільськогосподарських угіддях має бути збережено для підтримки дикоростучих видів, що своєю чергою забезпечить сталий розвиток природних екосистем, допоможе в боротьбі зі шкідниками у сільгоспвиробництві.

Безсумнівно, заплановане поступове виведення з інтенсивного обробітку понад 10 млн га орних земель та раціональне їх використання загалом сприятиме сталості агроєкосистем в Україні. Управління землею і природними ресурсами має бути прогнозованим на тривалий час [10].

Сталий розвиток в аграрній сфері має передбачати:

- постійне збільшення виробництва збалансованого обсягу високоякісних продуктів харчування, кормів, сировини з урахуванням природно-ресурсного потенціалу конкретного регіону;
- введення жорсткого контролю, сертифікації і стандартизації виробленої продукції, особливо генетично модифікованих матеріалів;
- здійснення соціально-економічних перетворень на селі, перебудову земельних та майнових відносин власності, створення багатуукладної економіки (не слід забувати про занепад майже 13 тис. сіл з населенням до 200 осіб);
- впровадження екологічно прогресивних, адаптованих до місцевих умов техно-

логії, та реалізацію заходів з підвищення родючості ґрунтів.

Сталий розвиток передбачає також удосконалення управління людськими ресурсами, у т.ч. соціальну відповідальність за умови праці, потреби села, здоров'я споживачів і їх безпеку як на поточний період, так і в майбутньому. Така системна перспектива (від фермерських чи індивідуальних господарств до локальних екосистем) є головною в розумінні сталого розвитку.

Сталому розвитку сприятиме і прагнення перетворити сучасні агроєкосистеми в адаптивні, тобто стійкі і стабільні.

Основним принципом рослинництва адаптивних агроєкосистем є збереження природних ресурсів і енергетичних витрат за допомогою: заміни застарілих енергетичних і промислових технологій на наукоємні, ресурсозберігаючі й екологічно безпечні; активізації генетико-селекційних робіт з метою отримання сортів і гібридів культурних рослин, спроможних давати високі та якісні врожаї за екстремальних коливань погоди; розробки і впровадження у виробництво ефективних агротехнологій вирощування та захисту сільськогосподарських культур, плодівих дерев і ягідників від екстремальних метеоумов; переоцінки структури сівозмін у бік насичення їх культурами (багаторічні трави, сидерати, зернобобові), здатними поліпшувати якість ґрунту. Ці культури слід висівати також як поживні, ущільнювальні та ранні літні, що надасть змогу, підвищити родючість ґрунту без зменшення виходу корисної продукції рослинництва (зернові та просяні культури); правильного добору і розміщення культур, найбільш пристосованих до певних умов, а отже, найстійкіших до місцевих видів бур'янів, шкідників, збудників хвороб; введення в практику змішаних агроценозів, спрямування зусиль селекціонерів для добору (зернові культури і трави, плодово-ягідні і сидеральні культури тощо) видів і сортів з якостями і властивостями, які доповнюватимуть один одного; відновлення оптимальної щільності худоби (застосування принципу світила агрономічної науки минулого А.Т. Болото-

ва: на кожну десятину орних земель — дві голови великої рогатої худоби (ВРХ), тоді органічних добрив вистачить для підтримки родючості ґрунту, адже йому не спадало навіть на думку, що корми в агроєкосистемах одержують переважно завдяки посівам, до того ж у формі зерна); оптимізації агроєкосистем на основі балансу поживних речовин, відновлення поголів'я ВРХ відповідно до потреб виробництва кормів, що є важливим кроком до адаптивних агроєкосистем; збереження дикоростучих форм фіторізноманіття для посилення природних екосистем, що забезпечить ефективність у боротьбі зі шкідниками сільськогосподарських культур.

Господарства з більшим різноманіттям вирощуваних культур завжди відрізняються більшою економічною та екологічною стійкістю. Вирощуючи різноманітні культури, господар мінімізує економічний ризик, зумовлений змінами цін, попитом на продукцію. Правильно розподілене різноманіття культур робить господарство більш стійким і в біологічному сенсі. Цього можна досягти навіть у межах культури (виду) за допомогою науково обґрунтованого добору сортів різної селекції, до того ж не найбільш високопродуктивних, а середніх за врожайністю, проте стійких до несприятливих умов (адже 60–70% орних земель розташовуються в зоні критичного землеробства).

Слід зважити і на природні межі рельєфу та ґрунтів, оскільки останні навіть у подібних агроландшафтах мають свої відмінності. Необхідно дотримуватися контурно-меліоративного землеробства, а не формувати геометрично правильні поля, як це буває в більшості господарств.

В агроєкологізації землеробства важливе значення мають науково обґрунтовані меліоративні системи, що регулюють водний, повітряний, поживний, окисно-відновний режими, тобто, загалом, впливають на екологічні умови в ґрунті. Вапнування, гіпсування ґрунтів, висівання солестійких і соленакопичувальних рослин дає змогу оптимізувати реакцію ґрунтового розчину, знизити концентрацію шкідливих легко-

розчинних солей, поліпшити агрохімічні властивості ґрунту, запобігати його вторинному засоленню в умовах зрошення. У комплексі з іншими агроприйомами меліорація дає змогу ліквідувати перезволоження, посушливість, кислотність, лужність, засоленість, ущільненість ґрунту, що сприяє збільшенню потужності орного шару, де розміщується коренева система рослин та ґрунтова біота [11].

Сталому розвитку екосистем також сприяє агролісомеліорація. Наприклад, лише захисні лісосмуги знижують швидкість вітру, небезпеку пилових бур, затримують сніг, що зменшує глибину промерзання ґрунту, запобігаючи вимерзанню посівів.

Крім того, розглядаючи адаптивні агро-екосистеми, не можна не згадати про альтернативне органічне землеробство, яке передбачає повну відмову від мінеральних добрив, хімічних засобів захисту рослин, плугів, чистих парів тощо і яке значно поширюється в багатьох країнах світу. Нині перехід на альтернативне екологічне землеробство під силу, в основному, розвиненим країнам, де існує перевиробництво продуктів харчування і де першість надається саме якості продукції. В Україні впровадження цієї системи землеробства є можливим лише на невеликих площах, наприклад, для забезпечення продуктами харчування дитячих закладів, санаторіїв, лікарень.

Слід зауважити, що ведення сільськогосподарського виробництва на принципах «співробітництва» з природою може зумовлювати зниження випуску деяких продуктів, проте маємо пам'ятати, що в наших сучасних «битвах за врожай» ми часто втрачаємо не менше третини, а то й більше вирощеного.

На жаль, в Україні, як і в багатьох інших регіонах інтенсивного землеробства, вирощування високоякісної сільськогосподарської продукції залежить від різких коливань погодних умов у період вегетації рослин. Нині, в умовах посилення глобальних змін клімату на планеті, дія несприятливих чинників навколишнього природного середовища стає дедалі відчут-

нішою і визначає місце країни на світовому аграрному ринку.

У багатьох країнах світу вже досягнуто межі екологічно допустимого антропогенного навантаження на сільгоспугіддя. Застосування техногенних засобів (добрива, меліоранти, пестициди, гербіциди, біологічно активні речовини) у сільськогосподарських технологіях часто зумовлюють порушення екологічної рівноваги та формування трансформованих агроєкосистем та агроландшафтів.

Сучасні процеси інтенсифікації агровиробництва характеризуються надто високою енерго- та ресурсоемністю. Внаслідок цього постійно зростає енергетична «вартість» кожної харчової калорії. Тому сільськогосподарське виробництво у ХХІ столітті базуватиметься на нових принципах — збереженні навколишнього природного середовища від руйнування та забруднення, забезпеченні підвищення врожайності сільськогосподарських культур у несприятливих умовах довкілля. Основними чинниками подальшого нарощування виробництва в аграрному секторі економіки будуть біологізація та екологізація рослинництва на основі керування потенціалом онтогенетичної та філогенетичної адаптації компонентів агроценозів [12]. З урахуванням цього сучасні селекційні програми розраховано на створення сортів різних типів за ступенем інтенсивності з широким гомеостазом щодо їхньої реакції на метеорологічні та агроєкологічні чинники [5]. Однією із складових загальної стратегії адаптивної інтенсифікації рослинництва є спрямованість на досягнення домінування генотипу над середовищем на основі використання високопродуктивних та екологічно стійких сортів. Такої теоретично окресленої мети досягають шляхом збереження життєдіяльності рослин в умовах зростаючого впливу несприятливих екологічних чинників і забезпечення комплексу адаптивних реакцій, послідовність яких зводиться до підтримання гомеостазу організму в екстремальних умовах.

В існуючих системах сільськогосподарського виробництва біологічна сутність

питання формування сталості продукційних параметрів агроценозів та підвищення родючості ґрунтів тривалий час не розглядались у загальному контексті глобальної проблеми поступової трансформації біоценозів. Однак за вирощування рослин у модифікованих умовах довкілля (зміна кліматичних умов, трансформація з превалюванням деградаційних процесів ґрунтового та водних систем, забруднення різноманітними полутантами тощо) виникає протиріччя між їхніми біологічними властивостями та екологічно виправданою доцільністю культивування. Розв'язати цю проблему неможливо без створення тест-систем з первинного скринінгу сортозразків, добору адаптованих форм рослин та генетичного матеріалу для селекційного процесу. Добір генотипів з підвищеним адаптивним потенціалом обумовлено перепрограмуванням — переведенням фізіолого-біохімічних процесів рослин з онтогенетичних ростових програм на адаптивні.

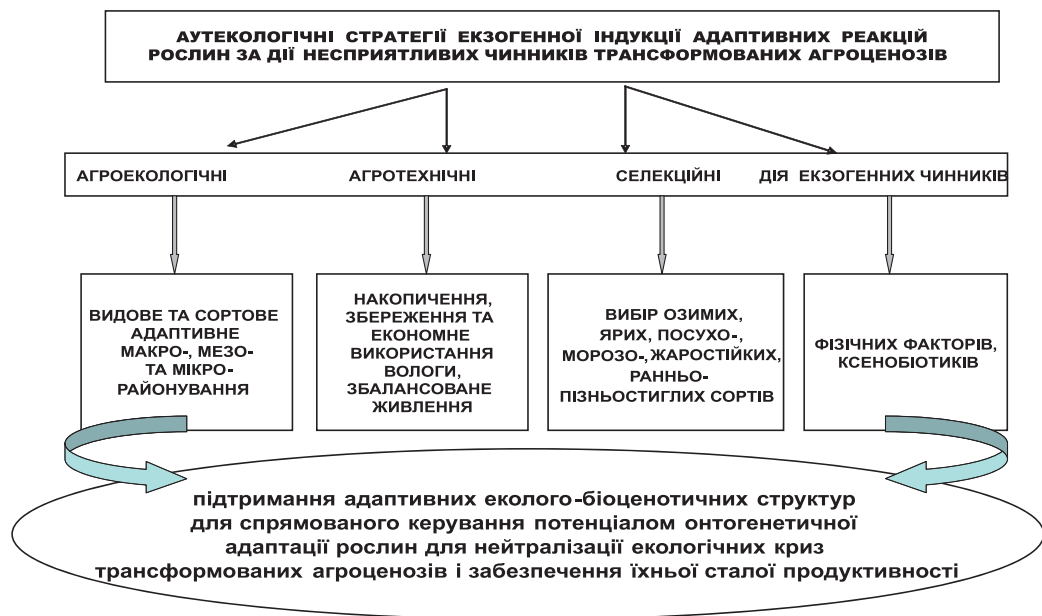
Адаптивний потенціал реалізується через генетично визначені, властиві організму показники продуктивності та якості врожаю у широкому діапазоні умов вирощування. Оскільки цілісний організм не є простою арифметичною сумою певних адаптивних ознак та реакцій, то завдяки складній ієрархії своїх структур і функцій він може досягти однакового результату різними шляхами, тобто залучати різні фізіологічні функції в різноманітних комбінаціях. Саме мультиваріантність регуляції фізіологічних функцій демонструє обмеженість та недостатність вивчення реакції-відповіді організму лише на основі аналізу окремих функцій чи параметрів. Тому використання методології комплексних систем дослідження закономірностей та особливостей онтогенетичної та філогенетичної адаптації біокомпонентів агроценозу наукою визнано як найбільш реальний шлях керування їх продукційними та середовищуєтворювальними функціями [13].

В умовах трансформованих агроценозів регулювання або екзогенна індукція адаптивних властивостей рослинних організмів забезпечується багатокомпонент-

ною системою заходів, спрямованих на послаблення дії несприятливих чинників довкілля. З огляду на загальнобіологічні аспекти екзогенної регуляції адаптивних реакцій рослин на дію чинників, що зумовлюють трансформацію агроценозів, можна виділити такі її складові — агроекологічну, агротехнічну та селекційну.

Істотне значення для екзогенної регуляції адаптивного потенціалу вирощуваних рослин має використання їх видового та сортового різноманіття, агроекологічний «розподіл праці» між видами та сортами завдяки вирощуванню певного виду в найсприятливіших для нього ґрунтово-кліматичних та погодних умовах. Саме на цьому базується адаптивне макро-, мезо- та мікрорайонування сільськогосподарських культур, що дає змогу уникнути дії стресових чинників та одночасно забезпечити найефективніше використання місцевих природних ресурсів. Агротехнічні заходи спрямовуються на накопичення, збереження та економне використання вологи; селекційні — на добір найбільш пристосованих до умов вирощування типу (озимі, ярі, пізні ярі), сорту (посухостійкий, раннь-, пізньостиглий) та різних фізіологічних ознак, що сприяють кращому пристосуванню до конкретних ґрунтово-кліматичних умов; виведення на основі екологічного вивчення селекційного матеріалу нових продуктивних сортів, біологічні властивості яких будуть оптимально пристосованими до природних умов будь-якої ґрунтово-кліматичної зони. Перелічені заходи екзогенної регуляції адаптивних реакцій рослин в умовах дії несприятливих чинників посухи можна віднести до традиційних, властивих, переважно, агроценотичним угрупованням (рис.).

Вивчення фізіологічних проблем стійкості та адаптації рослин до окиснювальних ушкоджень є невід'ємною частиною фундаментальних досліджень загальної адаптивної відповіді організму на дію несприятливих чинників довкілля. З'ясування механізмів перебігу цих надзвичайно важливих для прогнозування дії на рослини різних абіотичних та біотичних стресо-



Основні шляхи екзогенної індукції адаптивних реакцій рослин за дії несприятливих чинників довкілля

рів і є основою пошуку шляхів зменшення їхнього негативного впливу на сільськогосподарські культури. Фізіолого-біохімічні зміни, що визначають стійкість рослин до дії оксидного стресу, є об'єктивними тестами як для ранньої діагностики рівня стійкості створюваних форм та сортів, їхнього добору в лабораторних умовах, так і для біохімічного моніторингу в трансформованих агроценозах.

Ми пропонуємо екологічно безпечний, ефективний, економний та зручний у використанні спосіб підвищення стійкості рослин до комплексної дії природно-кліматичних чинників у процесі вегетації. Виконання поставленого завдання досягається тим, що для захисту рослин пропонується водний розчин пероксиду водню у концентрації $1 \cdot 10^{-6}$ – $1 \cdot 10^{-2}$ М. Суть винаходу полягає в тому, що рослини у фазу кущення обробляються позакоренево (обприскуванням). Обробку проводять навесні два рази з інтервалом у 3 доби: готують водний розчин пероксиду водню у концентрації $1 \cdot 10^{-6}$ – $1 \cdot 10^{-2}$ М, яким обприскують надземну частину рослин, через 3 доби після

першого обприскування рослини обробляють вдруге. Обробка за такою схемою підвищувала не тільки стійкість рослин, а й їх продуктивність, що було випробувано у польових умовах.

Так, рослини пшениці озимої степового та лісостепового екотипів вирощуються за загальноприйнятою агротехнологією, характерною для природно-кліматичної зони. У фазу кущення, навесні, коли рослини вже вирівнялися за морфометричними показниками після зимівлі, а товщина кутикулярного шару листків і стебел ще незначна, посіви обприскують розчином пероксиду водню з розрахунку $0,5 \text{ л/м}^2$. Обробку здійснюють двічі з інтервалом у 3 доби. За першої обробки відбувається переадаптація рослин, унаслідок чого у них підвищується неспецифічна стійкість, зокрема завдяки активації антиоксидантних ферментів. Після другої обробки рослини адаптуються до діючого агента. Оскільки в основі дії несприятливих чинників довкілля лежать окисні процеси, то після обробки перексидом водню у фізіологічних концентраціях рослини виявляються стійкими

Елементи структури врожаю сортів пшениці озимої за дії перексиду водню

Сорт/варіанти дослідів	Маса 1000 зерен	Урожайність
Поліська 29 (контроль)	38,4±0,08	51,1±0,14
Поліська 29 (дослід)	45,4±0,08	58,8±0,17
Поліська красноколоса (контроль)	32,6±0,10	52,3±0,15
Поліська красноколоса (дослід)	38,2±0,13	56,0±0,13
Копилівчанка (контроль)	32,4±0,09	65,7±0,19
Копилівчанка (дослід)	44,9±0,08	75,6±0,21
1670–2001 (контроль)	32,4±0,08	49,5±0,12
1670–2001 (дослід)	44,0±0,1	63,4±0,17
Столична (контроль)	38,6±0,07	74,5±0,20
Столична (дослід)	45,6±0,09	85,7±0,24

до комплексної дії природно-кліматичних чинників у процесі вегетації. Високоєфективний вплив низьких концентрацій хімічних речовин можна пояснити їх регуляторною дією і розглядати як сигнали для переключення програми фізіологічних процесів у організмі. За дії цих сигналів відбувається активація генів. Досягнення мети підтверджується експериментальними даними. Оскільки врожайність — це складна ознака, яка інтегрує дію всіх чинників, що впливають на рослину в процесі онтогенезу, а її величина є певним компромісом між продуктивністю та стійкістю, ми дослідили вплив перексиду водню на морфометричні показники та складові компоненти врожайності: кількість колосків у колосі, зерен у колосі, масу зерна в колосі і масу 1000 зерен. Аналіз отриманих результатів свідчить, що обробка перексидом водню не вплинула на морфометричні параметри дослідних рослин. Не зазнали змін такі показники, як кількість колосків у колосі, зерен у колосі, що є найбільш стабільним елементом структури врожаю, величина якого може підтримуватися на рівні, близькому до генетичного потенціалу. Обробка рослин перексидом водню позитивно вплинула на масу 1000 зерен та підвищила врожайність на 15–18% (табл.).

Пропонований спосіб є простим у використанні, екологічно безпечним і не потребує значних матеріальних витрат.

Отже встановлено, що дія перексиду водню оптимізує метаболічні процеси рослин пшениці озимої відповідно до конкретних умов, що складаються в період її вегетації за дії погодних та інших чинників навколишнього природного середовища.

ВИСНОВКИ

Загалом, рослинництво в Україні є екологічно залежним, тому необхідно зважати на вплив кліматичних відхилень на величину врожаю, його якість і підвищувати надійність агроценозів не тільки за допомогою максимального використання онтогенетичної та філогенетичної адаптації сільськогосподарських культур до умов зовнішнього середовища, а й підвищувати роль екзогенної регуляції адаптаційними реакціями. Зміна соціально-економічної ситуації сьогодення і радикальна перебудова системи виробничих відносин у аграрному секторі дає змогу на основі інтеграції наукових досліджень комплексно підійти до розв'язання назрілих екологічних проблем в Україні і захистити одну із частин нашої біосфери — агроферу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ситник К. Біосфера і клімат: минуле, сьогодення і майбутнє / К. Ситник, В. Багнюк // Вісн. НАН України. — 2006. — № 9. — С. 3–20.
2. Роїк М.В. Сучасні науково обґрунтовані підходи до використання землі / М.В. Роїк. — К.: XXI вік — Труд-ГриПол, 2003. — 44 с.
3. Фурдичко О.І. Агроекологія / О.І. Фурдичко. — К.: Аграрна наука, 2014. — 399 с.
4. Екологічна безпека агропромислового виробництва / за ред. О.І. Фурдичка, А.В. Бойка. — К.: ДІА, 2013. — 416 с.
5. Новые элементы биорегуляции для устойчивого развития в агроэкосистемах / О.Е. Давыдова, В.А. Вещицкий, Н.Н. Мальцева. — К.: Наукова думка, 2004. — 350 с.
6. Гадзало Я.М. Аграрний потенціал України: напрями розвитку / Я.М. Гадзало, М.В. Гладій, П.Т. Саблук. — К.: Аграрна наука, 2016. — 330 с.
7. Звіт про діяльність Національної академії аграрних наук України за 2016 р. — К., 2017. — 548 с.
8. Прістер Б.С. Концепція ведення агропромислового виробництва на забруднених територіях та їх комплексної реабілітації на період 2000–2010 рр. / Б.С. Прістер. — К.: Світ, 2000. — 47 с.
9. Гудков І.М. Радіоекологія / І.М. Гудков, В.А. Гайченко, В.О. Кашпаров. — К., 2011. — 359 с.
10. Тараріко О.Г. Вплив змін клімату на продуктивність та валові збори зернових культур: аналіз та прогноз / О.Г. Тараріко, Т.В. Ільєнко, Т.Л. Кучма // Український географічний журнал. — 2016. — № 1. — С. 14–22.
11. Мусієнко М.М. Загальна екологія / М.М. Мусієнко, О.В. Войцехівська. — К.: Сталь, 2010. — 379 с.
12. Жученко А.А. Адаптивна система селекції рослин (еколого-генетическіе основы) / А.А. Жученко. — М.: Изд-во РУДН, 2001. — Т. I. — 780 с.
13. Musienko M.M. Environmentally sustainable society in the future — reality and prospects. / M.M. Musienko, O.V. Voitsekhivska, L.M. Batsmanova // Wybrane zagadnienia Rolnictwa i ekologii: Monografia. — Opole, 2016. — P. 81–87.

REFERENCES

1. Sytnyk, K., Bagnjuk, V. (2006). Biosfera i klimat: mynule, s'ogodennja i majbutnje [Biosphere and climate: the past, the present and the future]. *Visn. NAN Ukrainy* — *Herald of the NAS of Ukraine*, 9, 3–20 [in Ukrainian].
2. Roik, M.V. (2003). *Suchasni naukovo obgruntovani pidhody do vykorystannja zeml* [Modern science-based approaches to land use]. Kyiv: «XXI vik» — «Trud-GryPol» [in Ukrainian].
3. Furdychko, O.I. (2014). *Agroekologija* [Agroecology]. Kyiv: Agrarna nauka [in Ukrainian].
4. Furdychko, O.I., Bojko, A.V. (Eds). (2013). *Ekologichna bezpeka agroprymyslovogo vyrobnyctva* [Ecological safety of agricultural production]. Kyiv: DIA [in Ukrainian].
5. Davydova, O.E., Veshykyj, V.A., Mal'ceva, N.N. (2004). *Novye elementy byoreguljacyj dlja ustojchivogo razvytija v agroekosystemah*. [New elements of bioregulation for sustainable development in agroecosystems]. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
6. Gadzalo, Ja.M., Gladij, M.V., Sabluk, P.T. (2016). *Agramyj potencijal Ukrai'ny: naprjamy rozvytku* [The agricultural potential of Ukraine: development trends]. Kyiv: Agrarna nauka [in Ukrainian].
7. *Zvit pro dijal'nist' Nacional'noi akademii' agramykh nauk Ukrai'ny za 2016 r.* [Annual Report of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine for 2016]. (2017). Kyiv [in Ukrainian].
8. Prister, B.S. (2000). *Koncepcija vedennja agroprymyslovogo vyrobnyctva na zabrudnennyh terytorijah ta i'h kompleksnoi' rehabilitacii' na period 2000–2010 rr.* [The concept of agricultural production in contaminated areas and their comprehensive rehabilitation for the 2000–2010-s period]. Kyiv: Svit [in Ukrainian].
9. Gudkov, I.M., Gajchenko, V.A., Kashparov, V.O. (2011). *Radioekologija*. [Radioecology]. Kyiv [in Ukrainian].
10. Tarariko, O.G., Il'jenko, T.V., Kuchma, T.L. (2016). *Vplyv zmin klimatu na produktyvnist' ta valovi zboiry zernovykh kul'tur: analiz ta prognosz* [The impact of climate hange on productivity and gross harvest of grain crops: analysis and forecast]. *Ukrai'ns'kyj geografichnyj zhurnal — Ukrainian Geographical Journal*, 1, 14–22 [in Ukrainian].
11. Musijenko, M.M., Vojcehivs'ka, O.V. (2010). *Zagal'na ekologija*. [General ecology]. Kyiv: *Stal'* [in Ukrainian].
12. Zhuchenko, A.A. (2001). *Adaptyvnaja sistema selekcyj rastenyj (ekologo-genetycheskye osnovy)* [Adaptive system of plant breeding (ecological and genetic fundamentals)]. (Vol. 1). Moscow: Yzd-vo RUDN [in Russian].
13. Musienko, M.M., Voitsekhivska, O.V., Batsmanova, L.M. (2016). Environmentally sustainable society in the future — reality and prospects. *Wybrane zagadnienia Rolnictwa i ekologii: Monografia* [Selected Issues in Agriculture and Ecology: Monograph]. Opole [in English].

ЗБАЛАНСОВАНИЙ РОЗВИТОК АГРОЕКОСИСТЕМ ЯК ОСНОВА СТРАТЕГІЇ «ЗЕЛЕНОГО ЗРОСТАННЯ» СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

І.П. Яцук

ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»

Здійснено аналіз і порівняння традиційних моделей економічного розвитку сільського господарства, відповідно до яких охорона навколишнього природного середовища розглядається як тягар, який уповільнює прогрес, з моделлю «зеленого зростання», що уособлює зміну в парадигмі підходу до економічного прогресу, оснований на екологічно збалансованому розвитку. Обґрунтовано, що у моделі «зеленого зростання» на передній план виходять заходи із захисту та збереження природних ресурсів, які можуть прискорити національний і глобальний економічний прогрес. Визначено, що «зелене зростання» сільськогосподарського виробництва неможливе без збалансованого розвитку агроєкосистем. Висвітлено, що стратегія «зеленого зростання» — це стратегія економічної системи, в якій інвестиції в екологічні ресурси та послуги стають рушійною силою економічного розвитку. У цій стратегії охорона навколишнього природного середовища розглядається як чинник прогресу. Визначено роль еколого-агрохімічного моніторингу в переході до «зеленого зростання» сільського господарства.

Ключові слова: агроєкосистема, ґрунт, «зелене зростання», збалансований розвиток, моніторинг.

Моделі, за якими досі розвивалось сільськогосподарське виробництво у світі, зумовлюють значні ризики для суспільства. Необдумане використання природного капіталу (ґрунтів, води), забруднення повітря призводить до незворотних змін в екосистемах. Найчастіше ці ризики виникають внаслідок порушень цілого спектра економічно важливих екосистемних зв'язків. Обмеженість або недостатня реалізація заходів, спрямованих на збереження цього капіталу, неминуче спричиняє зростання витрат на його заміщення. Важливо й те, що внаслідок порушення рівноваги в екосистемах знижується їхня можливість врегульовувати це зростання, що неминуче призводить до занепаду сучасного рівня споживання.

Глобальна фінансова криза, що розпочалась у вересні 2008 р. з банкрутства великих фінансових установ США, стала найглибшою фінансовою кризою з часів великої депресії, що призвела до глобальної рецесії, яка спричинила значне скорочення бізнесу, зростання безробіття і зменшення

державних доходів у багатьох країнах [1, 2]. Тому на сьогодні виникла необхідність зміни парадигми економічного зростання як в економіці загалом, так і в галузі сільськогосподарського виробництва зокрема. Необхідними є розроблення нових моделей виробництва і споживання, а також принципово інший підхід до визначення поняття «зростання» і виміру його результатів, де основною є екологічна складова розвитку [3].

Концепцію «Green growth» («Зелене зростання») було вперше висунуто на V Конференції міністрів охорони навколишнього середовища Азіатсько-Тихоокеанського регіону (Сеул, 2005 р.) [4]. Ця Концепція стала новою соціально-економічною парадигмою, що ґрунтується на використанні чотирьох принципів:

- екоєфективності, що передбачає максимізацію корисних властивостей товарів і послуг за одночасної мінімізації впливу на навколишнє природне середовище впродовж усього життєвого циклу продукції;
- ресурсозбереження — передбачає прийняття управлінських рішень з ураху-

ванням необхідності збереження природних ресурсів;

- єдності — передбачає узгодженість дій усіх суб'єктів національної економіки;
- міжсекторальності — означає залучення представників різних секторів суспільства до процесу прийняття рішень.

Так, дедалі більше країн на усіх континентах підтримують політику «зеленого зростання» як стратегію досягнення збалансованого розвитку.

Мета дослідження — аналіз та адаптація моделі «зеленого зростання» агровиробництва до місцевих умов, визначення еколого-агрохімічного моніторингу ґрунтів як інструменту переходу до «зеленого зростання» сільського господарства.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Теоретичну і методологічну базу дослідження становлять наукові праці відомих вчених з екології, економіки природокористування та сучасні дослідження щодо парадигми «зеленого зростання», за якою інвестиції в екологічні ресурси та послуги стають рушійною силою економічного розвитку. Охорона навколишнього природного середовища розглядається як чинник економічного зростання. У процесі дослідження застосовували абстрактно-логічний та аналітичний методи. Інформаційно-емпіричною та нормативною базою дослідження слугували міжнародні угоди, стороною яких є Україна, закони та нормативні документи, що регулюють екологічну безпеку агровиробництва, підтримання родючості земель та охорону навколишнього природного середовища.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У традиційних економічних моделях охорона навколишнього природного середовища розглядається як тягар, який уповільнює прогрес. Поява поняття «зеленого зростання» знаменує собою прогрес у парадигмі економічного розвитку. «Зелена модель» зростання переконує, що заходи із охорони та збереження природних ресурсів можуть прискорити національний та глобальний економічний прогрес. Отже,

«зелене зростання» — це стратегія перетворення економічної системи, в якій інвестиції в екологічні ресурси та послуги стають рушійною силою економічного розвитку, і охорона навколишнього природного середовища розглядається як чинник економічного зростання [5].

За останні 40 років масштаби світової економіки збільшилися утричі, а кількість населення зросла більш ніж на 3 млрд осіб. Однак економічне зростання спричинило значне забруднення навколишнього природного середовища і виснаження природних ресурсів. Якщо глобальний розвиток суспільства буде продовжуватись відповідно до сучасної моделі зростання та управління природними ресурсами, це може призвести до світової екологічної та економічної кризи. Нині визначено чотири глобальних проблеми: зміни клімату, біологічне різноманіття, забезпечення прісною водою та вплив забруднення на здоров'я людини. Їх розв'язання безпосередньо залежить від моделі розвитку сільського господарства. Для продовольчого забезпечення зростаючої кількості населення планети, відповідно до сучасної парадигми розвитку сільськогосподарського виробництва, у найближче десятиліття очікується розширення частки сільськогосподарських угідь та виснаження їх родючості.

Виходом із ситуації, що склалася на глобальному рівні, може стати стратегія «зеленого зростання», основою якої є три головні принципи: оцінка і висунення на перший план екосистемних послуг; забезпечення зайнятості населення завдяки створенню «зелених» робочих місць; розробка відповідної політики використання ринкових механізмів для досягнення збалансованого розвитку. Сільському господарству належить першість за впливом на «зелене зростання», яке, своєю чергою, впливає на сільське господарство. Організацією економічного співробітництва і розвитку (ОЕСР) визначено вплив сільського господарства на «зелене зростання» та внески «зеленого зростання» у сільське господарство [6].

Вплив сільського господарства на «зелене зростання».

Економічні внески сільського господарства у «зелене зростання» полягають у тому, що воно буде під загрозою, якщо сільськогосподарський сектор не буде в змозі забезпечити належний обсяг продуктів харчування для зростаючої кількості населення земної кулі.

Екологічні внески. Сільське господарство забезпечує широкий спектр екологічних послуг, які мають важливе значення для «зеленого зростання», насамперед для пом'якшення негативного впливу змін клімату завдяки уловлюванню діоксиду вуглецю [7, 8].

Хоча частка прямих викидів парникових газів від сільського господарства становить близько 10–12% від загального обсягу, сільськогосподарський сектор має потенціал для компенсації викидів із інших секторів. Передбачається, що збільшення поглинання CO_2 з атмосфери завдяки зв'язуванню вуглецю у ґрунті і рослинами має потенціал для компенсації близько 20% викидів у світі від застосування викопного палива. Проте це залежить від удосконалення управління ґрунтами, зокрема, емісія діоксиду вуглецю з ґрунту в атмосферу може перевищувати його поглинання через неналежні методи ведення сільського господарства. Оскільки на сільське господарство у світі припадає 37% від загального обсягу використання земель, йому належить ключова роль у збереженні екосистем, які служать основою для «зеленого зростання». Сільське господарство впливає на навколишнє природне середовище в частині забезпечення управління земельними та водними ресурсами, охорони довкілля, боротьби з повеннями, підтримання біорізноманіття, а також формування і захисту ландшафтів. Сільськогосподарське управління земельними ресурсами є позитивним механізмом у розвитку сортів рослин, порід тварин, лісових масивів і болотних екосистем.

Соціальні внески. «Зелене зростання» не може бути реалізоване без глобальної продовольчої безпеки в аспекті адекватних

поставок продовольчих і сільськогосподарських товарів для харчування зростаючої кількості населення планети.

Вплив «зеленого зростання» на сільське господарство.

Економічні внески. «Зелене зростання» може підвищити економічну віддачу від фермерів завдяки ефективному використанню виробничих ресурсів і розширеному управлінню ресурсами. Хоча екологічні заходи можуть уповільнити виробництво сільськогосподарської продукції в короткостроковій перспективі, вигоди екологічної ефективності повинні забезпечити довгострокові економічні очікування.

Екологічні внески. Довгострокова продуктивність сільськогосподарського сектора безпосередньо залежить від раціонального використання бази природних ресурсів. Поліпшення управління водними ресурсами, у т.ч. збереження зрошувальної води, збереження і повторне використання осадів стічних вод, дає можливість для збільшення державних і приватних інвестицій у сільське господарство, підвищення врожайності сільськогосподарських культур за допомогою комплексних методів боротьби зі шкідниками, бур'янами та хворобами рослин на основі природних біологічних процесів.

Зменшуючи тиск на ресурси навколишнього природного середовища, «зелене зростання» знижує екологічні ризики і витрати. Посилення екологічних зв'язків у сільському господарстві завдяки «зеленому зростанню» підвищує стабільність управління цими ризиками. Втрати матеріальних запасів, сільськогосподарських культур та інших активів можуть бути обмежені завдяки раціональному використанню ресурсів навколишнього природного середовища.

Соціальні внески. Продумане управління сільськогосподарськими ресурсами на основі «зеленого зростання» забезпечить: підвищення життєздатності сільської економіки і соціального добробуту; зростання сільськогосподарської зайнятості і доходів від органічного сільського господарства. Крім того, розвиток екотуризму є перспек-

тивним напрямом для фермерів і місцевих громад [9].

Збалансований розвиток агроєкосистем — необхідна умова «зеленого зростання» та продовольчої безпеки.

Сільське господарство — головне джерело забезпечення людства продуктами харчування, а ґрунт є основним засобом виробництва у сільському господарстві. Позитивна роль сільського господарства полягає у тому, що рослини поглинають парникові гази, а це забезпечує збереження біорізноманіття природних ландшафтів, сприяє запобіганню повеням і зсувам [10]. Разом з тим сільське господарство — одне з основних джерел забруднення навколишнього природного середовища поживними речовинами, такими як азот і фосфор, унаслідок втрат від використання добрив за інтенсивних технологій та нераціонального ведення галузі тваринництва. Відходи поживних речовин та залишки пестицидів надходять у поверхневі води та потрапляють до харчового ланцюга. Отже, сільське господарство не лише забезпечує людство основним засобом існування — їжею, але й чинить екологічний тиск на навколишнє природне середовище і людину. Цей вплив залежить від характеру, масштабу та інтенсивності агровиробництва, від агроєкологічних чинників, кліматичних умов, стану водних ресурсів, економічних тенденцій і державної політики [11].

До негативних наслідків відносяться деградація ґрунтів, забруднення води та повітря, знищення природних місць проживання та втрата біорізноманіття. Ці негативні наслідки порушують баланс у сільському господарстві, спричиняють зниження його продуктивності, зрештою — втрати продовольчих ресурсів. На світовому рівні визнано, що проблема деградації ґрунтів та їх охорони набула глобального масштабу. Міжнародна спільнота з кожним роком дедалі більше приділяє уваги їх розв'язанню. У 1992 р. на Конференції ООН з навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де-Жанейро з метою запобігання подальшому опустелюванню і деградації ґрунтів започатковано Конвенцію про бо-

ротьбу з опустелюванням. Україна приєдналась до цієї конвенції. Вплив людини на ґрунти сягає критичних масштабів — вони перестають виконувати свої важливі функції. Більшість провідних країн світу: США, Німеччина, Франція, Канада вже дійшли згоди вирішувати ці питання на державному рівні, що забезпечить ефективність результату.

У формуванні умов для сталого розвитку агроєкосистем важливою ланкою є організація системи агроєкологічного моніторингу, завдання якого — збирання, опрацювання, накопичення та передача інформації про стан агроєкосистеми і динаміки зовнішніх чинників, що впливають на її структурно-функціональні показники, з наступним аналізом інформації, моделюванням і прогнозуванням можливих сценаріїв розвитку у часі і просторі, обґрунтуванням управлінських рішень щодо збереження та відновлення основних природних ресурсів — ґрунтів, води і біоти. Для моніторингу прогресу у напрямі «зеленого зростання» ОЕСР пропонує такі індикатори:

- зміни концентрації органічної речовини ґрунту;
- зміни у балансі і концентрації поживних речовин.

Баланс поживних речовин є індикатором збалансованого розвитку агроєкосистем, він може вказувати на рівень потенційного забруднення ґрунту, води і повітря надлишками поживних речовин або недостатню їх кількість для отримання врожаю. Це концентрація азоту і фосфору, виражена як валовий баланс азоту і фосфору на 1 га земель сільськогосподарського призначення.

Відповідно до законодавства України, регулювання у сфері охорони ґрунтів здійснює держава. З метою контролю за станом родючості ґрунтів Міністерство аграрної політики та продовольства України (Мін-агрополітики) через уповноважений орган — ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» («Держґрунтохорона») здійснює національний моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення шляхом проведення агрохімічної паспортизації земель. Цей захід передбачає з періодичніс-

тю у 5 років визначати родючість ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення та аналізувати її динаміку в часі, прогнозувати зміни, приймати об'єктивні управлінські рішення.

Відповідно до Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення, затвердженого наказом Мінагрополітики від 26.02.2004 № 51, ДУ «Держґрунтохорона» є установою, яка проводить еколого-агрохімічне обстеження сільськогосподарських земель. Суцільне агрохімічне обстеження земель здійснюється в Україні вже 50 років. З початку створення у 1964 р. зональних агрохімічних лабораторій Указом Президента України від 02.12.1995 № 1118/95 «Про суцільну агрохімічну паспортизацію земель сільськогосподарського призначення» запроваджено агрохімічну паспортизацію та агрохімічний паспорт поля, земельної ділянки, зразок якого затверджує Мінагрополітики. Законом України «Про державний контроль за використанням та охороною земель» визначено, що агрохімічна паспортизація земель сільськогосподарського призначення є одним із заходів державного контролю за їх використанням та охороною.

Основним завданням агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення є визначення показників якісного стану ґрунтів та їх зміни внаслідок господарської діяльності.

На сьогодні до ДУ «Держґрунтохорона» входить 23 атестованих випробувальних лабораторії у кожній області України, з яких 6 — акредитовані відповідно до вимог ДСТУ ISO/IEC 17025, гармонізованих до міжнародних стандартів. Загалом, агрохімічна паспортизація проводиться за турами обстеження. Відповідно до нормативних документів тур триває впродовж 5 років, тобто земельні ділянки обстежуються один раз на 5 років, що з огляду на особливості проходження ґрунтових процесів цілком достатньо для фіксування та вивчення змін якісних показників ґрунтів. До агрохімічного паспорта поля, земельної ділянки заносяться понад 20 показників якісного стану ґрунту залежно від ґрунто-

во-кліматичної зони, а також агрохімічна і еколого-агрохімічна оцінка ґрунту поля у балах.

Показники ґрунту, внесені в агрохімічний паспорт поля земельної ділянки, дають змогу відстежувати зміни якісного стану ґрунту і у такий спосіб контролювати якість землекористування, визначати втрати родючості ґрунту, прогнозувати подальші зміни ґрунтового покриву. Агрохімічний паспорт поля, земельної ділянки — єдиний юридичний документ, який відображає реальний стан ґрунтів і його зміну в часі та є основою для державного контролю за використанням земель.

Матеріали агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення нині використовуються для:

1. Аналізування стану ґрунтів і розробки сільгоспвиробникам індивідуальних рекомендацій з раціонального і ефективного їх використання.
2. Розроблення і впровадження науково обґрунтованих сівозмін та ґрунтоохоронних заходів.
3. Розрахунку оптимальних доз внесення органічних та мінеральних добрив під прогнозовану врожайність, що забезпечують максимальний рівень рентабельності та мінімальне навантаження на довкілля.
4. Розрахунку з урахуванням листової діагностики, оптимальних доз мінеральних добрив для ранньовесняного підживлення озимих культур.
5. Виготовлення проектно-кошторисної документації на проведення хімічної меліорації земель та культивування сидеральних культур.
6. Відстеження рівнів забруднення радіонуклідами земель, що потрапили в зону впливу аварії на ЧАЕС, розроблення пропозицій стосовно залучення цих земель у господарський обіг.
7. Контролю за забрудненням ґрунтів важкими металами і залишками пестицидів та підготовки пропозицій зі зниження їх «консервування».
8. Визначення малопродуктивних та деградованих земель для подальшого їх «консервування».

9. Впровадження системи «точного землеробства».

10. Підготовки висновків під час визначення та створення сировинних зон для виробництва продукції дитячого та дієтичного харчування.

11. Отримання дозволу на зняття верхнього родючого шару ґрунту.

12. Наповнення суб'єктів Державного земельного кадастру даними про якісний стан земель, що дасть можливість визначати їх реальну вартість.

13. Створення та ведення інформаційних банків даних про якісний стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення та інформаційно-аналітичної системи для розроблення заходів у сфері охорони родючості ґрунтів.

14. Підготовки та видання «Періодичної доповіді про стан ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення України».

ВИСНОВКИ

Суцільний еколого-агрохімічний моніторинг є важливою умовою сталого розвитку агроєкосистем. Аналіз інформації щодо прогресу у напрямі «зеленого зростання» за індикаторами ОЕСР — змінами концентрації органічної речовини ґрунту, балансу і концентрації поживних речовин та забруднювачів дає можливість моделювання і прогнозування сценаріїв розвитку агроєкосистем у часі і просторі, прийняття керівних рішень щодо збереження та відновлення основних природних ресурсів — ґрунту, води і біоти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Torbat A.E. Global financial meltdown and the demise of neoliberalism [Електронний ресурс] / A.E. Torbat // Montreal: Center for Research on Globalization. — 2008. — Vol. 13, No. 10. — P. 2008. — Режим доступу: <http://www.globalresearch.ca/index.php?context=va&aid=10549>
2. Захарова Т.В. «Зеленая» экономика как новый курс развития: глобальный и региональный аспекты / Т.В. Захарова // Вестн. Том. гос. ун-та. — 2011. — № 4 (16). — С. 28–38. — (Серия: Экономика).
3. Nanto D.K. The global financial crisis: Analysis and policy implications [Електронний ресурс] / D.K. Nanto // Diane Publishing. — Режим доступу: <https://fas.org/sgp/crs/misc/RL34742.pdf> 2009
4. Основные тенденции и мероприятия на региональном уровне: регулирование процесса глобализации [Електронний ресурс] / E/ESCAP/1337. — May, 2005. — Режим доступу: http://repository.un.org/bitstream/handle/11176/254656/E_ESCAP_1337-RU.pdf
5. OECD. Publishing. OECD environmental outlook to 2030 [Електронний ресурс] / Organisation for Economic Co-operation and Development, 2008. — Режим доступу: <http://www.oecd.org/env/indicators.outlooks/40200582.pdf>
6. Stevens C. Agriculture and Green growth [Електронний ресурс] / C. Stevens // Report to the OECD, 2011. — 40 p. — Режим доступу: <http://www.oecd.org/greengrowth/sustainable-agriculture/48289829.pdf>
7. Payments for Environmental Services within the Context of the Green Economy [Електронний ресурс] / Natural Resources Management and Environment Department Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2010. — 24 p. — Режим доступу: <http://www.fao.org/3/a-al922e.pdf>
8. Anita W. Climate Change and Agriculture Impacts, Adaptation and Mitigation [Електронний ресурс] / W. Anita, M. Dominic, A. Neil. — OECD publishing, 2010. — 135 p. — Режим доступу: <http://www.oecd.org/greengrowth/climate-change-and-agriculture-9789264086876-en.htm>
9. OECD. Environmental Performance of Agriculture in OECD Countries since 1990 [Електронний ресурс]. — 2008. — 210 p. — Режим доступу: <http://www.oecd.org/tad/sustainable-agriculture/44254899.pdf>
10. OECD-FAO. Agricultural Outlook [Електронний ресурс] / OECD Publishing, Paris. — 2012 p. — Режим доступу: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2012-en
11. Organisation for Economic Cooperation and Development [Електронний ресурс] // OECD Compendium of Agri-environmental Indicators. — 2013. — Режим доступу: <http://www.oecd.org>

REFERENCES

1. Torbat, A.E. (2008). Global financial meltdown and the demise of neoliberalism. *Montreal: Center for Research on Globalization. globalresearch.ca*. Retrieved from <http://www.globalresearch.ca/index.php?context=va&aid=10549> [in English].
2. Zaharova, T.V. «Zelenaya» ekonomika kak novyy kurs razvitiya: globalnyiy i regionalnyiy aspektyi

- [«Green» economy as a new course of development: global and regional aspects]. (2011). *Vestnik tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Ekonomika — Bulletin of Tomsk State University. Economy*, 4, 16, 28–38 [in Russian].
3. Nanto, D.K. (2009). *The global financial crisis: Analysis and policy implications*. Diane Publishing. fas.org. Retrieved from <https://fas.org/sgp/crs/misc/RL34742.pdf> [in English].
4. Osnovnyie tendentsii i meropriyatiya na regionalnom urovne: regulirovanie protsessa globalizatsii. (2005). [Main trends and activities at the regional level: regulation of the globalization process]. *General E/ESCAP/1337.repository.un.org*. Retrieved from http://repository.un.org/bitstream/handle/11176/254656/E_ESCAP_1337-RU.pdf [in English].
5. OECD. Publishing. (2008). *OECD environmental outlook to 2030*. Organisation for Economic Co-operation and Development. oecd.org. Retrieved from www.oecd.org/env/indicators...outlooks/40200582.pdf [in English].
6. Stevens, C. (2011). Agriculture and Green growth. *Report to the OECD*. oecd.org. Retrieved from <http://www.oecd.org/greengrowth/sustainable-agriculture/48289829.pdf> [in English].
7. Payments for Environmental Services within the Context of the Green Economy. (2010). Natural Resources Management and Environment Department Food and Agriculture Organization of the United Nations. *fao.org*. Retrieved from www.fao.org/3/a-al922e.pdf [in English].
8. Anita, W., Dominic, M., & Neil, A. (2010). *Climate Change and Agriculture Impacts, Adaptation and Mitigation: Impacts, Adaptation and Mitigation*. OECD publishing. oecd.org. Retrieved from <http://www.oecd.org/greengrowth/climate-change-and-agriculture-9789264086876-en.htm> [in English].
9. OECD. (2008). Environmental Performance of Agriculture in OECD Countries since 1990. oecd.org. Retrieved from <http://www.oecd.org/tad/sustainable-agriculture/44254899.pdf> [in English].
10. OECD-FAO. (2012). Agricultural Outlook. OECD Publishing, Paris. *dx.doi.org*. Retrieved from: http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2012-en [in English].
11. Organisation for Economic Cooperation and Development. (2013). OECD Compendium of Agricultural Environmental Indicators. oecd.org. Retrieved from <http://www.oecd.org> [in English].

УДК 332.2.021.8(081)

НОВА ПАРАДИГМА ЗВЕРШЕННЯ ЗЕМЕЛЬНОЇ РЕФОРМИ В УКРАЇНІ

О.І. Ковалів

Інститут агроекології і природокористування НААН

Оцінено причинно-наслідкові аспекти трансформаційних процесів здійснення земельних реформ у сучасній Україні. Обґрунтовано теоретичну і практичну сутність нової парадигми звершення земельної реформи в Україні, яка базуються на комплексній інституціоналізації конституційної норми права власності Українського народу на землю та її природні ресурси — основне національне багатство, а не лише селян. Узагальнено власні наукові підходи до пошуку шляхів бажаного подальшого розвитку економіки природокористування в процесі звершення земельної реформи.

Ключові слова: земельна реформа, земельні відносини, інтереси, економіка природокористування, місцеве самоврядування, природні ресурси, рента.

У наукових колах, владних структурах та серед громадськості ведуться пошуки шляхів виходу із надто нездорового та дещо незрозумілого стану суспільно-економічних відносин в Україні.

А втім реальний успіх досягнення мети можливий лише за умов невідкладної і першочергової імплементації в систему життєдіяльності держави конституційних норм: «унітарна», «цілісна і недоторкана», «людина, її життя і здоров'я, честь і гідність, недоторканність і безпека визнаються в

Україні найвищою соціальною цінністю», «носієм суверенітету і єдиним джерелом влади в Україні є народ», «земля та її природні ресурси є об'єктами права власності Українського народу і основним національним багатством, що перебуває під особливою охороною держави» тощо [1].

Оскільки ці основні засади уособлюють загальнонаціональні інтереси, тобто інтереси всіх громадян України, і є головними передумовами існування самої держави, то алгоритм «немає землі — немає людей — немає держави» [2], особливо за нинішніх нестабільних суспільно-політичних умов, потребує, насамперед, адресного розкриття самої сутності й функціонального змісту конституційного поняття «землі» як першооснови та «земельних відносин» як домінанти розвитку України. Розв'язання цієї проблеми на засадах національних інтересів, а отже, інтересів кожного громадянина і кожної місцевої громади, сприятиме збалансуванню всіх інших умов і чинників — незалежно від поділу природних об'єктів права власності Українського народу на категорії земель за їхнім цільовим господарським призначенням; на земельні ділянки за різними формами власності як об'єкти нерухомості; на адміністративні чи природно-територіальні ландшафтні утворення тощо.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У своєму дослідженні пропонуємо застосувати логічно скорочене визначення «земля та її природні ресурси» як уточнювальне уособлення Конституційної норми основного національного багатства, що перебуває під особливою охороною держави: «Земля, її надра, ґрунти, ліси, атмосферне повітря, водні та інші природні ресурси, які знаходяться в межах території України, природні ресурси її континентального шельфу, виключної (морської) економічної зони є об'єктами права власності Українського народу». На нашу думку, таке застосування значно полегшує пошук шляхів звершення декларованих Конституційних норм, розкриваючи уяву про «землю» як простір, що формується природними

об'єктами права власності Українського народу (своєрідна «Національна комора») і діє за природними (фізичними) законами. Також розглядали «рукотворні межі» як уособлення конкретних земельних ділянок, що формують об'єкти нерухомого майна права власності певної фізичної чи юридичної особи і діють за ринковими законами, в межах яких здійснюється користування природними об'єктами. Крім того, «користування» розглядали не лише в юридичному та в економічному ракурсі (споживацькому), але й екологічному, соціальному і духовному.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

На жаль, в умовах конфлікту законів природи (фізичних) і ринку (економічних) та порушення принципу верховенства права загальнонаціональних норм, визначених Конституцією України як норми прямої дії, шляхом підмінювання його сутності багатовекторністю нібито рівноправних особистісних (групових) інтересів розуміння «земельних відносин» та шляхів їх реформування звужувалось і нині зводиться, переважно, до поняття «аграрних відносин», а «землі» — до «земельного ресурсу» як сільськогосподарського, хоч проблема раціонального використання родючих ґрунтів як природного об'єкта права власності Українського народу для всіх нас, дійсно, є доволі актуальною.

Можемо констатувати, що задекларований процес «земельної реформи» здійснювався поза волею та інтересами всіх громадян України шляхом передачі колективним сільськогосподарським підприємствам більшої частини земель держави в надуману тимчасову колективну власність на землю, під виглядом механізму і способу «роздержавлення», що супроводжувалися лозунгом: «Земля має належати тим, хто її обробляє», а не всьому Українському народу, як це визначено Конституцією України. Так, підмінюючи загальнонаціональні інтереси, реформа зводилася лише до технічного поділу родючих угідь на земельні частки (паї) і до добровільно-примусового створення на їх базі, так би мовити, частко-

вої приватної власності на землю й майно як цілісних господарських комплексів, а фактично перетворення селян-колгоспників, в основному, на віртуальних орендодавців.

Поряд із тим через відсутність реального організаційно-правового та фінансово-кредитного супроводу таких реформ, а також через різношерстість інтересів серед самих селян-колгоспників, їх безправність і безпорадність, не було жодних можливостей «добровільно» формувати власні господарства на зразок європейських.

Натомість, особливо після форсування заміни земельних сертифікатів на державні акти і руйнування цілісних майнових комплексів «реформованих господарств», на всіх щаблях влади, в наукових колах і серед населення постійно фокусувалася і продовжує зосереджуватися увага на необхідності запровадження «ринку землі» як кінцевого етапу «земельної реформи» та зняття «фіктивного мораторію» на купівлю-продаж родючих земель, як на панацеї від усіх негараздів і бід. Крім того, укоренились тенденції до наповнення суспільного середовища й громадськості зверхністю індивідуалізму та інтересів до наживи, а також корупційності й всюдозволеністю. Поняття людської гідності та взаємної відповідальності були знехтувані, що в підсумку призвело до порушення прав переважної більшості громадян України на комфортну й безпечну життєдіяльність в здоровому й чистому довкіллі.

Такий стан доречно вважати закономірним, адже й досі серед владних структур панує нерозуміння новітнього бачення пропонованої нами сутності довершення трансформаційних процесів пострадянської системи, особливо в земельних відносинах, як комплексних, системних, і не лише аграрних, що сприятимуть реальному розвитку суверенної і незалежної, демократичної, соціально-правової Української держави.

Прагнучи подолати цей бар'єр, хочемо переконати, що аграрний сектор економіки не є винятком і не може розвиватися автономно — без комплексної політики держа-

ви [3], і всі суспільно-економічні відносини, життєдайність та життєдіяльність усіх громадян України безпосередньо залежать від врегулювання механізмів використання природних об'єктів права власності Українського народу як природних активів у конкретних ландшафтах і на конкретних територіях. Адже володіючи, користуючись і розпоряджаючись землею як основним національним багатством, одночасно здійснюється природокористування. Ці відносини нерозривно поєднуються між собою та з територією України і мають слугувати, насамперед, інтересам усіх її громадян.

Тому досягнення вказаних декларованих конституційних засад як норм можливо лише за умов реалізації національної земельної політики, яка вважається головною і обов'язковою і скеровується не лише на стандарти Європейського Союзу, але й на особливості українських історичних традицій та реалій сьогодення. Саме за таких передумов (як вимог) криється «ключ» до розв'язання існуючих проблем і неузгоджень у бажаному розвитку Української держави, в т.ч. у сільській місцевості та в аграрному секторі економіки [4].

Зважаючи на актуальність та практичне значення для суспільства і всіх гілок державної влади й місцевого самоврядування урегулювання земельних відносин, що виникли із самого початку здійснюваних земельної й аграрної реформ в Україні, результати авторських досліджень публікувались для широкого й відкритого обговорення громадськістю, у т.ч. в наукових колах, на шпальтах друкованих видань загальнонаціонального значення, зокрема в «Голосі України» і «Урядовому кур'єрі». Метою і завданнями цих публікацій було не лише провести аналіз проблем, оцінити їх специфіку й об'єктивно висвітлити процеси земельного реформування, але й здійснити розробку адекватних наукових теоретичних і методологічних основ щодо комплексного, системного й послідовного їх звершення на усьому просторі України, у т.ч. з виправлення припущених помилок.

Виконання наукових завдань в цьому напрямі, як ініціативних з боку автора, по-

жвавилось впродовж останніх п'яти років (2011–2016) під час роботи в Інституті агроєкології і природокористування НААН. Результати напрацювань як нове бачення висвітлено в численних наукових статтях, їх апробовано на міжнародних симпозиумах та науково-практичних конференціях, Всеукраїнському конгресі вчених економістів-аграрників, науково-практичних конференціях і форумах, круглих столах. Ці публікації було узагальнено в науковій монографії «Звершення земельної реформи в Україні: нова парадигма» [5], яку рекомендовано до друку Вченою радою Інституту агроєкології і природокористування НААН від 19.04.2016 р.

У монографії доволі предметно оцінено причинно-наслідкові аспекти трансформаційних процесів та негативних наслідків здійснених земельних реформувань у сучасній Україні, а також обґрунтовано теоретичну і практичну сутність нової парадигми звершення земельної реформи в Україні. Сформовано новий курс земельних відносин і природокористування на засадах національних інтересів шляхом втілення нових дієвих заходів інституціоналізації конституційних норм щодо землі та її природних ресурсів з одночасним виправленням припущених помилок.

Найвагомішими результатами виконаної роботи, як першої узагальнюючої наукової праці з теоретико-методологічних засад звершення земельної реформи в сучасних умовах становлення Нової України, є те, що:

- сформульовано теоретичні та методологічні засади інституціонального забезпечення звершення земельної реформи в Україні як нової парадигми, які базуються на інституціоналізації конституційних норм стосовно землі та її природних ресурсів як природного об'єкта права власності Українського народу і основного національного багатства, що перебуває під особливою охороною держави;

- обґрунтовано доцільність уособлення інститутів права власності на земельну ділянку як об'єкта нерухомості та права власності Українського народу як природ-

ного об'єкта, що забезпечить розмежування прав та обов'язків щодо земле- і природокористування, відповідальності за їх раціональне використання й охорону, а також відповідних прибутків (доходів) як основних інструментів реалізації екологічних та економічних інтересів у процесі звершення земельної реформи;

- визначено абсолютну вартість одного гектара орних земель середньої якості в Україні, що налічує дві базові складові — вартість земельної ділянки як об'єкта нерухомості та вартість одного гектара ріллі (ґрунту) як природного об'єкта, та доведено, що вартісна частка природного об'єкта не може бути меншою від вартісної частки об'єкта нерухомості;

- запропоновано звернутися до Верховної Ради України із пропозицією здійснювати уповноваження від імені Українського народу права власника землі та її природних ресурсів як основного національного багатства, що перебуває під особливою охороною держави;

- доведено необхідність надання органам місцевого самоврядування реальних прав щодо володіння, користування і розпорядження в межах і за межами населених пунктів усіма земельними ділянками комунальної власності (за винятком державної і приватної) як об'єктами нерухомого майна, — а не просто «землею», — та визначеними природними ресурсами у межах території таких ділянок для використання їх за цільовим призначенням відповідно до нового закону;

- обґрунтовано організаційно-економічний механізм обігу розпайованих земель, сутність якого полягає в проходженні перших трансакцій шляхом викупу державою чи місцевою громадою, або пенсійним фондом усіх розпайованих земель сільськогосподарського призначення (земельних ділянок як об'єктів нерухомості), що забезпечить реальне нівелювання небажаних наслідків паювання та парцеляції продуктивних масивів угідь і повний захист права власників земельних паїв (ділянок);

- розроблено концептуальну модель функціонування Національної земельної

установи України як інституту — особливого центрального органу державної влади, підконтрольного та підзвітного Президенту України і Верховній Раді України, що діятиме на зразок Національного банку України, та визначено її інституціональні функції, а саме: формування відповідного національного банку даних; здійснення державної реєстрації земельних ділянок і нерухомого майна та природних ресурсів; забезпечення і гарантування права власності на землю та її природні ресурси, а також управління коштами, що надходять за користування природними об'єктами права власності Українського народу;

- доведено, що запровадження в Україні колективної форми власності на землю та поділ родючих угідь на земельні паї (ділянки) мають негативні наслідки, зокрема, перетворення селян із можливих господарів на віртуальних орендодавців.

Одночасно удосконалено:

- сутність поняття «земля», що ототожнюється із земельною ділянкою (полем) зі встановленими на місцевості межами (контуром) як об'єктом нерухомості та з ґрунтом як природним ресурсом і як природним об'єктом, що уможлиблює адресне й однозначне його трактування;

- теоретичні та практичні підходи до формування основних механізмів і інститутів ринкових земельних відносин з одержання рентоузгоджувальних прибутків (доходів) від природного об'єкта права власності Українського народу, від права власності на земельну ділянку як на об'єкт нерухомості, від права власності на додатково затрачену працю, особливо інноваційну, та від створення сприятливого економіко-правового середовища для монополізації внутрішнього і зовнішніх ринків вітчизняної продукції;

- методологічні підходи до стратегічного прогнозування й просторового моделювання розвитку сільських територій та приватних сімейних фермерських та селянських господарств у нових умовах трансформації земельних відносин, що, на відміну від існуючих, є засобом імплементації загальнонаціональних вимог як ін-

ституціональних передумов, обов'язкових до виконання;

- основні чинники конструювання мінімально неподільних земельних масивів (лотів) і нових господарських одиниць фермерського типу, які відрізняються від традиційних тим, що формуються у процесі комплексного державного землеустрою і землевпорядкування та супроводжуються відповідним фінансово-кредитним забезпеченням і збалансуванням екологічних та економічних інтересів;

- теоретичні й методологічні передумови зняття мораторію на купівлю-продаж земель сільськогосподарського призначення, що, на відміну від існуючих, базуються на комплексному виправленні помилок «роздержавлення» земель та інституціоналізації конституційних норм стосовно землі та її природних ресурсів;

- основні принципи вмотивованості, прогнозованості, комплексності й постійності, причетності, відповідності й еквівалентності та невідворотності відповідальності реалізації конституційних норм щодо права власності Українського народу на землю та її природні ресурси як на основне національне багатство, які стимулюватимуть гармонійну взаємодію суспільства і природи, де основну роль відіграватиме власник-господар як громадянин-індивід.

Також набули подальшого розвитку:

- засади інституціонального забезпечення конституційних норм щодо землі та її природних ресурсів. Пропонується адресно застосовувати поняття: «земля», «земельна ділянка», «ґрунт» і «ліс», а також уточнити конституційну норму: «Від імені Українського народу права власника здійснюють органи державної влади та органи місцевого самоврядування в межах, визначених цією Конституцією» у новій редакції: «Від імені Українського народу права власника землі та її природних ресурсів здійснюватиме Верховна Рада України. Органи державної влади та органи місцевого самоврядування розпоряджатимуться належними їм земельними ділянками державної чи комунальної власності (у межах і за межами населених пунктів)

та визначеними природними ресурсами, що розміщуються у межах території таких ділянок, згідно з цільовим використанням відповідно до закону»;

- вимоги до розширення прав і відповідальності громадян та юридичних осіб на користування природними об'єктами права власності народу відповідно до закону, які не повинні завдавати шкоди інтересам суспільства, погіршувати екологічну ситуацію і природні якості землі;

- напрями і порядок надходжень рентоузгоджувальних прибутків (доходів) до місцевих бюджетів і до бюджету Національної земельної установи України як інституту здійснення земле- і природокористування, що забезпечить їх істотне збільшення до місцевих бюджетів у вигляді податку на земельні ділянки як на нерухомість та до сімейних бюджетів працюючого власника-господаря як підприємця порівняно з орендодавцем земельного паю, а також формування нового бюджету Національної земельної установи України;

- прийоми наукового оцінювання особливих причин і наслідків здійснених земельної й аграрної реформ в Україні, які базуються на поглибленій достовірній інформації та практичному досвіді їх проведення, що надало змогу виявити негативні результати і сформулювати основні засади звернення земельної реформи як нової парадигми;

- наукові пізнання основної сутності боротьби українського народу за власність на землю та її природні ресурси в контексті історичних процесів, що полягає у відновленні власної незалежної держави як основи здійснення повноцінної життєдіяльності і є особливо актуальним для розв'язання проблеми звернення земельної реформи в Україні у сучасних умовах агресії з боку Росії;

- напрями модернізації державної політики щодо комплексного державного землеустрою і землевпорядкування як основного інструменту звернення земельної реформи в Україні щодо: оптимізації соціально-економічного розвитку відповідних територій; забезпечення раціонального

земле- і природокористування; здійснення узгодженого повноцінного державного управління й місцевого самоврядування.

Поряд із тим потребує відновлення (конституційно) статус території рад базового рівня (в межах і за межами населених пунктів) та надання повноцінних повноважень їхнім громадам, у т.ч. щодо забезпечення реального прогнозування розвитку всієї території. До того ж земле- та природокористувачі — ядра місцевої громади — мають бути максимально заінтересованими в раціональному використанні землі та її природних ресурсів і в здійсненні контролю за розвитком території та охороною довкілля.

Отже, наукове обґрунтування визначення стратегічних засад і перспективних напрямів можливого звернення земельної реформи в інтересах всіх громадян України як нової парадигми може стати підґрунтям для подолання кризових явищ, виправлення допущених помилок і неузгоджень та зацікавленості народу України в справжніх реформах.

Слід наголосити, що ці питання залишаються доволі дискусійними й надалі. Тому автор, не деталізуючи механізмів реалізації усіх складових заходів звернення земельної реформи в Україні, свідомо залишає їх на подальше висвітлення — для тих, хто усвідомлено і щиро сприйматиме вже публічно викладене, в т.ч. у згаданій монографії.

ВИСНОВКИ

Значущість розвитку світоглядної ідеології найвищої цінності щодо «національних інтересів» як головних інтересів для всіх громадян України, у власності яких сконцентровано єдине основне національне багатство «земля та її природні ресурси», означає отримання і «повноти влади».

В умовах зовнішньої агресії і гібридної війни, у т.ч. внутрішньої дестабілізації, глобальний концепт подальшого розвитку молодій суверенній державі України може реалізуватися лише за відомим принципом: «У кого земля — у того влада». Крім того, надважливим є виховання громадянина —

духовно мислячої людини, яка буде відчувати себе не лише співвласником землі та її природних ресурсів як єдиного основного національного багатства, що перебуває під

особливою охороною держави, але й свідомим активним учасником реалізації основних засадничих норм Конституції України як норм прямої дії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Конституція України від 28 червня 1996 р. // Відомості Верховної Ради України. — 1996. — № 30. — С. 141.
2. Ковалів О.І. Основні засади вартісного оцінювання землі та її природних ресурсів — основного національного багатства України [Електронний ресурс] / О.І. Ковалів // Ефективна економіка. — 2016. — № 4. — Режим доступу: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=4904>
3. Ковалів О.І. Обґрунтування шляхів подальшого розвитку земельної реформи в Україні / О.І. Ковалів // Землепорядний вісник. — 2014. — № 2. — С. 29–33.
4. Ковалів О.І. Ключ до державного успіху — в Національній коморі / О.І. Ковалів // Інвестиції, практика, досвід. — 2013. — № 9. — С. 87–90.
5. Ковалів О.І. Звершення земельної реформи в Україні: нова парадигма: монографія / О. Ковалів. — К.: ДІА, 2016. — 416 с.

REFERENCES

1. Konstytutsiia Ukrainy. Zakon Ukrainy vid 28.06.1996 No. 254k/96-VR [Constitution of Ukraine: the Law of Ukraine dated by 28.06.1996, No. 254k/96-VR]. (1996). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy — Supreme Council of Ukraine*, 30, 141. zakon4.rada.gov.ua. Retrieved from <http://zakon4.rada.gov.ua> [in Ukrainian].
2. Kovaliv O.I. (2016). Osnovni zasady vartisnoho otsiniuvannia zemli ta yii pryrodnykh resursiv — osnovnoho natsionalnoho bahatstva Ukrainy [Basic principles of cost assessment of land and its natural resources — the main national wealth of Ukraine]. *Efektivna ekonomika — Efficient Economy*, 4, www.economy.nayka.com.ua. Retrieved from: <http://www.economy.nayka.com.ua> [in Ukrainian].
3. Kovaliv O.I. (2014). Obgruntuvannia shliakhiv podalshoho rozvytku zemelnoi reformy v Ukraini [Justification ways of further development of land reform in Ukraine]. *Zemleporiadnyi visnyk — Land Management Journal*, 2, 29–33 [in Ukrainian].
4. Kovaliv O.I. (2013). Kliuch do derzhavnoho uspiikh — v Natsionalnii komori [The key to public success — the National pantry]. *Investytsii, praktyka, dosvid — Investments practice experience*, 9, 87–90 [in Ukrainian].
5. Kovaliv O.I. (2016). *Zvershennia zemelnoi reformy v Ukraini: nova paradyhma: monohrafiia* [Achievements land reform in Ukraine: a new paradigm: monograph]. Kyiv: DIA [in Ukrainian].

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМИ ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ГАЛУЗІ ТВАРИННИЦТВА

В.П. Бородай, В.О. Пінчук, О.В. Тертична

Інститут агроекології і природокористування НААН

Проведено аналітичний огляд результатів досліджень вчених Інституту агроекології і природокористування НААН щодо екологічних проблем у галузі тваринництва. Досліджено сучасний стан та тенденції розвитку галузі тваринництва України. Висвітлено рівень ефективності використання біогенних елементів, викидів парникових газів та аміаку у процесі виробництва сільськогосподарської продукції у країнах ЄС та Україні. Обґрунтовано наукові основи біологічної безпеки виробництва у зоні тваринницьких підприємств. Запропоновано заходи з мінімізації негативного впливу побічної продукції тваринництва на навколишнє природне середовище.

Ключові слова: сільське господарство, тваринництво, Конвенція ООН, біобезпека, ефективність використання азоту, побічна продукція, парникові гази.

Збалансований розвиток галузі тваринництва потребує раціонального використання поживних речовин з мінімізацією забруднення навколишнього природного середовища відходами виробництва.

Загалом, проблема утилізації та знезараження гною і стічних вод у промисловому тваринництві має медико-ветеринарне, господарче і екологічне значення.

Метою роботи є аналіз сучасного стану та тенденцій розвитку галузі тваринництва України, утворення побічної продукції та узагальнення результатів досліджень вчених Інституту агроекології і природокористування НААН (ІАП НААН) щодо перспективних напрямів екологічних досліджень у контексті розвитку тваринництва.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для розрахунку загальних обсягів гною від сільськогосподарських тварин за рік використовували інформацію про поголів'я сільськогосподарських тварин Державної служби статистики та чинні нормативні показники щодо добового виходу гною та посліду від однієї тварини різних видів і статеві-вікових груп [1–3], а також середні значення цих показників. Норми викорис-

тання підстилки для тварин різних видів, статеві-вікових груп та умов утримання у розрахунках не враховували. Інформацію щодо площі сільськогосподарських угідь в Україні брали з матеріалів Державної служби статистики [1].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За даними Державної служби статистики, птахівництво залишається єдиною галуззю в Україні, що нарощує свої потужності — загальна кількість птиці впродовж 2005–2015 рр. збільшилася на 20,6% і нині налічує 203986,2 тис. голів (без урахування АР Крим), наближаючись до показника поголів'я птиці у 1990 р. — 246104,2 тис. голів.

Загальне виробництво м'яса (в забійній масі) у 2015 р. становило 2,3 млн т, що на 1,6% менше порівняно з 2014 р., зокрема у господарствах населення — на 48,6 тис. т. У структурі виробництва м'яса сільськогосподарськими підприємствами найбільшою залишається питома вага м'яса птиці всіх видів (66,1% від загального обсягу), тоді як у господарствах населення — виробництво свинини (41,8) та яловичини (33,8%).

Загальне виробництво молока становить 10,6 млн т, що на 4,6% менше, ніж у 2014 р. У сільськогосподарських підприємствах зафіксовано зростання виробництва молока

на 1% (2,6 млн т), у господарствах населення — зменшення на 6,4% (7,9 млн т).

Виробництво основних видів продукції на одну особу у 2015 р. (порівняно з 2014) було таким: м'ясо всіх видів (у забійній масі) — 54,2 кг (54,9); молоко всіх видів — 247,8 кг (258,9); яйця — 392 од. (456) [1].

Якщо розглядати вплив галузі тваринництва на навколишнє природне середовище, мусимо констатувати, що сільськогосподарські підприємства щорічно виділяють значні обсяги побічних продуктів виробництва. Ефективність використання у землеробстві таких побічних продуктів, як гній залежить від технологій його подальшого перероблення і внесення у ґрунт.

За розрахунками у 2015 р. в Україні загальні обсяги гною від основних видів сільськогосподарських тварин становили 63,3 млн т/рік, зокрема: від ВРХ — 40,3 млн т/рік, свиней — 15,6, птиці — 7,4 млн т/рік. Найбільші обсяги гною від ВРХ та птиці — у Вінницькій (3104,5 та 1055,6 тис. т/рік відповідно), свиней — у Дніпропетровській (1036,7 тис. т/рік); найменші: від ВРХ — 578,9 тис. т/рік, свиней — 144,4, птиці — 35,3 тис. т/рік у Луганській області. Обсяги гною відносно площі сільськогосподарських угідь в Україні (без урахування АР Крим) від галузі скотарства — 994,1 кг/га/рік, свинарства — 384,9 і птахівництва — 183,7 кг/га/рік.

Досліджено сучасний стан і тенденції розвитку сільського господарства України і ЄС у контексті ефективності використання поживних речовин та забруднення навколишнього природного середовища сполуками азоту. Інтенсивність використання азоту ґрунту в Україні для виробництва продукції рослинництва з 1990 до 2015 року зросла з 69,4 до 157,8% унаслідок різкого зниження внесення азоту у складі органічних добрив на сільськогосподарські угіддя — з 3728,40 до 139,73 тис. т, що спричиняє виснаження ґрунту та забруднення повітря аміаком від емісії з гною. Зокрема, у 2015 р. було внесено у ґрунт з органічними добривами лише 17,1% загального азоту від отриманого гною сільськогосподарських тварин.

Інтенсивність використання азоту ґрунту в країнах ЄС (1990–2015 рр.) становить 16,6–15,6%, тобто є збалансованим.

Нині домінуючим джерелом викидів динітроген монооксиду в Україні є сільськогосподарські ґрунти та викиди від очищення, зберігання й використання гною — 76,3%. Частина азоту гною (5%) перетворюється на аміачну форму й потрапляє в атмосферу — 37,38 тис. т/рік. Загалом, використання азоту на виробництво продукції рослинництва і тваринництва впродовж 1990–2015 рр. зменшилося — відповідно на 16,3 і 47,0% унаслідок скорочення поголів'я ВРХ і свиней та виробництва фуражу [4].

У Гетеборзькому протоколі Конвенції про транскордонне забруднення повітря на великій відстані (CLRTAP) Європейської економічної комісії Організації Об'єднаних Націй (UNECE) в 1999 р. було вперше встановлено лімітовані значення викидів аміаку на рівні країн. Так, в одному з додатків до протоколу, відомому як Додаток IX, перелічено заходи з обмеження викидів аміаку. Кожна країна, як сторона Конвенції, повинна забезпечити вжиття відповідних заходів з урахуванням усього азотного циклу, серед яких: стратегії годівлі худоби; методи внесення гною; системи зберігання гною; системи утримання тварин; можливості обмеження викидів аміаку завдяки використанню мінеральних добрив [5, 6].

Протокол Україною ще не підписано, але на основі Рамкового кодексу належної сільськогосподарської практики зі скорочення викидів аміаку Європейської економічної комісії Організації Об'єднаних Націй в ІАП НААН розроблено методичні рекомендації зі скорочення емісії аміаку від сільськогосподарських джерел [7].

У сфері запобігання забрудненню підземних і поверхневих вод Україна приєдналася до плану здійснення директиви Ради 91/676/ЕЕС з охорони вод від забруднення нітратами з сільськогосподарських джерел. Також у 1992 р. підписано Конвенцію з біорізноманіття, а в 1994 р. — ратифіковано Рамкову конвенцію ООН про зміну клімату, у т.ч. Кіотський протокол (РКЗК ООН). Всі ці заходи спрямовано на приве-

дження законодавства України до стандартів ЄС.

Проаналізовано сучасний стан та структуру викидів парникових газів (ПГ) у сільському господарстві України в аспекті європейських тенденцій розвитку сільського господарства впродовж 2001–2012 рр. Нині частка України на європейській арені за викидами ПГ від сільського господарства, і зокрема галузі тваринництва, є невисокою (7,8%). Необхідною умовою для розвитку галузі тваринництва, згідно з вимогами ЄС, є дотримання балансу між нарощуванням виробництва екологічно безпечної продукції і утилізацією відходів. Для обслуговування основного виробництва необхідно розвивати альтернативну енергетику на основі біогазу, а саме — метану зі збродження відходів життєдіяльності сільськогосподарських тварин [8].

Динамічний розвиток промислового птахівництва за останнє десятиліття потребує оцінки великих птахопідприємств як складних біотехнологічних систем у функціонуванні агроєкосистем. До негативних екологічних наслідків ведення птахівництва в Україні можна віднести: забруднення наземних водойм, ґрунтів і ґрунтових вод відходами виробництва; утворення значних обсягів стічних вод, насичених ксенобіотиками; забруднення атмосферного повітря викидами шкідливих газів та пилу; мікробіологічне забруднення ґрунту та повітря; вилучення території й сільськогосподарських угідь під птахівницькі підприємства, зменшення біорізноманіття ентомофауни.

Встановлено, що за безземельних систем виробництва продукції птахівництва колосальні втрати азоту зумовлено побічною продукцією. Отримані дані є відправною точкою для розуміння кругообігу поживних речовин у контексті збалансованого розвитку підприємства та мінімізації антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище [9].

Розв'язання проблеми забруднення навколишнього природного середовища парниковими газами, пташиним послідом, стічними водами і відходами є актуальною

для всіх птахівничих господарств України [10–12].

На сучасному етапі розвитку інтенсивного промислового птахівництва важливим методологічним завданням є формування екологічних основ його виробництва як необхідної умови збереження НПС.

Передусім, це стосується законодавчої бази, що регламентує нормативно-правові засади організації такого виробництва. Важливим завданням також є здійснення екологічних експертиз, що надають всебічний аналіз усіх можливих екологічних наслідків тих чи інших проектів. Досі неефективно вирішуються питання дієздатності екологічної політики, відсутній зв'язок між плануванням розвитку виробництв і проблемами охорони довкілля, внаслідок чого приймаються рішення без належної екологічної оцінки та аналізу, що спричиняє виникнення екологічних проблем у зонах виробництва продукції птахівництва.

Запорукою біобезпеки, а відповідно й запобігання виникненню екологічних загроз у навколишньому природному середовищі, є неухильне виконання принципів ветеринарного та епізоотичного благополуччя: створення оптимальних умов для утримання птиці, що сприяє зниженню захворюваності, та профілактика хвороб, у т.ч. спільних для тварин і людини [13].

Вивчення екологічних особливостей формування популяцій ектопаразитів є актуальною проблемою сучасного промислового птахівництва в умовах його інтенсифікації. Встановлено, що загальним домінуючим ектопаразитом промислових птахівничих господарств є курячий кліщ *D. gallinae*. Доведено, що чисельність кліщів залежить від віку, технології і терміну утримання птиці. Комплекс ветеринарних заходів, спрямованих на зниження популяції ектопаразитів, є важливою складовою екологічно безпечного виробництва продукції птахівництва. Проведення екологічних та епізоотологічних досліджень з вивчення формування акароценозів в умовах ведення промислового птахівництва є важливою складовою екологічного оцінювання впливу птахівничих підпри-

емств на стан навколишнього природного середовища [14].

У 2017 р. з метою розробки науково-методичних та організаційних основ екологічної оцінки тваринницьких технологій та заходів щодо збалансованого природокористування та охорони навколишнього природного середовища відповідно до міжнародних вимог при ІАП НААН створено науково-навчальний центр екологічної безпеки тваринництва.

Впровадження розробок ІАП НААН дає змогу птахофабрикам не лише значно зменшити викиди цілого комплексу забруднювальних речовин у атмосферне повітря, а й отримувати додатковий прибуток завдяки реалізації екологічно безпечного органіко-мінерального добрива [15].

ВИСНОВКИ

Узагальнено перспективні напрями екологічних досліджень науковців ІАП НААН у галузі тваринництва.

Визначено умови формування екологічних підходів до ведення інтенсивного промислового птахівництва, основною яких має бути відповідна законодавча база, що регламентує нормативно-правові засади його організації.

Незважаючи на те, що багато підприємств України використовують європейські технології виробництва продукції тваринництва, завершальний технологічний процес утилізації побічної продукції не відповідає стандартам ЄС, що передбачає ефективне використання біогенних елементів гною у рослинництві.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сільське господарство України у 1995–2015 роках: статистичний збірник. — К.: Державний комітет статистики України, 2016. — 360 с.
2. Системи видалення, обробки, підготовки та використання гною: ВНТП-АПК-09.06. — К., 2006. — 100 с.
3. Відомчі норми технологічного проектування. Підприємства птахівництва: ВНТП-АПК-04.05. — К., 2005. — 91 с.
4. Пінчук В.О. Ефективність використання азоту у виробництві продукції сільського господарства України та ЄС / В.О. Пінчук // Збалансоване природокористування. — 2016. — № 4. — С. 41–44.
5. Нормативна база та передовий досвід ЄС щодо скорочення викидів хімічно активного азоту з сільськогосподарських джерел / В.О. Пінчук, Л.І. Моклячук, В.П. Бородай // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми збалансованого природокористування в агросфері». — К.: ДІА, 2016. — С. 172–176.
6. Агроекологічна оцінка викидів сполук активного азоту у секторі сільського господарства України / Л.І. Моклячук, О.М. Жукорський, В.О. Пінчук та ін. // Агроекологічний журнал. — 2012. — № 2. — С. 36–42.
7. Методичні рекомендації зі скорочення викидів аміаку з сільськогосподарських джерел / Л.І. Моклячук, О.М. Жукорський, В.П. Бородай та ін.; за ред. акад. О.І. Фурдичка. — К., 2016. — 31 с.
8. Пінчук В.О. Емісія парникових газів у галузі тваринництва України / В.О. Пінчук // Біоресурси і природокористування. — 2015. — Т. 7, № 1–2. — С. 115–118.
9. Розрахунок азотного балансу птахопідприємств / В.О. Пінчук, О.В. Тертична, В.П. Бородай, О.І. Мінералов // Агроекологічний журнал. — 2016. — № 4. — С. 35–39.
10. Екологічна оцінка стану довкілля в зонах виробництва продукції птахівництва / В.П. Бородай, О.В. Тертична, М.П. Кейван [та ін.] // Сучасне птахівництво. — 2014. — № 4 (137). — С. 22–25.
11. Ecological problems pollution waste water of production poultry products / V. Boroday, O. Tertychna, R. Stepanov [at al.] // Агроекологічний журнал. — 2015. — № 4. — Р. 48–53.
12. Екологічні проблеми промислового тваринництва сучасної агломерації / О.В. Тертична, В.О. Пінчук, В.П. Бородай [та ін.] // Вісник аграрної науки. — 2016. — № 6. — С. 54–59.
13. Тертична О.В. Екологічні засади розвитку промислового птахівництва / О.В. Тертична, В.П. Бородай // Агроекологічний журнал. — 2015. — № 2. — С. 6–12.
14. Tertychna O.V. Ecological and epidemiological aspects of the spread of poultry red mite population / O.V. Tertychna, L.I. Svaliavchuk, V.P. Boroday // Environment & Health. — 2017. — No. 1 (81). — С. 23–27.
15. Мінералов О.І. Добрива з побічної продукції / О.І. Мінералов, В.О. Пінчук, О.В. Тертична // Аграрний тиждень. — 2017. — № 1–2. — С. 68–69.

REFERENCES

1. *Silske gospodarstvo Ukrainy u 1995-2015 rokakh: statystychnyi zbirnyk [Agriculture Ukraine in 1995–2015: Statistical Yearbook]*. (2016). Kyiv: Derzhavnyi komitet statystyky Ukrainy [in Ukrainian].

2. *Systemy vydalennya, obrobky, pidhotovky ta vykorystannya hnoyu: VNTP-APK-09.06. [Systems of removal, processing, preparation and use of manure: DRTD-A-09.06.J. (2006). Kyiv [in Ukrainian].*
3. *Vidomchi normy tekhnolohichnoho proektuvannya. Pidpryyemstva ptakhivnytstva: VNTP-APK-04.05. [Departmental rules technological design. Enterprises poultry: DRTD-A-04.05]. (2005). Kyiv [in Ukrainian].*
4. Pinchuk, V.O. (2016). Efektyvnist vykorystannia azotu u vyrobnytstvi produktii silskoho hospodarstva Ukrainy ta ES [Nitrogen use efficiency in agricultural production Ukraine and EU]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — The balanced nature*, 4, 41–44 [in Ukrainian].
5. Pinchuk, V.O., Moklyachuk, L.I., Boroday, V.P. (2016). Normatyvna baza ta peredovy dosvid ES shchodo skorochennia vykydiv khimichno aktyvnogo azotu z silskohospodarskykh dzherel [Legislation and EU best practices to reduce emissions of reactive nitrogen from agricultural sources]. *Problemy zbalansovanoho pryrodokorystuvannya v ahrosferi — Problems of sustainable environmental management in the agricultural domain: Proceedings of the international scientific conference*. (pp. 172–176). Kyiv: DIA [in Ukrainian].
6. Moklyachuk, L.I., Zhukorskyj, O.M., Pinchuk, V.O., Mineralov, O.I., Keivan, O.P., Marchenko, O.A. (2012). Ahroekolohichna otsinka vykydiv spoluk aktyvnogo azotu u sektori silskoho hospodarstva Ukrainy [Agroecological estimation of emission of compounds of active nitrogen in the sector of agriculture of Ukraine]. *Ahroekolohichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 2, 36–42 [in Ukrainian].
7. Moklyachuk, L.I., Zhukorskyj, O.M., Boroday, V.P., Pinchuk, V.O., Nykyforuk, O.V., Yatsuk, I.P. et. al. (2016). *Metodychni rekomendatsii zi skorochennia vykydiv amiak z silskohospodarskykh dzherel [Guidelines to reduce ammonia emissions from agricultural sources]*. O.I. Furdychko (Eds.). Kyiv: DIA [in Ukrainian].
8. Pinchuk, V.O. (2015). Emisiya parnykovykh haziv u haluzi tvarynnytstva Ukrainy [Greenhouse gas emissions in livestock Ukraine]. *Biorekursy i pryrodokorystuvannya — Life and Environmental Sciences*, 1–2 (7), 115–118 [in Ukrainian].
9. Pinchuk, V.O., Tertychna, O.V., Boroday, V.P., Mineralov, O.I. (2016). Rozrakhunok azotnoho balansu ptakhopidpryyemstv [The calculation of the nitrogen balance of poultry farms]. *Ahroekolohichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 4, 35–39 [in Ukrainian].
10. Boroday, V.P., Tertychna, O.V., Keyvan, M.P. (2014). Ekolohichna otsinka stanu dovkillia v zonakh vyrobnytstva produktii ptakhivnytstva [Environmental assessment of the environment in the areas of poultry production]. *Suchasne ptakhivnytstvo — Modern poultry*, 4 (137), 22–25 [in Ukrainian].
11. Boroday, V.P., Tertychna, O.V., Stepanov, R.A. (2015). Ecological problems pollution waste water of production poultry products. *Ahroekolohichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 4, 48–53 [in English].
12. Tertychna, O.V., Pinchuk, V.O., Stepanov, R.A., Boroday, V.P. (2016). Ekolohichni problemy promysloвого tvarynnytstva suchasnoyi ahlomeratsiyi [Ecological problems of animal industry of modern agglomeration]. *Visnyk ahraryoi nauky — News of agrarian sciences*, 6, 54–59 [in Ukrainian].
13. Tertychna, O.V., Boroday, V.P. (2015). Ekolohichni zasady rozvytku promysloвого ptakhivnytstva [Ecological bases of industrial poultry]. *Ahroekolohichnyy zhurnal — Agroecological journal*, 2, 6–12 [in Ukrainian].
14. Tertychna, O.V., Svaliavchuk, L.I., Boroday, V.P. (2017). Ecological and epidemiological aspects of the spread of poultry red mite population. *Environment & Health*, 1 (81), 23–27 [in English].
15. Mineralov, O.I., Pinchuk, V.O., Tertychna, O.V. (2017). Dobryva z pobichnoyi produktiiyi [Fertilizers from by-products]. *Ahraryy tyzhden — Agricultural week*, 1–2, 68–69 [in Ukrainian].

ОНТОЛОГІЯ СТАНОВЛЕННЯ ЕКОСОЗОЛОГІЧНОГО ТА ІНВАЙРОНМЕНТОЛОГІЧНОГО НАПРЯМІВ

В.В. Коніщук

Інститут агроекології і природокористування НААН

Розглянуто історію та сучасні тенденції наукових підходів до охорони навколишнього природного середовища, моніторингу довкілля. Зроблено спробу уніфікації загальноприйнятих європейських поглядів у концепції збалансованого (сталого) розвитку біосфери. З метою ефективного виконання прикладних та фундаментальних досліджень, проблемних завдань цих наукових напрямів із 1.01.2014 р. в Інституті агроекології і природокористування НААН створено науковий відділ охорони ландшафтів, збереження біорізноманіття і природозаповідання. Відділ входить до Відділення економіки природокористування. Послуги і напрями досліджень відділу: обґрунтування збалансованого розвитку агросфери та ефективної охорони навколишнього природного середовища; підготовка пропозицій розвитку агропромислового комплексу із урахуванням критеріїв екобезпеки; методологічні основи оптимального функціонування автохтонних біогеоценозів, агроландшафтів; концептуальні положення збалансованого розвитку, природокористування, охорони водно-болотних, торфових, лучних, лісових екосистем, а також сільських територій; природно-заповідна справа, формування екомережі, фоновий моніторинг і збереження біорізноманіття.

Ключові слова: екосоцологія, інвайронментологія, фундаментальні та прикладні дослідження, історія науки.

Глобальні екологічні проблеми, посилення їх впливу на довкілля роблять виклик людству щодо більш раціонального (мудрого) природокористування, спонукають до пошуку оптимальних шляхів гармонійного, збалансованого розвитку зв'язків ноосфери та біогеосфери. Нині пріоритетними напрямками стають охорона природи, адаптація до кліматичних змін, фоновий моніторинг, аудит екологічного стану навколишнього природного середовища, зменшення та запобігання новим небезпечним ситуаціям забруднення довкілля, природо-заповідна справа, формування екомережі, відтворення природних ресурсів, екологічна, радіаційна безпека, енергозбереження, органічне агровиробництво тощо. Сучасна ресурсоемна промисловість створює такі матеріали і речовини, які за фізико-хімічними властивостями є небезпечними та невластивими живим організмам. Техногенне забруднення подекуди призвело до утворення специфічних штучних біогеохімічних провінцій з аномальним

умістом деяких хімічних сполук. Тому на початку ХХІ ст. утверджується парадигма ідеї захисту довкілля. Реалізацію загальноприйнятої теорії наукової та громадської природоохоронної діяльності обумовлено пріоритетом розв'язання глобальних екологічних проблем. Природні катаклізми, кризові економіко-соціальні явища, техногенні катастрофи, демографічні зміни визначили формування концепції збалансованого розвитку. Фізіологічні та генетичні здатності різної біологічної організації не завжди можуть підтримувати сталість видового складу, його чисельність у біоценозах за зміни чинників навколишнього природного середовища. Цей процес є безповоротним в історичному, еволюційному вимірі, але на локальні прояви чинників антропогенного характеру можна і необхідно впливати. Тому природоохоронні дослідження стають дедалі актуальнішими.

Динамічно розвивається інвайронментологія (середовищезнавство) — наука про стан, моніторинг, оцінку довкілля. Цей англomовний термін, більш уживаний у Західній Європі та Північній Америці, в Україні використовується як синонім

природознавству, охороні навколишнього середовища. Теоретико-методологічні основи інвайронментології, розроблені науковцями [1–4], потребують вдосконалення, подальшого розвитку. Поняття «інвайронменталістика» (прикладні аспекти інвайронментології) синтезує цілу низку природничих наук (геологія, географія, фізика, хімія, біологія, інженерна екологія тощо). Часто під одним із розділів інвайронментології розуміють охорону природи та/або навколишнього середовища, що за своєю сутністю є різними категоріями. Коректнішим, відповідно до змісту, є вживання терміна «екосозологія» (охорона природи, збереження довкілля), яким уже тривалий час користуються у Центрально-Східній Європі (Чехія, Словаччина, Польща) і визначають екосозологію окремо від інвайронментології [5–7]. В Україні цей науковий напрям також розвивається [8–10]. Екосозологія — наука про охорону природи, що вивчає теоретико-методологічні основи, критерії, принципи збереження та відновлення природних ресурсів. Вона включає розділи: охорона надр, земель, вод, атмосфери, рослинного і тваринного світу, природних комплексів, інших компонентів біоти на основі міждисциплінарних фізико-географічних, біологічних, екологічних зв'язків. Бачення концептуальних системних блоків як теоретичного, так і практичного застосування екосозологічної методики для збереження біорізноманіття та охорони навколишнього середовища, загалом, визначає екоцентричний підхід становлення геOVERSUM, на відміну від раніше усталених парадигм антропо-, біоцентризму. Одним із завдань екосозології є проведення системи науково-дослідних робіт з метою підтримання у природі екологічної рівноваги, що, по суті, співпадає із всесвітньою екологічною доктриною збалансованого розвитку. Мається на увазі забезпечення балансу біогеохімічних циклів кругообігу речовин і енергії, охорона видового, ценотичного, екосистемного рівня організації біорізноманіття та стабільність чисельності, продуктивності, хорології, фенології живих організмів. Для оцінки стану

та стійкості біосистем У. Кеннон (1929 р.) запропонував термін «гомеостаз» — здатність біологічної системи протидіяти змінам і зберігати динамічну відносну стабільність складу і властивостей; на жаль, нині багато екосистем втратили функції до самоочищення, автохтонної реабілітації. Тому для імплементації гомеостатичного розвитку важливим є аспект екосистемного розвитку, ландшафтного рівня збереження біоти (Рамсарська, Бернська, Флорентійська конвенції). В Україні, на нашу думку, слід впровадити концептуальні положення збереження природних комплексів, екотопів на основі ландшафтно-географічних критеріїв (Червона книга ландшафтів України). Крім міжнародних, загальнодержавних рівнів організації збереження видів флори і фауни (Червона книга України), актуальним залишається регіональний підхід (обласні переліки охорони регіонально рідкісних рослин і тварин, мікобіоти).

Прогнозування людської господарської діяльності, визначення шляхів раціонального природокористування, зменшення техногенного забруднення екосистем, мінімізація, адаптація до впливу змін клімату є пріоритетними напрямками охорони навколишнього природного середовища. Зауважимо, що в цих заходах екосозологія та інвайронментологія виконують одну функцію. Щодо онтології, історії буття, становлення, то екосозологія розглядається як метафізична дисципліна за аналогією із розвитком сучасних екологічних наук. Взаємопов'язані види руху енергії, матерії і цілісність природного середовища обумовлюють комплексність із природничими, соціально-гуманітарними науками. Сучасна теорія і практика заходів охорони довкілля і природозаповідання ґрунтуються на онтологічних аспектах екосозології. Логічно, що історія і процес вдосконалення наукового напрямку оптимізує пізнання об'єкта і предмета досліджень дисципліни. Багато нових наук виникло через особливі сучасні потреби, проблеми людства та з огляду на необхідність оперативного вирішення глобальних загроз і викликів збереження життя на планеті. Природокористування,

як найдавніша галузь практичної діяльності людства, ще з часів первіснообщинного ладу мало ознаки раціонального підходу до збереження природи. Шанобливе ставлення до ландшафтів і використання ресурсів набули національної специфіки, теологічного підходу.

У дохристиянський період на теренах України, зокрема ще за Трипільської культури (IV–III тис. років до н.е.), населенню було властиве шанобливе ставлення до природи, рослин і тварин (їх зображали на посуді, будівлях), охоронялись священні гаї, віковічні дуби, унікальні урочища тощо. Одні з перших звіринців і заповідників відомі ще з часів Київської Русі. Так, у XI–XIII ст. охоронялися цінні лісові масиви, мисливські угіддя. «Руська Правда» Ярослава Мудрого визначала відповідальність за порушення земельних меж, каралось вирубування бортних дерев, незаконне добування бобрів, несанкціоноване рибництво і полювання. У XIV ст. під охорону взято Біловезьку Пущу. Вагому роль у охороні довкілля відіграв Литовський статут 1529 р., де був розділ «Про лови, пущі, про бортне дерево, про озера, про боброві гони, про хмільники, про соколині гнізда». У XIV–XIX ст. на державному рівні видано нормативно-правові акти щодо регулювання мисливства, рибальства, сільського господарства, охорони хижих птахів, бортних, корабельних лісів. В Україні на початку XX ст. (1910 р.) на о. Хортиця з ініціативи місцевого вчителя П.Ф. Базука було організовано товариство «Охоронці природи». Серед перших активних природоохоронців були вчені А.П. Богданов, І.П. Бородін, І.О. Кожевніков, В.І. Талієв. З ініціативи І.П. Бородіна при Російській академії наук утворено Постійну природоохоронну комісію російського географічного товариства. Професор В.І. Талієв організував Харківське товариство любителів природи (1915–1918 рр.). Тоді ж були створені Волинське, Полтавське і Одеське товариства дослідників природи. Цілий комплекс природоохоронних та біотехнічних заходів впровадили В.В. Докучаєв, К.А. Тімірязєв,

О.І. Воейков, О.О. Ізмаїльський, П.А. Костичев, Г.М. Висоцький та ін. Були проведені лісозахисні роботи, укріплені береги водойм, велася боротьба із посухами та опустелюванням. Негативну роль відіграв плановий підхід до природокористування, особливо у гірничо-добувній, лісовій галузях, сільському господарстві, значних збитків завдала осушувальна меліорація. Політично заангажоване викладення загальних положень, діалектико-матеріалістичне розуміння охорони природи та ідеї необмеженого використання ресурсів активно пропагувались в радянський період. У 1946 р. розпочинає роботу Українське товариство охорони природи, засновниками якого були академіки Б.І. Чернишов та П.С. Погребняк. У 1980 р. видано Червону книгу УРСР. Уперше в світі 1987 р. під загальною редакцією Ю.Р. Шеляг-Сосонка видано Зелену книгу УРСР, де було запропоновано новий науковий напрям із охорони фітоценотичної різноманітності (фітостроми). Фактично, на сучасному етапі розвитку охорони природи, цим займається созологічна геоботаніка. Окрім використання Європейського і Міжнародного червоного списків, переліків раритетних видів ратифікованих конвенцій, в Україні є також практика створення обласних червоних списків регіонально рідкісних видів флори і фауни, що не увійшли до Червоної книги. Нині реалізовується екоцентрична концепція, парадигма екомережі, ліквідувуться наслідки техногенних катастроф,кладаються інвестиції в охорону довкілля, еколого-просвітницьку роботу, впроваджуються енергоощадні, безвідходні технології виробництва продукції, розвивається біоетика.

За хронологією серед ключових світових подій XX–XXI ст. у галузі охорони природи слід згадати такі історичні віхи: у школи впроваджено науки про охорону природи — Франція, 1906 р.; створюються перші європейські національні природні парки — Швеція, 1909 р.; Міжнародна комісія охорони природи — Швейцарія, 1910 р.; проф. Г. Конвенц розробив теоретичні основи охорони пам'яток природи — Ні-

меччина, 1911 р.; проф. М. Раціборські вперше у світі впроваджує викладання як університетського предмета охорону природи — Польща, 1912 р.; утворення Міжнародної дорадчої комісії у справах охорони природи — Швейцарія, 1913 р.; засновано Союз охорони природи — Швейцарія, 1915 р.; I Міжнародний конгрес охорони природи — Франція, 1923 р.; при ООН за сприяння ЮНЕСКО створено Міжнародний союз охорони природи, 1948 р.; ухвалення програми «Людина і біосфера», формування світової екомережі, 1968 р.; Рапорт U'Thanta «Людина і його середовище» — ООН, 1969 р.; видано Устав про державну політику охорони середовища, ухвалений конгресом — США, 1969 р.; Рамсарська конвенція — Іран, 1971 р.; Стокгольмська конвенція — Швеція, 1972 р.; конференція CITES, 1973 р.; Декларація прав тварин — ООН, 1978 р.; Боннська конвенція — Німеччина, 1979 р.; Бернська конвенція — Швейцарія, 1979 р.; I, II Світова стратегії охорони природи «Світова карта природи» — ООН, 1982, 1991 рр.; Саміт Землі, Конвенції про охорону біорізноманіття, про боротьбу з опустелюванням, про зміну клімату — Бразилія, 1992 р.; Пан'європейська стратегія біо- та ландшафтного різноманіття — Болгарія, 1995 р.; I, II Світовий конгреси охорони природи, IUCN, 1996, 2000 рр.; Кіотський протокол обмеження викидів парникових газів — Японія, 1997 р.; Всесвітній саміт із збалансованого розвитку — Йоганнесбург, ПАР, 2002 р.; Паризька угода про зміну клімату — Франція, 2015 р. та ін.

У сучасному становленні екосонології зв'язок із екологією є беззаперечним. Термін «екологія» утворено з двох грецьких слів: *oikos* (обійстя, дім) і *logos* (слово, вчення), вперше запропонував і використав німецький зоолог Ернст Геккель у 1886 р. Він визначив екологію як галузь знань, що вивчає економіку природи, досліджує загальні взаємовідносини тварин як з живою, так і неживою природою, у т.ч. дружні й ворожі взаємини між тваринами і рослинами — прямі або опосередковані. Таке розуміння екології як науки стало загальноновизнаним,

але наприкінці XX — на початку XXI століття інтенсивно розвивається соціальна екологія, яка не асоціюється з біологічними дисциплінами. Насправді, екологія — природнича наука, одна із біологічних дисциплін, яка вивчає систему взаємовідносин організмів, їх груп та вплив умов довкілля. Деякі вчені стверджують, що екологія — не суто біологічна наука, а синтез соціальних, технічних, медичних, військових, фізичних та інших наук. Філософія екології (мета-екологія) вийшла на якісно новий рівень теоретичних досліджень соціальної екології — визначення сутності буття ноосфери, аспектів пізнання проблем взаємин живих організмів із довкіллям. Але в будь-якому разі екологічні дослідження спрямовуються на вивчення стану організмів та їх взаємин із довкіллям, не залежно від деталізації напряму сфери аналізу, міждисциплінарних зв'язків. За Н.Ф. Реймерсом [2] навколишнє (зовнішнє) середовище — сили і явища природи, її речовина та простір, будь-яка діяльність людини, що містяться зовні об'єкта або суб'єкта, які розглядаються, але не обов'язково безпосередньо з ним контактують. Сюди входить і духовно-культурне середовище, соціальна екологія. Сучасна екологія дедалі частіше розглядається не як наука, а як філософія світосприйняття і глибинний аналіз дилеми: «Що важливіше: збереження людства чи природи?» Дуже часто серед широкого загалу помилково трактують екологію як охорону природи, і навпаки. «Екорозвиток, погана екологія, екологізація» — терміни, які важко назвати коректними в науковому вимірі. Екологія духу, культури фактично дублюють соціологію. Позабіологічні питання екології філософи спробували висвітлити в метаекології, або філософії екології, об'єднавши важливі природничі та соціологічні аспекти. Аутоекологія, дем-екологія, синекологія, біогеоценологія, біосферологія, глобальна екологія: у цій схемі можна розглядати і людину як біологічний вид, а суспільство як популяцію і антропо-екосистеми (глобально — екологія людини, локально — соціальна екологія). Загальний цикл прикладних галузевих наук про

охорону природи і середовищ існування (екосозологія, інвайронментологія), окрім власне охорони біо- та георізнманіння, має соціальне та економічне значення для людства. Екологія належить до тих природничих дисциплін, які мають відігравати особливу роль у створенні основ охорони природи і раціонального природокористування. Охорону природи (созологію) та охорону середовища (середовищелогію) Н.Ф. Реймерс пропонує об'єднати в один цикл — «натурологію» [2]. Але цей термін, фактично, відповідає суті «природознавства» і є тотожним фізичній географії. Польський еколог П. Троян виділяє три передумови розв'язання проблеми охорони природи: екосистеми, екологічні закони, екологічні методи. З огляду на це, можна виділити три напрями в охороні природи: 1) охорона середовища життя на Землі, 2) охорона середовища життя людини, 3) охорона антропогенного середовища. Останнім часом, окрім збереження біорізноманіття *in-situ* (у природі), стало актуальним — *ex-situ* (у штучно створеному середовищі). Постала проблема генетичного банку сільськогосподарських культур, оскільки через глобальну продовольчу проблему важливими є збереження агробіорізноманіття, розвиток органічного землеробства, отримання санітарно-гігієнічно безпечної, не генетично модифікованої агропродукції.

Онтологія (від грецького *ontos* — існуюче, сутнісне і *logos* — поняття, слово) як метафізичне вчення про буття, про першоджерела всього існуючого дає можливість визначити закономірності розвитку екосозології. Пояснення основних принципів подальших першочергових досліджень і обґрунтування природоохоронних заходів передбачає конструктивний аналіз термінів і понять екосозології як міждисциплінарної науки. Розглянемо окремі терміни, визначення понять, предмет досліджень та історію розвитку цієї важливої науки. Раніше термін «охорона природи» трактували як систему практичних заходів і галузь науки («охорона природи» — Шапошніков, 1959, Лаптев, 1964 р., «натурсоціологія» — За-

белін, 1963 р., «созологія» — Michajlow, 1975, Goetel, 1966, Dolega, 2006). Природокористування вивчає практичну діяльність суспільства у використанні природи та коригує управління процесом. Отже, вдосконалення менеджменту екосистем є необхідним для реалізації принципу раціонального природокористування, охорони природи в процесі її використання або гармонійного співіснування різних видів. Одним із важливих принципів збереження геосистем є охорона природи повсюдно, а не окремих природних об'єктів (заповідників, заказників). Охорона природи — система заходів підтримання раціональної взаємодії між діяльністю людини і довкілля, а з іншого боку, комплексна дисципліна, що розробляє загальні принципи і методи збереження і відновлення природних ресурсів. Вперше запропонував і описав термін «созологія» польський вчений В. Міхайлов [7]. Термін «созологія» (*sozologia* або *soziologia*, від давньогрецького *sodzein, sodzi* — охороняти і новогрецького — рятувати) є близьким за змістом до німецького *natur schutzi* і не відповідає англійському терміну *nature conservation*, що означає «пасивна охорона». Предметом созології можна вважати вивчення, інвентаризацію, опис біосфери і її компонентів (через призму біогеографії, систематики, ценології, флористики, екології, ландшафтознавства тощо) та їх збереження (охорони) і захисту (за необхідності відновлення), а також розробку теоретичних і методологічних підходів до виконання конкретних завдань і вжиття практичних заходів. У межах геосозології (комплексу наук) виділяють екосозологію людини, фітосозологію, зоосозологію, гідросозологію, созологію ґрунтів, космосозологію тощо. Созологічну біосферологію (Шеляг-Сосонко, Попович, 1997) розрізняють як комплексну науку із її структурними компонентами. Детальні дослідження різних груп і рівнів організації біоти з метою їх охорони в майбутньому будуть диференціюватись для більшої достовірності наукових результатів та оптимізації практичного використання методології охорони довкілля. Екосозологія — наука,

що утворилася внаслідок поділу екології на різні напрями, у т.ч. природоохоронний. Раніше охорона природи розглядалася лише як система заходів прикладного характеру. Оптимізація процесів природокористування, запобігання небажаним впливам довкілля на людину, їх ліквідація, тобто вжиття заходів санітарно-гігієнічного, технічного характеру; санітарна охорона повітряного простору (зокрема, населених пунктів), захист від полутантів, боротьба з впливом радіоактивних речовин, розробка граничнодопустимих концентрацій токсичних речовин на організм людини — все це підкріплено законодавчою базою. У такий спосіб було сформовано антропоцентричну модель охорони довкілля, чим займається інвайронменталістика (прикладна складова інвайронментології), де значна увага приділяється питанням техносфери, розвитку промисловості, забруднення відходами виробництв, безпеки агровиробництва. Екосозологія має інші завдання і визначає екоцентричну парадигму (біоцентричний підхід) охорони навколишнього природного середовища. Екосозологія — наука про охорону природи, яка є комплексною дисципліною, що розробляє загальні методи і принципи збереження та відновлення природних ресурсів. Созотехніка — практика охорони природи і формування середовища існування людини із урахуванням законів природи і суспільного розвитку. Наукові засади созології вперше в Україні сформулював С.М. Стойко (1966, 1980 рр.), розвиваючи ідеї польського геолога В. Гойтеля [6, 9]. Нагадаємо, що вперше термін «созологія» у науковий обіг впровадив польський вчений В. Михайлов (1959 р.), тобто набагато раніше, ніж В. Гойтель (1971 р.) [7]. Термін «інвайронменталістика» розуміють як аналіз стану середовища, екомоніторинг, охорону навколишнього природного середовища, технічні проблеми безпеки довкілля. На нашу думку, коректнішим є використання терміна «екосозологія», а не «созологія», що відповідає першоджерелам його введення і широкому обігу у наукових колах. «Созологія» — це термін, що не конкретизує об'єкт,

а визначає лише предмет — охорону, а охороняти можна багато чого. Додаткова частина терміна «еко» (від грецького *oikos* — обійстя, житло, батьківщина) розкриває сутність об'єкта досліджень — довкілля, навколишнє природне середовище. Предметом екосозології є наукові дослідження аспектів охорони довкілля та збереження природи. Отже, лаконічна дефініція терміна є такою: екосозологія (від грецького *oikos* — довкілля, *sozo* — охороняю, *logos* — вчення) — наука про охорону навколишнього середовища та збереження природи. Інвайронментологія (від англійського *environment* — середовище і грецького *logos* — вчення, наука) дещо інше, більш антропоцентричне поняття, ніж екосозологія. Це — вчення про функціонально цілісне навколишнє середовище існування еколого-соціально-економічних систем (Голубець, 2010). Воно переплітається із природокористуванням, природознавством, географією, визначенням безпеки існування, насамперед для людини. Середовище визначають як сукупність абіотичних і біотичних чинників, що впливають на організм. Натомість екосозологія ставить за мету досліджувати проблематику збереження та охорони природи і довкілля з урахуванням людської діяльності та природоцентричних пріоритетів. Умови середовища, існування наука інвайронментологія здебільшого вивчає для потреб суспільства. Для цього проводиться санітарно-гігієнічний контроль, моніторинг техногенного забруднення, встановлюються гранично допустимі норми викидів полутантів. Екосозологічні дослідження спрямовуються переважно на природо-заповідну справу, охорону природних екосистем, моніторинг стану біосфери. Коротко, інвайронментологія акцентує увагу на охороні довкілля для безпеки людини, а екосозологія — на охороні довкілля від її діяльності. В інвайронметології визначальним є диференційований підхід до охорони (моніторинг стану ґрунтів, вод, повітря, санітарно-гігієнічний контроль, радіаційний моніторинг тощо), а в екосозології — інтегрований (охорона ландшафтів, збереження біо- та георізноманіття).

У розробку наукових основ екосозології, середовищезнавства вагомий внесок зробили українські вчені: В.І. Талієв, В.І. Вернадський, Й.К. Пачоський, А.А. Яната, Б.І. Чернишов, П.С. Погребняк, Є.М. Брадів, С.М. Стойко, М.А. Голубець, Ю.Р. Шеляг-Сосонко, Т.Л. Андрієнко, Я.П. Дідух та ін. Теоретико-методологічними аспектами та прикладними завданнями екосозології, інвайронментології в Інституті агроєкології і природоохоронного НААН займаються співробітники лабораторії гідроєкології (завідувач — д-р с.-г. наук Т.М. Єгорова), лабораторії агролісомеліорації та лісових екосистем (завідувач — канд. с.-г. наук П.В. Маціборук), відділу охорони ландшафтів, збереження біорізноманіття і природозаповідання (завідувач — д-р біол. наук В.В. Коніщук), які виконують фундаментальні, прикладні, пошукові теми досліджень. У різні періоди за науково-дослідними темами відділу виконавцями робіт були відомі вчені: д-р екон. і с.-г. наук, проф. академік НААН О.І. Фурдичко, д-р с.-г. наук, проф., академік НААН І.В. Гриник, д-р біол. наук, проф., член-кор. НААН О.І. Бондар, д-р с.-г. наук, проф. В.В. Лавров, д-р с.-г. наук В.П. Ландін, д-р с.-г. наук А.П. Стадник, д-р с.-г. наук М.Д. Кучма, канд. с.-г. наук Р.Р. Возняк, канд. с.-г. наук А.М. Бобко, канд. с.-г. наук В.К. Коновальчук та ін. Були сформовані наукові школи: лісівництва та агролісомеліорації, екології гідро-екосистем (водно-болотних угідь, торфо- і болотознавства), екосозології. Природоохоронні (екосозологічні) аспекти є основою всіх наукових напрямів відділу. Їх виконанню сприяють договори про співпрацю із Державним агентством лісових ресурсів, природними заповідниками, національними природними парками, Міністерством екології та природних ресурсів України, а також кураторство Дослідної станції лікарських рослин, найдавнішого в Україні біосферного заповідника «Асканія-Нова» імені Ф.Е. Фальц-Фейна НААН. Із 2016–2017 рр. у відділі виконуються завдання фундаментального дослідження «Впровадження пан'європейської інтегрованої системи еко-

логічного менеджменту агроландшафтів та збереження біорізноманіття в Україні»; прикладного — «Оптимізація полезахисних лісових смуг агроландшафтів в умовах змін клімату»; пошукових: «Розробити наукові основи оцінки сучасного стану та збалансованого використання торфових покладів України відповідно до нормативів ЄС»; «Екологічна оцінка сучасного стану мисливської фауни агроценозів Лісостепу України»; «Розробити критерії техногенної деформації біогеохімічних ланцюгів поживних мікроелементів у агроландшафтах»; «Визначити вуглецепоглиняльну та киснепродуктивну здатність захисних насаджень в різних природно-кліматичних зонах (Лісостеп, Українське Полісся». У відділі працюють над докторськими, кандидатськими дисертаційними роботами, аспірантам викладаються дисципліни навчально-методичних комплексів. Результати і пропозиції із питань екологічної політики співробітниками доповідались на Парламентських, Комітетських слуханнях Верховної Ради України. Представники відділу є членами спеціалізованих рад із захисту дисертацій, вчених рад науково-дослідних установ, заповідників, національних парків, Рамсарської ради України, науково-технічної ради Міністерства екології та природних ресурсів України тощо.

Реалізовано низку науково-дослідних, практичних проектів: «Вивчення процесів міграції і поведінки радіонуклідів у ланцюзі «грунт — рослина — тварина» та побудова математичних моделей для прогнозування радіоекологічної ситуації в екосистемах Українського Полісся» (2008 р.), «Розробка списку регіонально рідкісних, зникаючих видів тварин, які потребують охорони в Київській області», «Розробка списку регіонально рідкісних, зникаючих видів рослин і грибів, які потребують охорони в Київській області», «Обґрунтування збалансованого розвитку торфовидобувної галузі з урахуванням природоохоронних критеріїв (на прикладі державного підприємства Волиньторф)» (2011 р.), «Оцінка ентропії, гемеробії торфових екосистем і їх реабілітація (методичні рекомендації)»,

«Екологічна паспортизація боліт, торфовищ і осушених земель України», «Енциклопедичний довідник: Екологія водно-болотних і торфових угідь» (2012 р.). Дослідження були проведені у рамках виконання Програми № 1240 «Міжнародне співробітництво у сфері охорони навколишнього природного середовища, сприяння сталому розвитку, екологічній освіті та поширенню екологічної інформації» Міністерства охорони навколишнього природного середовища України (2009 р.); підготовки матеріалів Продромусу рослинності України за еколого-флористичною класифікацією Браун-Бланке в Інституті ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України (2009–2012 рр.), реалізації проекту «Палеоекологічні дослідження ветландів у контексті глобальних змін клімату» за фінансової підтримки Благодійного фонду Богдана Гаврилишина (2011–2012 рр.); підготовки програм Літопис природи об'єктів природно-заповідного фонду загальнодержавного значення, формування Пан'європейської екомережі в межах Поліського екокоридору (2000–2015 рр.). Проводиться робота з екологічної паспортизації водно-болотних угідь, обґрунтовується «Поліська екологічна конвенція». У відділі формується Торфосапропелетека, Гербарій. Ініційовано створення Чорнобильського біосферного, радіаційно-екологічного заповідника. Були виконані фундаментальні дослідження: «Методологічні основи збалансованого розвитку ландшафтів водно-болотних угідь і торфових екосистем» (2011–2015 рр.), прикладні дослідження: «Наукові основи управління рибними ресурсами України» (2011–2013 рр.), «Еколого-економічна оцінка іхтіофауни та гідрогелофітів гірлічок (Прип'ять, Тетерів, Уж) Чорнобильського заказника» (2014–2015 рр.). Також було розроблено торфоболотне районування Поліської підпровінції, лісомеліоративне районування території України за інтенсивністю водної, вітрової ерозії, визначено теоретико-методологічні основи агроекологічного районування України, у співавторстві з науковцями Інституту водних проблем і меліорації НААН розробле-

но «Водну стратегію України до 2025 р.». Науковими співробітниками підготовлено монографії, навчальні посібники, методичні рекомендації та вказівки, фахові статті, отримано авторські свідоцтва, патенти.

Укладено договори про науково-творчу співпрацю із провідними науково-дослідними установами, такими як Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, Інститут зоології ім. І.І. Шмальгаузена НАН України, Інститут водних проблем і меліорації НААН, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Налагоджено міжнародні контакти з Томським державним педагогічним університетом, лабораторією агроекології (м. Томськ), Інститутом експериментальної ботаніки ім. В.Ф. Купревіча НАН Білорусі (м. Мінськ), Геологічним інститутом Польської академії наук, департаментом моніторингу і оцінки підземних вод (м. Варшава), департаментом хімії довкілля Інституту сільськогосподарського і лісового середовища Польської академії наук (м. Познань), Інститутом ботаніки, лабораторією ландшафтно-екології (м. Вільнюс). Підтримуються зв'язки з неурядовими організаціями, громадськими радами Державного агентства лісових ресурсів України, Міністерства екології та природних ресурсів України.

ВИСНОВКИ

Проаналізувавши онтологічні аспекти екосозології, інвайронментології загалом та розробки з цієї тематики в Інституті агро-екології і природокористування НААН, можна стверджувати, що гомеостаз, екобаланс в довкіллі залежать від непорушних функцій природних систем, забезпечення основних екологічних процесів і життєвості біогеосистем, а також від збереження різноманіття життєвих форм, раціонального природокористування, на що, власне, і зорієнтована екосозологія. Перетворення та інтенсивне використання природи в умовах швидкого розвитку промисловості та інших галузей економіки негативно

вплинули на збереження навколишнього природного середовища. Природа для людини як частини біоти у глобальній екосистемі є не лише середовищем життя, базою засобів існування, а й джерелом пізнання, естетики, почуттів, інших нематеріальних духовних цінностей. Соціальні та екологічні аспекти взаємодії суспільства і природи слід розглядати в соціоекологічному і екосонологічному напрямках системно. Щодо інвайронментології та впливу на геохімічні, екологічні процеси, то підхід має ґрунтуватися на збалансованому розвитку біосфери — найуразливішої оболонки планети і людства — як важливої компоненти у перетворенні речовини та енергії, а також геосфери загалом. Емпірична, соціальна, філософська і системна складові поняття екосонології переплітаються з більшістю природничих наук із своєю специфікою постійного моніторингу, прогнозування та ноосферного світосприйняття. Екосонологія на сучасному етапі є важливою наукою, яка динамічно розвивається і має пріоритет фундаментальних, прикладних екологічних досліджень. В Україні перспектив-

ними дослідженнями повинні стати основи вдосконалення екологічної паспортизації, аудиту, моніторингу, експертизи. Нині потребує реформування природоохоронна служба Міністерства екології та природних ресурсів України, сільськогосподарська інспекція Міністерства аграрної політики та продовольства України. Також необхідно вдосконалити ведення екологічної паспортизації областей, підготовку Національної доповіді про стан довкілля. У Національну комісію Червоної книги України доцільно ввести науковців Національної академії аграрних наук України, адже понад 50% об'єктів природно-заповідного фонду входить до лісового фонду, агросфери. Доцільно ефективніше впроваджувати дисципліни з екосонології та інвайронментології у навчальні процеси, видати нові посібники, підручники. Імплементация екосонологічної концепції екоцентризму у прогресивні, екобезпечні технології та сучасне становлення середовищезнавства фактично визначають збалансований, гармонійний розвиток системи геOVERSUMU.

ЛІТЕРАТУРА

1. Голубець М.А. Середовищезнавство (інвайронментологія) / М.А. Голубець. — Львів: Компанія «Манускрипт», 2010. — 176 с.
2. Реймерс Н.Ф. Словарь терминов и понятий, связанных с охраной живой природы / Н.Ф. Реймерс, А.В. Яблоков. — М.: Наука, 1982. — 144 с.
3. Ситник К.М. Інвайронментальна криза: оцінки, розвиток, можливі наслідки / К.М. Ситник // Укр. ботан. журн. — 1994. — Вип. 51, № 6. — С. 5–16.
4. Chiras D.D. Environmental Science: Action for a Sustainable Future / D.D. Chiras. — Amsterdam; Bonn; Madrid; San Juan, 1991. — 549 p.
5. Dołęga J.M. Sozologia systemowa — dyscyplina naukowa XXI wieku / J.M. Dołęga // Problemy ekorozwoju. — 2006, Vol. 1, No. 2. — S. 11–23.
6. Goetel W. Sozologia — nauka o ochronie przyrody i jej zasoby / W. Goetel // Kosmos. — 1966. — Z. 5. — S. 473–482.
7. Michajłow W. Sozologia ta problemy srodowiska życia człowieka / W. Michajłow. — Warszawa, 1975. — 50 s.
8. Основы альгосонологии / Отв. ред. Н.В. Кондратьева, П.М. Царенко. — К., 2008. — 480 с.
9. Стойко С.М. Нова галузь науки — охорона біосфери та її завдання на Україні / С.М. Стойко // Вісник АН УРСР. — 1973. — № 7. — С. 83–91.
10. Туниця Ю.Ю. Екологічна Конституція Землі. Ідея. Концепція. Проблема / Ю.Ю. Туниця. — Львів: центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2002. — 298 с.

REFERENCES

1. Holubets', M.A. (2010). *Seredovysheznaustvo (in-vayronmentolohiya)* [Environmentalology]. — L'viv: Kompaniya «Manuskrypt» [in Ukrainian].
2. Reymers, N.F., Yablokov, A.V. (1982). *Slovar' terminov u ponyatyy, svyazannykh s okhranoy zhyvoy pryrody* [Dictionary term and notion, in accordance with guard of the alive nature]. — Moscow: Nauka [in Russian].
3. Sytnyk, K.M. (1994). *Ivayronmental'na kryza: ot-sinky, rozvytok, mozhyvi naslidky* [Environmentalology crisis: estimations, development, possible consequences]. *Ukr. botan. zhurn. — Ukrainian Botanical Journal*, 51, 6, 5–16 [in Ukrainian].
4. Chiras, D.D. (1991). *Environmental Science: Action for a Sustainable Future*. — Amsterdam; Bonn; Madrid; San Juan. — 549 p. [in English].

5. Dołęga, J.M. (2006). Sozologia systemowa — dyscyplina naukowa XXI wieku [Systemic sciences — the discipline of the 21st century]. *Problemy ekorozwoju — Ecodevelopment problems*, 1, 2, 11–23 [in Polish].
6. Goetel, W. (1966). Sozologia — nauka o ochronie przyrody i jej zasobyw [Sozologia — science about the protection of nature and its resources]. *Kosmos — Cosmos*, 5, 473–482 [in Polish].
7. Michajiw, W. (1975). *Sozologia ta problemy srodowiska zycia czlowieka [Sozologia these problems of the environment of human life]*. Warszawa [in Polish].
8. Kondrat'eva, N.V., Tsarenko, P.M. (Ed.). (2008). *Osnovy al'hosozologii [Bases of algosozology]*. Kyiv [in Russian].
9. Stoyko, S.M. (1973). Nova haluz' nauky — okhona biosfery ta yiyi zavdannya na Ukrayini [New branch of the science — a guard biosphere and its tasks in Ukraine]. *Visnyk AN URSSR — Journal of the Academy of Sciences of the USSR*, 7, 83–91 [in Ukrainian].
10. Tunytsya, Yu.Yu. (2002). *Ekolohichna Konstytutsiya Zemli. Ideya. Kontseptsiya. Problema [The Ecological Constitution of the Earth. The Idea. The Concept. The Problem.]*. L'viv: Vydav. tsentr LNU im. Ivana Franka [in Ukrainian].

УДК 631.95:577.391

СТАНОВЛЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ РАДІОЕКОЛОГІЇ В УКРАЇНІ: ЕТАПИ РОЗВИТКУ, ДОСЯГНЕННЯ, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ

І.М. Гудков

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Розглянуто етапи становлення й розвитку радіоекології та її галузі — сільськогосподарської радіоекології. Сформульовано проблеми, що постали перед радіоекологією після аварії на Чорнобильській АЕС, зокрема у теперішній, віддалений від неї час.

Ключові слова: радіоекологія, сільськогосподарська радіоекологія, аварія на Чорнобильській АЕС, проблеми, завдання.

Радіоекологія — це напрям радіобіології (хоча може вже й окрема наука), що вивчає концентрації та поведження (розподіл, міграцію, кругообіг) радіоактивних речовин у навколишньому природному середовищі та дію їх іонізуючого випромінювання на живі організми. Її галузь — сільськогосподарська радіоекологія — звужує середовище до об'єктів сільськогосподарського спрямування, а живі організми — до сільськогосподарських рослин і тварин та агроценозів.

Прерогативою радіоекології, як правило, є зовсім незначні потужності хронічного опромінення організмів іонізуючим

випромінюванням радіаційного фону, а також унаслідок забруднення біосфери природними і штучними радіонуклідами. Проте багато рослин і тварин можуть нагромаджувати в життєво важливих органах значну кількість радіоактивних речовин, що спричиняє істотне внутрішнє опромінення організму. Впливаючи на генетичний апарат, додаткове опромінення зумовлює зростання темпів мінливості клітин і всього організму. Вищі дози можуть знижувати їх життєздатність, і навіть спричиняти загибель найбільш чутливих до іонізуючих випромінювань видів, і зрештою змінювати структуру біоценозів та збіднювати їх міжвидові взаємовідношення.

У становленні та розвитку радіоекології можна виокремити чотири етапи, хоча пе-

ріодизація її історії є доволі спірною [1–3]. *Перший етап — початок 1930–1945 рр.* Існують підстави вважати, що у витоків радіоекології, яка виникла на стику радіобіології та екології, стояв великий вчений — перший президент Академії наук України В.І. Вернадський [4]. Саме під його керівництвом у Біогеохімічній лабораторії АН СРСР були виконані піонерні дослідження з накопичення важких природних радіонуклідів рослинами і тваринами та закладені основи вивчення їх міграції у різних об'єктах навколишнього природного середовища. У цій лабораторії вперше були проведені дослідження з біологічної дії інкорпорованих природних радіоактивних елементів, зокрема урану і радію, на організми рослин і тварин [5–7]. Вже тоді особлива увага приділялася можливій їх генетичній дії. Саме науковий співробітник цієї лабораторії О.О. Передельський, а також видатний російський радіобіолог і радіоеколог О.М. Кузін [8], водночас і незалежно з відомим американським екологом і радіоекологом Ю.П. Одумом [9], у 1956–1957 рр. запропонували термін «радіоекологія» для назви нового напрямку у науці, що був визнаний у всьому світі і став її офіційною назвою.

Другий етап — 1945–1963 рр. Це був період масових випробувань атомної зброї, що розпочався першим вибухом у штаті Нью-Мексика (США), другим і третім у містах Хіросіма і Нагасакі (Японія) та іншими, пізніше підхопленими Радянським Союзом, Великою Британією, Францією. Тоді були здійснені великомасштабні роботи з вивчення процесів міграції та надходження в живі організми штучних радіонуклідів — продуктів поділу урану і плутонію. Саме у цей період виникло окреме відгалуження радіоекології — сільськогосподарська радіоекологія, основним завданням якої стало вивчення концентрації та міграції радіонуклідів у об'єктах сільського господарства та впливу їх іонізуючих випромінювань на сільськогосподарські рослини та худобу.

Цей час позначився також низкою крупних радіаційних аварій на підприєм-

ствах ядерного паливного циклу: на АЕС у м. Чок-Ривер (Канада, 1954 р. — 5 балів за шкалою INIS), на сховищі радіоактивних відходів радіохімічного заводу «Маяк» на Південному Уралі (Радянський Союз, 1957 р. — 6 балів), на АЕС «Віндскейл» (Велика Британія, 1957 р. — 5 балів) та іншими, внаслідок чого значні території зазнали радіоактивного забруднення. Якщо випробування атомної зброї відбувалося у заздалегідь відведених місцях, то аварії були несподіваними, непередбаченими, іноді з непоправними катастрофічними наслідками, згубна дія яких проявляється впродовж багатьох десятиліть. Це стимулювало розширення і поглиблення наукових досліджень у галузі радіоекології, у т.ч. і сільськогосподарського спрямування.

Так, 5 серпня 1963 р. у Москві між урядами СРСР, США і Великої Британії був підписаний Договір про заборону на випробування атомної зброї в атмосфері, у космічному просторі та під водою (Московський договір), за винятком підземних ядерних вибухів, що унеможливило її вдосконалення. Упродовж двох наступних місяців договір підписали 107 держав, серед яких не було Франції і Китаю. Втім через деякий час вони стали додержуватися умов цього договору. Останні три випробування здійснила КНДР у 2006–2013 рр.

Третій етап — 1963–1986 рр. — період, коли основні проблеми радіоекології були присвячені екологічним аспектам безпеки використання ядерної енергетики і застосування радіаційних технологій у різних сферах господарювання, у т.ч. і сільському господарстві. На цьому етапі остаточно були сформульовані основні її завдання:

- виявлення територій суші і акваторій з підвищенням умістом радіонуклідів;

- дослідження шляхів міграції радіонуклідів харчовими ланцюгами, і насамперед у ланці «грунт — рослина — тварина — людина», з метою припинення чи послаблення екологічних зв'язків на будь-якій її ділянці;

- прогнозування поведінки радіонуклідів у навколишньому природному се-

редовищі і оцінка дозових навантажень на живі об'єкти.

26 квітня 1986 р. — час аварії на Чорнобильській АЕС — з усіма підставами можна вважати завершенням третього етапу і початком нового, четвертого, який триває дотепер. Ця дата взагалі розділила історію радіоекології на «чорнобильський» і «післячорнобильський» періоди [10].

Системні науково поставлені радіоекологічні дослідження в Україні були розпочаті тільки на другому етапі. Україна пишається тим, що український вчений Г.Г. Полікарпов є засновником абсолютно нового напрямку — морської радіоекології. В лабораторії радіоекології Інституту біології південних морів (до 1963 р. — Севастопольська біологічна станція ім. О.О. Ковалевського) під його керівництвом уперше були проведені масштабні дослідження з міграції природних і штучних радіонуклідів у морських гідросистемах Світового океану, їх нагромадження в окремих компонентах гідробіосистем та з біологічної дії на гідробіоти. Ці дослідження одержали високу оцінку з боку світової наукової громадськості, а практичні радіаційно-гігієнічні рекомендації відіграли важливу роль під час підписання у 1963 р. згаданого Московського договору про заборону ядерних випробувань у трьох середовищах, у т.ч. і під водою. Фундаментальні роботи Г.Г. Полікарпова та його співробітників «Радиоэкология морских организмов» [11], «Радиохемозкология Черного моря» [12] та інші визнано в усьому світі. Свідченням цього є й те, що Г.Г. Полікарпову у 1965 р. було доручено організацію відділу радіоекології в Інституті океанології (Куба), а в 1975–1979 рр. — керівництво секцією в Міжнародній лабораторії морської радіоактивності МАГАТЕ (Монако).

Одним з ініціаторів проведення в Україні широким систематичним радіоекологічним досліджень був видатний агрохімік і фізіолог рослин П.А. Власюк. В Інституті фізіології рослин АН УРСР, який він тоді очолював, у 1950–1960 рр. під безпосереднім керівництвом Д.М. Гродзинського були розгорнуті широкомасштабні роботи з ви-

вчення природної радіоактивності ґрунтів, рослин, насамперед сільськогосподарських культур, повітря, води на території країни. У процесі досліджень особливо ретельно було вивчено радіоактивність ґрунтів усіх ґрунтово-кліматичних зон, оцінено вміст основних дозоутворювальних природних радіоактивних елементів урану, торію, радію, радону, радіоактивного ізотопу калію та деяких інших. На підставі цих даних були створені карти вмісту основних природних радіонуклідів у ґрунтах України, на яких були виділені провінції з підвищеною радіоактивністю ґрунтів та сільськогосподарських угідь у Черкаській, Вінницькій, Київській, Житомирській, Запорозькій, Кіровоградській областях, що зумовлено, як правило, виходом на поверхню підстильних корінних порід — гранітів. Було встановлено радіоактивність рослин різного таксономічного походження, сформульовано теоретичні підходи до визначення впливу природної радіоактивності на розвиток і формування фітоценозів. Результати цих досліджень були узагальнені у фундаментальній монографії Д.М. Гродзинського «Естественная радиоактивность растений и почв» [13], що й досі залишається важливим документальним свідченням ситуації щодо рівня вмісту природних радіонуклідів у окремих компонентах природного середовища до періоду масового промислового видобутку урану на території України.

Автору цих рядків, у ті роки аспіранту П.А. Власюка і Д.М. Гродзинського, разом з іншими співробітниками відділу біофізики і радіобіології Інституту фізіології рослин АН УРСР довелося брати участь в роботі експедицій з обстеження і визначення рівнів природної радіоактивності на території Українських Карпат, Закарпаття, Прикарпаття та деяких інших регіонів України. Оцінюючи свій вельми скромний внесок як різнороба у ці дослідження, причетність до них назавжди залишилась яскравою подією, якою були відзначені перші кроки у сільськогосподарській радіоекології.

Без перебільшення можна вважати, що це були піонерні дослідження, що вписувалися у сферу сільськогосподарської радіо-

екології, а П.А. Власюка і Д.М. Гродзинського, які увійшли в історію біологічної науки нашої країни як відомі вчені, засновниками і сільськогосподарської радіоекології в Україні.

Паралельно у ці роки в Інституті фізіології ім. О.О. Богомольця АН УРСР під керівництвом А.І. Даниленка проводились роботи з вивчення природної бета-активності ґрунтів, рослин, сільськогосподарських тварин і людини, обумовленої, переважно, бета-випромінюванням природного радіоактивного ізотопу ^{40}K . Невеликою групою дослідників була оцінена радіоактивність тисяч зразків з території України. Основна мета цих досліджень зводилася до розв'язання проблеми нормування і визначення гранично допустимої інтенсивності іонізуючої радіації для людини, вияснення фізіологічної ролі і біологічної дії на людину природних радіоактивних нуклідів. Одержаний матеріал пізніше узагальнено у книзі «Природная бета-радиоактивность растений, животных и человека» [14], що є суттєвим внеском у розвиток вітчизняної радіоекології, зокрема, її сільськогосподарський напрям.

Мусимо констатувати, що незважаючи на масштабні роботи з вивчення поведінки у навколишньому природному середовищі штучних радіонуклідів — продуктів поділу урану і плутонію внаслідок випробувань атомної зброї, що розгорнулися в усьому світі, в Україні такі роботи, на відміну від Росії, майже не проводилися. Безперечно, підстав для проведення великомасштабних досліджень у цьому напрямі у російських радіоекологів було достатньо, адже на території країни були збудовані і діяли величезні полігони з випробувань атомної зброї: Новоземельський полігон, де-факто російський Семіпалатинський полігон у степах Казахстану, та деякі інші на просторах її азіатської частини. У 1957 р. саме на території Росії сталася вже згадана найбільша на той час радіаційна аварія на Південному Уралі — відома як Киштимська аварія, внаслідок якої зазнали радіонуклідного забруднення значні території сільськогосподарських і лісних угідь. На

них в умовах цілковитої секретності проводили дослідження у галузі сільськогосподарської радіоекології російські вчені. Іноді фрагменти їх робіт доповідались на відкритих наукових конференціях, друкувались у доступних наукових виданнях. Але ані слова про радіаційні інциденти, місце проведення досліджень — фігурували якісь «експериментальні поля», «дослідні ділянки». Адже й про саму Киштимську аварію широка громадськість дізналася лише на початку 1990-х років.

Саме тоді керівником досліджень у галузі сільськогосподарської радіоекології, засновником її у світовому масштабі В.М. Клечковським була сформульована головна парадигма цього напрямку радіоекології, згідно з якою ареал, де спостерігаються видимі зміни природних і сільськогосподарських угруповань рослин і тварин радіаційної природи, є істотно меншим, ніж площа, на котрій обмежується діяльність людини або вона забороняється взагалі, оскільки концентрації радіонуклідів на об'єктах навколишнього природного середовища перевищують допустимі рівні [15]. Це припущення і визначило головний напрям досліджень у сільськогосподарській радіоекології.

Фундаментальні дослідження про міграцію штучних радіонуклідів, що випали внаслідок випробувань атомної зброї, були проведені на території України групою російських вчених з Інституту біофізики МОЗ СРСР за участю українських колег під керівництвом О.М. Марєя у 1957–1967 рр. Результати досліджень свідчили, що за однакової структури харчування населення України основний внесок ^{137}Cs і ^{90}Sr (близько 90%) у раціон жителів Полісся, особливо сільських мешканців, спричинено споживанням молока. Це зумовлено високим рівнем переходу цих радіонуклідів з бідних на ґрунтово-вбирний комплекс і мінеральні елементи, до того ж кислих дерново-підзолистих та торфоболотних ґрунтів цього регіону, в кормові рослини [16]. Одержані більш як за 20 років до аварії на Чорнобильській АЕС закономірності міграції цих радіонуклідів були повністю

підтверджені дослідженнями радіоекологів у післяаварійний період.

Здавалося б, що ці роботи, будівництво на території України п'ятих атомних електростанцій, що розпочалося на початку 70-х років (1970 р. — Чорнобильська АЕС, 1973 р. — Рівненська, 1975 р. — Південно-українська, 1981 р. — Запорізька і Хмельницька АЕС) і які були введені в дію вже наприкінці 1970-х — початку 1980-х років, мало б стимулювати розвиток робіт у галузі сільськогосподарської радіоекології. Адже на той час вже добре було відомо, що внаслідок ядерних і радіаційних інцидентів насамперед уражується (зазнає радіонуклідного забруднення) сільськогосподарська сфера, і продукція рослинництва та тваринництва стає основним джерелом формування дози опромінення іонізуючою радіацією широких верств населення. Але, на превеликий жаль, цього не сталося. І хоча роботи з вивчення міграції продуктів поділу урану та їх надходження в організм людини проводилися у деяких установах, систематичних досліджень у галузі їх переходу з ґрунту в сільськогосподарські рослини, надходження в продукцію рослинництва і тваринництва, розробки засобів запобігання накопиченню майже не було. В Україні не було і наукової установи, яка могла займатися проблемами сільськогосподарської радіоекології, не було навіть підрозділу на рівні лабораторії, відділу, групи, де б проводилися такі дослідження. Саме тому аварія на Чорнобильській АЕС знезапечно застала радіобіологів і радіоекологів України — власних кадрів, фахівців у цьому глибоко специфічному напрямі радіоекології в країні не було.

А масштаби аварії були вражаючими. Регіон аварії охопив величезну площу. Тільки обмежена ізолірована щільності забруднення ^{137}Cs на рівні 37 кБк/м^2 (1 Ки/км^2) становила понад 150 тис. км^2 , або 4% від території колишнього СРСР (в Україні — 53,5 тис. км^2 і 9% відповідно), а це — 6,5 млн га сільськогосподарських угідь (в Україні — 1,13), 4,2 млн га лісів (в Україні — 1,21), розгалужена система річок та озер, близько 6 тис. населених пунктів

(в Україні — 2293), у яких мешкає й досі понад 6 млн осіб (в Україні — понад 2,3). Тобто це — один з найбільше заселених регіонів тодішнього СРСР.

За низкою аргументів аварія була названа сільськогосподарською, зокрема [17]:

- основна господарча спрямованість регіону аварії — аграрне виробництво;
- близько 70% населення, яке мешкає у регіоні, становлять сільські жителі;
- сільськогосподарська продукція, одержана на забруднених радіонуклідами угіддях, є одним з основних, а нерідко й домінуючим джерелом опромінення людини іонізуючою радіацією;
- дози опромінення сільського населення є значно вищими порівняно з мешканцями міст, що зумовлено специфічним «сільським типом харчування»;
- мінімізація наслідків аварії у сільськогосподарській сфері, у т.ч. за допомогою вжиття радіозахисних заходів, або контрзаходів, на забруднених радіонуклідами територіях, є одним з основних елементів системи радіаційної безпеки населення країни.

Утім, з перших днів після аварії потужний колектив співробітників відділу біофізики та радіобіології Інституту фізіології рослин АН УРСР під керівництвом Д.М. Гродзинського, кардинально змінивши напрям своїх наукових досліджень одним з перших розпочав вивчення її наслідків у фіто- і агроценозах. Були отримані унікальні результати про характер транспорту і розподілу радіонуклідів за їх надходження в рослини, описані різні радіобіологічні ефекти інкорпорованих радіонуклідів, створені математичні моделі, що дають змогу прогнозувати радіологічну ситуацію у сфері рослинництва у наступні роки. Результати цих робіт висвітлено у колективних монографіях: «Антропогенная радионуклидная аномалия и растения» [18], «Радіобіологічні ефекти хронічного опромінення рослин у зоні впливу Чорнобильської катастрофи» [19] та інших наукових працях.

Вже через місяць після аварії при Міністерстві сільського господарства Укра-

їни було організовано філіал Всесоюзного НДІ сільськогосподарської радіології (нині УкрНДІ сільськогосподарської радіології НУБіП України), колектив якої, очолюваний М.О. Лощовим (пізніше Б.С. Прістером, В.О. Кашпаровим), оперативно приступив до вивчення наслідків аварії в аграрній сфері.

У перші роки після аварії значну частку становили роботи, пов'язані безпосередньо з ліквідацією її наслідків у сільськогосподарській сфері. Оперативно були розроблені експрес-методи оцінки радіонуклідного забруднення сільськогосподарських угідь, проведені масштабні роботи з відбору та аналізу десятків тисяч зразків ґрунту, рослинності, продукції тваринництва, що надало змогу у найкоротші терміни обстежити всю територію України, провести картування забруднених угідь, оцінити радіоекологічну ситуацію у різних ґрунтово-кліматичних зонах країни і сферах сільськогосподарського виробництва, вивести з використання найбільш забруднені ділянки. Також були розроблені програми перепрофілювання господарств, розташованих на забруднених територіях, рекомендації з дезактивації присадибних ділянок. І вже на початку 1990-х років радіологічну ситуацію в сільськогосподарському виробництві України вдалося стабілізувати.

В Україні була широко розгорнута багатоцільова науково-дослідна програма «Сільськогосподарська радіологія», керівником якої був відомий український радіобіолог-радіоеколог Б.С. Прістер, котрий свого часу отримав практичний досвід з вивчення наслідків Киштимської аварії та їх мінімізації в аграрній сфері. Були сформульовані основні завдання, що постали перед вітчизняною сільськогосподарською радіоекологією і котрі згодом трансформувалися в окремі її напрям на довгі роки [20–22], зокрема:

- проведення комплексу методичних та експериментальних робіт з радіоекологічного моніторингу агробіоценозів, у т.ч. радіаційний контроль сільськогосподарської продукції забруднених територій та розробка рекомендацій щодо безпечного

і раціонального ведення сільського господарства в умовах радіоактивного забруднення;

- вивчення закономірностей міграції радіонуклідів «чорнобильського викиду» ланцюгом «ґрунт — рослини — корми — організм тварин» з метою дослідження шляхів надходження радіонуклідів у продукцію рослинництва і тваринництва, прогнозів можливого її забруднення, розробки та впровадження заходів, спрямованих на зниження забруднення продуктів харчування;

- вивчення впливу різних видів та доз добрив і меліорантів, а також комбінацій засобів обробки ґрунту і технологій застосування засобів хімізації на накопичення радіоактивних речовин в урожаї сільськогосподарських культур;

- розробка систем кормовиробництва в умовах забруднення природних кормових угідь і орних земель ^{137}Cs і ^{90}Sr як основи ведення тваринництва на забруднених територіях;

- розробка заходів з раціонального використання і переробки сільськогосподарської продукції;

- створення баз даних і систем підтримки та прийняття рішень у разі аварійних ситуацій;

- побудова моделей динаміки рухливості та біологічної доступності радіонуклідів залежно від фізико-хімічних форм випадіння і ґрунтово-кліматичних умов;

- реабілітація забруднених земель, розробка науково обґрунтованих заходів з метою повернення зони відчуження до господарського використання.

У перше післяаварійне десятиріччя в межах цієї програми і низки інших проєктів у широкій мережі науково-дослідних інститутів Національної академії аграрних наук України (тоді ПВ ВАСГНІЛ, УААН), Міністерства сільського господарства України, аграрних вищих навчальних закладів, серед яких достойне місце зайняв і Український філіал Центрального інституту агрохімічного обслуговування, на базі якого згодом був організований Інститут агроекології і природокористуван-

ня НААН, розгорнулися роботи в галузі сільськогосподарської радіоекології, спрямовані насамперед на вивчення і мінімізацію наслідків аварії в агропромисловому секторі країни. Було цілком очевидно, що продукція сільського господарства на довгі десятиліття, якщо не століття, стане основним джерелом формування додаткової дози опромінення людини. Це означало, що відповідальність за радіаційну безпеку населення фактично покладається на виробника цієї продукції — працівників сільського господарства.

У подальшому була розроблена концепція ведення сільськогосподарського виробництва на забрудненій території на віддалений після аварії період, програми реабілітації вилучених з землекористування територій. Для найбільш критичних населених пунктів розроблено технічні проекти, що гарантують одержання продукції відповідної якості за чинними вимогами.

На сьогодні в Україні головною науковою організацією, що займається питаннями ведення агропромислового виробництва на забруднених радіонуклідами територіях, залишається УкрНДІ сільськогосподарської радіології НУБіП України. Такі дослідження тривають в Інституті агроекології і природокористування НААН, Інституті сільського господарства Полісся НААН, деяких університетах, зокрема на кафедрі радіобіології та радіоекології НУБіП України, Житомирському національному агро-екологічному університеті, Національному університеті водного господарства та природокористування. На превеликий жаль, через низку об'єктивних чинників їх обсяги цілком невиправдано були скорочені. Безперечно, гострота проблем, пов'язаних з аварією на Чорнобильській АЕС у цей віддалений період значно зменшилася. Але не треба забувати, що на території України на чотирьох АЕС працюють 15 енергоблоків і низка підприємств з їх обслуговування; близько 200 атомних енергоблоків експлуатуються на АЕС в сусідніх з Україною державах західної і східної Європи. І як засвідчили наслідки найбільших радіацій-

них аварій, радіонукліди не знають кордонів.

Нині в Україні функціонує, може і не доволі задовільно, мережа радіоекологічного моніторингу, яка контролює радіологічну ситуацію в деяких сферах, у т.ч. і аграрній. Проводиться аналіз радіаційного стану в регіонах, що зазнали радіонуклідного забруднення, в деяких галузях виробництва, зокрема у сільськогосподарському, триває вивчення основних закономірностей міграції довгоживучих радіонуклідів на об'єктах довкілля, здійснюються роботи з безпечної організації ведення певних галузей, насамперед аграрного виробництва, в умовах забруднених радіонуклідами територій.

Насамкінець, основні завдання, які стоять перед сільськогосподарською радіоекологією на сучасному, віддаленому після аварії на Чорнобильській АЕС етапі, і потребують виконання, можна звести до таких:

- широкий систематичний радіоекологічний моніторинг сфери сільського господарства, який включає оцінку вмісту основних дозоутворювальних штучних радіонуклідів у його об'єктах: ґрунтах, водоймах, сільськогосподарських угіддях, продукції рослинництва і тваринництва;
- вивчення особливостей міграції радіонуклідів у ґрунтах різних типів у ланці «ґрунт — сільськогосподарські рослини — сільськогосподарські тварини — людина» з наступною кількісною оцінкою накопичення радіонуклідів у кожній ланці трофічних ланцюгів;
- дослідження особливостей формування поглинених доз іонізуючої радіації в сільськогосподарських рослинах, організмі сільськогосподарських тварин унаслідок внутрішнього опромінення інкорпорованих радіонуклідів, а також їх біологічної дії на певні їх види і агроценози;
- розробка заходів з мінімізації накопичення радіонуклідів у продукції рослинництва і тваринництва та рекомендацій з ведення сільськогосподарського виробництва на забруднених територіях;
- прогнозування тенденцій щодо радіоактивного забруднення продукції рослинництва і тваринництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Alexakhin R.M. Radioecology: History and state-of-the-art at the beginning of the 21th century / R.M. Alexakhin // *Radiation Risk Estimates in Normal and Emergency Situations*. — Springer, 2006. — P. 159–168.
2. Гудков І.М. Радіоекологія як наука: історія та сучасні проблеми / І.М. Гудков. — К.: НУБіП України, 2011. — 505 с.
3. Славова Т.В. Сільськогосподарська радіоекологія в Україні: історичні витоки, становлення, розвиток / Т.В. Славова, В.А. Вергунов, В.П. Славов. — Житомир: ЖДУ, 2014. — 226 с.
4. Гудков І.М. В.І. Вернадський — основоположник радіоекології / І.М. Гудков // *Вісник ДонНУЕТ*. — 2010. — № 2 (46). — С. 105–111.
5. Вернадський В.І. О концентрации радия живыми организмами / В.І. Вернадский // *Докл. АН СССР*. — 1929. — № 2. — С. 33–34. — (Серия «А»).
6. Вернадський В.І. О концентрации радия растительными организмами / В.І. Вернадский // *Докл. АН СССР*. — 1930. — № 20. — С. 539–542. — (Серия «А»).
7. Вернадський В.І. Геохимия, биогеохимия и радиология на новом этапе / В.І. Вернадский // *Вестн. АН СССР*. — 1933. — № 11. — С. 17–24.
8. Кузин А.М. Радиоэкология / А.М. Кузин, А.А. Педерельский // *Бюллетень охраны природы*. — 1956. — № 1. — С. 65–70.
9. Odum E.P. Radiation ecology / E.P. Odum // *Fundamental of Ecology*. — Philadelphia, Penna: W.B. Saunders Co, 1957. — P. 452–479.
10. Алексахин Р.М. Радиоэкологические уроки Чернобыля / Р.М. Алексахин // *Радиобиология*. — 1993. — Т. 33, Вып. 1. — С. 3–14.
11. Поликарпов Г.Г. Радиоэкология морских организмов / Г.Г. Поликарпов. — М.: Атомиздат, 1964. — 296 с.
12. Радиохемозкология Черного моря / Г.Г. Поликарпов, Н.С. Рисик, А.Я. Зесенко и др; под ред. Г.Г. Поликарпова и Н.С. Рисика. — К.: Наукова думка, 1977. — 232 с.
13. Гродзинский Д.М. Естественная радиоактивность растений и почв / Д.М. Гродзинский. — К.: Наук. думка, 1965. — 216 с.
14. Шевченко И.Н. Природная β-радиоактивность растений, животных и человека / И.Н. Шевченко, А.И. Даниленко. — К.: Наук. думка, 1989. — 208 с.
15. Марей А.Н. Глобальные выпадения цезия-137 и человек / А.Н. Марей, Р.М. Бархударов, Н.Я. Новикова. — М.: Атомиздат, 1974. — 167 с.
16. Алексахин Р.М. Радиоэкология и Чернобыль / Р.М. Алексахин // *Ежемесячный журнал атомной энергетики России*. — 2006. — № 4. — С. 43–49.
17. Корнеев Н.А. Сфера агропромышленного производства — радиоэкологические последствия аварии на Чернобыльской АЭС и основные защитные мероприятия / Н.А. Корнеев, А.П. Поваляев, Р.М. Алексахин // *Атомная энергия*. — 1988. — Т. 65, Вып. 2. — С. 129–134.
18. Антропогенная, радионуклидная аномалии и растения / под ред. Д.М. Гродзинского. — К.: Лыбидь, 1991. — 158 с.
19. Радіобіологічні ефекти хронічного опромінення рослин у зоні впливу Чорнобильської катастрофи / під ред. Д.М. Гродзинського. — К.: Наук. думка, 2008. — 374 с.
20. Пристер Б.С. Последствия аварии на Чернобыльской АЭС для сельского хозяйства Украины / Б.С. Пристер — К.: Центр Приватизації та Економічної Реформи в АПК, 1999. — 104 с.
21. Пристер Б.С. Проблемы сельскохозяйственной радиоэкологии и радиобиологии при загрязнении окружающей среды молодой смесью продуктов ядерного деления / Б.С. Пристер. — К.: НАН Украины, 2008. — 320 с.
22. Гудков І.М. Актуальні завдання і проблеми сільськогосподарської радіоекології через чверть століття після аварії на Чорнобильській АЕС / І.М. Гудков, В.О. Кашпаров // *Вісник ЖНАЕУ*. — 2012. — Вип. № 1 (30), Т. 1. — С. 27–36.

REFERENCES

1. Alexakhin, R.M. (2006). Radioecology: History and state-of-the-art at the beginning of the 21th century [in English].
2. Hudkov, I.M. (2011). Radioekolohiya yak nauka: istoriya ta suchasni problem [Radioecology as a science: history and modern problems]. Kyiv: NUBiP Ukrainy [in Ukrainian].
3. Slavova, T.V., Verhunov, V.A., Slavov, V.P. (2014). Silskohospodarska radioekolohiia v Ukraini: istorichni vytyoky, stanovlennia, rozvytok [Agricultural radioecology in Ukraine: the historical origins, formation and development]. Zhytomyr: ZhDU [in Ukrainian].
4. Hudkov, I.M. (2010). V.I. Vernadskyi — osnovopolozhnyk radioekolohii [V. I. Vernadsky — the founder of radioecology]. *Visnyk DonNUET — Vestnik DonNUET*, 2, 46, 105–111 [in Ukrainian].
5. Vernadskyi, V.Y. (1929). O kontsentratsii radiya zhivymi organizmami [On radium concentration by living organisms]. *Dokl. AN SSSR. — Report Academy of Sciences of the USSR*, Vol. A, 2, 33–34 [in Russian].
6. Vernadskyi, V.Y. (1930). O kontsentratsii radiya rastitelnyimi organizmami [On the concentration of radium by plant organisms]. *Dokl. AN SSSR. — Report Academy of Sciences of the USSR*, Vol. A, No. 20, 539–542 [in Russian].
7. Vernadskyi, V.Y. (1933). Geohimiya, biogeohimiya i radiologiya na novom etape [Geochemistry, biogeochemistry and radiology on the new stage]. *Vestn.*

- AN SSSR. — *Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR*, 11, 17–24 [in Russian].
8. Kuzin, A.M., Peredelskiy, A.A. (1956). Radioekologiya [Radioecology]. *Byulleten ohranyi prirody* — *Bulletin for the conservation of nature*, 1, 65–70 [in Russian].
 9. Odum E.P. (1957). *Radiation ecology*. Fundamental of Ecology. Philadelphia, Penna: W.B. Saunders Co [in English].
 10. Aleksahin, R.M. (1993). Radioekologicheskie uroki Chernobylya [Radioecological lessons of Chernobyl]. *Radiobiologiya*. — *Radiobiology*, 33, 1, 3–14 [in Russian].
 11. Polikarpov, G.G. (1964). *Radioekologiya morskikh organizmov* [Radioecology of marine organisms]. Moscow: Atomizdat [in Russian].
 12. Polikarpov, G.G., Risik, N.S., Zesenko, A.Ya. et al. (1977). *Radiohemoeologiya Chernogo moray* [Radiochemoecology of the Black sea]. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
 13. Grodzinskiy, D.M. (1965). *Estestvennaya radioaktivnost rasteniy i pochv* [Natural radio-activity of plants and soils]. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
 14. Shevchenko, I.N., Danilenko, A.I. (1989). *Prirodnaya β -radioaktivnost rasteniy, zivotnykh i cheloveka* [Natural β -radioactivity of plants, animals and humans]. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
 15. Marey, A.N., Barhudarov, R.M., Novikova, N.Ya (1974). *Globalnyie vyipadeniya tseziya-137 i chelovek* [Global fallout of caesium-137 and people]. Moscow: Atomizdat [in Russian].
 16. Aleksahin, R.M. (2006). Radioekologiya i Chernobyl [Radioecology and the Chernobyl]. *Ezhemesyachnyiy zhurnal atomnoy energetiki Rossii* — *Monthly magazine of atomic energy of Russia*, 4, 43–49 [in Russian].
 17. Korneev, N.A., Povalyaev, A.P., Aleksahin, R.M. (1988). Sfera agropromyshlennogo proizvodstva — radioekologicheskie posledstviya avarii na Chernobyil'skoy AES i osnovnyie zaschitnyie meropriyatiya [The field of agricultural production — radioecological consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant and basic control measures]. *Atomnaya energiya* — *Atomic energy*, 65, 2, 129–134 [in Russian].
 18. Grodzinskiy, D.M. (Eds.). (1991). *Anthropogenic radionuclide anomaly and plants*. Kyiv: Lybid [in Russian].
 19. Grodzinskiy, D.M. (Eds.). (2008). *Radiobiology effects of chronic irradiation of plants are in the affected of the Chornobyl's catastrophe zone*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].
 20. Prister, B.S. (1999). *Posledstviya avarii na Chernobyil'skoy AES dlya selskogo hozyaystva Ukrainyi* [The consequences of the accident at the Chernobyl NPP for agriculture of Ukraine]. Kyiv: Tsentri Privatizatsiyi ta Ekonomichnoyi Reformi v APK [in Russian].
 21. Prister, B.S. (2008). *Problemyi sel'skohozyaystvennoy radioekologii i radiobiologii pri zagryaznenii okruzhayushchey sredy molodoy smesyu produktov yadernogo deleniya* [Problems of agricultural radioecology and radio-biology at contamination of environment young mixture of foods of nuclear fission]. Kyiv: NAN Ukrainy [in Russian].
 22. Gudkov, I.M., Kashparov, V.O. (2012). Aktualni zavdannia i problemy sil'skohospodarskoi radioekologii cherez chvert stolittia pislia avarii na Chornobyil'skii AES [Current tasks and problems of agricultural radioecology in the quarter-century after the accident at the Chernobyl AEC]. *Visnyk ZhNAEU* — *Bulletin of ZhNAEU*, 1, 30, 1, 27–36 [in Ukrainian].

ПОДОЛАННЯ НАСЛІДКІВ ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ КАТАСТРОФИ В АГРОСФЕРІ УКРАЇНИ

В.П. Ландін, Г.М. Чоботько, М.Д. Кучма, Л.А. Райчук

Інститут агроекології і природокористування НААН

Висвітлено участь науковців Інституту агроекології і природокористування НААН у подоланні та мінімізації наслідків Чорнобильської катастрофи. Показано, що історія розвитку радіоекологічних досліджень в Інституті бере свій початок з перших днів після аварії на Чорнобильській АЕС. Аналіз результатів наукової діяльності співробітників установи свідчить, що за післяаварійний період колектив радіоекологів зібрав та систематизував значні обсяги інформації, яка трансформувалася в різноманітні бази даних, картографічні матеріали, математичні моделі, методичні рекомендації, регламенти, проекти нормативних документів тощо. Наведено інформацію про внесок працівників Інституту у розвиток радіоекології, відновлення сільськогосподарського виробництва на радіоактивно забруднених землях та реабілітацію постраждалих від аварії на Чорнобильській АЕС територій.

Ключові слова: радіоекологія, моделі міграції радіонуклідів, реабілітація постраждалих територій.

Екологічна ситуація, що склалася внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС, поставила колективи науково-дослідних інститутів перед об'єктивною необхідністю розширення напрямів наукових досліджень. Тому в 1986 р. з метою поглиблення науково-дослідних робіт зі зниження забруднення продукції рослинництва радіонуклідами, а також посилення науково-методичного керівництва проектно-пошукових станцій хімізації сільського господарства з охорони угідь від забруднення окремим підрозділом відділу дослідів з добривами і агрохімічного обстеження ґрунтів Українського філіалу ЦІНАО було створено лабораторію контролю за забрудненням навколишнього природного середовища у складі 10 осіб під керівництвом канд. біол. наук. М.І. Майстренка. Саме від створення цього підрозділу і бере свій початок нинішній відділ радіоекології в агросфері Інституту агроекології і природокористування НААН.

Головним завданням у гострий період після аварії було визначення радіаційної ситуації. Це обумовило розвиток таких напрямів досліджень:

- розподіл і міграція радіонуклідів у навколишньому природному середовищі, зокрема шляхи та інтенсивність їх надходження у врожай сільськогосподарських культур і продукцію тваринництва;
- дезактивація ґрунтів та зниження надходження радіонуклідів у продукцію рослинництва;
- очищення продукції, отриманої на забрудненій території;
- генетичні наслідки радіаційного забруднення.

Для розв'язання цих проблем, насамперед, потрібно було організувати оперативний збір інформації для попередньої оцінки радіологічної ситуації на сільськогосподарських угіддях. Фактично з цього часу розпочався відлік роботи з радіаційного моніторингу сільськогосподарських угідь, які зазнали аварійного впливу. Фахівці лабораторії брали активну участь в оцінці масштабу радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, виявленні та уточненні контурів зон радіоактивного забруднення. Одним із найважливіших напрямів роботи у цей період було проведення повітряної та наземної радіаційної розвідки. Було встановлено рівні накопичення радіонуклідів у ґрунті і продукції рослинництва. Проведено

суцільне радіологічне обстеження ґрунтів сільськогосподарських угідь щодо щільності їх забруднення. Працівники підрозділу провели дослідження застосування вапняків, цеолітів та інших адсорбентів для зменшення міграції радіонуклідів у ґрунті та інтенсивності надходження їх у рослини. Результатом цієї роботи, зокрема, стало розроблення рекомендацій із ведення сільськогосподарського виробництва та використання продукції рослинництва в зоні забруднення радіонуклідами та методичних положень з прогнозування динаміки забруднення ґрунту радіонуклідами і оцінки екологічних збитків.

Після створення на базі ЦІНАО Інституту агроєкології та біотехнології в 1992 р. підрозділ було перейменовано в лабораторію моніторингу та забруднення навколишнього природного середовища у складі відділу агроєкології. У 1993 р. його очолив д-р біол. наук, проф., акад. Б.С. Прістер [1–3]. На той час відділ складався з чотирьох лабораторій (оцінки якості сільськогосподарської продукції, експериментальної екології, агроєкологічного моніторингу та науково-методичного забезпечення агроєкологічних досліджень), очолюваних вченими А.Д. Саженоком, В.О. Руденком, Є.Г. Солянеком та М.І. Майстренком. Існуючий обсяг даних з відповідної проблематики потребував ґрунтового аналізу, тому в межах відділу було створено групу агроєкологічної інформатики у складі семи осіб, з яких троє — кандидати фіз.-мат. наук. Того ж року до колективу радіоекологів приєднався канд. фіз.-мат. наук В.К. Шинкаренко.

У цей період активно здійснювалися роботи з радіоекологічного моніторингу та дозиметричного контролю населення. Радіоактивне забруднення території було проаналізовано за ландшафтним, басейновим та ландшафтно-геохімічним принципами, на основі чого складено карти радіаційного забруднення території ^{137}Cs , ^{90}Sr та ^{94}Pu . Також велися дослідження ефективності засобів хімізації для обмеження надходження радіонуклідів у рослини, зокрема у травостій та картоплю. Було роз-

роблено комплекс агрохімічних заходів для зниження рівня радіоактивного забруднення продукції сільського господарства та удосконалено систему удобрення для мінімізації накопичення радіонуклідів продукцією в зоні Полісся.

Було поглиблено вивчення впливу визначальних чинників на перехід радіонуклідів у ланцюзі «ґрунт — рослина» на рівні сівозміни, зокрема виявлено закономірності міграції ^{137}Cs і ^{90}Sr в агроландшафтах. Підсумком цієї роботи стали побудова і удосконалення моделі переходу радіонуклідів у продукцію основних сільськогосподарських культур.

Результати наукової роботи впродовж десяти років після аварії на Чорнобильській АЕС та об'єктивна зміна радіоактивної ситуації поставили низку нових завдань у галузі міграції радіонуклідів у системі «ґрунт — рослина». Ці завдання зводились переважно до вивчення динаміки рухомості радіонуклідів залежно від рівнів зволоження і ґрунтових умов, особливостей міграції радіонуклідів трофічними ланцюгами залежно від природно-кліматичних умов та розробки нових удосконалених моделей міграції радіонуклідів у агросфері з метою планування можливостей реабілітації постраждалих територій.

Тому з 1996 р. колектив радіоекологів інституту займався встановленням закономірностей міграції радіонуклідів у агробіоценозах (переважно на присадибних ділянках), у т.ч. дослідженням перерозподілу полютантів у різних типах ґрунтів і ландшафтів для довгострокових і оперативних прогнозних оцінок, встановленням кореляційних взаємозв'язків та формуванням математичних моделей міграції радіонуклідів як складової сталих агроєкосистем. Також продовжувались роботи з комплексного картування радіоактивного забруднених земель, перспективних для відновлення сільськогосподарської діяльності, з метою оцінки можливості їх реабілітації і вивчення впливу мікробіологічних препаратів, мікроелементів та регуляторів росту рослин на зменшення інтенсивності надходження радіонуклідів у рослини.

У 1998 р. в Інституті агроєкології і біотехнології УААН було створено відділення радіоекології, яке очолив д-р фіз.-мат. наук Є.К. Гаргер. До його складу увійшли лабораторія інформаційних систем із сектором Київський обласний радіоекологічний центр, лабораторія моделювання радіоекологічних процесів в екосистемах, лабораторія експериментальних досліджень процесів переносу в екосистемах, лабораторія радіохімічних та інструментальних методів аналізу та група агроєкологічного моніторингу. До колективу відділення приєдналося нове покоління творчих особистостей, серед яких д-р фіз.-мат. наук І.І. Ясковець, д-р біол. наук Ю.О. Кутлахмедов, канд. геогр. наук Т.Д. Лев, В.О. Кашпур та ін.

Пріоритетними напрями досліджень цього періоду було довгострокове прогнозування вмісту радіонуклідів у ланцюзі «ґрунт — рослина — тварина — сільськогосподарська продукція» та перерозподілу радіонуклідів у різних типах ґрунтів і ландшафтів для довгострокових оперативних прогнозних оцінок процесів та підтримки керівних рішень, а також розробка технологій реабілітації радіоактивно забруднених сільськогосподарських угідь та рекомендації з виробництва сільськогосподарської продукції, вміст радіонуклідів у якій відповідав би чинним нормативам. Екосистеми, параметри яких можуть під впливом зовнішніх чинників змінитися, і зміна яких може помітно змінити радіологічні і радіоекологічні показники (аж до перевищення допустимих рівнів), із наступним збільшенням дозових показників для певного населеного пункту, було визначено критичними в радіоекологічному сенсі. Рівень критичності цих екосистем було запропоновано визначати за такими критеріями:

- рівень радіонуклідного забруднення (визначає можливість формування забруднених радіонуклідами кормів та продуктів харчування);
- значення коефіцієнтів переходу у системі «ґрунт — кормові рослини» або «ґрунт — лісові продукти»;
- рівень забруднення сіна, м'яса та молока, яке отримують від худоби, що спо-

живає корми із відповідних кормових угідь (для оцінювання рівня критичності пасовищ та сіножатей);

- перевищення допустимих значень рівнів забруднення лісових продуктів (для оцінювання рівня критичності лісових екосистем);
- дозові навантаження для населення як інтегральний показник критичності екосистем.

Аналітична система визначення критичних екосистем передбачала кілька основних етапів аналізу чинників дозових навантажень на стан здоров'я населення регіону: встановлення фактичних раціонів харчування населення; визначення ролі та частки лісів і лісових продуктів, пасовищ та сіножатей (через забруднення молока та м'яса) і городньої продукції у формуванні дозових навантажень у населення; встановлення ролі контрзаходів у зниженні значень дози внутрішнього опромінення мешканців регіону. За результатами картування критичних екосистем Полісся було визначено прогнозні оцінки щодо оптимальної системи контрзаходів радіоекологічного напрямку як у рослинництві, так і тваринництві, що впливають на дозові навантаження та захворюваність населення.

За результатами багаторічних досліджень впродовж 1998–2000 рр. було розроблено та удосконалено комплексну модель міграції радіонуклідів харчовими ланцюгами від ґрунту до людини та прогнозу дозового навантаження на населення — «Екомодель». Параметри моделі було адаптовано до ландшафтних умов північно-західної частини Українського Полісся. «Екомодель» була призначена для оцінки радіоекологічних умов проживання населення на забрудненій території та вироблення контрзаходів зі зменшення шкідливого впливу радіонуклідів на організм людини. Вона давала можливість відстежувати міграцію радіонуклідів від конкретної ділянки з певним видом рослинного покриву до людини, тоді як у вже відомих на той час моделях аналогічного призначення оперували усередненим значенням радіоактивного забруднення для

всієї території досліджуваного регіону. Отже, у цій моделі бралися до уваги конкретні умови, що визначають інтенсивність переходу радіонуклідів від ґрунту до рослин. Для врахування найважливіших потоків радіонуклідів до організму людини в «Екомоделі» було передбачено можливість моделювання міграції радіонуклідів як у стандартній агроєкосистемі, так і лісовій та водній екосистемах. На той час це була єдина модель, що давала змогу враховувати реальні ландшафтні умови проживання людини саме в Українському Поліссі та сільськогосподарську практику в цьому регіоні [4, 5]. Також у межах тематики відділення було розроблено математичну модель «Приватне господарство» та інтегровано її в «Екомодель». Радіоекологічна математична модель «Приватне господарство» описувала міграцію радіонуклідів у агроєкосистемі приватного селянського господарства (ПСГ). З її допомогою було оцінено міграцію радіонуклідів у ПСГ, у т.ч. його довгостроковий перерозподіл унаслідок діяльності людини і свійських тварин.

Колективом відділу проводилися дослідження з оцінки радіоактивного забруднення приземного шару атмосфери та вивчення закономірностей міграції радіонуклідів на зрошуваних водами р. Дніпра землях.

Отже, основними результатами цього трирічного дослідження стали: інформаційні збірники «Сучасний радіоекологічний стан території Чернігівської (Житомирської, Київської) області за період 1997–1999 рр.»; банк даних математичної, картографічної та метаінформації; радіоекологічна інформаційна система на базі ПС-технологій для прогнозу забруднення сільськогосподарської продукції і підтримки керівних рішень та автоматизована довідково-інформаційна база параметрів ґрунтів зони радіоактивного забруднення [6]; методика класифікації господарств агропромислового комплексу за рівнем їх радіоактивного забруднення; моделі землекористування, технології, карти реабілітації радіоактивно забруднених угідь та відповідні рекомендації виробництву; ма-

тематичні моделі «Екомодель» та «Приватне господарство»; проект «Регламенту моніторингу сільськогосподарської продукції колективного і приватного секторів землекористування у системі агропромислового комплексу України» тощо.

Діяльність наукового колективу радіоекологів у 2001 р. почала концентруватись, переважно, на питаннях радіоекологічного моніторингу та реабілітації радіоактивно забруднених сільськогосподарських угідь. Про це свідчить також перейменування одного з підрозділів Інституту в лабораторію радіоекологічного моніторингу та створення у 2004 р. сектора реабілітації забруднених земель під керівництвом канд. с.-г. наук В.В. Москальця. У наступні п'ять років проводились дослідження альтернативних підходів до реабілітації сільськогосподарських угідь в колективних і приватних господарствах [7, 8] та вдосконалення методології ведення радіоекологічного моніторингу і прогнозу довгострокового застосування контрзаходів. Було розроблено математичні моделі, що описують хід у часі об'ємних концентрацій повітряних аерозолів і сухих випадіння ^{137}Cs для різних населених пунктів, а також прогнози з терміном передбачення 5 років. Серед головних результатів цього періоду були такі:

- методологія систематизації та адаптації моделювальної прогнозно-аналітичної системи для розробки заходів зі зниження негативних ефектів для екосистем і населення (2003 р.);
- визначення величини ймовірності вмісту радіоактивного забруднення в продукції рослинництва на території зі статистичною неоднорідністю забруднення (Методичні рекомендації, 2004 р.) [9];
- оцінка контрзаходів, спрямованих на зниження вмісту «чорнобильського» ^{90}Sr у сільськогосподарській продукції, за накопиченням стабільного стронцію природного походження (Методичні рекомендації, 2004 р.) [10];
- методика визначення критичних екосистем та їх внеску в радіаційне навантаження на населення (Методичні рекомендації, 2006 р.) [11];

- принципи та методи виявлення екологічних і генетичних наслідків під час оцінки критичних екосистем (Методичні рекомендації, 2006 р.) [12];

- концепція радіоекологічного моніторингу забруднених територій сільськогосподарського виробництва Українського Полісся;

- картосхеми критичних територій п'яти забруднених областей Українського Полісся за 2000–2001 рр.;

- картосхеми забруднення продукції у районах і господарствах території п'яти забруднених областей Українського Полісся за 2001 р.;

- база даних радіоактивного забруднення агропродукції за 1998–2002 рр.;

- регламент моніторингу сільськогосподарської продукції та продуктів харчування Волинської (Житомирської, Київської, Рівненської, Чернігівської) області на 2002–2005 рр.;

- оптимізація системи радіоекологічного моніторингу Чернігівської області (2002 р.).

У 2006 р. науковий колектив лабораторії радіоекологічного моніторингу поповнився новими спеціалістами. Кожен із них проявляв неабияку ініціативу в розбудові лабораторії, а згодом і відділу. У наступні роки колектив розширився з приходом молодих науковців, які продовжили справу попередніх поколінь. У 2007 р. лабораторію очолив канд. с.-г. наук В.В. Москалець, а в 2008 р. — д-р біол. наук, проф. Г.М. Чоботько. Того ж року штат радіоекологів поповнив д-р біол. наук, проф. В.А. Гайченко. Загалом, у лабораторії тоді працювали чотири доктори і два кандидати наук. У цей період посаду директора з наукової роботи обіймав канд. с.-г. наук М.Д. Кучма, що сприяло посиленню розвитку дослідження радіоекології лісу. У 2008 р. було розроблено рекомендації з ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення територій [13]. У розробці були чітко окреслені закономірності міграції ^{137}Cs та ^{90}Sr у лісових екосистемах Українського Полісся, головних типів умов місцезростання, ін-

тенсивності акумуляції ^{137}Cs продукцією лісового господарства, особливостей проведення лісівницьких заходів залежно від рівня радіоактивного забруднення. Крім того, було досліджено радіоактивне забруднення компонентів лісових екосистем: компонентів деревостанів, головних ягідних і лікарських видів рослин та їстівних грибів, а також проаналізовано нормативні документи з ведення лісового господарства у радіоактивно забруднених лісах. Упродовж 2006–2010 рр. було здійснено комплексний радіоекологічний моніторинг забруднених територій, розроблено наукові засади технологій виробництва екологічно безпечної сільськогосподарської продукції на радіоактивно забруднених землях [14] і підготовлено методичні рекомендації з поліпшення радіаційної ситуації та технології виробництва екологічно безпечної продукції.

У віддалений період ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи соціально-економічні чинники за впливом на реабілітаційні процеси почали відігравати майже однакову роль поряд з радіаційним чинником. Радіоекологічна ситуація у населених пунктах забруднених територій ускладнилася внаслідок погіршення економічної ситуації. Великі сільськогосподарські підприємства, де раніше проводився повний комплекс агротехнічних контрзаходів, було ліквідовано, і основний обсяг виробництва сільськогосподарської продукції перемістився у присадибні господарства. У процесі розпаювання земель населенню були виділені бідні дерново-підзолисті і торфові ґрунти. Крім того, повне припинення проведення контрзаходів спричинило зниження рівня родючості землі і, як наслідок, підвищення коефіцієнтів переходу ^{137}Cs у рослини. Тому виникла об'єктивна потреба внесення коректив у систему реабілітаційних заходів. Всі ці чинники викликали необхідність оптимізації структури угідь на радіоактивно забруднених територіях з урахуванням міжнародних зобов'язань України щодо впровадження принципів збалансованого розвитку та забезпечення необхідних умов гармонійного поєднання обґрунтованого обмеження природо-

користування з нормативами збереження навколишнього природного середовища і екобезпеки на засадах системного узгодження діяльності усіх суб'єктів господарювання в межах певних таксонів територіального районування, що і визначило мету подальших наукових досліджень лабораторії. Впродовж 2011–2013 рр. колектив лабораторії радіоекологічного моніторингу працював над розробленням контрзаходів для різних видів господарювання в умовах радіоактивного забруднення з урахуванням сучасних тенденцій розвитку природно-господарського комплексу за нових економічних умов у єдиній системі на засадах ландшафтно-екологічного підходу [15–17]. За результатами роботи було підготовлено низку методичних рекомендацій із ведення лісового господарства та сільськогосподарського виробництва [18] на радіоактивно забруднених землях, розроблено проект Концепції загальнодержавної науково-виробничої програми ведення сільськогосподарського виробництва на радіоактивно-забруднених територіях, її комплексного відродження та розвитку. За співпраці з Чорнобильською комісією ПРООН було підготовлено інформаційні матеріали для населення щодо можливості використання продуктів лісу в умовах радіоактивного забруднення.

Відділ радіоекології в агросфері, як окремий структурний підрозділ Інституту агроєкології і природокористування НААН, було створено у 2013 р. Нинішня назва відділу повністю відображає напрями науково-дослідних робіт, що проводять працівники його підрозділу, і є обумовленою не лише удосконаленням системи реабілітаційних заходів та визначенням пріоритетних напрямів господарської діяльності на радіоактивно забруднених територіях у контексті особливостей критичних екосистем у віддалений період після аварії на Чорнобильській АЕС, але й стратегії розвитку екосистемних послуг із урахуванням їх економічних та соціальних аспектів. Основний напрям досліджень — комплексна оцінка радіологічного стану агроландшафтів для розроблення нау-

кових основ використання сільськогосподарських угідь, що зазнали радіоактивного забруднення [19–20]. Відділ спеціалізується на проведенні радіоекологічного моніторингу об'єктів навколишнього природного середовища, дозиметричних досліджень населення радіоактивно забруднених регіонів та на розробленні науково-методичних, організаційних засад використання і охорони екосистем радіоактивно забруднених територій, їх гармонізації з міжнародними стандартами.

У період з 2013 р. проведено зонування території Українського Полісся відповідно до класифікації агроландшафтів за виносом радіонуклідів з продукцією, розроблено стратегію розвитку екосистемних послуг і запропоновано попередній перелік показників, які враховують економічні та соціальні аспекти, властиві досліджуваному регіону. Також розроблено низку методичних рекомендацій стосовно реабілітації територій, що зазнали радіоактивного забруднення, та оптимізації структури землекористування на основі ландшафтних підходів [21] і відновлення агроєкологічних функцій радіоактивно забруднених ґрунтів [22]. Для цього розроблено методичні засади, нормативну базу і сучасні методи радіоекологічного моніторингу [23]. Організовано низку тематичних конференцій, засідань та круглих столів.

ВИСНОВКИ

За період свого існування колектив радіоекологів ІАП НААН систематизував значні обсяги інформації. Було створено фундаментальні бази даних радіоактивного забруднення складових довкілля (ґрунтів, повітря, поверхневих вод, сільськогосподарської продукції) та дозового навантаження на населення. На основі цих даних фахівці відділу склали детальні карти радіоактивного забруднення території Українського Полісся, радіологічно критичних екосистем, виносу радіонуклідів з продукцією тощо.

Було удосконалено науково-методичні засади радіаційного моніторингу і радіаційного контролю сільськогосподарської та

лісової продукції у віддалений період після аварії на Чорнобильській АЕС, розроблено засади екологічно збалансованого відродження і розвитку господарської діяльності в агросфері радіоактивно-забруднених територій та їх наукове супроводження.

Так, у галузі землеробства і агрохімії акцент зроблено на розробці методів та способів зниження інтенсивності переходу техногенних радіонуклідів у системі «грунт — рослина». Цілеспрямовано велись дослідження лісових екосистем.

Науковці установи зробили також внесок у розвиток радіоекології тваринництва. Вивчено метаболізм радіонуклідів у організмі великої рогатої худоби, кролів та птиці, оцінено джерела і шляхи міграції радіонуклідів у ланцюзі «грунт — рослина — тварина — продукція тваринництва — людина», розроблено способи зменшення

надходження радіонуклідів у організм тварин та людини.

Отримані результати досліджень були використані під час розробки низки документів щодо організації ведення сільськогосподарського виробництва та лісового господарства на радіоактивно забруднених територіях.

Участь вчених Інституту агроєкології і природокористування НААН у ліквідації наслідків аварії на Чорнобильській АЕС дала змогу виконати доволі складне і відповідальне завдання — визначити масштаби та виявити особливості радіаційного забруднення території, оцінити і спрогнозувати їх наслідки, а також допомогти організувати ведення сільськогосподарського виробництва в умовах радіоактивного забруднення та реабілітацію постраждалих територій.

ЛІТЕРАТУРА

1. Визначення критичності агропродукції в землеробстві радіоактивно забруднених регіонів / С.Ю. Булігін, О.І. Фурдичко, О.І. Бондар, О.І. Дутов // Вісник аграрної науки. — 2013. — № 1. — С. 55–58.
2. *Славова Т.В.* Внесок академіка Прістера Б.С. в становлення та розвиток сільськогосподарської радіоекології / Т.В. Славова // Історія науки на межі тисячоліть: Зб. наук. пр. — 2003. — Вип. 13. — С. 157–165.
3. *Славова Т.В.* Внесок вчених України в розвиток сільськогосподарської радіоекології після аварії на Чорнобильській АЕС (1986–2003 рр.) / Т.В. Славова // Актуальні проблеми аграрної науки та освіти України: регіональний аспект: Матеріали II Науково-практичного семінару УААН. — К., 2003. — С. 52–54.
4. *Славова Т.В.* Історичні передумови виникнення і розвитку сільськогосподарської радіоекології в Україні, як складової радіобіології / Т.В. Славова // Матеріали Другої конференції молодих вчених та спеціалістів (Київ, 27–28 травня 2004 р.) — К., 2004. — С. 196–199.
5. Результати динамічного моделювання радіоекологічної обстановки в Українському Поліссі та порівняння їх з даними вимірювань / І.І. Ясковець, В.А. Гирій, В.А. Оніщук, Л.І. Шпинар // Агроєкологічний журнал. — 2001. — Вип. 2. — С. 62–67.
6. Екологічна динаміка — динамічна модель для оцінки радіоекологічної ситуації / І.І. Ясковець, В.А. Гирій, В.Р. Заїтов, В.А. Оніщук // Агроєкологія і біотехнологія. — 1999. — Вип. 3. — С. 25–34.
7. Создание карт ожидаемого загрязнения сельскохозяйственной продукции с использованием ГИС ArcInfo / Т.Д. Лев, Ю.В. Стефанишин, Г.А. Акинфиев и др. // II Украинская конференция «Геоинформационные системы и технологии — 1996» (Киев, 14–17 октября 1996 г.). — К., 1998. — С. 3–11.
8. *Протас Н.М.* Механизмы, контролирующие миграцию радионуклидов в системе почва — растение / Н.М. Протас, Л.И. Шпинар, И.И. Ясковець // Агроєкологічний журнал. — 2004. — № 2. — С. 67–72.
9. *Ясковець І.І.* Модель міграції радіонуклідів у системі ґрунт — рослина / І.І. Ясковець, Р.О. Тарасенко, Н.М. Протас // Науковий Вісник НАУ. — 2004. — Вип. 77. — С. 80–93.
10. Визначення величини ймовірності вмісту радіоактивного забруднення в рослинницькій продукції на території зі статистичними неоднорідностями забруднення: Методичні рекомендації [І.І. Ясковець, Л.А. Прокопенко, Н.М. Протас, Є.Є. Перетятко]. — К.: РПВ ПДАА, 2004. — 22 с.
11. Оцінка контрзаходів, спрямованих на зниження вмісту чорнобильського ^{90}Sr у сільськогосподарській продукції, за накопиченням стабільного стронцію природного походження: Методичні рекомендації / В.К. Шинкаренко, В.Д. Саженьюк, Л.Г. Щеголева та ін. — К.: ІАБ, 2004. — 29 с.
12. Методика визначення критичних екосистем і їх вкладу в радіаційне навантаження на населення: Методичні рекомендації / [І.І. Ясковець, Ю.О. Кутлахмедов, П.В. Писаренко та ін.] — К., 2006. — 39 с.

13. Принципи та методи виявлення екологічних наслідків при оцінці критичних екосистем: Методичні рекомендації / [Л.І. Ясковець, Ю.О. Кутлахмедов, П.В. Писаренко та ін.]. — К., 2006. — 39 с.
14. Рекомендації з ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення територій / О.І. Фурдичко, М.Д. Кучма, Р.Р. Возняк та ін.; [за заг. ред. акад. УААН О.І. Фурдичка]. — К., 2008. — 104 с.
15. *Дутов О.І.* Екологічні аспекти використання сільськогосподарських угідь, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи для виробництва сільськогосподарської продукції / О.І. Дутов // *Агрохімія і ґрунтознавство*. — 2007. — Вип. 67. — С. 136–141.
16. *Дутов О.І.* Радіаційно-екологічні аспекти виробництва сільськогосподарської сировини в регіонах, забруднених внаслідок Чорнобильської катастрофи / О.І. Дутов, Х.П. Замула // *Агроекологічний журнал*. — 2012. — № 1. — С. 35–41.
17. *Краснов В.П.* Методологічні основи реабілітації лісових екосистем забруднених радіонуклідами / В.П. Краснов, В.П. Ландін // *Збалансоване природокористування*. — 2013. — № 2–3. — С. 33–39.
18. *Ландін В.П.* Емпіричні засади методології реабілітації радіоактивно забруднених земель / В.П. Ландін // *Науковий вісник Національного лісотехнічного університету України*. — 2013. — № 23 (10). — С. 80–87.
19. Методичні рекомендації з ведення сільськогосподарського виробництва на радіоактивно забруднених територіях Київського Полісся / [О.І. Фурдичко, Г.М. Чоботьюко, В.П. Ландін та ін.]. — К., 2012. — 36 с.
20. Щодо програми безпечного ведення сільськогосподарського виробництва на територіях, забруднених радіонуклідами внаслідок Чорнобильської катастрофи / С.Ю. Булігін, Б.С. Прістер, О.І. Фурдичко, О.І. Дутов // *Вісник аграрної науки*. — 2012. — № 5. — С. 53–57.
21. Методичні рекомендації з реабілітації територій, що зазнали радіоактивного забруднення, та оптимізації структури землекористування на основі ландшафтних підходів / [О.І. Фурдичко, О.Г. Татари́ко, Г.М. Чоботьюко та ін.]. — К., 2013. — 37 с.
22. Методичні рекомендації щодо заходів з реабілітації критичних екосистем радіоактивно забруднених регіонів Українського Полісся / [В.П. Ландін, В.А. Проневич, М.Д. Кучма та ін.]. — К., 2015. — 30 с.
23. Методичні засади, нормативна база та сучасні методи радіоекологічного моніторингу забруднених радіоактивними речовинами територій / [І.М. Гудков, О.І. Дутов, Г.О. Хаурдінова та ін.]. — К., 2013. — 37 с.

REFERENCES

1. Bulygin, S.Y., Furdychko, O.I., Bondar, A.I., & Dutoy, O.I. (2013). Vyznachennja krytychnosti agroprodukcii' v zemlerobstvi radioaktyvno zabrudnennyh regioniv [Identification of agricultural products criticality at farming on radioactively contaminated areas]. *Visnyk agrarnoi' nauky — News of agrarian science*, 1, 55–58 [in Ukrainian].
2. Slavova, T.V. (2003). Vnesok akademika Pristera B.S. v stanovlennja ta rozvytok sil'skogospodars'koi' radioekologii' [Contribution of Academician Priester B.S. in agricultural radioecology formation and development]. *Istoriya nauky na mezhi tysjacholit'*: *Zb. nauk. pr. — The history of science at the turn of the millennium: Scientific Papers*, 13, 157–165 [in Ukrainian].
3. Slavova, T.V. (2003). Vnesok vchenyh Ukraïny v rozvytok sil'skogospodars'koi' radioekologii' pislja avarii' na Chornobyl's'kij AES (1986–2003 rr.) [The contribution of scientists in Ukraine in agricultural radioecology development after the Chernobyl accident (1986–2003 years.)]. Actual problems of agricultural science and education in Ukraine: regional aspect'03: *II naukovopraktychnyj seminar UAAN — 2nd Scientific Workshop of UAAS*. (pp. 52–54). Kyiv [in Ukrainian].
4. Slavova, T.V. (2004). Istorychni peredumovy vynyknennja i rozvytku sil'skogospodars'koi' radioekologii' v Ukraïni, jak skladovoi' radiobiologii' [Historical background of agricultural radioecology development in Ukraine as a component of radiobiology]. *II konferenciya molodyh vchenyh ta spetsialistiv (27–28 travnya 2004 roku) — 2nd Conference of Young Scientists and Specialists*. (pp. 196–199). Kyiv [in Ukrainian].
5. Yaskovets, I.I., Hyryy, V.A., Onischuk, V.A., & Shpyr, L.I. (2001). Rezul'taty dinamicheskogo modelirovaniya radioekologicheskoy obstanovki v Ukrain'skom Poles'e i sravnenie ih s dannymi izmerenij [Results of the radioecological situation dynamic modeling in Ukrainian Polesye and their comparison with measurement data]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological Journal*, 2, 62–67 [in Ukrainian].
6. Yaskovets, I.I., Hiri, V.A., Zayitov, V.R., & Onischuk, V.A. (1999). Ekomodel' — dynamichna model' dlja ocinky radioekologichnoi' situacii' [Ekomodel — the dynamic model for assessing the radiological situation]. *Ahroekolohiya i biotekhnolohiya — Agroecology and biotechnology*, 3, 25–34 [in Ukrainian].
7. Lev, T.D., Stefanyshyn, Y.V., Akynfyev, G.A. et al. (1998). Sozdanie kart ozhidaemogo zagrjaznenija sel'hozprodukcii s ispol'zovaniem GIS ArcInfo [Creation of agricultural products expected contamination maps using GIS ArcInfo]. *Geoinformation systems and technologies — 1996/98: II Ukrain'skaja konferenciya (14–17 oktjabrja 1996 g.) — 2nd Ukrainian Conference*. (pp. 3–11) [in Russian].
8. Protas, N.M., Shpyr, L.I., & Yaskovets, I.I. (2004). Mehanizmy kontrolirujushhie migraciju radionuklidov v sisteme pochva-rastenie [Mechanisms controlling the radionuclides migration in the soil-plant system]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological Journal*, 2, 67–72 [in Russian].

9. Yaskovets, I.I., Tarasenko, P.O., & Protas, N.M. (2004). Model' migracii' radionuklidiv v systemi g'runtu-roslina [Model of radionuclide migration in soil-plant system]. *Naukovyj Visnyk NAU — Scientific News of NAU*, 77, 80–93 [in Ukrainian].
10. Yaskovets, I. I., Prokopenko, L.A., Protas, N.M., & Peretyatko, E.E. (2004). *Vyznachennja velychyny jmovirnosti vmistu radioaktyvnogo zabrudnennja v roslinnyh'kij produkciij' na terytorij' zi statystychnymy neodnorodnostjamy zabrudnennja: Metodychni rekomendacii [Determination of the probability of the radioactive contamination amount in crop production on the territory of pollution statistical heterogeneities: guidelines]*. Kyiv: RPV PDAA [in Ukrainian].
11. Shinkarenko, V.K., Sazhenyuk, V.D., Schegolev, L.G. et al. (2004). *Ocinka kontrzahodiv, sprjamovanyh na znyzhennja vmistu chornobyl's'kogo ⁹⁰Sr u sil's'kogospodars'kij produkciij', za nakoplychennjam stabil'nogo strontiju pryrodnoho pohodzhennja. Metodychni rekomendacii' [Assessment of countermeasures directed to reduce the Chernobyl ⁹⁰Sr content in agricultural products by the accumulation of stable strontium of natural origin. Guidelines]*. Kyiv: PSA [in Ukrainian].
12. Yaskovets, I., Kutlahmedov, Y., Pisarenko, P. et al. (2006). *Metodyka vyznachennja krytychnyh ekosystem i i'h vkladu v radiacijne navantazhennja na naselennja: Metodychni rekomendacii' [Method of determining the critical ecosystems and their contribution to radiation exposure of the population: Guidelines]*. Kyiv [in Ukrainian].
13. Yaskovets, I., Kutlahmedov, Y., Pisarenko, P. et al. (2006). *Pryncypy ta metody vyjavlennja ekologichnyh naslidkiv pry ocinci krytychnyh ekosystem: Metodychni rekomendacii' [Principles and methods for the environmental consequences detecting when assessing the critical ecosystems: Guidelines]*. Kyiv [in Ukrainian].
14. Furdychko, A.I., Kuchma, M.D., Wozniak, R.R. et al. (2008). *Rekomendacii' z vedennja lisovogo gospodarstva v umovah radioaktyvnogo zabrudnennja terytorij [Recommendations on forest management in conditions of radioactive contamination of territories]*. Kyiv [in Ukrainian].
15. Dutov, A.I. (2007). *Ekologichni aspekty vykorystannja sil's'kogospodars'kyh ugid', zabrudnnyh vnaslidok Chornobyl's'koi katastrofy dlja vyrobnyctva sil's'kogospodars'koi produkciij' [Environmental aspects of use of contaminated by the Chernobyl disaster agricultural lands for agricultural production]*. *Agrohimiya i g'runtoznavstvo: Mizhvidomchij tematychnyj naukovyj zbirnyk NNC «IGA im. O.N. Sokolov's'kogo» — Agricultural Chemistry and Soil Science: Interdepartmental themed scientific collection of NSC «ISSAR them. Sokolovsky O.N.»*, 67, 136–141 [in Ukrainian].
16. Dutov, A.I., & Zamula, H.P. (2012). *Radiacijno-ekologichni aspekty vyrobnyctva sil's'kogospodars'koi syrovyny v regionah, zabrudnnyh vnaslidok Chornobyl's'koi katastrofy [Radiation and environmental aspects of agricultural raw materials production in areas contaminated by the Chernobyl disaster]*. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological Journal*, 1, 35–41 [in Ukrainian].
17. Krasnov, V.P., & Landin, V.P. (2013). *Metodologichni osnovy reabilitacii' lisovyh ekosystem zabrudnnyh radionuklidamy [Methodological bases of rehabilitation of forest ecosystems contaminated by radionuclides]*. *Zbalansovane pryrodokorystuvannja — Balanced nature using*, 2(3), 33–39 [in Ukrainian].
18. Landin, V.P. (2013). *Empirichni zasady metodologii' reabilitacii' radioaktyvno zabrudnnyh zemel' [Empirical principles of radioactively contaminated lands rehabilitation methodology]*. *Naukovyj visnyk Nacional'nogo lisotekhnichnogo universytetu Ukrainy — Scientific Bulletin of National Forestry University of Ukraine*, 23, 10, 80–87 [in Ukrainian].
19. Furdychko, O.I., Chobotko, G.M., Landin, V.P. et al. (2012). *Metodychni rekomendacii' z vedennja sil's'kogospodars'kogo vyrobnyctva na radioaktyvno zabrudnnyh terytorijah Kyi'vs'kogo Polissja [Guidelines for conducting agricultural business at the radioactively contaminated areas of Kyiv Polissja]*. Kyiv [in Ukrainian].
20. Bulygin, S.Y., Priester, B.S., Furdychko, O.I., & Dutov, O.I. (2012). *Shhodo programy bezpechnogo vedennja sil's'kogospodars'kogo vyrobnyctva na terytorijah, zabrudnnyh radionuklidamy vnaslidok Chornobyl's'koi katastrofy [Regarding the program of safe agricultural production in areas contaminated with radionuclides by the Chernobyl disaster]*. *Visnyk agrarnoi nauky — News of agrarian science*, 5, 53–57 [in Ukrainian].
21. Furdychko, O.I., Tatarka, O.H., Chobotko, G.M., Raychuk, L.A. et al. (2013). *Metodychni rekomendacii' z reabilitacii' terytorij, shho zaznaly radioaktyvnogo zabrudnennja, ta optymizacii' struktury zemlekorystuvannja na osnovi landshaftnyh pidhodiv [Guidelines for the rehabilitation of areas affected from radioactive contamination and optimize the structure of land tenure based on landscape approaches]*. Kyiv. [in Ukrainian].
22. Landin, V.P., Pronevych, V.A., Kuchma, M.D. et al. (2015). *Metodychni rekomendacii' shhodo zahodiv z reabilitacii' krytychnyh ekosystem radioaktyvno zabrudnnyh regioniv Ukrain's'kogo Polissja [Guidelines for management of rehabilitation of critical ecosystems of Ukrainian Polissja radioactively contaminated regions]*. Kyiv [in Ukrainian].
23. Gudkov, I., Dutov, O., Haurdinova G. et al. (2013). *Metodychni zasady, normatyvna baza ta suchasni metody radioekologichnogo monitoryngu zabrudnnyh radioaktyvnymy rechovyname terytorij [Method principles, regulatory framework and modern methods of radioecological monitoring of territories contaminated by radioactive substances]*. Kyiv [in Ukrainian].

СТАНОВЛЕННЯ РАДІОЕКОЛОГІЇ ЛІСОВИХ ЕКОСИСТЕМ В УКРАЇНІ

В.П. Краснов¹, В.П. Ландін², В.А. Захарчук²

¹ Житомирський державний технологічний університет

² Інститут агроекології і природокористування НААН

Здійснено узагальнення наукових досліджень, що були проведені у лісових екосистемах України після аварії на ЧАЕС. Визначено основні напрями наукових досліджень та технологічних розробок за 30 років з метою регламентування лісокористування та вжиття лісогосподарських заходів на територіях, забруднених радіонуклідами. Встановлено, що проведені дослідження надали змогу вченим обґрунтувати новий напрям у лісівництві — радіоекологія лісових екосистем. Наведено основні узагальнюючі наукові праці та нормативні документи щодо різних аспектів ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення.

Ключові слова: радіоактивне забруднення, лісові екосистеми, лісокористування, радіонукліди, питома активність радіонуклідів, реабілітація лісів.

Аварія на ЧАЕС спричинила глобальні зміни радіаційної ситуації у лісових масивах України і обумовила необхідність розробки наукових основ ведення лісового господарства та лісокористування на територіях, забруднених радіонуклідами. Найбільші площі та рівні радіоактивного забруднення лісів були зафіксовані у лісових насадженнях Полісся України — регіоні, де проживала велика кількість населення, велося інтенсивне лісове господарство. До того ж значна кількість сільського населення працювала у лісогосподарських підприємствах і використовувала багаті ресурси лісу для власного вжитку та продажу. Значно менше радіаційного впливу зазнали ліси інших фізико-географічних зон — Лісостепу, Степу та Карпат [1]. Слід наголосити, що близько 50-ти років тому у колишньому Радянському Союзі були розроблені «Рекомендації по веденню сільського і лесного хозяйства при радиоактивном загрязнении внешней среды» [2]. У цьому документі (на декількох сторінках) розглядалися загальні закономірності можливого радіоактивного забруднення і радіаційного враження лісів унаслідок застосування ядерної зброї. Також повідомлялось про три можливі ситуації враження хвойних

та листяних лісових насаджень (в основу була покладена величина поглинутої дози кронами дерев), а також надавались загальні рекомендації щодо здійснення деяких лісогосподарських заходів і використання деревини. Зауважимо, що безпосередньо після аварії на ЧАЕС інформації про вказаний нормативний документ не було. Втім він і не міг бути використаним у розробці подібних документів в Україні.

Наведені вище особливості враженого аварійними викидами ЧАЕС регіону, потребували більш ретельного вивчення численних теоретичних проблем, що виникли внаслідок міграції радіоактивних елементів у лісових екосистемах трофічними шляхами та дії іонізуючих випромінювань на компоненти лісових екосистем. Крім того, необхідно було вирішувати практичні питання щодо вжиття всіх лісогосподарських заходів і використання всіх ресурсів лісу.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Після аварії на ЧАЕС на території України, як би це цинічно не звучало, з'явився унікальний полігон для проведення широких радіоекологічних досліджень у лісових екосистемах. У лісових угрупованнях можна було спостерігати широкий діапазон рівнів радіоактивного забруднення угідь, а

також усі радіаційні ефекти на деревних породах — від радіаційної стимуляції до летальних випадків. Але радіоактивне забруднення лісів, як і інших територій, після аварії на ЧАЕС мало певні особливості і значно відрізнялось від експериментів на ділянках чи у лабораторіях, де радіоактивне забруднення досягалося штучним внесенням радіонуклідів. В умовах реальної радіаційної катастрофи була відсутня «чистота досліду», адже за штучного експерименту певні радіонукліди з визначеною активністю вносились рівномірно. Крім того, був «втрачений» для дослідження перший етап аварії, коли радіонуклідний склад аварійних викидів і їх активність були максимальними. Зважаючи на нерівномірність викидів за інтенсивністю, радіонуклідним складом і активністю, а також на значну мозаїчність радіоактивного забруднення площ, майже неможливо було відновити радіаційну ситуацію та радіаційне навантаження на біоту у конкретному місці. Це дещо ускладнило проведення радіобіологічних досліджень. Натомість існували широкі можливості для проведення досліджень з міграції радіоактивних ізотопів у лісових екосистемах, особливо таких екологічно небезпечних, дозоутворювальних і довгоживучих, як ^{137}Cs та ^{90}Sr .

Уже в червні 1986 р. вченими України, Росії та Білорусі на підставі первинної оцінки масштабів радіоактивного забруднення лісів було розроблено «Сборник нормативных документов по ведению лесохозяйственного производства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению» [3]. Слід наголосити, що на сьогодні — це ніби звичайний собі документ, який фактично не зачіпав особливостей ведення лісового господарства на територіях, що потрапили до зони впливу аварійних викидів ЧАЕС, адже його основні положення мали характер заборони і не базувались на експериментальному матеріалі. Але саме цей документ зіграв значну роль у забезпеченні радіаційної безпеки працівників лісового господарства та унеможливив випуск продукції лісового господарства, радіоактивне забруднення якої

перевищувало тимчасово допустимі рівні вмісту радіонуклідів.

Пізніше, після більш детальної і точної оцінки радіаційної ситуації в лісах, забруднених радіонуклідами, а також у процесі ретельного вивчення наявних літературних джерел і поодиноких спектрометричних аналізів компонентів лісових екосистем, науковими співробітниками союзних республік, які зазнали впливу радіації після аварії на ЧАЕС, були складені перші «Временные рекомендации по ведению лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения» [4]. Вони якісно відрізнялися від попереднього нормативного документа, оскільки містили набагато більше рекомендацій та інформації (зонування радіоактивного забруднення частини лісів, пропозиції щодо регламентації використання продукції лісового господарства, пропозиції про застосування безпечних технологій проведення лісгосподарських робіт, методики розрахунку дозових навантажень на працівників лісу). Цей документ надав змогу, в основному, нормувати лісгосподарське виробництво з урахуванням радіаційного чинника на територіях, що зазнали радіоактивного забруднення.

Так, проведені широкі дослідження у лісових екосистемах, а також матеріали контактного обстеження лісів на радіоактивне забруднення (всіх областей України) дали змогу вченим скласти перші українські «Рекомендації по веденню лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення» (1995) [1]. Вони значно відрізнялися від попередніх і містили: 1) характеристику радіаційної ситуації в лісах; 2) обґрунтування зонування лісів, забруднених радіонуклідами; 3) групування лісгосподарських підприємств України за рівнями радіоактивного забруднення ґрунту і можливим рівнем вмісту радіонуклідів у продукції лісового господарства; 4) пропозиції щодо ведення лісгосподарських і лісозаготівельних робіт з урахуванням радіаційного чинника; 5) матеріали про радіаційну безпеку та гігієну праці; 6) пропозиції щодо організації радіаційного контролю на підприємствах лісового

господарства. Фактично, це були перші рекомендації, які повністю регламентували лісогосподарську діяльність підприємств, що працюють на територіях, забруднених радіонуклідами після аварії на ЧАЕС. У наступні роки ці рекомендації вдосконалювались і актуалізувались відповідно до змін радіаційної ситуації у лісах, перерозподілу радіонуклідів у лісових екосистемах і їх закріплення у ґрунті.

Ліси 30-км зони ЧАЕС завжди потребували особливої уваги і специфічного реагування. Це пояснюється значними рівнями радіоактивного забруднення території, характером і особливостями радіоактивного матеріалу, а також радіонуклідним складом аварійних опадів. Наглядним прикладом значних рівнів радіації після аварії став «Рудий ліс», часткова загибель сосни звичайної в лісових культурах, відмирання бруньок у цієї породи та численні морфози багатьох деревних порід. Поряд із тим діапазон рівнів радіоактивного забруднення 30-км зони ЧАЕС є доволі значним, що надає можливість експлуатувати деревні ресурси, з одного боку, і категорично забороняти ведення лісового господарства, з іншого. Крім того, основна кількість насаджень зони — соснові монокультури, що потребує обов'язкового вжиття заходів з охорони лісу від пожеж, шкідників і хвороб. На початку 90-х років у зоні згоріли значні площі лісів (17,0 тис. га), декілька тисяч гектарів були підтоплені. Це пояснюється відсутністю лісової охорони, оскільки лісогосподарські підприємства у зоні відчуження були ліквідовані. Тому після низки небезпечних ситуацій у цій зоні таке підприємство було відновлене.

Для ведення лісового господарства у 30-км зоні ЧАЕС були розроблені науково обґрунтовані «Тимчасові рекомендації по проведенню еколого-лісівничих заходів в лісах 30-км зони ЧАЕС». В основу рекомендацій покладено розподіл території на три зони за рівнями радіоактивного забруднення, а також систематизацію лісогосподарських заходів для кожної з них. У подальшому ці рекомендації були доповнені новими науковими розробками.

За період, що минув з часу аварії на ЧАЕС, у лісових екосистемах України було здійснено серію наукових досліджень та створено технологічні розробки, які можна узагальнити за певними напрямками:

- вивчення особливостей радіоактивного забруднення лісів [5];
- вивчення міграції радіонуклідів у основних типах ґрунтів у лісах Полісся і Правобережного Лісостепу [6];
- вивчення розподілу сумарної активності радіонуклідів у компонентах лісових екосистем [6];
- розробка моделей міграції радіонуклідів у лісових екосистемах з метою прогнозування величин радіоактивного забруднення їх компонентів [7];
- вивчення перерозподілу радіонуклідів у лісових екосистемах після лісових пожеж, лісокультурних і лісозаготівельних робіт [6];
- вивчення міграції радіонуклідів у системі «ґрунт — кормові рослини — дикі копитні тварини» і виявлення особливостей накопичення радіонуклідів у органах диких копитних тварин і деяких промислових птахів [8];
- вивчення санітарно-гігієнічних умов праці в процесі проведення лісогосподарських робіт на територіях, які зазнали радіоактивного забруднення [9];
- встановлення особливостей накопичення радіонуклідів основними лісоутворювальними деревними породами та їх розподілу у частинах і органах дерев при різних рівнях радіоактивного забруднення ґрунту і в певних типах лісорослинних умов [5];
- виявлення впливу іонізуючого випромінювання на плодоношення та якість насіння сосни звичайної, а також на проходження мітозів і мейозів [10];
- вивчення особливостей накопичення радіонуклідів дикорослими ягідними та лікарськими рослинами лісів Полісся і Правобережного Лісостепу при різних рівнях радіоактивного забруднення ґрунту і в певних типах лісорослинних умов [11, 12];
- вивчення особливостей накопичення радіонуклідів у плодovому тілі основних

їстівних грибів при різних рівнях радіоактивного забруднення ґрунту і в певних типах лісорослинних умов [13];

- виявлення ролі ендоефітних грибів у міграції радіонуклідів трофічними ланцюгами лісових екосистемах [14];
- встановлення ролі грибів у перерозподілі радіонуклідів у лісових ґрунтах [15];
- вивчення радіоактивного забруднення кормових рослин лісових пасовищ і сінокосів [16];
- розробка технологій лісорозведення на територіях з високими рівнями радіоактивного забруднення ґрунту [17];
- вивчення можливостей зниження радіоактивного забруднення деревини в процесі її технологічної переробки [18];
- розробка методики оцінки економічних втрат, понесених лісовим господарством унаслідок аварії на ЧАЕС [19].

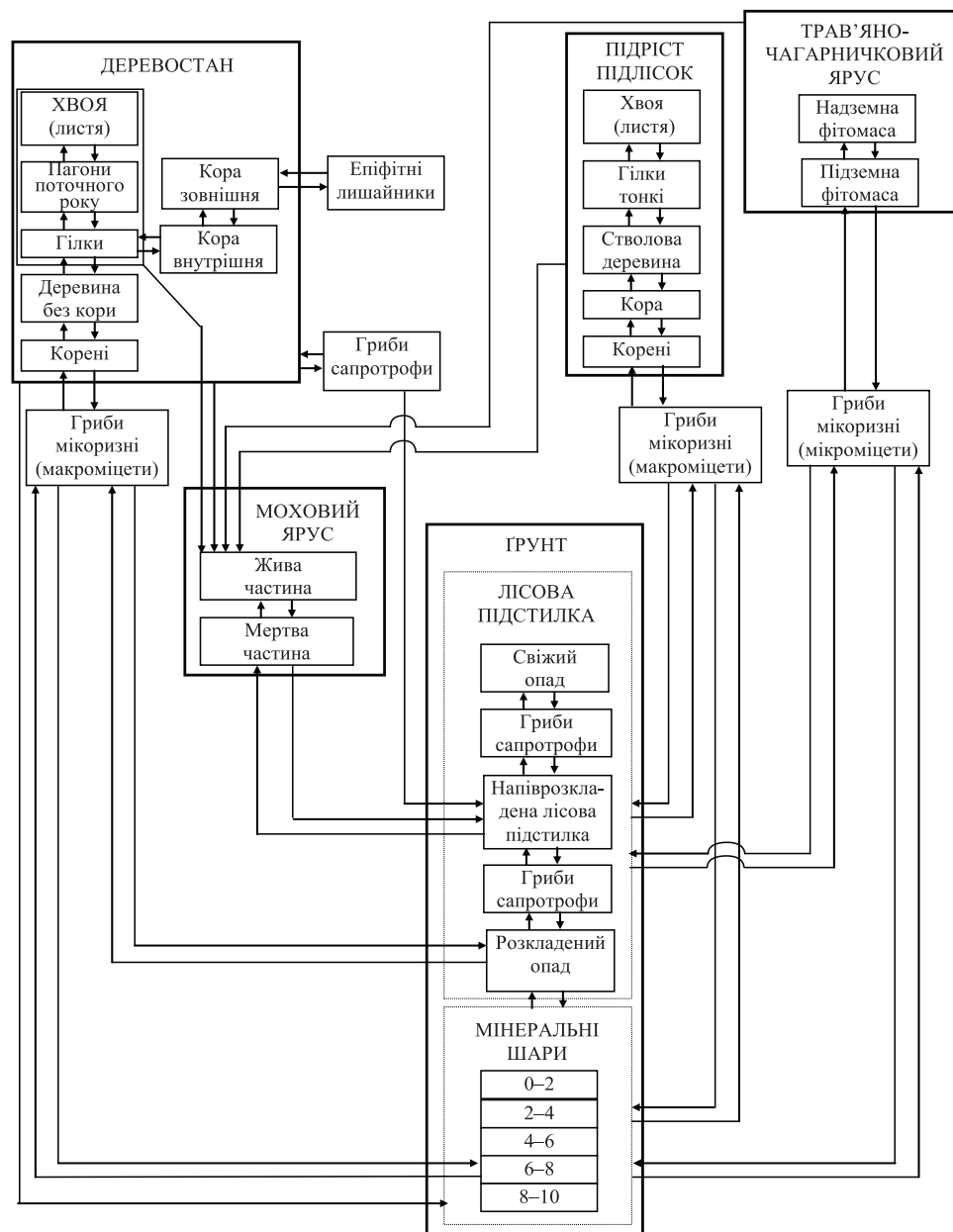
Наведений перелік свідчить про глибину і багатоплановість проблем, які необхідно було розв'язувати. Слід наголосити, що не всі з них були вивчені або опрацьовані належною мірою. Але, підкреслимо, отримані результати надали змогу регламентувати ведення лісогосподарських робіт і лісокористування на територіях, забруднених радіонуклідами, а отже, забезпечити працівників лісогосподарського виробництва від можливого переопромінення і гарантувати випуск продукції в межах чинних на той час нормативів.

Основою для вирішення окреслених практичних питань були дослідження щодо міграції радіоактивних елементів у лісових екосистемах та їх перерозподілу між компонентами у часі. За результатами проведених досліджень науковцями були розроблені концептуальні схеми міграції ^{137}Cs у лісових екосистемах на лісотипологічній основі. Прикладом може слугувати наведена схема (рис.) для 55-літнього соснового насадження у вологому суборі (B_3) [7]. Модель було створено для віддаленого післяаварійного періоду — квазірівноваги ^{137}Cs у ґрунтово-рослинному покриві лісів. Едіфікаторний блок екосистеми — деревостан — складається з деревини, хвої, пагонів поточного року, гілок, кори зов-

нішньої і внутрішньої, з позначенням напрямків обмінних процесів між ними. Блок підросту і підстилки також складається зі стовбурної деревини, гілок, кори, коренів і хвої (листя); трав'яно-чагарничковий ярус розглядається спрощено, як такий, що характеризується надземною і підземною фітомасою. Моховий ярус, щільний і потужний у цій екосистемі, розділено на дві частини — живу і мертву (до того ж відомо, що мохи не мають коріння і, відповідно, кореневого надходження радіонуклідів із ґрунту). Блок ґрунту складається з двох головних субблоків — лісової підстилки і мінеральної частини (розділених на 2-см прошарки). Зі схеми випливає, що частини лісової підстилки (свіжий опад, напіврозкладена і розкладена) перебувають у геохімічному зв'язку внаслідок дії грибів-сапротрофів, інші групи організмів поки що в моделі не аналізуються за браком відповідних даних.

Моделювання міграційних процесів дає змогу: здійснювати аналіз усіх видів продукції лісового господарства (деревної і не деревної); визначати питому активність ^{137}Cs у продукції лісового господарства при заданій (відомій) щільності забруднення ґрунту; здійснювати розрахунки на будь-який рік з урахуванням заданого кроку (через рік, два, десять і т.д.); враховувати процес фізичного розпаду радіонуклідів; порівнювати модельні (прогнозні) дані з реальними даними багаторічного радіоекологічного моніторингу.

Отже, на нашу думку, нині потрібно: розробити довготривалу концепцію комплексного ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення; розробити нову редакцію рекомендацій з ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення; вивчити санітарно-гігієнічні умови праці під час проведення лісогосподарських робіт на територіях, забруднених радіонуклідами; дослідити можливості використання ГІС-технологій для проектування лісогосподарських заходів з урахуванням радіаційного чинника, моделювання міграції радіонуклідів у лісових екосистемах і прогнозування радіоак-



Концептуальна схема моделі міграції ^{137}Cs у соснових насадженнях соснового субору (сосняк чорнично-зеленомошний) [7]

тивного забруднення продукції лісового господарства; створення компартментних моделей міграції радіонуклідів у лісових екосистемах з метою прогнозування радіо-

активного забруднення продукції лісового господарства на лісотипологічній основі; розробити наукові основи проведення лісовпорядних робіт у радіоактивно забруд-

нених лісових насадженнях і сертифікації лісу на корені з урахуванням радіаційного чинника; вивчити стан і продуктивність лісових насаджень на територіях із щільністю радіоактивного забруднення ґрунту понад 15 Ки/км² і розробити заходи з їх стабілізації; дослідити процеси природного заростання деревними породами колишніх сільськогосподарських угідь та розробити спеціальні заходи з лісорозведення на цих територіях; продовжити вивчення міграції основних техногенних радіонуклідів у компонентах лісових екосистем і їх накопичення у продукції лісового господарства.

ВИСНОВКИ

За 30 років, що минули з часу аварії на ЧАЕС, лісова радіоекологія в Україні сформувалася як самостійний підрозділ загальної радіоекології з відповідним масивом

накопичених знань. Крім того, у лісознавстві і лісівництві з'явилися нові напрями: теоретичний — радіоекологія лісу та практичний — ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення.

Багаторічні прикладні і фундаментальні дослідження радіоекологів надали можливість виявити і кількісно охарактеризувати спрямованість і темпи міграції радіонуклідів у лісових біогеоценозах, що дає змогу здійснити наукове обґрунтування ведення лісового господарства на територіях, забруднених радіонуклідами. Отримані результати забезпечили розв'язання не тільки прикладних проблем ведення лісового господарства в умовах радіоактивного забруднення, а й сприяли пізнанню механізмів і закономірностей біогеохімії радіоактивних елементів у таких складних екосистемах, якими є ліси.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рекомендации по ведению лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения / Под общ. ред. В.П. Краснова. — К., 1995. — 64 с.
2. Рекомендации по ведению сельского и лесного хозяйства на территории с повышенной радиоактивностью. — М.: Колос, 1964. — 56 с.
3. Сборник нормативных документов по ведению лесохозяйственного производства на территориях, подвергшихся радиоактивному загрязнению. — К.: МЛХ УССР, 1986. — 52 с.
4. Временные рекомендации по ведению лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения. — М.: Гослесхоз СССР, 1988. — 48 с.
5. Краснов В.П. Радиоэкология лесов Полесья Украины. — Житомир: Волинь, 1998. — 112 с.
6. Прикладная радиоэкология леса / В.П. Краснов, А.А. Орлов, В.А. Бузун и др. — Житомир: Полісся, 2007. — 680 с.
7. Математичне моделювання міграції ¹³⁷Cs у лісових екосистемах Українського Полісся / А.М. Ковальчук, В.П. Краснов, В.Г. Левицький та ін. // Бюллетень екологічного стану зони відчуження та зони безумовного (обов'язкового) відселення. — 2002. — № 2. — С. 59–70.
8. Радіоекологія козулі європейської в Центральному Поліссі України / В.П. Краснов, З.М. Шелест, О.О. Орлов та ін.; під ред. В.П. Краснова. — Житомир: Волинь, 1998. — 144 с.
9. Мазепа М.Г. Определение радиоактивности воздуха на лесосеке при проведении рубок ухода / М.Г. Мазепа // Основы организации и ведения лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения: Тез. докл. Всесоюз. научн.-практ. конф. — Гомель: БелНИИЛХ, 1991. — С. 36.
10. Митроченко В.В. Вплив хронічного радіоактивного опромінення на формування генетичної сфери сосни звичайної в районі аварії на ЧАЕС / В.В. Митроченко, Г.А. Шлончак, Г.В. Шлончак // Проблеми екології лісів і лісокористування на Поліссі України. — Житомир: Волинь, 1998. — С. 47–61.
11. Краснов В.П. Радиоэкология ягодных растений / В.П. Краснов, А.А. Орлов. — Житомир: Волинь, 2004. — 264 с.
12. Краснов В.П. Радіоекологія лікарських рослин / В.П. Краснов, О.О. Орлов, А.І. Гетьманчук. — Житомир: Полісся, 2005. — 214 с.
13. Краснов В.П. Радиоэкология съедобных макромицет / В.П. Краснов, А.А. Орлов, Т.В. Курбет. — Житомир: ПП «Рута», 2006. — 220 с.
14. Курченко І.М. Біорізноманітність та еколого-фізіологічні особливості ендоефітних мікроміцетів рослин сфагнових боліт Полісся України: автореф. ... д-ра біол. наук: 03.00.07 / І.М. Курченко. — К., 2014. — 40 с.
15. Віннічук М.М. Радіоекологічні функції мікроорганізмів / М.М. Віннічук. — Житомир: ЖДТУ, 2011. — 238 с.
16. Орлов А.А. Основные закономерности радиоактивного загрязнения лесных пастбищных и сенокосных угодий / А.А. Орлов, В.П. Краснов, И.Д. Иванюк // Проблема екології лісу і лісокористування на Поліссі України. — Житомир: Волинь, 2002. — Вып. 3 (9). — С. 100–117.
17. Рекомендации по технологии залесения части территории РСФСР, Украинской ССР и Белорусской ССР с плотностью радиоактивного загрязнения цезием-137 80 Ки/км² и более / Госкомлес СССР. — М.: ДСП, 1989. — 27 с.

18. Рекомендації щодо зниження вмісту радіонуклідів у деревині при переробці на тріску та целюлозу / Г.В. Лисиченко, Б.Г. Шабалін, О.П. Дикарев та ін. — К., 1997. — 30 с.
19. Приступа Г.К. Экономическая оценка ущерба,

нанесённого лесным ресурсам радиоактивным загрязнением / Г.К. Приступа, Р.Г. Приступа // Проблемы экологии лесов и лесопользования в Полесье Украины. — Житомир: Полесская АЛНДС, 1997. — С. 50–52.

REFERENCES

1. Krasnov, V.P. (Eds.). (1995). *Rekomendacii po vedeniiu lesnogo khoziaistva v usloviakh radioaktivnogo zagrizneniia* [Recommendations on forest management in conditions of radioactive contamination]. Kiev [in Russian].
2. *Rekomendacii po vedeniiu selskogo i lesnogo khoziaistva na territorii s pozysheinoi radioaktivnostiu* [Recommendations on agriculture and forestry management in the territory with increased radioactivity]. (1964). Moscow: Kolos [in Russian].
3. *Sbornik normativnykh dokumentov po vedeniiu lesokhoziaistvennogo proizvodstva na territoriakh, podvergnutym radioaktivnomu zagrizneniiu* [Collection of normative documents on the management of forestry production in the territories exposed to radioactive contamination]. (1986). Kiev: MLH of the USSR [in Russian].
4. *Vremenne rekomendacii po vedeniiu lesnogo khoziaistva v usloviakh radioaktivnogo zagrizneniia* [Temporary recommendations on forest management in conditions of radioactive contamination]. (1988). Moscow: State Forestry Service of the USSR [in Russian].
5. Krasnov, V.P. (1998). *Radioekologiya lesov Polesia Ukrainy* [Radioecology of Ukrainian Polesie forests]. Zhitomir: Volyn [in Russian].
6. Krasnov, V.P., Orlov, A.A., Buzun, V.A., Landin, V.P. & Shelest, Z.M. (2007). *Prikladnaia radioekologiya lesa* [Applied forest radioecology]. Zhitomir: Polissya [in Russian].
7. Kovalchuk, A.M., Krasnov, V.P., Levytskyi, V.H. et al. (2002). Matematychno modeljuvannia migracii ^{137}Cs u lisovykh ekosystemakh Ukraini'skogo Polissia [Mathematical modeling of ^{137}Cs migration in Ukrainian Polissya forest ecosystems]. *Bjulleten' ekologichnogo stanu zony vidchuzhennia ta zony bezumovnogo (obov'язkovogo) vidseleennia — Bulletin ecological state of the exclusion zone and zone of unconditional (obligatory) resettlement*, 2, 59–70 [in Ukrainian].
8. Krasnov, V.P., Shelest, Z.M., Orlov, O.O. et al. (1998). *Radioekologiya kozuli jevropejskoi v Centralnomu Polissi Ukrainy* [Radioecology of European deer in Central Polissya of Ukraine]. V.P. Krasnov (Ed.). Zhytomir: Volyn [in Ukrainian].
9. Mazepa, M.G. (1991). *Opreделение radioaktivnosti vozduha nalesoseke pri provedenii rubok uhoda* [Determination of air radioactivity in the cutting area during thinning operations]. Fundamentals of the organization and management of forestry in conditions of radioactive contamination '91: *Vsesojuzn. nauchn.-prakt. Konf. — All-Union Scientific and Practical Conference*. (p. 36). Gomel: BelNIILKh [in Russian].
10. Mytrochenko, V.V., Shlonchak, G.A., & Shlonchak, G.V. (1998). Vplyv hronichnogo radioaktivnogo oprominennia na formuvannia genetichnoi' sfery sosny zvyčajnoi' v rajoni avarii' na ChAES [The impact of chronic radiation exposure on the pine genetic areas formation in the Chernobyl accident area]. *Problemy ekologii' lisiv i lisokorystuvannia na Polissi Ukrainy* [Problems of forest ecology and forest management in Ukrainian Polesie]. Zhytomir: Volyn [in Ukrainian].
11. Krasnov, V.P., & Orlov, A.A. (2004). *Radioekologija jagodnyh rastenij* [Radioecology of berry plants]. Zhitomir: Volyn [in Russian].
12. Krasnov, V.P., Orlov, O.O., & Hetmanchuk, A.I. (2005). *Radioekologija likars'kyh roslyn* [Herbs radioecology]. Zhytomir: Polissja [in Ukrainian].
13. Krasnov, V.P., Orlov, A.A., & Kurbet, T.V. (2006). *Radioekologija syedobnyh makromicet* [Radioecology of edible macromycetes]. Zhitomir: PP «Ruta», publishing house «Volyn» [in Russian].
14. Kurchenko, I.M. (2014). Bioriznomanitnist' ta ekologo-fiziologichni osoblyvosti endofitnyh mikromicetiv Roslyn sfagnovyh bolit Polissia Ukrainy [Biodiversity and ecological and physiological characteristics of endophytic Micromycetes Ukrainian Polissya sphagnum bogs plants]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
15. Vinnichuk, M.M. (2011). *Radioekologichni funkcii' mikoryzoutvorjujuchykh makromicetiv* [Radiological features mycorrhiza forming macromycetes]. Zhytomir: ZSTU [in Ukrainian].
16. Orlov, A.A., Krasnov, V.P., & Ivaniuk, I.D. (2002). Osnovnye zakonomernosti radioaktivnogo zagriznenija lesnyh pastbishnyh i senokosnyh ugodij [Basic regularities of radioactive contamination of forest pasture and hayfields]. *Problema ekologii' lisu i lisokorystuvannia na Polissi Ukrainy — The problem of forest ecology and forest management in Polissia of Ukraine*, 3 (9), 100–117 [in Russian].
17. *Rekomendacii po tekhnologii zalesenija chasti territorii RSFSR, Ukrainsskoi SSR i Belorusskoi SSR s plotnostiu radioaktivnogo zagrizneniia tzieiem-137 80 Ki/km² i bolee* [Recommendations on the technology of afforestation of part of the territory of the RSFSR, the Ukrainian SSR and the Byelorussian SSR with the density of radioactive contamination with cesium-137 80 Ci/km² and more]. (1989). Goskomles SSSR. Moscow: DSP [in Russian].
18. Lysychenko, H.V., Shabalin, B.H., Dyukaryev, O.P., Kaletnyk, M.M., Landin, V.P., Tyschenko, Yu.S. et al. (1997). *Rekomendacii' shhodo znyzhennia vmistu radionuklidiv u derevyni pry pererobci na trisku ta celjulozu* [Recommendations to reduce the radionuclide content in wood chips in the processing and pulp]. Kyiv [in Ukrainian].
19. Prikhody, G.K., Pristupa, R.G. (1997). Jekonomicheskaja ocenka usherba, nanesjonnogo lesnym resursam radioaktivnym zagrizneniem [Economic evaluation of damage caused to forest resources by radioactive contamination]. *Problemy jekologii' lesov i lesopol'zovanija v Poles'e Ukrainy* [Problems of the ecology of forests and forest use in Polissya of Ukraine]. Zhitomir: Polesskaya ALNDS [in Russian].

УДК 631.445.12

ЛАНДШАФТНО-ГЕОХИМИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ВЫРАБОТАННЫХ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БЕЛОРУССКОГО ПОЛЕСЬЯ, ИХ ОПТИМИЗАЦИЯ И РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Н.К. Чертко, А.А. Карпиченко, П.В. Жумарь

Білоруський державний університет

Досліджено вироблені торфовища в межах Поліської провінції озерно-алювіальних, алювіально-терасованих та озерно-болотних ландшафтів з хвойними, широколистяно-хвойними і дубовими лісами на дерново-підзолистих і дернових, здебільшого заболочених ґрунтах, з частим включенням торфоболотних ґрунтів. Встановлено, що торф підстилається пересічно піщано-супіщаними породами з переважанням неглибоких і середньо-глибоких покладів торфу. За результатами проведених досліджень розроблено рекомендації з геохімічної оптимізації вироблених торфових ділянок. Наведено оцінку вмісту деяких хімічних елементів (Ti, Mn, Cu, Cr, Ni, Sn, Pb) у залишковому торфі родовищ порівняно з фоном. Для кожного об'єкта дослідження наведено характеристику торфу, визначено геохімічний індекс, що включає коефіцієнт концентрації.

Ключові слова: ландшафти, вироблені торфовища, геохімічний індекс, оцінка, оптимізація, використання.

Добыча торфа в Беларуси привела к образованию многочисленных торфяных выработок, заполняемых водой или заросших сорными травами и кустарниками, которые не способствуют созданию эстетических ландшафтов и не используются по назначению. Единичные выработки преобразованы в пашни, преимущественно с травопольной системой земледелия. Площадь нарушенных болот при добыче торфа на различные цели в Беларуси составляет около 320 тыс. га, из них выработано около 209,5, разрабатываются месторождения на площади 109 тыс. га. В перспективе ожидается рост площадей нарушенных месторождений. Целью исследования была разработка рекомендаций по преобразованию неиспользуемых торфяных выработок в культурные ландшафты различного назначения в зависимости от их сложившейся природной

структуры, ландшафтного соседства, гидро-геологических и геохимических особенностей для создания природного равновесия при высоком ландшафтном разнообразии и, по возможности, высокой социально-экономической эффективности.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Работы проводились в пределах Белорусского Полесья (Брестская и Гомельская область). Всего исследовано 11 торфяных выработок, название которых соответствует названию бывших месторождений. Более детально характеристика объектов и методика исследования опубликована в [1–4].

Для реализации поставленной цели решались следующие задачи:

- выявить наиболее проблемные, с точки зрения использования, выработанные торфяные месторождения в границах Полесской провинции;

- оценить ландшафтно-геохимическое состояние выработанных торфяников;
- разработать рекомендации по использованию и оптимизации выработанных торфяников с учетом сложившейся ландшафтно-геохимической ситуации.

Все объекты исследования размещены в границах Полесской провинции озерно-аллювиальных, аллювиально-террасированных и озерно-болотных ландшафтов с хвойными, широколиственно-хвойными и дубовыми лесами на дерново-подзолистых и дерновых, часто заболоченных почвах, с обширным включением местами торфяно-болотных почв. Торф подстилается преимущественно песчано-супесчаными породами. Преобладают мало- и среднемошные торфяные залежи.

По результатам дешифрирования космического снимка составлены схемы элементарных техногенных ландшафтов месторождений. С их помощью была оценена территориальная структура и ландшафтное соседство исследуемых торфяных участков в пределах месторождений. Эти материалы послужили основой для разработки рекомендаций по оптимизации и использованию торфяных выработок. Содержание химических элементов определялось эмиссионным спектральным методом.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Приводим характеристику исследованных торфяных выработок.

Гатча-Осовское месторождение (выработанный торфяной участок «Сычево») расположено на границе Жабинковского и Кобринского районов. Площадь в границах нулевой залежи составляет 1093 га. Остаточный торф на выработанных участках, преимущественно, серо-коричневого цвета сильной степени разложения (45–55%). Ботанический состав — сфагново-осоковый.

Геохимический индекс месторождения выглядит следующим образом (в скобках здесь и далее указан коэффициент, полученный путем деления содержания химического элемента в остаточном торфе на фоновое содержание этого элемента в пределах Полесья):

$$\frac{Pb(2,1), Sn(1,9), Ni(1,6)}{Cu, Mn(0,9), Cr(0,7), Ti(0,6)}.$$

Из геохимического индекса видно, что в золе торфа выше фона является содержание Pb, Sn, Ni, близко к фону — Cu, Mn, несколько ниже фона — Cr и Ti.

Рекомендации по оптимизации выработанного торфяника могут быть следующие: в среднем по месторождению имеет место превышение фона по Pb ($K_k = 2,1$), Sn ($K_k = 1,9$), Ni ($K_k = 1,6$), поэтому не рекомендуется использование данных земель под сельскохозяйственное производство. По завершении добычи торфа целесообразно разработать технико-экономическое обоснование на добычу карбонатного сапропеля на территории торфоучастка «Сычево». После завершения всех добычных работ, выработанные площади желательно использовать под водоем или под прудовое хозяйство.

Месторождение «Ель» расположено в центральной части Кобринского района. Оно занимает площадь 440 га, располагается в древней ложбине стока и представляет собой вытянутое в меридиональном направлении тело. В настоящее время добыча торфа осуществляется только в южной части месторождения.

Особенностью остаточной мощности залежи является ее неравномерность, которая колеблется от 0,1 до 1,5 м. Сложена торфом, оттенки которого изменяются от темно-серого, почти черного, до красновато-бурого. По ботаническому составу торф, преимущественно, камышово-тростниковый, местами тростниково-древесный. Степень разложения варьирует от слабой (20–25%) до весьма сильной (более 55%). Подстилающие породы представлены водно-ледниковым тонкозернистым песком палео-серого цвета.

Геохимический индекс месторождения следующий:

$$\frac{Ni(1,6), Mn(1,2)}{Cu, Cr(0,7), Ti(0,6), Pb, Sn(0,5)}.$$

В золе торфа выше фона является содержание Ni и Mn, ниже фона — остальных химических элементов.

Территория торфяного участка «Ель» является дефицитной по всем исследуемым элементам, за исключением Ni и Mn. При использовании в сельскохозяйственном производстве выровненных участков рекомендуемым направлением является луговое хозяйство с периодическим подсевом многолетних трав. Кроме стандартных доз удобрений для торфяных почв с луговыми травами, следует регулярно вносить медные микроудобрения. Для выращивания сосны подходят участки с мощностью торфа менее 0,2 м. В местах, систематически затопливаемых водой длительный период, рекомендуется естественное зарастание с использованием биомассы после переработки в качестве топлива.

Торфяной участок «Дворище» расположен в южной части Березовского района и относится к торфяному массиву «Черный Лог — Чайково-Гнилинка». Его площадь составляет 118 га. В настоящее время выработан и используется как рыбохозяйственный водоем. Мощность остаточного торфа превышает 1 м. Торф темно-серого цвета, весьма сильно разложившийся (более 55%). Растительных остатков в нем не обнаружено. На сухих местоположениях торф сильно минерализован.

Геохимический индекс месторождения выглядит следующим образом:

$$\frac{Mn(0,7), Cr, Ti(0,6), Pb, Sn(0,5), Ni(0,4), Cu(0,3)}{}$$

Содержание всех исследуемых элементов находится ниже фона.

Для территории торфяного участка «Дворище» отмечен дефицит Zn ($K_K = 0,25$) и Cu ($K_K = 0,3$) — физиологически значимых химических элементов для живых организмов. Поскольку большая часть участка используется под рыбохозяйственный водоем, то в геохимической оптимизации территория не нуждается.

Торфяной участок «Здитово» расположен в южной части Березовского района и относится к торфяному массиву «Черный Лог — Чайково-Гнилинка». В настоящее время на территории торфяного участка завершаются работы по добыче торфа тем-

но-серого цвета весьма сильно разложившегося (более 55%) и сильно минерализованного. Растительных остатков в нем не обнаружено.

Геохимический индекс месторождения следующий:

$$\frac{Ni(1,0)}{Pb, Mn(0,8), Cu(0,6), Cr, Ti(0,4)} \cdot \frac{Sn(2,2)}{}$$

В золе торфа зафиксировано содержание Sn выше фона, близко к фону — Ni, Pb, Mn, ниже фона — Cu, Cr и Ti.

Из-за повышенной концентрации Sn при использовании в сельском хозяйстве будет целесообразным регулирование водного режима с целью создания окислительных условий, препятствующих подвижности данного элемента Sn, возможно применение микроудобрений, содержащих Mn, Co и Cu, являющихся антагонистами Sn и восполняющими недостаток Mn и Cu в торфе. Исходя из гидрологического режима, наиболее оптимальным представляется использование их под водоем при условии полной выработки торфа или под вторичное заболачивание.

Месторождение «Огдемер» расположено на границе Дрогичинского и Ивановского районов и занимает площадь 130 га. В настоящее время не используется. Добыча в разное время производилась на трех торфяных участках: «Огдемер I», «Огдемер II» и «Огдемер III».

Территория месторождения сложена торфом темно-серого цвета с буроватым оттенком сильной степени разложения (45–55%), по ботаническому составу — камышово-осоковым. Остаточная мощность залежи составляет 95 см. Подстилающие породы представлены водно-ледниковыми связными, полевошпатово-кварцевыми песками охристого цвета, а на отдельных участках — аллювиальными оглеенными, средними суглинками охристого и сизого цвета.

Геохимический индекс месторождения выглядит так:

$$\frac{Mn(1,8), Sn(1,4), Pb(1,3)}{Ni(0,9), Cr(0,7), Cu, Ti(0,5)} \cdot$$

В золе торфа содержание Mn, Sn, Pb выше фона, близко к фону — Ni, ниже фона — Cr, Cu, Ti.

Территория торфяных участков пригодна для использования в лесоплантационном хозяйстве, в частности, для выращивания ольхи, ивы. При переустройстве территории под рыбохозяйственный или рекреационный водоем, а также под вторичное заболачивание геохимическая оптимизация не требуется. Для сельскохозяйственного использования территория не пригодна.

Торфяной участок «Лихой Остров» расположен в западной части Лунинецкого района на границе с Пинским. Относится к одноименному торфяному месторождению. Его площадь составляет 106 га. В настоящее время не используется.

Остаточная мощность залежи сохраняется на уровне около 15 см. Торф имеет темно-серый цвет. Степень разложения торфа весьма сильная (более 55%). Растительные остатки плохо различимы, но хорошо просматриваются серовато-белые корешки осок, что позволяет предположить их доминирование в ботаническом составе. Подстилающие породы представлены связными супесями и легкими суглинками серого цвета.

Геохимический индекс месторождения выглядит следующим образом:

$$\frac{Ti(1,6), Cr(1,2)}{Mn(0,5), Pb, Ni(0,4), Cu, Sn(0,3)}.$$

В золе торфа содержание Ti, Cr выше фона, остальных элементов — ниже фона.

Ниже фона также содержание и большинства химических элементов. Дефицитными биологически значимыми элементами являются Mn ($K_k = 0,5$) и Cu ($K_k = 0,3$). Геохимическую оптимизацию проводить не рекомендуется, так как по гидрологическому режиму территории наиболее оптимальными вариантами являются использование выработок под водоем или вторичное заболачивание, или под плантации тростника для технических и энергетических нужд.

Торфяной участок «Грады» расположен в центральной части Ганцевичского райо-

на и находится в границах одноименного месторождения. Представляет собой выработку геометрически правильной формы, вытянутую в широтном направлении и слегка прогнутую на юг. Занимает площадь 250 га. Залежь полностью была осушена закрытым дренажем. В настоящее время добыча торфа не производится.

Остаточная мощность залежи колеблется в пределах 60–110 см. Сложена торфом серовато-коричневого цвета преимущественно светлых оттенков. Ботанический состав, в основном, гипново-осоковый. Степень разложения варьирует от средней (25–35%) до весьма сильной (более 55%). Подстилающие породы представлены гумусированным средним суглинком сероватого цвета.

Геохимический индекс выработки следующий:

$$Mn(1,0) \frac{Cu(1,1)}{Ni, Cr(0,9), Sn(0,8), Pb(0,6), Ti(0,5)}.$$

Для большинства элементов характерно содержание близкое к фону Cu, Mn, Ni, Cr, ниже фона — Sn, Pb, Ti.

Большинство исследуемых элементов содержатся в количествах, близких к фону (Cu, Mn, Ni, Cr, Sn), поэтому геохимическая оптимизация территории не требуется. Исходя из ландшафтной структуры и ландшафтного соседства, а также гидрологического режима, оптимальным направлением их использования может быть вторичное заболачивание или устройство плантаций тростника для технических и энергетических целей.

Торфяной участок «Корма» расположен в северо-восточной части Октябрьского района на границе со Светлогорским районом. Добыча торфа не производится.

Остаточная залежь сложена торфом темно-серого цвета с коричневатым оттенком. Ее мощность составляет около 1,08 м. Торф по степени разложения относится к весьма сильно разложившемуся (более 55%), ботанический состав — преимущественно осоковый.

Геохимический индекс месторождения выглядит так:

$$Ti(1,0) \frac{Cu(3,0), Mn(2,8), Ni(2,7), Sn(2,6), Cr(1,5)}{Pb(0,6)}.$$

Для большинства элементов характерно содержание, превышающее фон, близко к фону — содержание Ti, ниже фона — Pb.

В связи со значительным превышением фонового содержания, в 2,6–3 раза, для ряда химических элементов (Sn, Ni, Mn, Cu) не рекомендуется использовать данное месторождение после выработки в сельском хозяйстве. Предлагается на участке провести вторичное заболачивание или лесонасаждение.

Торфяной участок «Дуброва» расположен в северо-восточной части Петриковского района. Представляет собой в плане клинообразную выработку в пойме р. Тремля, вытянутую с юго-запада на северо-восток. Добыча торфа не производится.

Остаточная залежь сложена торфом темно-серого цвета. Ее мощность превышает 1 м. Степень разложения разная и изменяется от сильной (45–50%) до весьма сильной (более 55%). Растительных остатков в торфе практически не наблюдалось, за исключением отдельных корешков осок серовато-белесого цвета. Торф является слабоминерализованным благодаря устойчивому увлажнению.

Геохимический индекс участка характеризуется следующим содержанием:

$$\frac{Ni(3,1), Sn(2,7), Cu(2,4), Mn(1,7), Cr(1,6), Ti(1,4)}{Pb(0,7)}.$$

Для большинства исследуемых элементов отмечено превышение фонового содержания, особенно для Ni ($K_k = 3,1$), Sn ($K_k = 2,7$), Cu ($K_k = 2,4$), что делает нецелесообразным их использование в сельском хозяйстве в связи с необходимостью проведения дорогостоящей нейтрализации избыточных элементов. Наиболее рациональным представляется вторичное заболачивание.

Месторождение «Челющевичи» расположено в Петриковском районе, в северо-восточной его части. Примыкает к восточной окраине одноименной деревни. Его площадь составляет 40 га. Торф в настоящее время не добывается.

Остаточная залежь сложена торфом серовато-коричневого цвета. Ее мощность превышает 1,1 м. Степень разложения торфа весьма сильная. Ботанический состав определить не удалось.

Геохимический индекс месторождения следующий:

$$Cr(0,9), Cu, Mn(0,7), Ni(0,6), Pb, Sn, Ti(0,5).$$

Содержание всех элементов — ниже фона.

Учитывая низкое содержание химических элементов и неблагоприятные гидрологические и ландшафтные условия, целесообразно провести залужение торфяного участка.

Торфяной участок «Нересня» расположен в западной части Лельчицкого района, в пойме одноименной реки. Занимает площадь 175 га. Добыча торфа в настоящее время не производится.

Остаточная залежь сложена торфом темно-серого цвета с коричневатым оттенком. Ее мощность превышает 0,6 м. Степень разложения торфа весьма сильная (более 55%). Торф сильно минерализован. Ботанический состав не установлен.

Геохимический индекс месторождения выглядит следующим образом:

$$\frac{Ti(2,6), Cr(1,7)}{Cu(0,6), Ni(0,5), Mn, Sn(0,4), Pb(0,3)}.$$

В золе торфа выше фона является содержание Ti, Cr, остальных элементов — ниже фона. Исходя из структуры ландшафтного соседства, возможно использование выработанного торфяника для залужения или лесонасаждения.

ВЫВОДЫ

По результатам проведенных исследований разработаны рекомендации по геохимической оптимизации осушенных ландшафтов. Дана оценка содержания некоторых химических элементов (Ti, Mn, Cu, Cr, Ni, Sn, Pb) в остаточном торфе месторождений относительно фона. Для каждого объекта исследования приведена характеристика торфа, геохимический

индекс, включающий оценку содержания химических элементов.

Рекомендации по использованию выработанных торфяных участков следующие:

- добыча сапропеля с последующим созданием прудового хозяйства (Гатча-Осовский);
- использование для залужения выращиваемых сельскохозяйственных культур,

преимущественно трав (Ель, Челищевичи, Нересня);

- вторичное заболачивание (Здитово, Грады, Корма, Дуброва, Лихой Остров);
- использование в качестве рыбохозяйственного водоема (Дворище);
- создание лесоплантации ольхи, ивы (Огдемер).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ландшафтные и гидрогеологические условия выработанных торфяных месторождений Брестского Полесья / Н.К. Чертко, Н.В. Ковальчик, А.А. Карпиченко и др. // Вода, изменение климата и здоровье человека: материалы Международного молодежного форума (Минск, 25–26 ноября 2009 г.) / редкол.: Т.А. Савицкая [и др.]. — Минск: А.Н. Вараксин, 2010. — С. 247–253.
2. Чертко Н.К. Ландшафтно-геохимическая паспортизация и оптимизация выработанных торфяных месторождений / Н.К. Чертко, П.В. Жумарь, А.А. Карпиченко // Природопользование: экология, экономика, технологии: материалы Международного научного конф. (Минск, 6–8 октября 2010 г.) / Нац. акад. наук Беларуси [и др.]; редкол.: В.С. Хомич (отв. ред.) [и др.]. — Минск: Минсктиппроект, 2010. — С. 326–329.
3. Чертко Н.К. Ландшафтно-геохимическая оценка торфогрунтов выработанных торфяных месторождений Белорусского Полесья / Н.К. Чертко, П.В. Жумарь, А.А. Карпиченко // Грунтознавство. — 2010. — Т. 11. — № 3–4 (17). — С. 27–41.
4. Чертко Н.К. Использование выработанных торфяников Белорусского Полесья / Н.К. Чертко, А.А. Карпиченко, П.В. Жумарь // Природные асыроддзе Палесся: асаблівасці і перспектывы развіцця: Зборнік навуковых прац. — 2012. — Вып. 4. — С. 77–81.
5. Рекомендации по геохимической оптимизации и экологически безопасному использованию осушенных ландшафтов / В.С. Аношко, Н.К. Чертко, А.С. Мееровский и др. — Минск: Изд. центр БГУ, 2006. — 32 с.

REFERENCES

1. Chartko, M.K., Kavalchik, N.V., Karpichenka, A.A., Zoomar, P.V., Liazhevich, V.A. (2010). Landshaftnye i gidrogeologicheskie usloviia vyrobotannykh torfiannykh mestorozhdenii Brestskogo Polesia [Landscape and hydrogeological conditions of worked-out turf deposits of Brest Polesye]. T.A. Savitskaya (Ed.). Proceedings from Water, climate change and human health '09: *Mezhdunarodnyi molodezhnyi forum (25–26 noiabria 2009 goda)* – *International Youth Forum*. (pp. 247–253). Minsk: A.N. Varaksin [in Russian].
2. Chartko, M.K., Zoomar, P.V., Karpichenka, A.A. (2010). Landshaftno-geokhimicheskaia pasportizatsiia i optimizatsiia vyrobotannykh torfiannykh mestorozhdenii [Landscape-geochemical certification and optimization of worked-out turf deposits]. V.S. Khomich (Ed.). Proceedings from Nature management: ecology, economics, technology '10: *Mezhdunarodnaia nauchnaia konferentsiia (6–8 oktiabria 2010 goda)* – *International Scientific Conference*. (pp. 326–329). Minsk: Minsktippiroekt [in Russian].
3. Chartko, M.K., Zoomar, P.V., Karpichenka, A.A. (2010). Landshaftno-geokhimicheskaia otsenka torfogruntov vyrobotannykh torfiannykh mestorozhdenii Belorusskogo Polesia [Landscape and geochemical assessment of turf grounds of worked-out turf deposits of Belarusian Polesye]. *Gruntoznastvo – Soil Science*, 3–4, 27–41 [in Russian].
4. Chartko, M.K., Karpichenka, A.A., Zoomar, P.V. (2012). Ispolzovanie vyrobotannykh torfianikov Belorusskogo Polesia [Use of the worked-out peat bogs of the Belarusian Polesye]. *Pryrodnae asiarodдзе Palesiia: asablivastci i perspektivy razvittcia – Natural Environment of Polesie: Features and Prospects of Development*, 4, 77–81 [in Russian].
5. Anoshka, V.S., Chartko, M.K., Meerovski, A.S., Zajko, S.M., Vashkevich, L.F., Bachila, S.S. et al. (2006). *Rekomendatsii po geokhimicheskoi optimizatsii i ekologicheski bezopasnomu ispolzovaniiu osushennykh landshaftov* [Recommendations for optimization of geochemical and environmentally safe use of drained landscapes]. Minsk: Izdatelskii tsentr BGU [in Russian].

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СІЛЬСЬКИХ СЕЛІТЕБНИХ ТЕРИТОРІЙ

Н.В. Палапа¹, О.В. Устименко¹, І.О. Сігалова²¹ Інститут агроекології і природокористування НААН² Український інститут експертизи сортів рослин

Розглянуто основні чинники забруднення сільських територій. Досліджено вплив антропогенного навантаження на атмосферне повітря. Висвітлено результати досліджень стану ґрунтів, якості питної води та продукції рослинництва. Наведено основні складові моніторингу селітебних територій, що дають змогу визначити заходи з метою поліпшення їх агроекологічного стану.

Ключові слова: антропогенне забруднення, селітебні території, деградація, моніторинг земель, санітарні норми, джерела водопостачання.

Одним із найголовніших чинників глобального впливу на екологічний стан сільськогосподарських територій є співвідношення природних і змінених господарською діяльністю (синантропізованих) угідь, на що вперше звернув увагу В.В. Докучаєв, який понад 100 років тому у своїй книзі «Наши степи прежде и теперь» обґрунтував необхідність встановлення у зональному розрізі оптимального співвідношення між ріллею, луками, лісом і водокритими територіями.

Відомо, що екологічне розбалансування угідь в Україні відбувалося двома шляхами: спочатку шляхом екстенсивного, а потім, починаючи з 60-х років минулого століття, — інтенсивного розвитку сільського господарства.

Негативними для навколишнього природного середовища наслідками екстенсивного періоду є надмірна розораність земель (57,5%, а в деяких регіонах України — до 92%, при нормі 30%), виникнення пилових бур, водна ерозія, зниження родючості ґрунтів, замулення річок і водоймищ, аридізація територій тощо.

У 60-ті роки під впливом меліорації земель, хімізації та механізації сільського господарства склався інтенсивний напрям його розвитку. Тоді були створені найпотужніша тукова промисловість, тракторно-комбайнове виробництво, розгортані

грандіозні гідромеліоративні роботи. Все це відбувалося за повного ігнорування елементарних екологічних вимог.

На фоні порушення екологічної рівноваги між природними та зміненими внаслідок господарської діяльності угіддями: значної розораності територій, інтенсивної ерозії і забруднення сільськогосподарських земель найбільшу небезпеку для ґрунтового покриву України становить «агрохімічна деградація», або прискорене виснаження ґрунтів на елементи родючості — погіршення, насамперед, реакції середовища, їх гумусового стану, поживного режиму. Територіально цей процес набув глобального характеру.

Тому на сільських територіях необхідно проводити екологічний моніторинг за показниками якості ґрунту, питної води та продукції рослинництва і тваринництва. Якщо населений пункт розміщується поблизу підприємства-забруднювача з небезпечним циклом виробництва, обов'язково слід здійснювати контроль стану атмосферного повітря.

Метою роботи було визначення основних чинників антропогенного навантаження, які впливають на стан сільських селітебних територій та моніторинг цих територій, з метою запобігання негативним процесам.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження особистих господарств населення проводили у північних, південних,

східних, західних та центральних областях України. Особисті господарства людей сільських населених пунктів обирали так, щоб територіально були охоплені всі садиби (на околицях села та у центрі). Разом з працівниками сільської ради визначали найбільш проблемні в екологічному плані особисті господарства, де в обов'язковому порядку проводили відбір зразків.

За результатами досліджень були визначені основні чинники антропогенного навантаження на сільські селітебні території та джерела забруднення питної води і рослинної продукції.

Об'єктами дослідження були ґрунти, рослинна продукція (овочева), що вирощувалась на сільських селітебних територіях, та питна вода.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Якість атмосферного повітря. Джере-лами антропогенного забруднення атмосфери шкідливими домішками є теплоенергетика, промисловість, транспорт, нафто- і газопереробка, випробування ядерної зброї тощо. У разі розташування сільських населених пунктів поблизу перелічених джерел забруднення може виникнути ситуація, коли забруднювачі чинитимуть негативний вплив на навколишнє природне середовище і здоров'я населення.

Розрізняють найпоширеніші небезпечні категорії забруднювачів, за якими слід проводити моніторинг:

- завислі — найдрібніші частинки та краплі, які існують в повітрі у зваженому стані і за значної концентрації проявляються у вигляді смогу або димки;
- вуглеводні та інші леткі органічні сполуки (до цієї групи належать бензин, розчинники та розчини органічних речовин, що потрапляють у повітря у вигляді парів);
- чадний газ (дуже отруйний);
- оксиди азоту — газоподібні сполуки азоту;
- оксиди сірки, в основному сірчаний газ (отруйний як для рослин, так і для тварин);
- оксид вуглецю;
- свинець та інші важкі метали;

- озон та інші фотохімічні окислювачі (тобто озон, що потрапляє у приземні шари атмосфери і стає надто токсичним);

- кислоти, здебільшого сірчана та азотна (найчастіше у вигляді крапель рідини під час кислотних опадів).

Одним із найбільших забруднювачів атмосферного повітря в Україні є автотранспорт. Згідно із статистичними даними, від автотранспорту в атмосферу потрапляє понад 56% оксиду вуглецю, 38 — вуглеводнів, 27% оксидів азоту від загальної для країни кількості цих речовин. Упродовж останніх 10–15 років спостерігається збільшення таких викидів у атмосферу майже в усіх містах. Більш точні обчислення забезпечує перехід на нову методику розрахунку викидів з уточненням обсягів пального, що використовується автотранспортом. Найпоширенішими речовинами, які забруднюють атмосферу, є пил, діоксид азоту та оксид вуглецю. Газу, які викидаються у повітря, можуть спричиняти парниковий ефект.

Якість ґрунтів. Агро- та техногенна деградація ґрунтового покриву в Україні з кожним роком посилюються. За заниженою оцінкою вчених ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського НААН», різноманітними деградаційними процесами охоплено близько 20% ґрунтів (насправді їх значно більше). Особливе занепокоєння викликає забруднення сільськогосподарських земель токсичними речовинами, внаслідок чого знижується їх родючість, а вирощений на них урожай не відповідає санітарно-гігієнічним вимогам. На сьогодні знайти абсолютно «чисті» території надто проблематично, тому що існують не тільки місцеві джерела забруднення, а й міждержавне та трансконтинентальне перенесення поллютантів, що, крім ґрунту, забруднюють також і інші природні компоненти, які змінюють його екологічний стан.

У великотоварних сільгосппідприємствах ведеться ґрунтово-агрохімічний моніторинг сільськогосподарських земель. З огляду на те, що внаслідок аграрної реформи у 90-ті роки минулого століття виробництво основної сільськогосподарської

продукції як рослинного, так і тваринного походження із колгоспів і радгоспів перемістилося на невеликі за площею приватні господарства населення — присадибні земельні ділянки, котрі на сьогодні виробляють понад 60% усієї сільськогосподарської продукції, моніторинг ґрунтів за основними екотоксикологічними показниками потрібно проводити саме у таких господарствах, що наразі в нашій державі ігнорується.

Відсутність науково-методичного забезпечення та практичного досвіду з багатьох питань агрохімічного моніторингу дрібноділяночних земельних господарств та високоінтенсивне їх використання свідчать про те, що невеликі площі присадибних і садово-городніх ділянок необхідно обстежувати більш детально, ніж сільгоспугіддя великих сільгоспідприємств. Інститутом агроекології і природокористування НААН у 2005 р. були розроблені методичні рекомендації з агроекологічного моніторингу селітебних територій, у яких детально описано методику відбору ґрунтових і рослинних зразків, а також зразків води на цих територіях.

За результатами вивчення екологічного стану сільських селітебних територій встановлено, що його показники часто не відповідають санітарним нормам. Насамперед, це зумовлено невеликими площами особистих господарств населення, перевантаженістю території свійськими тваринами і птицею, недотриманням санітарних та гігієнічних вимог сільських поселень. Так наприклад, у більшості особистих господарств гноярки, вбиральні, компостні ями та сміттєзбірники розташовано в безпосередній близькості до джерела водопостачання, що не відповідає мінімальним санітарно-захисним розривам для господарських забудов, передбачених Державними санітарними нормами та правилами утримання територій населених місць (2011 р.), і, безсумнівно, впливає на якісні та санітарно-гігієнічні показники питної води. Майже в усіх господарствах без спеціальних загонів утримують курей, гусей, індиків, іноді кіз і навіть коней. Результатом такої технології

утримання свійських тварин і птиці є забруднення системи «ґрунт — вода — людина» не тільки нітратами, але й патогенними мікроорганізмами.

Моніторингові дослідження стану ґрунту селітебної зони сільських територій потрібно проводити за такими основними показниками: кислотність; вміст гумусу; визначення основних поживних елементів — азоту, фосфору і калію; вміст забруднювальних речовин. Основні показники родючості ґрунту (кислотність, вміст гумусу, азоту, фосфору і калію) слід визначати раз на п'ять років, а вміст токсичних речовин (важкі метали, залишки пестицидів, радіонукліди) потрібно контролювати раз на три роки, особливо ті господарства населення, де є висока ймовірність забруднення тими чи іншими токсикантами.

Джерелами забруднення ґрунту, переважно, є сільськогосподарські, промислові і комунальні підприємства та автотранспорт. Так, у ґрунт надходять хімічні (у т.ч. шкідливі для здоров'я людини кадмій, свинець, ртуть, миш'як та їх сполуки, залишки пестицидів), а також органічні сполуки. Хімічні речовини, що потрапляють у ґрунт від промислових і сільськогосподарських об'єктів, на відміну від органічних, не розкладаються у ньому. Вони накопичуються і можуть впливати на процес самоочищення.

Серед найшкідливіших хімічних речовин, що забруднюють довкілля, є важкі метали. Незначна їх кількість (як мікроелементи) забезпечують нормальне функціонування рослин, оскільки вони входять до складу біологічно активних речовин — ферментів, вітамінів тощо, а перевищення їх гранично допустимих концентрацій є шкідливим як для навколишнього природного середовища, так і для людини.

Особливу небезпеку становить забруднення ґрунтів радіонуклідами, що внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС стало надзвичайно актуальним для України.

Якість питної води. Без перебільшення можна констатувати, що проблема водних ресурсів, особливо чистої питної води, є глобальною. Так, питання забезпечення питною водою населення, що відповідає

стандартам якості, є одним з основних, особливо для сільських територій. Екологічний стан відкритих і закритих джерел водопостачання викликає занепокоєння, оскільки саме особисті селянські господарства потерпають від високого антропогенного навантаження [1].

Ущільнення площ під забудову та відсутність планувально-будівельного регулювання відносин щодо забезпечення якості та безпеки питної колодязної води спричиняє загрозу мікробіологічного забруднення. Регулятивні документи щодо якості питної води та гарантії її безпеки спрямовано на запобігання її забрудненню від вбиралень, вигрібних ям, гноярок шляхом встановлення безпечної відстані [2]. Недотримання санітарних норм, гігієнічних та будівельних правил значно підвищує ризик бактеріологічного забруднення колодязів громадського і приватного користування [3].

Крім мікробіологічного забруднення, існує небезпека хімічного забруднення питної води нітратами. Проблема виникла внаслідок забруднення ґрунтів токсичними речовинами через нераціональне застосування органічних і мінеральних добрив, хімічних засобів захисту рослин та порушення правил гігієни і санітарії місць життєдіяльності людини [4].

Згідно з проведеними власними дослідженнями селітебних територій, уміст нітратів у колодязній воді подекуди у 10–28 разів перевищує ГДК. Так, 36–58% криниць, якими користуються мешканці сільських населених пунктів, не відповідають стандартам якості щодо вмісту нітратів у питній воді, що, безсумнівно, впливає на стан здоров'я населення.

Нами також було встановлено, що зі збільшенням терміну експлуатації колодязів, без дотримання санітарно-гігієнічних правил, забрудненість нітратами зростає.

Поряд з нітратним забрудненням питної води в сільській місцевості спостерігається забруднення хлоридами.

За оцінками ВООЗ майже 80% усіх захворювань спричинено вживанням неякісної води. В Україні таку воду споживають

кожні чотири з п'яти мешканців. Досі значній частині домогосподарств питну воду доставляють водовозами, а також мешканці деяких регіонів використовують воду зі ставків, річок, озер [5].

Значні проблеми у забрудненні водних джерел спричиняють полігони з твердими побутовими відходами (ТПВ). Переважна більшість полігонів не відповідають нормам екологічної безпеки, до того ж є перевантаженими. Дедалі більше фіксується стихійних, несанкціонованих сміттєзвалищ у лісосмугах і на приміських територіях.

Катастрофічно забруднюються береги річок і ставків, ліси, зелені насадження в населених пунктах, пришляхові смуги. У багатьох місцях напровесні з-під снігового покриву з'являються терикони побутового сміття, будівельні відходи, що є свідченням низького рівня екологічної культури та свідомості як влади, так і населення.

Основним чинником впливу ТПВ на довкілля в Україні є їх розміщення на сміттєзвалищах, що спричиняє забруднення земельних, водних ресурсів, атмосферного повітря, а також впливає на рослинний і тваринний світ та здоров'я людини.

Системи утилізації фільтрату на переважній більшості полігонів і звалищ немає, що збільшує їх техногенну небезпеку. Значна частина сміттєзвалищ та полігонів розміщується поряд із водними об'єктами та на ділянках, де відбуваються зсувні процеси, що спричиняє витікання фільтрату. Фільтрат містить хлориди, сульфати, залізо, важкі метали. Основними забруднювальними речовинами від звалищ є парникові гази, діоксид вуглецю і метан. Крім того, звалищний газ містить безліч токсичних органічних сполук, які є джерелом неприємного запаху.

Частим явищем на сміттєзвалищах є пожежі, під час яких посилюються викиди в атмосферне повітря шкідливих речовин.

Гігієнічна класифікація водних об'єктів за ступенем забруднення передбачає оцінку якості води за такими показниками:

- *Органолептичні* (запах, смак і присмак, забарвленість, прозорість, мутність, рН, лужність, завислі речовини).

- *Токсикологічні* (аміак, нітрати, нітрити, фтор, фенол, ціанід, мідь, свинець, кадмій, цинк, хлор, нікель, цезій-137, стронцій-90).

- *Загальносанітарні* (біохімічна потреба кисню — БПК⁵ і БПК²⁰, хімічна потреба кисню — ХПК).

- Бактеріологічні (чисельність мікроорганізмів; бактерій групи кишкової палички в 1 дм³ води (колі-індекс, колі-титр)).

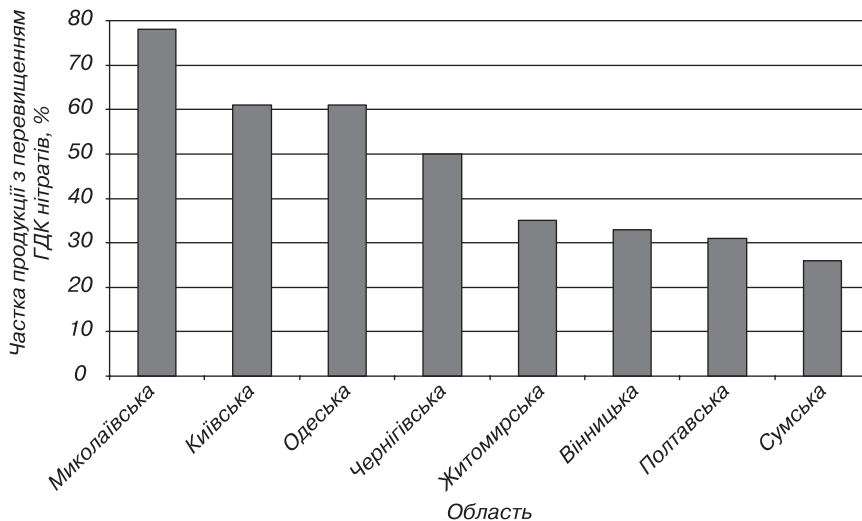
Якість рослинної продукції. Проблема харчування людей у сільській місцевості полягає в тому, що вони в переважній більшості використовують в їжу продукцію, вирощену на власних присадибних ділянках (овочі, фрукти, молоко, м'ясо), а також з лісу (гриби, ягоди, дикі звірі і птахи). І якщо населений пункт розташовується в зоні будь-якого джерела забруднення (чи поблизу нього), існує висока ймовірність того, що разом з продукцією в організм людини надходитиме значна кількість забруднювальних речовин, які негативно впливають на стан її здоров'я.

Зважаючи на екологічну ситуацію у сільських селітебних територіях, ми пропонуємо проводити моніторинг якості вирощеної продукції за такими основними показниками, як вміст нітратів, важких металів, пестицидів та радіонуклідів.

Багаторічними дослідженнями ІАП НААН встановлено, що якість сільськогосподарської продукції, вирощеної в особистих господарствах населення, не відповідає санітарно-гігієнічним вимогам щодо забруднення нітратами (рис.).

Встановлено, що 26–78% рослинної продукції певною мірою забруднено нітратами. Найбільше забрудненої овочевої продукції зафіксовано у Миколаївській обл. (78%), дещо менша частка припадає на Київську та Одеську (по 61), Чернігівську (50%) області. Найменше такої продукції — у Житомирській (35%), Вінницькій (33), Полтавській (31) та Сумській (26%) областях. Найвищий уміст нітратів виявлено в тих господарствах населення, де для удобрення сільськогосподарських культур вносять у ґрунт свіжий (не перепрілий) гній та азотні мінеральні добрива у дозах, що не відповідають оптимальним науково обґрунтованим рівням.

На сьогодні ґрунти сільських селітебних територій за відповідними показниками їх якості є мало дослідженими, а щодо безпечності сільськогосподарської продукції, вирощеної на цих територіях, загалом, інформація майже відсутня. Проте результати багаторічних досліджень свідчать, що



Частка забрудненої овочевої продукції нітратами, вирощеної на сільських селітебних територіях України

часто ґрунти саме таких територій містять широкий спектр забруднювачів, тому і вирощена на них продукція є забрудненою різними токсикантами.

Проведені нами дослідження рослинної продукції на вміст важких металів виявили значні перевищення їх концентрації — подекуди вони сягають дев'яти допустимих рівнів, особливо це стосується цинку. Найбільші перевищення допустимих рівнів цього елемента виявлено в Житомирській обл. У картоплі його вміст становив 17,8 мг/кг, моркві — 38,3, буряках столових — 85,6, буряках кормових — 81,2 мг/кг при ДР 10 мг/кг. У зразках овочевої продукції, відібраних у Миколаївській обл., зафіксували перевищення ДР свинцю, у Київській і Житомирській областях — кадмію.

Було встановлено, що деякі власники присадибних земельних ділянок, особливо люди похилого віку, для захисту сільськогосподарських культур від шкідників і хвороб використовують пестициди II–III класів токсичності, не знаючи ані механізму їх дії, ані рекомендацій щодо їх застосування.

З огляду на це, нами було розроблено рекомендації «Антропогенне навантаження на сільські селітебні території та заходи щодо його зниження» (2008 р.), а також Методику оцінки екологічного стану сільських селітебних територій за основними компонентами селітебних агроєкосистем — ґрунтом, рослинною продукцією та питною водою, щоб запобігти негативним впливам антропогенних і природних чинників на умови проживання сільського населення (2010 р.), показники яких ґрунтуються на державних стандартах.

Уміст важких металів у харчових продуктах і продовольчій сировині не має перевищувати допустимих рівнів, встановлених санітарними правилами та нормами (СанПіН), медично-біологічними вимогами і санітарними нормами якості продовольчої сировини й харчових продуктів № 5061-89. Норми вмісту важких металів у харчових продуктах визначено також державними стандартами України.

Особливістю ведення сільськогосподарського виробництва на забруднених радіонуклідами територіях (сільських) та формування дози опромінення населення є те, що люди не тільки працюють на цих територіях, але й постійно проживають там. Крім того, частка продуктів харчування від приватного сектора є визначальною у їхньому раціоні. Також сільські мешканці вживають забруднені радіонуклідами продукти, а для опалення та приготування їжі використовують дрова з лісу, попіл з яких вноситься на поля та городи.

З огляду на вище викладене, на сільських територіях (особливо у їх селітебній зоні) потрібно проводити такі моніторингові дослідження:

- атмосферного повітря (за вмістом окислів азоту, двоокису сірки та вуглецю, фенольних сполук, вмісту важких металів тощо). Ці показники мають визначатися залежно від розташованих поблизу об'єктів та підприємств, що спеціалізуються на виробництві тієї чи іншої продукції. Особливу увагу слід приділити контролю викидів тих об'єктів, що не обладнані системами газоочищення;
- ґрунту за основними показниками родючості — кислотності, вмісту гумусу, азоту, фосфору і калію, а також речовин, які негативно впливають на навколишнє природне середовище та здоров'я людини (вміст важких металів, залишки пестицидів, радіонуклідів);
- питної води (за органолептичними, токсикологічними, загальними санітарними та бактеріологічними показниками). На нашу думку, особливу увагу слід приділяти моніторинговим дослідженням за токсикологічними та бактеріологічними показниками;
- рослинної продукції (проведені багаторічні дослідження якості продукції, вирощеної у селітебній зоні засвідчили, що особливу увагу потрібно приділяти не біологічній, а екотоксикологічній якості, оскільки зафіксовано забруднення нітрами, важкими металами, радіонуклідами. Вживання людиною таких продуктів може

привести до важких захворювань і навіть до летальних випадків).

ВИСНОВКИ

Основними чинниками, що впливають на екологічний стан сільських населених пунктів, є: недотримання відстані між господарськими будівлями; висока щільність домашніх тварин і птиці в невеликих за площею особистих господарствах населення, що призводить до порушення технологій зберігання гною, технологій вирощування сільськогосподарських культур;

неконтрольоване застосування органічних і мінеральних добрив, а також засобів хімічного захисту культурних рослин від шкідників і хвороб.

З огляду на вищевикладене, необхідним є проведення моніторингу селітебних територій, особливо тих, що раніше не були обстежені. Оскільки понад 60% сільськогосподарської продукції на ринках країни виробляється особистими селянськими господарствами, контроль за екологічним станом цих територій слід проводити на державному рівні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Микитюк О.Ю. Якісна питна вода для сільської громади / О.Ю. Микитюк. — К., 2005. — 32 с.
2. Про затвердження Державних санітарних правил і норм «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарського-питного водопостачання», затверджених МОЗ України за № 383 від 23 грудня 1996 р. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.legal.com.ua/document/kodeks/0000CH5A0136-97.html>
3. Цветкова А.М. Участь громадськості в підвищенні безпеки питної колодязної води / А.М. Цвет-

- кова // Матеріали Міжнародного форуму «Аква Україна-2003». — К., 2003. — С. 94–96.
4. Фурдичко О.І. Сталій розвиток сільських територій на засадах екологічнобезпечного агропромислового виробництва / О.І. Фурдичко // Вісник аграрної науки. — 2011. — № 3. — С. 5–8.
5. Данилишин Б. Соціальна безпека — підґрунтя сталого розвитку / Б. Данилишин, В. Куценко // Вісник Національної академії наук України. — 2010. — № 1. — С. 20–28.

REFERENCES

1. Mykytyuk, O.Yu. (2005). *Yakisna pytna voda dlya sil's'koyi hromady [Safe drinking water for rural communities]*. Kyiv [in Ukrainian].
2. Pro zatverdzhennya Derzhavnykh sanitarnykh pravyl i norm «Voda pytna. Hihiyenichni vymohy do yakosti vody tsentralizovanoho hospodarskoho-pytnoho vodopostachannya», zatverdzhennykh MOZ Ukrainy za № 383 vid 23 hrudnya 1996 r. [Ratification of the state sanitary rules and norms «Drinking Water. Hygienic requirements for water quality of centralized drinking water supply «approved by MH Ukraine number 383 of December 23, 1996]. (n.d.). *legal.com.ua*. Retrieved from <http://www.legal.com.ua/document/kodeks/0000CH5A0136-97.html> [in Ukrainian].
3. Tsvyetkova, A.M. (2003). Uchast hromadskosti v pidvyshchenni bezpeky pytynoyi kolodyaznoyi vody

- [Public participation in improving the safety of well water]: *Materialy Mizhnarodnoho forumu «Akva Ukrayina-2003» — Materials of International Forum «Aqua Ukraina-2003»*. (pp. 94–96). Kyiv [in Ukrainian].
4. Furdychko, O.I. (2011). Stalyy rozvytok sil's'kykh terytoriy na zasadakh ekolohobezpechnoho ahropromysloвого vyrobnytstva [Sustainable rural development based on ecologically agroindustrial production]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Ahroecological journal*, 3, 5–8 [in Ukrainian].
5. Danylyshyn, B., & Kutsenko, V. (2010). Sotsialna bezpeka — pidgruntia staloho rozvytku [Social Security — the foundation of sustainable development]. *Visnyk NAN Ukrainy — National Library of Ukraine*, 1, 20–28 [in Ukrainian].

БІОТЕСТУВАННЯ ТОКСИЧНОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ

Е.О. Аристархова

Інститут агроекології і природокористування НААН

*Проаналізовано проблему оцінки токсичності питної води у системі водопостачання м. Житомира. Обґрунтовано доцільність проведення біомоніторингових досліджень якості води. Доведено, що для виявлення токсичної дії компонентів води слід застосовувати набори тест-об'єктів, що складаються з представників різних рівнів біологічної організації, зокрема рослинних і тваринних форм. Обґрунтовано переваги такого біотестування порівняно з поодинокими біотестами. Запропоновано для проведення тестування якості питної води використовувати *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg та *Allium* *sepa* L. На основі реакцій кожного з тест-організмів розраховано індекси токсичності питної води. Відзначено шкідливий вплив вторинного забруднення води на живі організми. Виявлено специфічність чутливості цибулі та церіодафнії до хронічного ефекту компонентів питної води.*

Ключові слова: *якість питної води, токсичність, біотестування, Ceriodaphnia affinis Lilljeborg, Allium sepa L., індекс токсичності, хронічний ефект.*

Нині питання забезпечення населення якісною питною водою вважається пріоритетним не тільки в Україні, але й у більшості країн світу. Проблема полягає у тому, що незважаючи на стійку тенденцію до погіршення якості води, призначеної для питних цілей, вчені основну увагу продовжують приділяти лише дослідженню стану водних басейнів та запобіганню забрудненню водойм. Тому питання якості питної води залишається без належного розгляду [1]. Так, досі у нашій країні для знезараження і знебарвлення води під час її підготовки використовуються хлор та хлорвмісні сполуки, після потрапляння яких у воду синтезуються мутагени та канцерогени. До них додаються залишкові кількості коагулянтів і флокулянтів. Доволі небезпечний вплив на склад води мають також водопровідні мережі, проходячи якими до споживачів, питна вода ще більше забруднюється [1, 2]. Наведені факти свідчать про доцільність удосконалення системи моніторингових досліджень якості питної води. Для цього доречно, поряд із існуючими методами екологічного моніторингу (головним чином фізико-хімічний аналіз води) [1, 2], застосовувати інноваційні, що здатні забезпечу-

вати додаткову інформацію про безпечність питної води для живих організмів, у т.ч. людини. Серед таких методів найдієвішим вважається біотестування. Про переваги і недоліки цього методу йдеться у численних наукових працях [2–4, 8–10]. Проте найчастіше для біотестування якості води використовуються поодинокі тести, що не дає повного уявлення стосовно можливого її забруднення, оскільки організми різних рівнів організації можуть мати неоднакову, а іноді навіть протилежну реакцію на одні і ті самі умови середовища. Біотестування включено до ДСанПіНу 2.2.4-171-10 як метод, за даними якого розраховується інтегральний показник якості питної води — індекс токсичності, і який так само пропонується визначати за реакціями деяких тест-організмів (дафній, інфузорій тощо) [3].

Перші тест-набори були створені для біотестування якості стічних та забруднених природних вод. До їх складу увійшли тваринні і рослинні організми, серед яких найчастіше використовували дрібних ракоподібних, зокрема дафнію магну (*Daphnia magna* S.) та церіодафнію афініс (*Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg, а також вищі наземні рослини — цибулю звичайну *Allium sepa* L.) і салат посівний (*Lactuca sativa* L.) [2–5]. Розробка ДСанПіНу 2.2.4-171-10

сприяла залученню цих тест-об'єктів до оцінки токсичності питної води. Однак чутливість організмів до впливу води з вищими показниками якості особливо за необхідності визначення її гострої дії, виявилась недостатньо високою [2]. Тому для підвищення ефективності біотестування токсичності питної води, що проводиться на уніфікованих тест-об'єктах, слід спрямувати не стільки на визначення її гострої токсичності, а звернути увагу на її хронічну токсичність та рівень інформативності реакцій цих організмів. З великої кількості уніфікованих біооб'єктів нами були обрані для створення тест-набору церіодафнії і цибуля, реакції яких на хронічну дію питної води виявились доволі чутливими та інформативними для того, щоб підвищити ефективність традиційного біотестування.

Мета досліджень полягає в обґрунтуванні можливості оцінювання за допомогою біотестування на церіодафніях і цибулі хронічного ефекту дії питної води.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Оцінку токсичності питної води, що пройшла очистку на КП «Житомирводоканал», проводили за методиками біологічного тестування на церіодафніях та цибулі [2–4, 7]. Для цього було сформовано три групи організмів-аналогів ($n = 20$), кожна з яких протестували на дію води. Церіодафнії були аналогами за віком (24 год), цибуля — за розміром і масою цибулин.

Проби води, відбирали у вересні 2014 р. в обсязі 1 дм³ на групу за загальноприйнятими методиками [3, 7], тестували у хімічних ємностях (0,5 дм³), у яких підтримували відповідну якість води щоденною її заміною.

Дослідження проводили за такою схемою:

- *Контрольна група* — проби дехлорованої (24 год) водопровідної води.
- *Дослідна група Д1*: проби води — з резервуара чистої води (РЧВ) 5000 м³ (двоступенева очистка).
- *Дослідна група Д2*: проби води — з РЧВ 20000 м³ (одноступенева очистка).

Біотестування — за кількістю активних та іммобілізованих (нерухомих, у т.ч. загиблих) церіодафній на першу, восьму та 15 добу, а також за кількістю цибулин з відрослими (не менше 5 мм) листками на восьму та 15 добу.

Тест-об'єкти: церіодафнія афінис (*Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg) та цибуля звичайна (*Allium cepa* L.).

Індекс токсичності питної води розраховували за результатами біотестування за формулою:

$$T = (I_k - I_o) 100 / I_k$$

де: T — індекс токсичності, %; I_k — величина тест-реакції церіодафній та цибулі на контролі; I_o — величина тест-реакції церіодафній та цибулі у досліді.

Індекс токсичності питної води не повинен перевищувати 50% незалежно від тест-об'єктів, що використовуються [3–5].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Застосування наборів тест-об'єктів для виявлення токсичності питної води дає змогу отримати більш повну інформацію щодо рівня її безпеки для живих організмів. Зокрема, реакція тварин і рослин під час визначення загальної токсичності води може бути неоднозначною і залежати від того, як забруднювальні речовини поводять себе, контактуючи з внутрішнім середовищем організму (кумуляються, швидко виводяться тощо), тобто особливостей токсикометрії цих речовин. Так наприклад, біогени, які сприяють інтенсивному росту рослинних форм, можуть глибоко впливати у тих самих концентраціях на тваринні форми [2, 4]. Тому під час добору тест-об'єктів для створення композицій, за допомогою яких планується проводити біотестування, необхідно чітко визначити реакції або функції рослин і тварин, які специфічно вказують на дію небезпечних компонентів, що входять до складу води. Доцільно також з'ясувати, у які терміни найкраще використовувати обрані тест-об'єкти і, відповідно, які види токсичності за їх участю можуть бути визначені — гостра чи хронічна.

Для виявлення хронічної токсичності питної води за стандартних умов оптимальним вважається її тестування на церіодафніях за тест-реакцією загибелі особин на сьому добу (± 1 доба). Хоча для дафній розроблено аналогічні нормативи, вони дещо поступаються церіодафніям у чутливості до загальної токсичності води [3–5, 7]. За міжнародним стандартом тест-реакція у нижчих ракоподібних визначається як іммобілізація, за якої враховується кількість нерухомих, у т.ч. загиблених особин [5], тобто втрата рухової активності розглядається як перехідний стан до загибелі особин.

Виявлення хронічної токсичності на уніфікованих рослинних тест-об'єктах є проблематичнішим порівняно з тваринними, оскільки стандартні умови біотестування за інгібуванням росту корінців для *A. cerea* передбачають три доби, а для *L. sativa* — п'ять діб. Отже, вказану тест-реакцію рослин використовують лише для визначення гострої токсичності води. Втім ДСанПіНом 2.2.4-171-10 допускається, що тестування якості питної води може

бути здійснено також за іншими тест-реакціями уніфікованих організмів [2, 3, 7]. Тому для виявлення хронічного ефекту дії питної води була застосована тест-реакція листоутворення у цибулі. У поєднанні з реакцією іммобілізації церіодафній вона виявилась доволі інформативною і надала змогу підвищити ефективність біотестування та зменшити витрати часу на його проведення.

Результати біотестування токсичності питної води з РЧВ КП «Житомирводоканал» на церіодафніях наведено у табл. 1.

Дані таблиці свідчать про відсутність гострої токсичності на першу добу та існування чітко вираженої хронічної токсичності питної води за тест-реакцією іммобілізації церіодафній на восьму добу у групі Д1 і на 15-ту — в обох дослідних групах. Найменшу кількість нерухомих особин виявлено на контролі, а найбільшу — у групі Д1 (вода з РЧВ 5000).

У дослідних групах кількість церіодафній, які дали потомство, була однаковою (30%) і майже вдвічі меншою порівняно з

Таблиця 1

**Біотестування токсичності питної води з визначенням іммобілізації
Ceriodaphnia affinis Lilljeborg ($n = 20$)**

Доба дослід/індекс токсичності води (Т)	Кількість активних церіодафній:					
	контрольна група (К)		дослідні групи			
			Д1		Д2	
			особин	%	особин	%
1	20	100	20	100	20	100
T ₁	—		—		—	
8	20	100	10	50	11	55
T ₈	—		50,00		45,00	
15	19	95	8	42,11	9	47,37
T ₁₅	—		57,90		52,63	
Кількість церіодафній:						
– які дали потомство	14	70	6	30	6	30
– іммобілізованих,	1	5	12	60	10	50
– у т.ч. загиблених	—	—	4	20	4	20

контролем. За кількістю загиблих особин дослідні групи так само не відрізнялись (20%). Проте значення індексів токсичності свідчать про те, що у групі Д2 питна вода була більш якісною, ніж у групі Д1. Так, на восьму добу тестування індекс токсичності води у групі Д2 не перевищував нормативного рівня, тоді як у групі Д1 — досягав 50%.

Подібна ситуація спостерігалась на восьму добу досліджень і щодо визначення хронічної токсичності питної води за тест-реакцією листоутворення у цибулі і відрізнялася (табл. 2) лише більшою чутливістю рослинного організму порівняно з тваринним.

Кількість цибулин з листками у групі Д1 поступалась відповідному показнику на контролі (вдвічі) та у групі Д2 (на 10%). Відповідно, індекс токсичності питної води у групі Д1 досягав 55%, а у групі Д2 був на 9,1% нижчим.

Крім інгібування листоутворення, негативний вплив води на цибулю полягав також у рості асиметричних листків з нерівномірним забарвленням, закручених тощо. Цибулин з порушенням розвитку

листіків у дослідній групі Д1 виявилось доволі багато — 25%, у групі Д2 їх було на 10% менше. У 15% цибулин на 15-ту добу досліджень процес листоутворення так і не розпочався.

Застосування тест-реакції листоутворення у цибулі впродовж восьми діб для визначення хронічної токсичності питної води надало змогу значно спростити техніку та розширити можливості біотестування порівняно із стандартизованою тест-реакцією коренеутворення, визначення якої триває п'ять діб і за якою можливо виявити лише гостру токсичність води. Прийнята за тест-реакцію ознака відносної кількості цибулин з новоутвореними листками є придатнішою для розрахунку індексу хронічної токсичності води в умовах водоканалів та очисних станцій, ніж значно триваліше за технікою виконання традиційне вимірювання довжини кореневого пучка. А відростлі за період досліджень корінці цибулі доцільно використовувати у подальших дослідженнях для визначення генотоксичності питної води.

Певна різниця у токсичності води між дослідними групами пояснюється вико-

Таблиця 2

Біотестування токсичності питної води з визначенням листоутворення у *Allium cepa* L. (n = 20)

Доба дослід/індекс токсичності води (Т)	Кількість цибулин з листками:					
	контрольна група (К)		дослідні групи			
			Д1		Д2	
	од.	%	од.	%	од.	%
1	—	—	—	—	—	—
T ₁	—		—		—	
8	18	100	8	44,44	9	50
T ₈	—		55,00		50,00	
15	20	100	12	60	14	70
T ₁₅	—		40,00		30,00	
У т.ч. цибулин:	—	—				
– з порушенням розвитку листків			5	25	3	15
– без листків			2	10	1	5

ристанням різних технологій підготовки питної води, проби якої були відібрані з РЧВ 5000 і РЧВ 20000 на КП «Житомир-водоканал», про що йшлося у раніше представлених результатах досліджень [2].

Отже, запропонований нами тест-набір, до складу якого входять рослинна і тваринна форми організмів (цибуля — *A. cepa* та церіодафнії — *C. affinis*) може бути використаний для оцінки хронічної токсичності питної води на восьму добу біотестування.

ВИСНОВКИ

Оцінювання токсичності питної води м. Житомира проведено з використанням тест-об'єктів *C. affinis* та *A. cepa*. На основі реакцій організмів (імобілізації церіодаф-

ній та листоутворення цибулі) розраховано індекси токсичності, за значеннями яких (50–55%) на восьму добу біотестування зафіксовано хронічну токсичну дію води, спричинену вторинним забрудненням (підвищеним умістом хлороформу та сполук алюмінію). За здійснення контролю якості води на першу та 15-ту добу тестування із застосуванням тест-реакції імобілізації церіодафній гострої токсичності води не виявлено, натомість підтверджено чітко виражену хронічну токсичність води (індекс токсичності 57,9% — у групі Д1 та 52,63% — у групі Д2). Обґрунтовано можливість застосування тест-набору з церіодафній та цибулі для визначення хронічного ефекту дії питної води на КП «Житомирводоканал».

ЛІТЕРАТУРА

1. Запольський А.К. Охорона питних вод від виснаження і забруднення / А.К. Запольський, І.В. Шумигай // Агроекологічний журнал. — 2015. — № 3. — С. 6–15.
2. Аристархова Е.О. Особливості визначення токсичності питної води / Е.О. Аристархова // Агроекологічний журнал. — 2016. — № 3. — С. 50–55.
3. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною: ДСанПіН 2.2.4-171-10. — [Чинний від 1.07.2010]. — К.: Державні санітарні норми та правила, 2010. — 50 с. — (Національний стандарт України).
4. Скок С.В. Оцінювання якості питної води м. Херсона методом біотестування / С.В. Скок // Агроекологічний журнал. — 2015. — № 2. — С. 26–30.
5. Water quality. Determination of long term toxicity of substances to *Daphnia magna* Straus (*Cladocera*, *Crustacea*): ISO 10706: 2000 [Електронний ресурс]. — 26 p. — Режим доступу: <http://www.nor-madoc.com/ru/norme-97844-iso-107062000.html>
6. Zooplankton (*Cladocera*) species turnover and long-term decline of *Daphnia* in two high mountain lakes

- in the Austrian Alps / L. Nevalainen, M. Ketola, J.B. Korosi et al. // Hydrobiologia. — 2014. — Vol. 722 (1). — P. 75–91.
7. Якість води. Визначення хронічної токсичності хімічних речовин та води на *Daphnia magna* Straus та *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (*Cladocera*, *Crustacea*): ДСТУ 4174-2003 (ISO 10706:2000, MOD) [Електронний ресурс]. — [Чинний від 10.06.2003 р.]. — Режим доступу: <http://dnop.com.ua/dnaop/act26918.htm>
8. Lampert W. Limnecology / W. Lampert, U. Sommer. — Oxford, New York: Oxford University Press, 2007. — 324 p.
9. Müller R. Bottom-up control of whitefish populations in ultra-oligotrophic Lake Brienz. / R. Müller, M. Breitenstein, M. Bia // Aquatic Sciences Publ. — 2007. — Vol. 69. — P. 271–288.
10. Arkhipchuk V.V. A novel nucleolar biomarker in plant and animal cells for assessment of substance cytotoxicity / V.V. Arkhipchuk, N.N. Garanko // Environmental Toxicology. — 2002. — Vol. 17, No. 3. — P. 187–194.

REFERENCES

1. Zapolskyi, A.K., Shumigay, I.V. (2015). Okhorona vod vid vysnazhennia i sabrudnennia [Protection of drinking water from depletion and pollution]. *Agroecologichnyi zhurnal — Agroecological Journal*, 3, 6–15 [in Ukrainian].
2. Arystarkhova, E.O. (2016). Osoblyvosti vysnazhennia toksyshnosti pytnoi vody [Features of the determination of drinking water toxicity]. *Agroecologichnyi zhurnal — Agroecological Journal*, 3, 50–55 [in Ukrainian].
3. Higiyenichni vymogy do vody pytnoi, prysnacheno dlya spo vzhyvannya ludynoiu [Hygiene requirements to drinking water intended for human consumption]. (2010). *DSanPiN 2.2.4-171-10 2.2.4-171-10 from 07th January 2010*. — Kyiv: Derzhavni sanitarni normy ta pravyla [in Ukrainian].
4. Skok S.V. (2015). Otsiniuvannya yakosti pytnoi vody m. Khersona metodom biotestuvannya [Assessment of quality of drinking water. Kherson by bioassay]. *Ahroekologichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 2, 26–30 [in Ukrainian].

5. Water quality. Determination of long term toxicity of substances to *Daphnia magna* Straus (*Cladocera, Crustacea*). (2000). ISO 10706:2000. 26 p. *www.normadoc.com/ru/norme-97844-iso-107062000.html*. Retrieved from <http://www.normadoc.com/ru/norme-97844-iso-107062000.html> [in English].
6. Nevalainen L., Ketola M., Korosi J.B. (2014). Zooplankton (*Cladocera*) species turnover and long-term decline of *Daphnia* in two high mountain lakes in the Austrian Alps. *Hydrobiologia*, 722 (1), 75–91 [in English].
7. DSTU 4174-2003. Jakist vody Vysnashennia khronishnoi toksyshnosti khimishnykh reshovyn i vody na *Daphnia magna* Strausand ta *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (*Cladocera, Crustacea*) [Quality of water. The determination of chronic toxicity of substances and water on *Daphnia magna* Strausand and *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg (*Cladocera, Crustacea*)]. (2003). DSTU 4174-2003 (ISO 10706:2000, MOD) from 10th June 2003. dnop.com.ua/dnaop/act26918.htm. Retrieved from <http://dnop.com.ua/dnaop/act26918.htm> [in Ukrainian].
8. Lampert, W., Sommer, U. (2007). Limnoecology. Oxford, New York, Oxford University Press [in English].
9. Müller, R., Breitenstein, M., Bia, M. (2007). Bottom-up control of whitefish populations in ultra-oligotrophic Lake Brienz. *Aquatic Sciences Publ.*, 69, 271–288 [in English].
10. Arkhipchuk, V.V., Garanko, N.N. (2002). A novel nucleolar biomarker in plant and animal cells for assessment of substance cytotoxicity. *Environmental Toxicology*, 17, 3, 187–194 [in English].

ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF THE STATE OF TRANS-BOUNDARY WATERSHEDS OF THE DNIEPER

V. Pichura¹, Y. Pilipenko¹, E. Domaratsky¹, A. Gadzalo²

¹ Херсонський державний аграрний університет

² Інститут агроекології і природокористування НААН

Стратегічна екологічна оцінка (CEO) є надійним інструментом у забезпеченні стійкості навколишнього середовища країн транскордонних басейнів. Директива 2001/42/ЄС визначає зобов'язання органів державного управління (або тих приватних організацій, що надають публічні послуги) щодо визначення та оцінки потенційно значущих екологічних наслідків пропонуваніх планів та програм (не політики), у т.ч. у сфері транскордонного співробітництва, з метою послаблення або уникнення потенційно значущого негативного впливу на навколишнє природне середовище ще до ухвалення такого плану або програми. Річка Дніпро є однією із найбільших річок Європи, басейн якої має 511 тис. км² і розташований у межах трьох держав — Російської Федерації (19,8 % від загальної площі басейну), Республіки Білорусь (22,9) та України (57,3 %). З огляду на соціально-економічний стан транскордонних країн, екологічна ситуація в басейні Дніпра є стабільно нестійкою. Встановлено, що для розв'язання екологічних проблем транскордонної річки найбільш перспективним є практичне науково обгрунтоване впровадження басейнових принципів природокористування, яке передбачає використання комплексного підходу до організації земле- та водоохоронних заходів, з урахуванням системності досліджень. В основу завдання дослідження покладено здійснення CEO просторово-часової трансформації ландшафтних екосистем водозбірної території р. Дніпро на основі принципів басейнового підходу. Стратегічна екологічна оцінка і просторове групування здійснено за шістьма показниками агрогенної трансформації структурно-функціонального стану ландшафтних екосистем басейну Дніпра: лісистість, розораність, площі схилів понад 1°, площі схилів південної експозиції, площі розораних схилів, площі еродованих орних земель. За результатами CEO і геомодельовання визначено, що понад 50% території басейну Дніпра має високу агрогенну трансформацію структурно-функціонального стану ландшафтних екосистем. Головним критерієм дестабілізації агроландшафтів є висока розораність, для вирішення питання найефективнішим інструментом покращення екологічного балансу території транскордонного басейну є скорочення орних земель на користь інших угідь або екологічного фонду в межах 470 суббасейнів із загальною площею ~ 346,3 тис. км² (~ 67,8). Рациональне землекористування відповідно до CEO повинно враховувати властивості і особливості ландшафту, сприяти охороні і відтворенню ґрунтового, рослинного покриву та інших природних компонентів у співробітництві і узгодженні між державами транскордонного басейну.

Ключові слова: стратегічна екологічна оцінка, сільськогосподарська освоєність, лісистість, ерозійний потенціал, річкові басейни, річка Дніпро, геомодельовання, ГІС-технології.

In recent years, the need and importance of operations of the strategic level, aimed at regulating and ensuring environmental sustainability of geo-hydro system of trans-boundary basins are growing. To ensure a comprehensive approach to the environmental assessment and management of trans-boundary basins the environmental assessment methods have been set that require

constant improvement and amendments by the principles adapted to policies, plans and programs of neighboring countries, primarily in the areas of trans-boundary basins. In European practice, evaluation of policies, programs and development plans and ensuring environmental sustainability units Directive 2001/42 /EU «On Strategic Environmental Assessment» is used. Strategic Environmental Assessment (SEA) is the main instrument for integrating environmental considerations (in-

cluding health) in the development of plans and programs. SEA promotes sustainable development through the promotion of environmental issues in economic and social development and the integration of green economy objectives and sustainable consumption and production in the strategic decision making.

After Ukraine signed the Protocol on Strategic Environmental Assessment in 2003 to the Convention on the assessment of the environmental impact in a trans-boundary context, some national and local authorities used the SEA in the strategic planning. Ratification of the Protocol and implementation of procedures for strategic environmental assessment provided by the National Action Plan on Environmental Protection for 2011–2015, approved by the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 25.05.2011 No. 577-p, and the National Program of Ukraine to the EU legislation as Protocol reflects the approach adopted at the EU level and enshrined in Directive 2001/42/EU. In 2013, Ukraine has developed new legislation on SEA (draft Law of Ukraine «On Strategic Environmental Assessment» and «On Ratification of the Protocol on Strategic Environmental Assessment to the Convention on the Assessment of the Environmental Impact in a Trans-Boundary Context», agreed with the concerned central executive government and submitted to the Ministry of Foreign Affairs for further approval to the President of Ukraine), which creates the need for wider integration of SEA in planning processes at national and regional levels through training, development of procedures related to SEA, and exchange of the best practices.

The issue of the need, development, and methodological development of the direction and feasibility of using strategic environmental assessment was studied by the scientists: E. Ashykova, B. Burkynskyi, E. João M. Partidario, B. Sadler, A. Cherp V. Karamushka L. Nilsson, D. Palehov, T. Fischer, N. Humarova, E. Khlobystov and other scientists [1–3].

The analysis of the research shows that in ensuring the environmental policy of Ukraine and on the way towards European integration it is necessary to create the conditions (infor-

mation, investment attractiveness, economic justification, etc.) for mandatory strategic environmental assessment during the development of plans and programs and at strategic planning.

Strategic environmental assessment is an important tool for planning and decision-making to ensure sustainable development. SEA is also a systematic process used in making decisions that takes into account the impact of human activity on the environment. This process accounts for the environmental impact of development proposals, programs, etc., takes into account costs, resource requirements, labor. The process includes an assessment of potential impacts of the proposed project, policy or program on the ecosystem – air, water, land and living organisms. It also provides for study of the effects of socio-economic nature to the public. These assessments provide a sound basis for limiting or eliminating the negative impact on the environment when making strategic decisions.

SEA is referred to a number of analytical approaches and approaches based on participation, aimed at integrating environmental considerations into policies, plans and programs and evaluate internal relations of economic and social aspects. SEA can be defined as a set of approaches that use a variety of tools, not a single, fixed and prescriptive approach. Good SEA is adapted, developed in accordance with specific conditions in which it is applied. This can be seen as a continuum enhanced integration: at one end of the continuum is the principal aim to integrate into the process of strategic decision-making environmental problems at the same level with economic and social problems; on the other side the emphasis of the problem is put on the full integration of environmental, social and economic factors in a comprehensive assessment of sustainability.

Strategic Environmental Assessment (SEA) is a reliable tool in ensuring the environmental sustainability of trans-boundary basins. Directive 2001/42/EU defines the obligations of the government (or those of private organizations that provide public services) to identify and assess potentially

significant environmental effects of the proposed plans and programs (not politicians), including cross-border cooperation, view to easing or avoiding a potentially significant negative impact on the environment prior to approval of such a plan or program.

Ukraine has borders with seven countries, 19 of the 27 administrative and territorial units are borderline. In the border areas such as Vinnytsia, Volyn, Ivano-Frankivsk, Lviv, Luhansk, Odessa, Sumy, Kharkiv, Chernivtsi, Chernihiv, Donetsk, nine European regions — Bug, Upper Prut, Dniester, Dnieper, Carpathian, Lower Danube, Slobozhanshchina, Donbass and Yaroslavna are created, five European regions are created with states — EU members (Poland, Slovakia, Romania, Hungary). Within the European regions cross-border cooperation has been since 1993.

According to the State program of development of cross-border cooperation 2016–2020 years, approved by the Cabinet of Ministers of Ukraine on August 23, 2016, No. 554 among the main priorities of Ukraine there is to strengthen the cross-border cooperation in the field of ecology, integrity and continuity of the ecological network to create a warning system for trans-boundary movement air pollutants and rivers, minimize negative effects on the environment, conservation of biological and landscape diversity, sustainable use, protection and restoration of water resources, the creation and functioning of trans-boundary protected areas and facilities with the need to preserve the integrity and continuity of ecosystems, natural corridors, ecological networks formation based on the basin principles of the nature.

The Dnieper river is one of the largest rivers of Europe, the swimming pool of which is 511 thousand km² and is located within three states — the Russian Federation (19.8% of the total area of the pool), Belarus (22.9%), and Ukraine (57.3%). Cross-border Dnieper basin is a diversified complex that has a high natural and socio-economic value to the three neighboring countries, but the environmental crisis, caused by the construction on the Dnieper cascade reservoirs that completely changed the dynamics of flow, extensive sys-

tem management, large-scale land reclamation, construction within the basin of the industrial complex, vast amounts of water for industrial and agricultural production, dumping large amounts of contaminated water, etc. [4–8], led to a significant deterioration in the functioning of integrity of geo-hydro-eco-system of the trans-boundary basin, and quality of drinking water and as a result, led to deteriorating the health of people. Because of historical patterns of development of the Ukrainian part of the Dnieper river basin in its territory there is more than 60% of total industrial production in Ukraine. The area of arable land in trans-boundary basin is 283 thousand km², or 55.4% of the total area of the basin, of which 206 thousand km² (72.8%) are in Ukraine. About half the state's population resides in the territory of the basin and two thirds of drink water is from the Dnieper. Therefore, taking into account the conditions of high anthropogenic load for the rational management of natural resources the search for optimal interaction between management, man and nature is necessary, i.e. the formation of balanced relations between the exploitation geo-hydro-ecosystem their guard and purposeful transformation [9, 10]. Taking into account the socio-economic situation of cross-border the environmental situation in the Dnieper basin is constantly unstable [11]. Therefore, to solve the environmental problems of trans-boundary river, the most promising is a practical evidence-based implementation of basin principle of nature, which involves the use of an integrated approach to land and water conservation measures on the basis of the systematic research. The main stage in the territorial organization of trans-boundary basin environmental management is to determine the spatial and temporal patterns of processes of degradation of the complex as a whole and determine specific relationships to research chain «environmental sustainability or breach of landscapes — the quality of surface water — human health» conditions for sustainable operation of the natural geo-hydro-ecosystem Dnieper basin, meeting the needs of the population and production of natural resources with minimal disturbances

of geo-environment of natural integrity and improving the nation's health. Geo-planning of the territory of trans-boundary river basin should be based on assessment of agro-genic transformation of structural and functional state of landscape ecosystems as the main violator of integrity geo-hydro-eco-system and environmental problems of the Dnieper river basin. The results are aimed at solving a number of topical issues and problems implementing the Water Framework Directive 2000/60 /EU in Ukraine, the Water Strategy of Ukraine till 2025, Directive 2001/42 /EU and the Law of Ukraine «On Strategic Environmental Assessment», the Law of Ukraine «On Approving the National Target Program Development of Water and Environmental Rehabilitation of the Dnieper river for the period till 2021».

The basis of the research objectives is entrusted with the implementation of strategic environmental assessment of space-time transformation of landscape of the eco-systems of the Dnieper river catchment area on the basis of river basin approach.

L.M. Korytnyy [12] estimates the drainage basin as a «special spatial unit of the biosphere, the most promising for the study of multidimensional nature, economy and environmental management». The advantages of using the basin approach for environmental research and the organization of environmental management indicates the clarity and simplicity of selection borders; hierarchical structure that allows you to jump to different territorial levels of government; organization unidirectional flows of matter, energy and information; geo-system relationship that enables to carry out all types of environmental monitoring; restriction of soil and vegetation, settlement system and environmental management to individual basin structures; localization anthropogenic sources of pollution along watercourses watershed.

RESEARCH MATERIALS AND METHODS

To separate annual sub-basin of the Dnieper river into groups depending on the order of the main channel, the approach of Stralera-Filosofova used [12, 13]. The ability

to study geomorphological features of the load on the Dnieper basin and all components of the landscape in relation to the characteristics of water flow parameters allows the basin organization area at watersheds erosion forms of IV procedure, which provides for the identification of landscape heterogeneity territory.

Agricultural development and distribution of forest area in the basin of the Dnieper river is determined based on decoding of the data of the land remote sensing (LRS) using correctly calibrated series of MODIS satellite images (geometric distinction ~ 230×230 m) as of 23.04.2015 and 13.08.2015. Thematic image interpretation procedures conducted on the basis of dimensionless index NDVI — normalized differential vegetation index. The official statistics were used for the purpose of comparison and correction of the results.

To investigate the erosion potential of landscapes different-order catchment of river sub-basin by morphometric characteristics of the terrain (part of slopes is more than 1°, Part of the southern slopes, the proportion of cultivated slopes) using the working module Surface of Spatial Analyst Tools and Zonal Statistics of Spatial Analyst Tools.

Earlier a systematic approach was presented, using cluster analysis, multi-functional GIS-instruments and LRS data to analyze anthropogenic load capacity and display of water-erosion processes in agricultural landscapes in the territory of the regional geo-eco-system. Reproduced approach is used in part for grouping different-order watershed sub-basin of the Dnieper river as to agricultural development and environmental condition. Spatial clustering was carried out on six indicators to assess agro-genic transformation of structural and functional state of landscape ecosystems Dnieper river basin: forest cover, plowing, squares slopes more 1°, squares slopes of southern exposure, the area cultivated slopes, eroded areas of arable land. For this tool we used Grouping analysis of Spatial Statistics Tools. For processing, GIS analysis and mathematical modeling spatial heterogeneity of distribution of the studied parameters we used licensed software ArcGIS

10.1, MathWorks MATLAB 7.9 R2009b and STATISTICA Advanced + QC for Windows v.10 Ru.

RESULTS AND DISCUSSION

As a result of spatial hydrological gemodelling, it has been found that almost half the length of all the erosion forms of the Dnieper river basin is forms of 1st order, and 90% of the total length is 1–4 orders of magnitude. For all the basin of the Dnieper ($S = 511$ thousand km^2) we identified 776 pools ranging from 1.9 to 22.680.2 km^2 IV–IX orders. The analysis of the catchment area of different-order Dnieper basin showed that the area is drained by thalwegs from the first to the fourth order that makes 58.4%, fifth and sixth order – 33%, from the seventh to ninth – 8.6%, so the main supply bed sediments is carried by the top and middle managers (91.4%) and local power drifts lower level bed of the Dnieper is 1.8%. The main power source is snow waters in the upper reaches, they constitute about 50%, ground – 27% and rain – more than 23% [14, 15].

Woods, as part of the natural areas of the Dnieper basin perform a number of important and unique ecological and economic functions. They affect the water exchange and the state of aquatic ecosystems, prevent soil erosion, prevent from the formation of gullies and landslides, as well as landscapes and preserve the fertility of grants and so on. Degree of river sub-basin watershed forest preserves the natural ecological balance of the entire trans-boundary basin, which is significantly disrupted by human activities. Land resources of the Dnieper river basin are characterized by a high level of business development. When taking into account the degree of tillage and forest to assess the consequences of the anthropogenic violation of the territory [16] transfer from medium to strong degree of transformation of land resources is associated with a share of more than 40% of arable land and forest cover at least 20%. The analysis of the impact of the main components of the agro-landscape on the formation of maximum slope runoff losses showed [17] that the largest order in the functioning of agro-land-

scape systems is observed in 40–60% of tillage and field protection forest cover of 17–20%. The smallest loss of river flow is observed in the weighted average slopes to 2.5°, when plowing watershed is 40–60%, natural grasslands – 33–53% forest cover and shelter – 7% [18].

Forest resources are very unevenly distributed throughout the basin of the Dnieper River. Forests are mainly concentrated in the upper part of the basin and are underrepresented in its lower part, dominated by a relatively small area of artificial afforestation and forest shelter belts. The total forest area is approximately 175.4 km^2 (Fig. 1a), including Belarus – 48.6%, Russian Federation – 31.6% and Ukraine – 17.1%. Forest cover of trans-boundary Dnieper basin for individual catchment river sub-basin ranges from 0% to 95% (Fig. 1b): Most of sub-basin (~ 97%) of forestation > 20% are located in the boundaries of the upper reaches (forest area) of the Dnieper river in its all sub-basin in the steppe and forest steppe zones of the Dnieper basin forest area is missing two or three times less than the optimum level.

Land resources of the Dnieper river basin are characterized by a high level of development of economic (Fig. 2a). Almost three-fifths of the basin were completely lost its natural landscape as a result of intensive economic use. M.I. Lopyrev [19] proposes to assess the sustainability of agricultural landscapes on parity «arable land / natural lands». On average for gently hilly terrain ratio «arable land / natural lands» defines the following types of state agricultural landscapes: 70:30 – destruction, 60:40 – not stable, 50:50 – boundary stable, 40:60 – minimally stable, 35:65 – average stable, 30:70 – resistant, 25:75 – coverings, 0:25: 100-75 – ecological balance with steady increase soil fertility.

Based on this classification, the average value of ecosystem sustainability of landscape in the Dnieper river catchment is estimated as unstable. Plow areas of trans-boundary of the Dnieper river basin in separate sub-basin catchment is distributed evenly enough (Fig. 2b) in the direction of the Dnieper river from north to south, it increases on average

by 75%, from east to west by 60%. The ratio of arable and forest cover gives an idea of the system of strategic environmental as-

essment of the degree of environmental sustainability as each sub-basin and the entire basin.

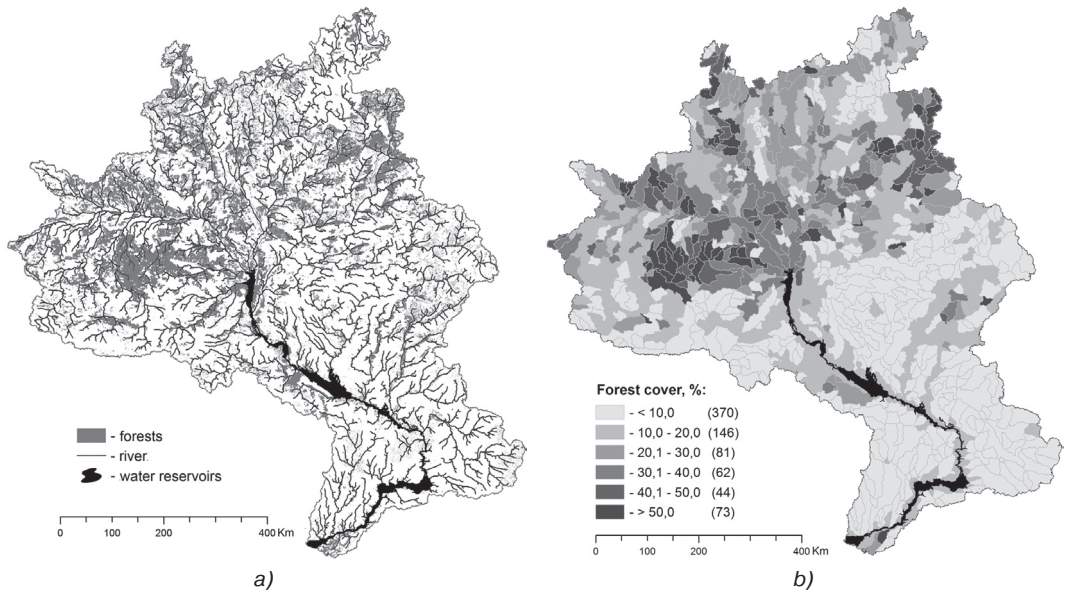


Fig. 1. Spatial characteristics of forest area distribution in the basin of the Dnieper river: a) forests; b) share of sub-basin watershed boundaries different-order, %

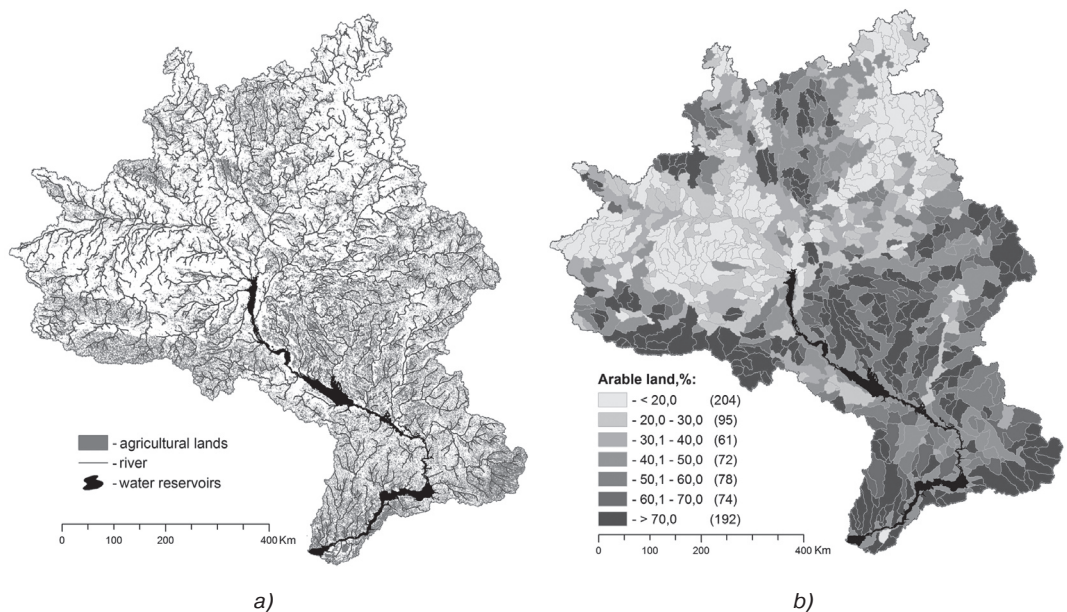


Fig. 2. Agricultural development of landscape in the Dnieper river basin: a) agricultural lands; b) share of sub-basin watershed boundaries of different-order %

The results of modeling indicate a high degree of environmental vulnerability and displays strong degraded land resources processes more than 70% of the trans-boundary basin, leading to a significant disruption of hydro-eco-system of the Dnieper River.

The most valuable in the economic terms on which degraded water and erosion have the least impact on agricultural landscapes are upland areas. In the areas of slopes significant signs of erosion processes are primarily caused by anthropogenic factor. Analysis of the situation of erosion suggests that it appears since the slopes 1o [20]. As a result of spatial analysis of the morphometric characteristics of relief we determined that slopes share of the boundaries of the Dnieper river basin (Fig. 3a) in average increases from west to east in 2.7 times, in the direction of the river (north → south) distribution is uneven with sinusoidal changes.

A part of the area of slopes of the southern exposure P_{sc} is an additional criterion and displays a tendency to exercise pools erosion during snowmelt. P_{sc} Criterion for each basin

was calculated based on the digital elevation model (DEM) division raster displays, sampling azimuth values ranging from 135 to 225°. It is assumed if the $P_{sc} > 25\%$, the basin topography is characterized by high erosion potential during snowmelt [18]. A part of P_{sc} is less than 20% (Fig. 3b) with 183 (23.9%) sub-basin with a total area of 104.4 thousand km^2 ~ (20.4%) in the range of 20–25% with 472 (61.6%) sub-basin area ~ 341.6 thousand km^2 ~ (66.9%), increased erosion potential in snowmelt are 121 sub-basin watershed with a total area of ~ 65.0 thousand km^2 (12.7%).

In the cultivated slopes of the trans-boundary basin the modern water-erosion processes occur mostly in the form of planar flushing. Natural factors of development and intensity of flow are features of topography (slope length and slope exposition), weather conditions (amount and intensity of rain and snowmelt rate), erosion and other soil properties. Plow slopes of the Dnieper river basin in some areas of sub-basins reaches 64% (Fig. 4a), thus 596 (77.8%) of the

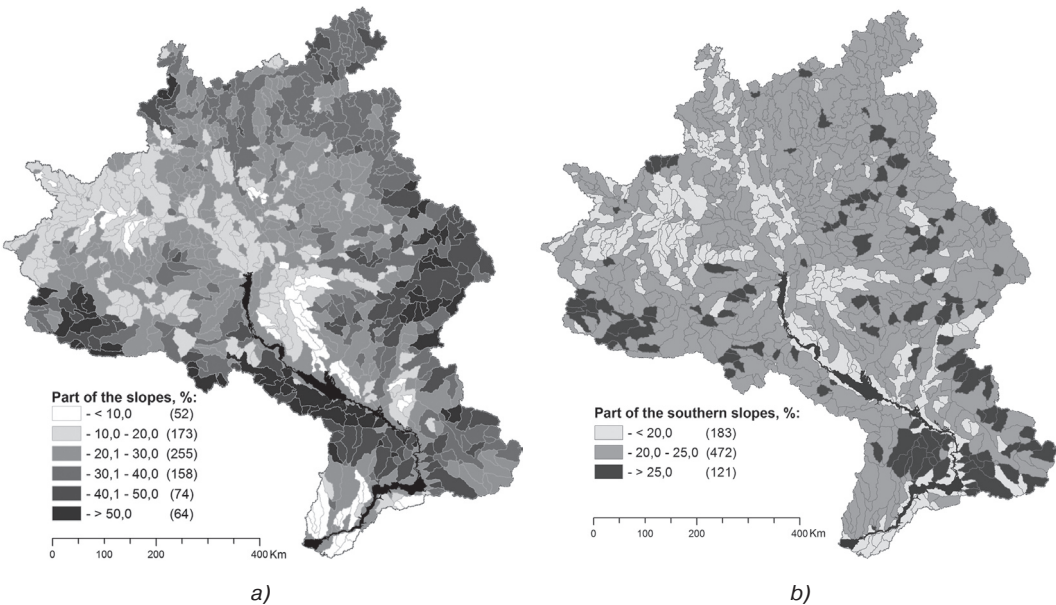


Fig. 3. Characteristics of morphometric parameters of slopes within the boundaries of different-order watershed sub-basin of the Dnieper river: a) part of the slopes more 1°, %; b) part of the southern slopes, %

sub-basin watershed with the total area of 383.6 thousand km² (75.2%) have less than 20% of cultivated slopes; 20 to 50% of cultivated slopes – 174 (34.0%) with the area of 125.1 thousand km² (24.5%), more than 50% of the slopes are cultivated 6 (0.8%) with an area of 2.3 thousand km² (0.5%). Plow slopes significantly increases (11 times) from west to east trans-boundary basin, and this trend is observed from its source to the delta of the Dnieper, in the direction of plowing slopes of sub-basin landscape increases by an average 4–5 times.

As a result of excessive agricultural development of landscape in the Dnieper river basin, including high tillage, extensive use of productive land, processes of soil degradation, characterized by erosion index, become widespread. It is an indicator of negative changes in the properties of soils in consequence of the processes of water and wind erosion in the territory of agro-landscapes watersheds that lead to the loss of the most fertile soil, removal of humus (degumufication) and nutrients, a significant deterioration in the physical

properties of the soil, reducing yield and quality crops. With the deterioration agrophysical properties, susceptibility to erosion which can lead to complete loss of humus horizon and irreversible deterioration of soil increases more. In the medium and strongly washed-off lands opportunity of soil infiltration is reduced to 30% and washing-off increases 1.5–2.0 times, which leads to a significant increase in accumulation processes in rivers of products erosive destruction of soil with it agrochemicals mio-genes, heavy metals, including radionuclides, which significantly impair the quality of river water, cause eutrophication of water bodies, sedimentation ponds, reservoirs, valleys of small rivers that cause extinction of many of them in the borders of the Dnieper river basin.

According to the historical and geographical research and decryption of satellite images it has been found that over the past 200 years, the total length of small rivers (100 km) has decreased by almost 40% with an average speed of degradation of streams almost 15 km/year. Large-scale extinction of wa-

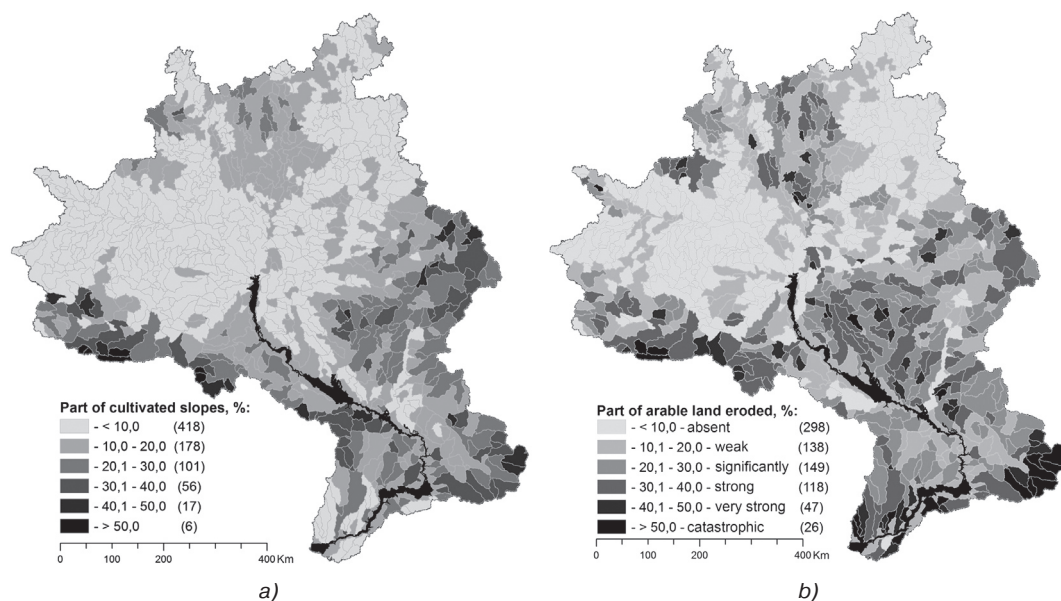


Fig. 4. Erosion danger and intensity of degradation of farmland in the watershed boundaries of different-order in the Dnieper river sub-basin: a) part of cultivated slopes, %; b) part of arable land eroded, %

tercourses lower orders within 85% of the total length and reduce annual network eutrophication of watercourses IV–V orders with shorter overall length of more than 13%, constantly intensified erosion manifestations of human nature. The combination of certain environmental factors creates conditions for the exercise of accelerated erosion and unsustainable economic activity is the main cause of its development, leading to significant degradation of soil and groundwater, and in some cases, possible changes in topography and the boundaries of trans-boundary Dnieper river basin.

Erodibility of soils in the Dnieper basin varies boundaries (Fig. 4b) of 0.13% (absent) to 74.5% (catastrophic): 436 (~ 56.2%) catchment of river basins with a total area ~ 260.2 thousand km² (almost 51% of the total area of the Dnieper basin) have weak or non-existent area of eroded lands; a significant degree of soil erosion with 149 (~ 19.2%) sub-basin with a total area of ~ 117.5 thousand km² (~ 23.0%); from severe to catastrophic erosion of soil with 191 (~ 24.6%) sub-basin with a total area of ~ 133.3 thousand km² (~ 26.0%). It is estimated that on average soils slightly eroded shortfall crop is 10–20%, the average eroded — 40–60% and strongly eroded — up to 80% [21].

In the steppe and forest steppe zones of the Dnieper basin crop shortfall on eroded soils much depends on the degree of wetting soil, which from the source to the mouth of the Dnieper 3 times reduces. Therefore, for effective agricultural practices and land users to obtain high yields in the steppe and forest steppe zones of trans-boundary basin hydraulic networks were built with a total area of irrigation — 2.64 million ha [22], of which 95.5% is in the territory of Ukraine. Since the beginning of irrigated melioration, changes in operating conditions of all components of the environment have been changed, in particular the direction and speed of groundwater processes. The results of these changes can have a positive effect (moisture improvement, productivity, etc.), and ecologically negative consequences (processes flooding, salinity, alkalinity, water logging). The direction and

intensity of negative effects on agricultural and adjacent land depends primarily on the climatic and hydrological conditions of the region, the volume of supply of irrigated water. Culture of the agriculture, state and efficiency of hydraulic networks and use of irrigation water, the processes of degradation and stability of agricultural landscapes in irrigated areas to a greater extent is determined by the level of occurrence of groundwater as the main indicator of hydrogeology-ameliorative condition of irrigated lands and the effectiveness of the collector-drainage [23]. On irrigated land, while maintaining the traditional paradigm of irrigation leads to the increased power humus horizon (for low humus soil is particularly dangerous) and increase the driving force of the process of leaching, transfer of organic matter into the lower profile remote plants soil horizons and, consequently, decrease the efficiency of farming, deterioration of groundwater and topsoil fertility, primarily light and medium grain size. Therefore irrigated agricultural landscapes of the Dnieper basin instead of the standard paradigm of irrigation, the use of which results in the whole world should recognize the poor required a sharp reduction of water consumption [24], reducing water seepage inside the regime, especially through the soil, reduce water losses, reducing irrigation degradation soils. The current stabilization of geo-chemical barriers is in the soil and aeration zone [25]. This gives an opportunity to overcome the impulse internal-soil continual-discrete paradigm of irrigation and moistening the soil suitable way [26]. Alongside with that to restore the lost fertility of eroded soils you should greatly fertilize especially organic fertilizers. In order to compensate for losses of humus due to erosion, the soil should get 3 times more organic matter than it was washed away because not more than 25–30% of manure introduced into the soil is humified, but taking into account the constantly increasing cost of fertilizers leads to a permanent negative consequences of erosion in agricultural areas of the Dnieper river basin.

Summary results of the evaluation indicators of the degree of transformation agrogenic

Table 1

**Average different-order sub-basin watershed by the gradation of indicators
of the agrogenic transformation of the structural and functional status
of landscape ecosystems of the Dnieper river basin**

Indicators		Share in the sub-basin watershed boundaries, %						Total, km ²
		<10	10–20	20–30	30–40	40–50	>50	
Forest cover	S	198792.70	125631.10	59463.70	50640.40	31467.00	45005.10	511000
	%	38.9	24.6	11.6	9.9	6.2	8.8	100
Arable land	S	40865.20	57972.20	66104.70	38574.20	93048.60	214435.10	511000
	%	8.0	11.3	12.9	7.5	18.2	42.0	100
Slopes more 1°	S	16612.51	92872.06	176890.40	134982.50	48567.10	41075.44	511000
	%	3.3	18.2	34.6	26.4	9.5	8.0	100
Cultivated slopes	S	223917.60	159686.10	77119.09	38679.22	9297.20	2300.80	511000
	%	43.8	31.2	15.1	7.6	1.8	0.5	100
Arable land eroded	S	151620.30	108608.20	117436.60	88332.11	29523.40	15479.40	511000
	%	29.7	21.3	23.0	17.3	5.8	3.0	100

structural and functional status of landscape ecosystems of the Dnieper river basin are shown in Table 1.

As a result of geo-modeling (spatial grouping or clustering) typing was made (Fig. 5) of watershed sub-basin by six indicators of the agrogenic transformation of structural and functional state of the landscape ecosystems of the Dnieper river basin. There are three groups (clusters), where defining classification signs were forestry, erodibility and tillage (including slopes) soil (Table 2), this section is consistent with the physical and geographic zone trans-boundary Dnieper river basin and the degree of anthropogenic load, sub-basin of Group I confined to the forest zone, II and III groups to steppe and steppe zones. Tillage and soil erosion gives an idea of the results of large-scale long agrogenic load and modern structural and functional status of landscape ecosystems in the Dnieper river basin.

Group I (*landscape and ecologically stable or slightly broken*) — sub-basin of absent or weak soil erodibility and low agrogenic transformation, where the propor-

tion of arable land is on average about 19%, including the slopes of 5%, average forest cover of about 30%. This group is 95% gone

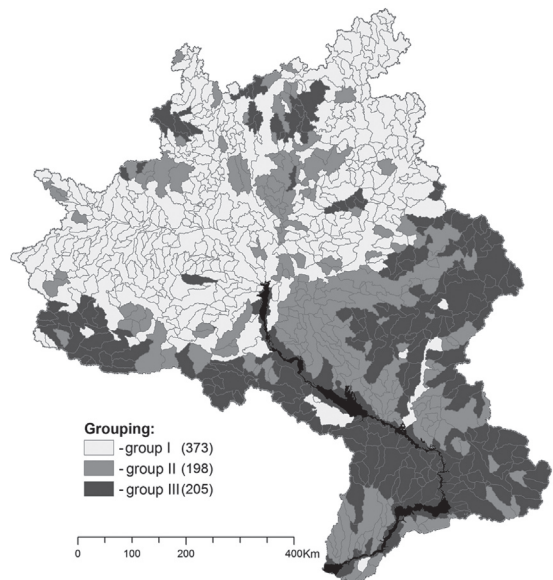


Fig. 5. Spatial group of the Dnieper basin by the level of the agrogenic transformation of structural and functional state of landscape ecosystems

Table 2

Indicators of agricultural development and ecological status of catchment sub-basin trans-boundary Dnieper basin

Group	Part of arable land	Part of forest cover	Part of arable land eroded	Part of slopes more 1°	Part of cultivated slopes	Part of southern slopes
	%					
I	19.3±8.7	29.8±11.5	5.8±4.3	26.4±8.9	5.0±3.8	21.3±2.2
II	75.7±15.1	6.9±4.4	33.2±11.4	16.6±8.0	12.1±6.3	20.9±2.8
III	66.7±11.2	7.4±4.8	28.5±11.0	44.0±13.2	28.2±10.1	24.9±2.8

catchment area of the rivers located in the upper reaches of the river, the total number was 373 (48.7%) sub-basin with a total area of 224.2 thousand km² (~ 439%).

Group II (*high agro-genic transformation of landscapes*) – sub-basin with high agricultural development (about 76%), a significant and strong low erodibility and forestation ~ 7%. It includes 198 (~ 25.8%) sub-basin with a total area of 116.6 thousand km² (~ 22.8%).

Group III (*agrogenic transformed with high soil erosion risk*) – sub-basin with high agricultural development (about 67%), strong

and very strong erodibility, low forestation ~ 7%, a high proportion of cultivated slopes an average of 44% and increased erosion potential during snowmelt.

Construction of the cascade on the Dnieper of six reservoirs with a total area of 6950 km² and total accumulated volume of 43.8 km³ of water led to the flooding of 50 thousand km² and flooding of 10 thousand km² of productive land violated the ecological balance and radically altered water exchange conditions compared to natural conditions it slowed to 30 times [27]. Taking into account these conditions the waterfront of the Dnieper basin of IX procedure was confined to the third degree of agrogenic transformation of the structural and functional status of landscape ecosystems. It includes 205 (~ 26.8%) sub-basin with a total area of 170.2 thousand km² (~ 33.3%).

In most sub-basin of the river Dnieper main criterion of destabilization of agricultural landscapes is a high level of tillage, in this case the most effective tool for improving the ecological balance of the territory trans-boundary basin study is the reduction of arable land for other land or environmental fund. As a result of the calculations it is necessary to reduce the arable land, especially in the territories agrogenic transformed sub-basins with high soil erosion hazard, the need for reducing the extent of extensive farming agro-landscape load on the Dnieper river basin was identified (Fig. 6) the boundaries of 470 (61.4%) of the sub-basin

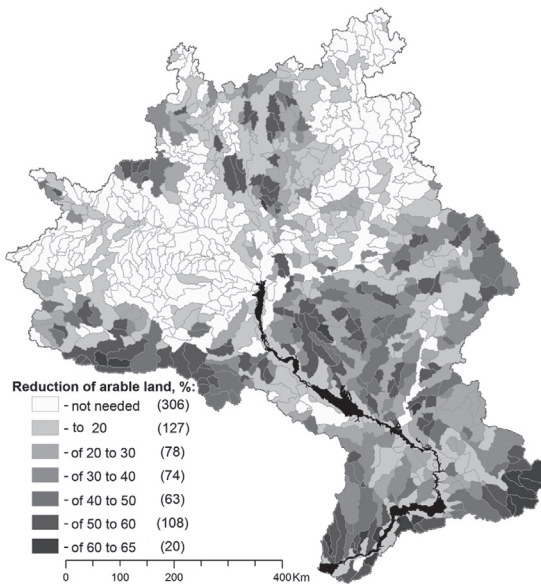


Fig. 6. Need to reduce agricultural burden on the Dnieper river basin

with the total area of ~ 346.3 thousand km² (~ 67.8%).

As the arable lands are the main source of agricultural production and guarantee food security in the Dnieper river basin it is necessary to find a compromise between achieving the environmental sustainability of agricultural landscapes and cost-effective intensity of agricultural production, especially organic farming to obtain stable yields and reduce the level of pollution of surface waters.

CONCLUSIONS

Strategic environmental assessment and spatial clustering was carried out on six indicators of agrogenic transformation of structural and functional state of landscape ecosystems of the Dnieper river basin: forest cover, plowing, squares slopes more 1°, squares slopes of southern exposure, the area cultivated slopes, eroded areas of arable land. Forest of watershed river sub-basin ranges from 0% to 95%, approximately 67.4% sub-basin steppe and steppe zones with a total area of ~ 324.4 thousand km² (63.5%) have less than 20% forests, indicating a low capacity preserving the natural ecological balance in areas of the middle and lower reaches of the Dnieper river. Much of the basin completely lost its natural landscape as a result of intensive economic use. About 416 watershed sub-basins, occupying 60.2% of the Dnieper basin have a strong degree of transformation of the land. The analysis of the degree of forest and arable indicate high ecological vulnerability and displays strong degraded land resources processes more than 70% of the trans-boundary basin, leading to a significant disruption of hydro-eco-system Dnieper river. Erosion and potential cumulative watershed sub-basin depends on the presence of particles agro-landscapes slopes more 1°. Erosion and cumulative potential of watershed sub-basin depends on the presence of particles agro-landscapes slopes more 1°. About 72% of watershed sub-basin with more than 20% of landscapes is on the slopes. Almost 12.7% (65.0 thousand km²) area of the Dnieper basin has increased at erosional potential snowmelt. Plow slopes of the Dnieper river basin sub-basin in some areas

reaches 64%, including 180 (23.5%) sub-basin with a total area of 127.4 thousand km² (25.0%) have a part of plowed slopes of more than 20%. Their number increases significantly (11 times) from west to east of the trans-boundary basin, and this tendency of the agrogenic violation of agricultural landscapes is observed from the source to the delta of the Dnieper, in the direction of plowing slopes in the sub-basin boundaries increases on average — 4–5 times. The results of the excessive agricultural development of the landscape of the Dnieper basin led to a significant intensification of soil degradation processes, characterized by the erosion indicator that constantly accompanied by water and wind erosion. This leads to a significant reduction in infiltration of the opportunity and increasing washing-off the soil in 1.5–2.0 times and a significant increase in accumulation processes in rivers the products of erosive destruction of soil, and alongside with that agrochemicals, myogenes, heavy metals, including radionuclides that significantly worsen the quality of the river water, cause eutrophication of water bodies, sedimentation ponds, reservoirs, valleys of small rivers that cause extinction of many of them in the borders of the Dnieper river basin. From medium to catastrophic soil erosion degree with 340 (~ 44.4%) of sub-basins with the total area of 250.8 thousand km² (~ 49.0%), which is the reason for the shortfall in yield from 40% to 80%.

As a result, strategic environmental assessment and geo-modeling determined that more than 50% of the Dnieper basin has high agrogenic transformation of the structural and functional status of the landscape ecosystems. The main criterion for the destabilization of agricultural landscapes is a high level of tillage, in this case the most effective tool for improving the ecological balance of the territory of the trans-boundary basin study is the reduction of arable land for other land or environmental fund 470 sub-basin boundaries with a total area of ~ 346.3 thousand km² (~ 67.8%).

Rational land use in accordance with the strategic environmental assessment should

take into account the characteristics and features of the landscape, promote the protection and reproduction of soil, vegetation and other natural components in a single agreement between the countries of trans-boundary basin. This can be achieved through the basin of nature and landscape-ecological approach [28], which involves identifying relationships in ecosystems agricultural landscapes and water bodies, their record in selecting destinations and types of land use in the watershed sub-basin boundaries. To generate environmentally sustainable agricultural landscapes and reducing erosion and cumulative processes in

catchment areas of river basins priority must provide the following set of measures: organizational and economic reclamation — a system of soil rotation, mosaic structure of land, degraded land, creation of ecological frame area etc. hydro-meliorate — sustainable irrigation, erosion rates, protection zones, bottom build-ings, dams, bridges, spray flow etc. land im-provement — limiting the use of heavy tillage machinery, creating buffer strips of grasses, soil protecting technologies, reduction of pesticide use, handling across slopes, etc; agroforestry — shelter, and stock-regulating and forest belts; continuous afforestation slopes, etc.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Палехов Д.О.* Правові проблеми імплементації механізму стратегічної екологічної оцінки на Україні / Д.О. Палехов // Наука і освіта 2005: Матер. VIII Міжнар. наук.-практ. конф. — Дніпропетровськ: Наука і освіта. — 2005. — Т. 47. — С. 59–61.
2. *Чернихівська А.В.* Стратегічна екологічна оцінка пріоритетів регіонального розвитку продуктивних сил: дис. ... канд. екон. наук: спец. 08.00.06 «Економіка природокористування та охорони навколишнього середовища» / А.В. Чернихівська. — К., 2011. — 190 с.
3. *Хлобистов Є.В.* Інституційні передумови імплементації стратегічної екологічної оцінки: аналіз стану державного планування та прогнозування соціально-економічного розвитку / Є.В. Хлобистов // Вісник Сумського державного університету. — 2005. — № 10 (82). — С. 48–53. — (Серія: Економіка).
4. План управління пилотним речним басейном верхнього Дніпра на території республіки Беларусь і України. Компонент А — аналіз речного басейна [Електронний ресурс] / Республіканський центр радіаційного контролю і моніторингу оточуючої середовища (Республіка Беларусь); Український центр екологічних і водних проектів Академії технологічних наук (Україна). — 2013. — 103 с. — Режим доступу: http://blacksea-riverbasins.net/system/files/force/DNIEPER_RBA_final%20to%20upload%20RUS%20FINAL.pdf?download=1
5. Проблема відродження пойм'яних водоемів низов'я Дніпра і шляхи її рішення / Ю.В. Пилипенко, В.А. Корниченко, А.А. Липисивський, О.Є. Довбиш // Зелена економіка: перспективи впровадження в Україні: Матеріали Міжнародної конференції. — К., 2012. — Т. 1. — С. 179–182.
6. Оптимізація антропогенної навантаження на річки Нижнього Придніпров'я / І.А. Шахман, Ю.В. Пилипенко, А.А. Липисивський, О.О. Дем'янова // Захист навколишнього середовища, енергоощадність, збалансоване природокористування: II Міжнародний конгрес. — Львів, 2012. — С. 159.
7. Комплексная оценка качества воды низовья Днестра / Н.Г. Александрова, Т.Г. Мороз, В.С. Полищук, Е.Я. Россова // Водные ресурсы. — 1985. — № 6. — С. 199–127.
8. Комплексна оцінка екологічного стану басейну Дніпра / В.Д. Романенко [та ін.]. — К.: Інститут гідробіології НАН України, 2000. — 103 с.
9. Бассейновый подход к организации природопользования в Белгородской области: [монография] / Ф.Н. Лисецкий, А.В. Дегтярь, А.Г. Нарожная и др.; под ред. Ф.Н. Лисецкого. — Белгород: Константа, 2013. — 89 с.
10. Реки и водные объекты Белогорья: [монография] / Ф.Н. Лисецкий, А.В. Дегтярь, Ж.А. Буряк [и др.]; под ред. Ф.Н. Лисецкого. — Белгород: Константа, 2015. — 362 с.
11. Экологическое состояние бассейна Днестра на территории России / под общей ред. Г.М. Черногаевой, А.С. Зеленова, М.С. Зеленовой, Ю.А. Малеванова. — М.: Метеоагентство Росгидромета, 2009. — 230 с.
12. *Корытний Л.М.* Бассейновая концепция в природопользовании / Л.М. Корытний. — Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 2001. — 163 с.
13. *Симонов Ю.Г.* Речной бассейн и бассейновая организация географической оболочки / Ю.Г. Симонов, Т.Ю. Симонина // Эрозия почв и русловые процессы. — М., 2004. — Вып. 14. — С. 7–32.
14. *Пічура В.І.* Структура гідрогеоморфологічної системи для створення геосирови екологічного каркаса басейну річки Дніпро / В.І. Пічура // Вісник Дніпропетровського державного агро-економічного університету. — 2016. — № 2 (40). — С. 19–25.
15. *Пічура В.І.* Сільськогосподарське порушення екологічної стійкості басейну річки Дніпро [Електронний ресурс] / В.І. Пічура // Наукові доповіді НУБіП України. — 2016. — № 5 (6). — Режим доступу: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/7231/7010>
16. *Максимович А.М.* Оценки уровня антропогенизации территории по изучению растительного покрова / А.М. Максимович, И.М. Леонович,

- Н.В. Ковальчик // Географические аспекты рационального природопользования. — Минск: Наука и техника, 1985. — С. 10–14.
17. Белолипский В.А. Теоретическое обоснование и пути почвоводоохранной оптимизации агроландшафтов в зоне степи Украины: автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук / В.А. Белолипский. — К., 2006. — 44 с.
 18. Буряк Ж.А. Бассейновая организация природопользования в Белгородском экорегионе: автореф. дис. ... канд. геогр. наук / Ж.А. Буряк. — М., 2015. — 23 с.
 19. Проектирование и внедрение эколого-ландшафтных систем земледелия в сельскохозяйственных предприятиях Воронежской области / М.И. Лопырев, В.Е. Шевченко, Н.И. Зезюков, В.А. Федотов; под общ. ред. М.И. Лопырева. — Воронеж: Истоки, 1999. — 186 с.
 20. Олійник В.С. Еродованість земель в агроландшафтах Передкарпаття / В.С. Олійник, Н.В. Белова // Геополітика і екогеодинаміка регіонів. — 2014. — Т. 10, Вып. 2. — С. 361–364.
 21. Лисецкий Ф.Н. Современные проблемы эрозии / Ф.Н. Лисецкий, А.А. Светличный, С.Г. Черный; под ред. А.А. Светличного. — Белгород: Константа, 2012. — 456 с.
 22. Програма екологічного оздоровлення басейна Дніпра [Електронний ресурс]. — 2007. — 86 с. — Режим доступу: http://projects.inweh.unu.edu/inweh/getdocument.php?F=1660666292_4baa3e312e05e2.18745111
 23. Пичура В.И. Вековое изменение устойчивости агроландшафтов в зоне оросительных мелиораций сухостепной зоны (на примере юга Херсонской области) / В.И. Пичура, Ф.Н. Лисецкий, Я.В. Павлюк // Научные ведомости Белгородского государственного университета. — 2014. — № 17 (188). — Вып. 28. — С. 140–147. — (Серия: Естественные науки).
 24. Воеводина Л.А. Влияние переполивов при капельном орошении на мелиоративное состояние земель / Л.А. Воеводина // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: сб. ст. ФГНУ «РосНИИПМ»; под ред. В.Н. Щедрина. — Вып. 45. — Новочеркасск: Геликон, 2011. — С. 49–56.
 25. Ion association in water solution of soil and vadose zone of chestnut saline solonetz as a driver of terrestrial carbon sink / A.A. Batukaev, A.P. Endovitsky, A.G. Andreev et al. // Solid Earth. — 2016. — No. 7, Is. 2. — P. 415–423.
 26. Управление геохимическими процессами в орошаемых почвах на технологической платформе ноосферы / В.П. Калинин, А.П. Ендовицкий, Т.М. Минкина и др. // Природообустройство. — 2014. — № 3. — С. 6–11.
 27. Гавриленко О.П. Екогеографія України / О.П. Гавриленко. — К.: Знання, 2008. — 646 с.
 28. Крюкова Н.А. Ландшафтно-экологическое обустройство земель: [монография] / Н.А. Крюкова, В.Д. Постолюк, О.В. Спесивый. — Воронеж: ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ, 2010. — 218 с.

REFERENCES

1. Palekhov, D.O. (2005). Pravovi problemy implementacii mehanizmu strategichnoi' ekologichnoi' ocinky na Ukraïni [The Legal Problems of Implementing the Mechanism of Strategic Ecological Evaluation in Ukraine]. Science and Education '05: materialy VIII Mizhnarodnoi' naukovopraktychnoi' konferencii' — the Materials of the 8nd International Scientific Practical Conference. (Vol. 47, pp. 59–61). Dnipropetrovsk: Nauka i osvita [in Ukrainian].
2. Chernykhivska, A.V. (2011). Strategichna ekologichna ocinka priorytetiv regional'nogo rozvytku produktyvnyh syl [Strategic Ecological Evaluation of the Priorities of the Regional Development of Productive Forces]. Candidate's thesis. Kyiv [in Ukrainian].
3. Khlobystov, Ye.V. (2005). Instyucijni peredumovy implementacii strategichnoi' ekologichnoi' ocinky: analiz stanu derzhavnogo planuvannja ta prognozuvannja social'no-ekonomichnogo rozvytku [Institutional Premises of Implementing Strategic Ecological Evaluation: the Analysis of the Conditions of the Government Planning and Forecasting of Socio-economic Development]. Visnyk Sums'kogo derzhavnogo universytetu. Serija: Ekonomika — The Bulletin of Sumy State University. Series: Economic, 10 (82), 48–53 [in Ukrainian].
4. Plan upravleniya pilotnym rechnym basseynom verkhnego Dnepra na territorii respubliki Belarus' i Ukrainy. Komponent A — analiz rechnogo basseyna (2013). [The Plan of Managing the Pilot River Basin of the Upper Dnepr on the territory of the Republic Belarus and Ukraine. The Component A — the Analysis of a River Basin]. blacksea-riverbasins.net. Retrieved from http://blacksea-riverbasins.net/system/files_force/DNIEPER_RBA_final%20to%20upload%20RUS%20FINAL.pdf?download=1 [in Russian].
5. Pilipenko, Yu.V., Korniyenko, V.A., Lipisivitskiy, A.A., & Dovbysh, O.E. (2012). Problema vozrozhdeniya poymennykh vodoemov nizoviy Dnepra i puti ee resheniya [The Problem of Restoring Inundated Water Bodies of the Dnepr lower reaches and the Ways to Solve it]. Green Economics: the Prospects of introducing in Ukraine: Materialy mizhnarodnoi' konferencii' — The Materials of the International Conference. (Vol. 1, pp. 179–182). Kyiv [in Russian].
6. Shakhman, I.A., Pilipenko, Yu.V., Lipisivitskiy, A.A., & Demyanova, O.O. (2012). Optimizatsiya antropogennoy nagruzki na reki Nizhnego Pridneprov'ya [Optimizing Anthropogenic Load on the Rivers of the Low Pridneprovie]. Environmental Conservation, Energy Efficiency, Sustainable Nature Management: 2-j Mizhnarodnyj kongres — The 2nd International Congress. (pp. 159). Lviv [in Russian].
7. Aleksandrova, N.G., Moroz, T.G., Polishchuk, V.S., & Rossova, Ye.Ya. (1985). Kompleksnaya otsenka kachestva vody nizov'ya Dnepra [Integrated Evaluation of the Water Quality of the Dnepr Lower Reaches]. Vodnye resursy — Water Resources, 6, 199–127 [in Russian].

8. Romanenko, V.D., & Yevtushenko, M.Yu. (2000). *Kompleksna ocinka ekologichnogo stanu basejnu Dni-pri* [Integrated Evaluation of the Ecological Condition of the Dniro Basin]. Kyiv: Institute of Hydrobiol-ogy of the NASU [in Ukrainian].
9. Lisetskii, F.N., Degtyar', A.V., Narozhnyaya, A.G., Chepelev, O.A., Kuz menko, Ya.V., & Marinina, O.A. et al. (2013). *Basseyonovyy podkhd k organizatsii prirodopol'zovaniya v Belgorodskoy oblasti* [The Bas-sin Approach to Organizing Nature Management in Belgorod Region]. F.N. Lisetskii (Ed.). Belgorod: Konstanta [in Russian].
10. Lisetskii, F.N., Degtyar, A.V., & Buryak, Zh.A. (2015). *Reki i vodnye obekty Belogorya* [Rivers and water bodies Belogorya]. Belgorod: KANSTANTA [in Russian].
11. *Ekologicheskoe sostoyanie bassey-na Dnepra na territorii Rossii (2009)* [The Ecological Condi-tion of the Dnepr Basin on the territory of Russia]. G.M. Chernogayeva, A.S. Zelenov, M.S. Zelenova, Yu.A. Malevanov (Ed.) Moscow: Meteagency Ros-sgidrometa [in Russian].
12. Korytnyy, L.M. (2001). *Basseyonovaya kontsepsiya v prirodopolzovanii* [The basin concept in wildlife]. Irkutsk: Izd-vo Instituta geografii SO RAN [in Rus-sian].
13. Simonov, Yu.G., & Simonova, T.Yu. (2004). Re-chnoy bassey-n i basseyonovaya organizatsiya geo-graficheskoy obolochki [The River Basin and the Basin Arrangement of the Geographic Shell]. *Ero-ziya pochv i ruslovyje protsessy — Soil Erosion and River-bed Processes*, 14, 7–32 [in Russian].
14. Pichura, V.I. (2016). Struktura hidrogeomorfolo-hichnoyi systemy dlya stvorenniya heosnovy ekolo-hichnoho karkasa baseynu richky Dniro [Structure of the hydrogeomorphological system for creating the geo-foundation for the ecological framework of the Dnieper river basin]. *Dnipropetrovs'koho derzhavnogo ahroekonomichnoho universytetu — Bul-letin of Dnepropetrovsk State Agricultural and Eco-nomic University*, Vol. 2, 40, 19–25 [in Ukrainian].
15. Pichura, V.I. (2016). Sil's'kohospodars'ke porushen-nya ekolohichnoyi stiykosti baseynu richky Dniro [Damage to environmental sustainability of the Dnieper river basin caused by agriculture]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrayiny — Scientific reports NUBiP Ukraine*, Vol. 5 6. Retrieved from <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/7231/7010> [in Ukrainian].
16. Maksimovich, A.M., Leonovich, I.M., & Koval'chik, N.V. (1985). Otsenka urovnya ntropogenizatsii ter-ritorii po izucheniyu rastel'nogo pokrova [Evalua-tion of the Level of the Territory Anthropogenization in Exploring Vegetation]. *Geograficheskie aspekty ratsional'nogo prirodopol'zovaniya* [Geographical Aspects of Rational Nature Management]. Minsk: Nauka i tekhnika [in Russian].
17. Belolipskiy, V.A. (2006). Teoreticheskoe obosnovanie i puti pochvovodookhrannoy optimizatsii groland-shaftov v zone stepi Ukrainy. [The Theoretical Sub-stantiation and the Methods of Soil Conservation Optimization of Agro-landscapes in the Steppe Zone of Ukraine]. *Extended abstract candidate's thesis*. Kyiv [in Russian].
18. Buryak, Zh.A. (2015). Basseyonovaya organizatsiya prirodopol'zovaniya v Belgorodskom ekoregione. [The Basin Arrangement of Nature Management in Belgorod Eco-region]. *Extended abstract candidate's thesis*. Moscow [in Russian].
19. Lopyrev, M.I., Shevchenko, V.Ye., Zezyukov, N.I., & Fedotov, V.A. (1999). *Proektirovanie i vned-renie ekologo-landshaftnykh sistem zemledeliya v sel'skokhozyaystvennykh predpriyatiyakh Voronezh-skoy oblasti* [Projecting and Implementing Eco-land-scape Farming at Agricultural Enterprises of Voronezh region]. M.I. Lopyrev (Ed). Voronezh: Origins [in Russian].
20. Oliinyk, V.S., & Bielova, N.V. (2014). Erodozanist' zemel' v agrolandshaftah Peredkarpattja [Soil Ero-sion in Subcarpathia Agro-landscapes]. *Geopolitika i ekogeodinamika regionov — Geopolitics and Regional Ecogeodynamics*, 10, 2, 361–364 [in Ukrainian].
21. Lisetskii, F.N., Svetlichnyy, A.A., & Chernyy, S.G. (2012). *Sovremennyye problemy eroziovedeniya* [The Present Problems of Erosion Science]. A.A. Svetlichnyy (Ed). Belgorod: Konstanta [in Russian].
22. Programma ekologicheskogo ozdoroveniya bas-seyna Dnepra (2007). [The Program of Ecological Improvement of the Dnepr Basin]. *projects.inweh.unu.edu*. Retrieved from http://projects.inweh.unu.edu/inweh/getdocument.php?F=1660666292_4baa3e312e05e2.18745111 [in Russian].
23. Pichura, V.I., Lisetskii, F.N., & Pavliuk, Ya.V. (2014). Vekovoe izmenenie ustoychivosti agrolandshaftov v zone orositel'nykh melioratsiy sukhostepnoy zony (na primere yuga Khersonskoy oblasti) [The Secular Variation of Agro-landscape Sustainability in the Area of Irrigation Reclamations of the Dry Steppe Zone (Exemplified by Kherson Region)]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo univer-siteta. Estestvennye nauki — The Scientific Bulletin of Belgorod State University. Natural Sciences*, 17, 188, 28, 140–147 [in Russian].
24. Voyevodina, L.A. (2011). Vliyanie perepolivov pri kapel'nom oroshenii na meliorativnoe sostoyanie zemel' [The Impact of Over-watering under Drip Irrigation on Land Reclamation Conditions]. *Puti povysheniya effektivnosti oroshaemogo zemledeliya — The Methods of Increasing Irrigated Agriculture Efficiency*, 45, 49–56 [in Russian].
25. Batukaev, A.A., Endovitsky, A.P., Andreev, A.G., Kalinichenko, V.P., Minkina, T.M., & Dikaev, Z.S. et al. (2016). Ion association in water solution of soil and vadose zone of chestnut saline solonetz as a driver of terrestrial carbon sink. *Solid Earth*, 7, 2, 415–423 [in English].
26. Kalinichenko, V.P., Yendovitskiy, A.P., Minkina, T.M., Skuratov, N.S., Ilyin, V.B., & Kim, V.Ch.D. (2014). Upravlenie geokhimicheskimi protsessami v oroshaemykh pochvakh na tekhnologicheskoy platforme noosfery [Management of Geochemical Processes in Irrigated Soils on the Technology Plat-form of Noosphere]. *Prirodoobustroystvo — Nature Arrangement*, 3, 6–11 [in Russian].
27. Havrylenko, O.P. (2008). *Ekogeografija Ukrayiny* [Ecogeography of Ukraine]. Kyiv: Knowledge [in Ukrainian].
28. Kriukova, N.A., Postolov, V.D., & Spesivyy, O.V. (2010). *Landshaftno-ekologicheskoe obustroystvo zemel'* [Landscape-ecological Arrangement of Lands]. Voronezh: FSEI HPE Voronezh SAU [in Russian].

РОДЮЧІСТЬ І ОХОРОНА ҐРУНТІВ

УДК 631.4:631.47:631.459КП+631.95

ДОСЯГНЕННЯ НЕЙТРАЛЬНОГО РІВНЯ ДЕГРАДАЦІЇ ҐРУНТІВ У ЕРОЗІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ АГРОЛАНДШАФТАХ УКРАЇНИ

О.Г. Тараріко¹, О.Г. Ізюмова²

¹ Інститут агроекології і природокористування НААН

² Житомирський державний технологічний університет

Розглянуто стан ерозійної деградації земель сільськогосподарського призначення. Запропоновано розв'язання проблеми щодо досягнення нейтрального рівня деградації ґрунтів у ерозійно небезпечних агроландшафтах шляхом впровадженням принципів контурно-меліоративної організації території водозбірних басейнів малих річок. Для оптимізації формування, координації і реалізації державної політики у сфері раціонального використання, охорони та досягнення нейтрального рівня деградації ґрунтів запропоновано на базі існуючих профільних установ різних відомств створити повноважний національний орган з моніторингу, землевпорядкування та охорони ґрунтів.

Ключові слова: ґрунт, клімат, опади, ерозія, агроландшафт, нейтральний рівень, деградація, водозбірний басейн.

Ґрунтовий покрив є не тільки основним засобом виробництва сільськогосподарської продукції, забезпечення продовольчої безпеки та експортного потенціалу, але й важливим елементом біосферних функцій в екосистемах, у т.ч. впливу на якість поверхневих і підземних вод, склад атмосфери, кліматичні параметри та біорізноманіття.

У процесі здійснення земельної реформи було задекларовано реалізацію завдання раціонального використання та охорони земель як пріоритетного напрямку державної сільськогосподарської політики у сфері земельних відносин. Але після 25-річних їх перетворень відбулись значні негативні зміни у сфері використання та управління земельними ресурсами, особливо щодо земель сільськогосподарського призначення, де спостерігається стійка тенденція до погіршення їх якісного стану.

Зокрема, неконтрольованого розвитку набули процеси ерозійної деградації, деґуміфікації та виснаження родючості ґрунтів [1, 2]. Ерозія ґрунтів є однією з нерозв'язаних проблем агросфери у багатьох країнах

світу. Так, в Україні від водної ерозії потерпають сільськогосподарські землі, площа яких налічує понад 15 млн га, а від вітрової — 5,5–6,0 млн га, що становить більше половини орних земель. В роки з катастрофічним проявом вітрової ерозії чорні бурі можуть охоплювати площі розміром 10–18 млн га, а втрати ґрунту досягати 30–100 т/га. Отже, це небезпечне явище у разі неконтрольованого розвитку може загрожувати нашому основному національному багатству — землям сільськогосподарського призначення, сталому розвитку агросфери та підтриманню її конкурентоздатності. Слід наголосити, що за сучасних земельних відносин і державної сільськогосподарської політики ерозійні процеси є основним чинником деградації агроландшафтів та опустелювання земель.

У вирішенні питання охорони ґрунтів, особливо від ерозійної деградації, заслуговує на увагу історичний досвід США. На початку 20-х років минулого століття цей досвід описано відомим економістом Н.П. Макаровим у брошурі «Как американские фермеры организовали своё хозяйство» (Макаров, 1921). Було розроблено серію програм з охорони і раціонального

використання сільськогосподарських земель з відповідною фінансовою підтримкою з боку держави. Фермеру буквально було вигідно вживати протиерозійних заходів, адже витрачені додаткові кошти повертались в господарство, в т.ч. у вигляді різноманітних пілг. Державі також було вигідно забезпечувати збереження родючості ґрунтів як базової основи багатства нації та її продовольчої безпеки. Заслугує на увагу і діяльність створеної в США «Служби охорони ґрунтів» (1936 р.), що відіграла провідну роль у формуванні та реалізації відповідної ефективної державної політики. Нині цю службу значно реформовано і наділено ширшими функціями щодо інтегрованого управління земельними, водними, біологічними та іншими природними ресурсами.

У Всесвітній хартії ґрунтів (Глобальне ґрунтове партнерство), прийнятій на 39 сесії ФАО (Рим, 6–13 червня 2015 р.) було підкреслено, що ґрунти є основою життя на Землі, і прикро, що антропогенне навантаження на ґрунти дійшло критичного рівня. Наголошено, що ґрунтовий покрив — один з ключових елементів у створенні величезної кількості товарів і послуг, — це невід’ємна активна складова біосистеми, а відтак і благополуччя людини. Рекомендовано всім країнам забезпечити відповідний якісний стан землекористування і оздоровлення чи відновлення деградованих ґрунтів, сприяти побудові такого світу, де пріоритетним буде досягнення відсутності деградації ґрунтів як основи сталого розвитку [3].

З метою консолідації міжнародних зусиль з подолання глобальних процесів деградації земель, їх опустелювання та зумовлених цими процесами екологічних і соціально-економічних наслідків була прийнята Конвенція ООН «Про боротьбу з опустелюванням» (КБО) (The United Nation Convention to Combat Desertification — UNCCD) [4]. Україна стала стороною КБО і взяла на себе зобов’язання виконувати її положення [5]. Наведемо основні з них:

- визначати природні і антропогенні чинники, що зумовлюють опустелювання

та деградацію земель, а також запропонувати заходи з нейтралізації їх негативної дії;

- формувати довгострокову державну політику, програму та план дій з розв’язання проблеми опустелювання та деградації земель;

- покращувати стан уражених агроєкосистем шляхом зміни землекористування та зниження рівня деградації земель;

- впроваджувати стійкі методи управління агроресурсами та ведення сільського господарства;

- розробляти стійкі іригаційні системи.

Слід наголосити, що в рамках КБО опустелювання розглядається не як процес утворення пустель, а як будь-яка деградація земель під впливом природних чи антропогенних чинників.

На сесії Генеральної Асамблеї ООН у Нью-Йорку (2015 р.) було погоджено глобальні цілі сталого розвитку (ЦСР), які закликають всі країни до захисту і впровадження сталого використання наземних екосистем. Зокрема, ЦСР 15.3 спрямовано на «боротьбу з опустелюванням і відновлення деградованих земельних ресурсів та ґрунтів, включаючи землі, що постраждали від опустелювання, посух і повеней, а також створення світу, в якому деградація земельних ресурсів буде нейтралізована».

Дванадцята сесія Конференції сторін КБО ООН (2015 р.) підтримала ЦСР 15.3 і Концепцію нейтральної деградації земельних ресурсів (Land Degradation Neutrality — LDN) як важливі інструменти її реалізації. Було визначено, що нейтральний рівень деградації земель — це «етап, за якого кількість і якість земельних ресурсів, необхідних для підтримки екосистемних функцій і послуг та посилення продовольчої безпеки, залишаються стабільними або збільшуються в заданих часових і просторових рамках». На основі прийнятих рішень в рамках Глобального механізму (GM) КБО ООН була створена Програма постановки цілей нейтральної деградації земель [6, 7] для підтримки країн у визначенні національних цілей та обумовлених ними практичних заходів.

Україна приєдналась до вказаної програми у червні 2016 р. На першому етапі її виконання згідно з LDN важливим є встановлення базового (вихідного) рівня деградації земель, що уможливить виконання моніторингу стану земель і ґрунтів, а в наступні роки — відповідних управлінських рішень щодо забезпечення їх сталого використання.

Як базові показники нейтрального рівня деградації ґрунтів пропонується використовувати такі три рамкові індикатори: 1. Поточний стан деградації земель; 2. Рівень їх продуктивності; 3. Запаси органічного вуглецю у ґрунті [7]. Запропоновані індикатори за необхідності в кожній країні можуть бути доповнені та розширені індикаторами на національному рівні.

В Україні за інтенсивного використання земельних ресурсів у агросфері, в т.ч. за надвисокої розораності сільськогосподарських угідь, негативні тенденції, зумовлені деградацією та опустелюванням земель, а також виснаженням родючості ґрунтів, продовжують поглиблюватись, а в останні кілька десятиліть ці процеси набули глобального характеру, охопивши сільськогосподарські угіддя у всіх природно-кліматичних зонах. Поряд з ерозійною деградацією земель спостерігається і дегуміфікація ґрунтів. Уміст гумусу в ґрунтах за останні десятиліття в середньому зменшився на 0,22%, з кожного гектара втрачається до 250 кг/га гумусу, а його запаси в орному шарі загалом зменшились до 5,0–5,5 т/га [8], що потребує удосконалення державної політики стосовно методів контролю та сталого управління земельними ресурсами. Її метою має стати мінімізація деградаційних процесів, запобігання прояву їх у майбутньому та відновлення продуктивності земель, в т.ч. ерозійно деградованих, дегуміфікованих, виснажених та забруднених.

В європейських країнах упродовж декількох років обговорюється проект Ґрунтової Директиви щодо охорони і раціонального використання ґрунтів, розробки спільної стратегії в цьому аспекті на засадах збереження їх функцій, запобігання їх деградації і забрудненню [9]. У підго-

товленому Європейською комісією (ЄК) документі, що стосується ефективного використання ресурсів Європи, також було регламентовано питання збереження та відтворення органічної речовини ґрунту. В асоційованому аналізі ЄК визначено ціль: «До 2020 р. рівень вмісту органічних речовин у ґрунтах загалом не зменшується чи збільшується порівняно з поточним вмістом органічних речовин менше ніж на 3,5%» [6, 7].

В Україні позитивним у розв'язанні проблеми охорони земель відповідно до КБО є розпорядження Кабінету Міністрів України щодо схвалення у 2014 р. Концепції боротьби з деградацією та опустелюванням земель і Національного плану дій з реалізації положень КБО. Планом дій передбачено підвищення ефективності державної політики щодо раціонального використання та охорони ґрунтів, зміцнення та покращення координації діяльності уповноважених державних органів, а також забезпечення реалізації запланованих заходів.

Але впровадження положень Концепції та Плану дій ускладнюється відсутністю повноважного національного органу з формування та реалізації державної політики у сфері раціонального використання земель та охорони ґрунтів, у т.ч. досягнення нейтрального рівня їх деградації.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Використовували методологію SWOT- та Гар-аналізу державної сільськогосподарської політики щодо сталого використання земель та охорони ґрунтів. SWOT-аналіз полягає у визначенні сильних (Strengths) і слабких (Weaknesses) сторін галузевої сільськогосподарської політики, а також можливостей (Opportunities) та загроз (Threats), які заважають її реалізації.

Гар-аналіз, або аналіз прогалин, висвітлює розбіжності між реальним і бажаним результатом. За допомогою методології SWOT- та Гар-аналізу продемонстровано, наскільки ситуація в Україні з питання охорони і раціонального використання земель сільськогосподарського призначення

відрізняється від взятих зобов'язань з виконання положень КБО ООН [10].

Використовували матеріали супутникового знімання високого просторового розрізнення Sentinel-2 програми «Копернікус» Європейського космічного агентства з глобального моніторингу навколишнього природного середовища і безпеки (18 квітня 2016 р.) та низького просторового розрізнення — MODIS (Terra) (27–28 березня 2007 р.).

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За прогнозними оцінками Міжурядової групи експертів (Intergovernmental Panel on Climate Change) глобальне потепління призведе не тільки до посилення посушливих явищ у континентальних районах середніх широт, але й до збільшення екстремальності опадів зливого характеру. Збільшення відносного вкладу інтенсивних опадів прогнозується також у США, Австралії і Південній Африці. Загалом, за оцінками, отриманими з використанням сучасних кліматичних моделей системи «океан — атмосфера», також прогнозується підвищення частоти екстремальних добових опадів відносно загальної їх кількості на більшій частині земної кулі [11, 12]. А це, з одного боку, значно підвищить втрати вологи на поверхневий стік та випаровування, а з іншого, збільшить ерозійну небезпеку в агроландшафтах, що спричинить їх деградацію, зниження родючості ґрунтів та продуктивності агроєкосистем.

Аналіз лінійних трендів екстремальних опадів на території України також засвідчив про збільшення їх кількості в літній період. Результати досліджень, виконаних нами спільно з Морським гідрофізичним інститутом (м. Севастополь), свідчать, що просторовий розподіл екстремальних опадів на території України на середину XXI століття (2046–2065 рр.) зросте в 1,6 раза порівняно з історичним періодом (1986–2005 рр.) [13–15]. Аналогічна закономірність підтверджується Українським науково-дослідним гідрометеорологічним інститутом, що також прогнозує збільшення кількості стихійних метеорологічних

явищ, у т.ч. зливових опадів та посилення вітрового режиму [16, 17]. Ризик неконтрольованого розвитку ерозійної деградації земель у процесі змін клімату підсилюється недотриманням сівозмінного чинника, у т.ч. збільшення площ таких просапних культур, як соняшник та кукурудза, і відповідно, зменшення площі кормових культур, зокрема багаторічних трав.

Отже, підвищення екстремальності опадів, посилення антропогенного тиску на екосистему, зокрема збільшення в структурі посівних площ просапних культур, нехтування протиерозійними заходами, повсюдне знищення полезахисних лісосмуг, а також зниження протиерозійної стійкості ґрунтів унаслідок їх дегуміфікації, створює умови та підвищує ризики розвитку катастрофічних ерозійних процесів.

Як приклад, наводимо ерозійно деградований фрагмент агроландшафту в Київській обл. Таращанського р-ну в умовах складного рельєфу (рис. 1). З космічного знімка видно, що 60% земель зазнає негативного впливу інтенсивних водно-ерозійних процесів. Так, світлий тон на знімку свідчить про втрату значної частини гумусового шару ґрунту. Відновлення продуктивності еродованих ґрунтів є доволі витратним та складним завданням, і тому доцільніше вчасно вживати протиерозійних заходів.

Слід наголосити, що на території України також періодично виникають масштабні пилові бурі, про що свідчать і космічні дані. На рис. 2 продемонстровано вихідний стан території перед пиловою бурею (1), формування вітрових коридорів у процесі збільшення швидкості вітру понад 15–17 м/с (2) та максимальний розвиток пилової бурі на всій території області (3). В епіцентрі бурі швидкість вітру сягала 20–22 м/с, а втрати ґрунту до 50 т/га. Як наслідок, були значно пошкоджені ґрунтовий покрив, а також посіви сільськогосподарських культур на території області, що призвело до істотних екологічних та економічних збитків. Як правило, такі процеси в зоні Степу відбуваються навесні, але можуть досягти високої інтенсивності і в зимовий період, навіть

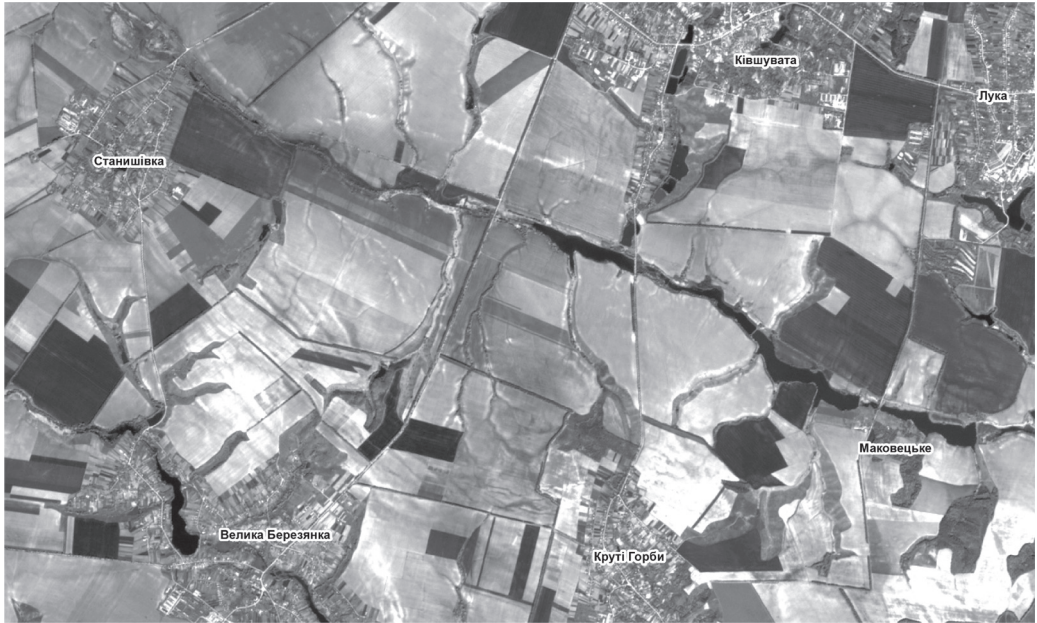


Рис. 1. Фрагмент ерозійно деградованого агроландшафту (Київська обл., Тарашанський р-н, знімок супутника Sentinel-2, 18.04.2016 р., світлий тон — сильно еродований ґрунтовий покрив)

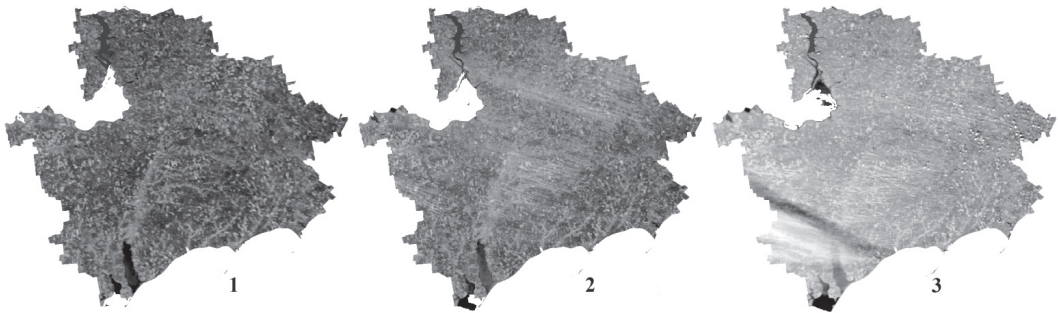


Рис. 2. Динаміка розвитку вітрової ерозії на території Запорізької обл. (27–28 березня 2007 р.): 1 — перед початком вітрової ерозії, 2 — формування вітрових коридорів; 3 — максимальний прояв вітрової ерозії

при замерзлій поверхні ґрунту, що спостерігалось в 2012 та 2014 рр. у Херсонській обл., коли навіть за некритичної інтенсивності вітру (12–15 м/с) були зафіксовані доволі значні втрати ґрунту [18].

Розв'язання проблеми досягнення нейтрального рівня деградації ґрунтів у ерозійно небезпечних агроландшафтах можливо лише шляхом вжиття комплексної системи заходів.

В Україні напрацьовано вагомий обсяг матеріалів щодо системного розв'язання проблеми раціонального використання земель та охорони ґрунтів в умовах потенційно високого прояву ерозії. Насамперед, це стосується ґрунтозахисної контурно-меліоративної системи землекористування, яку було розроблено в 1986–2000 рр. мережею наукових установ Національної академії аграрних наук спільно з потужною

землевпорядною службою (Укрземпроект). За даними наших багаторічних досліджень найефективнішим способом розв'язання проблеми захисту ґрунтів від ерозійної деградації є впровадження комплексної системи заходів, у т.ч. контурної організації території сільськогосподарських угідь, диференційованого використання орних земель відповідно до їх ерозійної небезпеки, вжиття лісо- і лукомеліоративних протиерозійних заходів, агротехнічних прийомів, а також оптимізація структури посівних площ і сівозмін, ґрунтозахисних технологій обробітку ґрунту стосовно рельєфу. Важливим елементом протидії ерозійно небезпечним процесам у агроландшафтах є управління поверхневим стоком шляхом проектування гідротехнічних, луко- та лісомеліоративних заходів, консервації деградованих та малопродуктивних земель з їх подальшим залісненням або залуженням, створення водоохоронних та рекреаційних зон у межах водозбірних басейнів малих річок [19, 20]. Але нові земельні відносини, впровадження політики децентралізації управління, необхідність вирішення екологічних питань з адаптації агроєкосистем до змін клімату, збереження ландшафтного різноманіття потребує удосконалення деяких елементів контурно-меліоративної системи землекористування.

Найважливішими елементами системи протиерозійних заходів є контурна організація території та диференційоване використання земель залежно від рівня їх еродованості. Всі орні землі розділяються на три еколого-технологічні групи (ЕТГ), які на місцевості, з урахуванням особливостей рельєфу, фіксуються заходами постійної дії, до яких відносяться лісосмуги, буферні смуги з багаторічних трав, а за необхідності укріплюються водозатримувальними земляними валами різних типів або у комплексі з лісосмугами (рис. 3).

До першої ЕТГ (І) земель відносяться рівнинні та землі на схилах до 3° з повнопрофільними та слабо еродованими ґрунтами. В межах таких земель розміщуються інтенсивні зерно-паро-просапні сівозміни, а всі агротехнічні заходи спрямовуються

на найповніше використання атмосферних опадів з метою мінімального їх надходження у вигляді поверхневого стоку на другу ЕТГ (ІІ) земель. Ефективним у цьому аспекті є застосування мінімального обробітку ґрунту з нагромадженням на його поверхні рослинних решток. Особливо перспективними для відновлення таких земель є сучасні посівні системи No-Till та Strip-Till.

Для ЕТГ (ІІ) земель, що мають схил $3-5^\circ$, слабо- та середньеродовані ґрунти, рекомендовано зерно-трав'яні сівозміни (без просапних культур), а всі агротехнічні заходи спрямовуються на максимальне регулювання поверхневого стоку. Третя ЕТГ (ІІІ) земель характеризується схилами більше 5° з середньо- і сильно еродованими ґрунтами, іноді до $3-5^\circ$, які відносяться до ЕТГ ІІ. Такі землі виводять з обробітку, а всі протиерозійні заходи постійної дії на ЕТГ ІІ і ІІІ спрямовуються на безпечний відвід стокових вод у гідрографічну мережу водозбірного басейну.

Реалізацію цих принципів у формуванні системи землекористування і, відповідно, протиерозійної структури агроландшафтів доцільно здійснювати з урахуванням особливостей водозбірних басейнів малих річок, консолідації розпайованих орних земель та інтегрованого управління земельними, водними біо- та агоресурсами на басейнових принципах. Зауважимо, що в Україні налічується понад 60 тис. малих річок, а їх водозбірні басейни становлять близько 90% території, де і формується негативний вплив сільськогосподарської діяльності на довкілля, у т.ч. унаслідок ерозійних процесів.

Особливостями сучасних земельних відносин є тенденція до монополізації агропромислового виробництва, у т.ч. і формування великих аграрних холдингів з площею землекористування близько 100 тис. га і більше. На початок 2015 р. лише 11,0% сільськогосподарських підприємств мали площу понад 1000 га угідь, що становило 79,0% усіх сільськогосподарських угідь. Кількість дрібних підприємств, в основному фермерських господарств, що мають

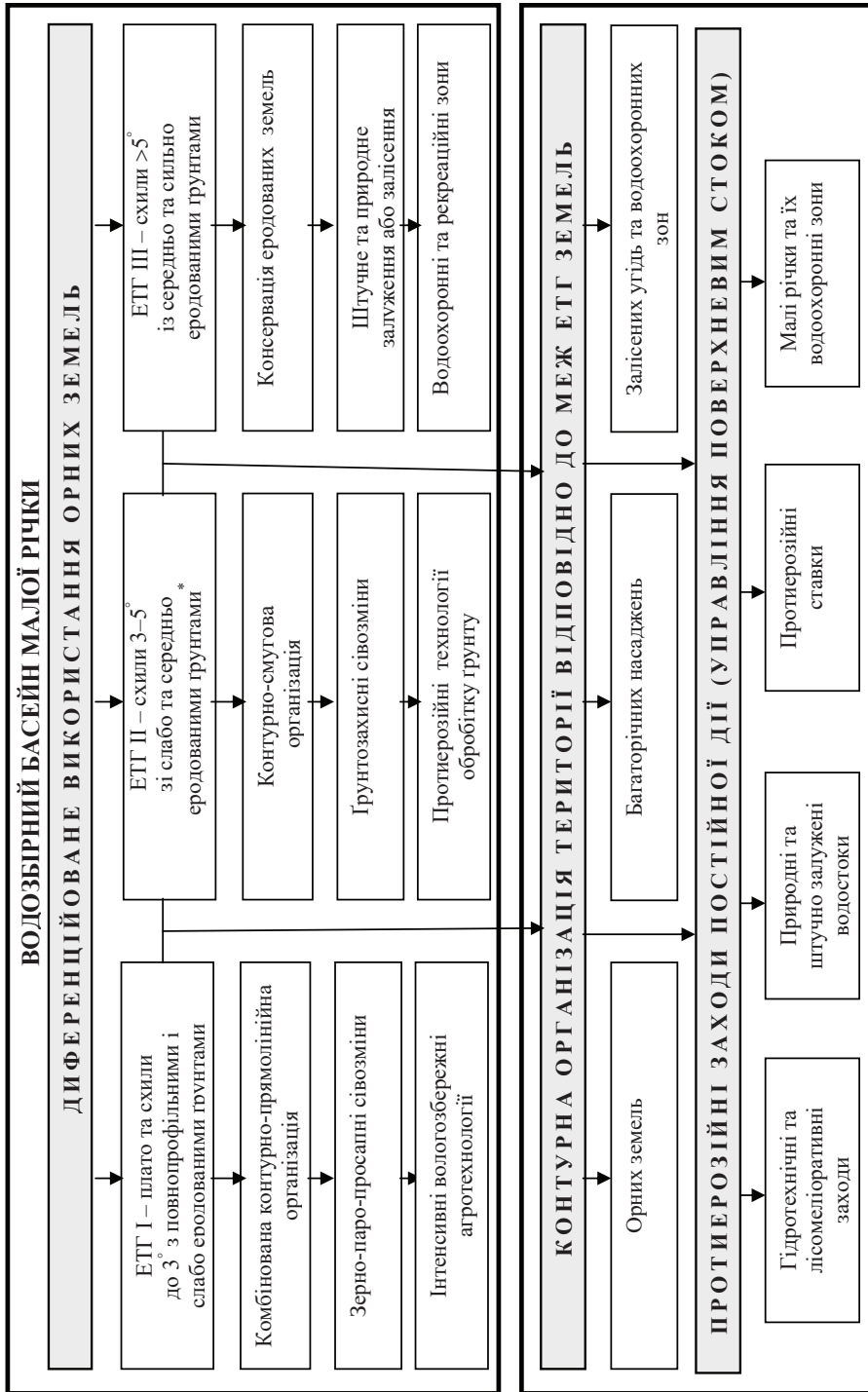


Рис. 3. Удосконалена просторова структура ґрунтового водоохоронної контурно-меліоративної системи землекористування на басейнових принципах: (*За екологічної і виробничої доцільності орні землі ЕТГ II можуть бути включені до ЕТГ III, тобто виведені з категорії орних земель під консервацію)

у користуванні 50–100 га землі, сягала 85–90%, але ці площі становили лише 21% усіх земельних угідь [21].

Отже, на території водозбірних басейнів малої річки можуть розміщуватися фрагменти різних типів землекористувань. В умовах формування об'єднаних територіальних громад та реалізації їх повноважень, в т.ч. у сфері раціонального використання та охорони ґрунтів, важливим є розробка і реалізація заходів з інтегрованого управління земельними, водними, біо- та агресурсами завдяки впровадженню контурно-меліоративної організації території водозбірних басейнів малих річок як з метою досягнення нейтрального рівня деградації земель, так і охорони навколишнього природного середовища, що відповідатиме виконанню взятих Україною зобов'язань щодо природоохоронних Конвенцій РІО.

ВИСНОВКИ

Збільшення екстремальних проявів змін клімату, в т.ч. зливого характеру опадів та вітрового режиму, розширення площ посівів соняшнику та кукурудзи, зменшення протиерозійної стійкості ґрунтів унаслідок дегуміфікації, а також призупинення вжиття протиерозійних заходів підвищує ризики ерозійної деградації ґрунтів та опусте-

лювання агроландшафтів. Чинна державна політика щодо охорони ґрунтів, система моніторингу земель, особливо щодо ерозійної деградації, потребує удосконалення.

Реалізацію взятих зобов'язань щодо виконання положень КБО ООН, відповідного національного плану дій, досягнення нейтрального рівня деградації ґрунтів у ерозійно-небезпечних агроландшафтах доцільно здійснювати на системних принципах контурно-меліоративної системи землекористування водозбірних басейнів малих річок. Формування відповідної державної політики та реалізація принципів нейтрального рівня деградації ґрунтів потребує створення на базі існуючих профільних установ повноважного національного органу — Державного агентства моніторингу, землеустрою та охорони ґрунтів. Серед завдань агентства пріоритетними будуть: формування та реалізація державної політики щодо моніторингу земель; створення екологічно стійкої структури агроландшафтів з нейтральним рівнем деградації ґрунтів; інформаційно-консультативне забезпечення центральних та регіональних органів управління, землевласників, землекористувачів, а також органів самоврядування об'єднаних територіальних громад.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь щодо завершення земельної реформи / за наук. ред. Л.Я. Новаковського. — К.: Аграрна наука, 2013. — 48 с.
2. Наукові та прикладні основи захисту ґрунтів від ерозії в Україні / за ред. С.А. Балюка та Л.Л. Товажнянського. — Х.: НТУ «ХПУ», 2010. — 460 с.
3. Посібник українського хлібороба: науково-практичний збірник. — Т. 1: Українські чорноземи на початку третього тисячоліття / ред. кол. В.В. Кириченко [та ін.]. — К.: ФОП Конюшенко І.П., 2016 — 310 с.
4. Конвенція Організації Об'єднаних Націй про боротьбу з опустелюванням у тих країнах, що потерпають від серйозної посухи та/або опустелювання, особливо в Африці [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/995_120/print1413292086272003
5. Закон України «Про приєднання України до Конвенції Організації Об'єднаних Націй про боротьбу з опустелюванням у тих країнах, що потерпають від серйозної посухи та/або опустелювання, особливо в Африці» № 61-IV від 04.07.2002 р. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/61-15>
6. Оцінювання процесів деградації земель та опустелювання: світовий та вітчизняний досвід / Ю.Т. Колмаз, О.О. Ракоїд, Л.Д. Проценко, О.В. Легка // Агроекологічний журнал. — 2015. — № 1. — С. 8–21.
7. Ракоїд О.О. Впровадження концепції нейтральної деградації земель як важливий інструмент досягнення цілей сталого розвитку [Електронний ресурс] / О.О. Ракоїд. — Режим доступу <http://www.sworld.com.ua/konferm4/98.pdf>
8. Земельна реформа: заходи, що мають передувати її завершенню / Я.М. Гадзало, С.А. Балюк, В.В. Медведєв, І.В. Плisko // Вісник аграрної науки. — 2015. — № 9. — С. 5–12.
9. Рекомендації з адаптації існуючої системи моніторингу забруднення ґрунтів до проекту рамкової Ґрунтової Директиви ЄС та Ради Європи / О.Г. Та-

- раріко, В.О. Греков, В.М. Панасенко та ін. — К., 2011. — 28 с.
10. Проект ПРООН / ГЕФ «Інтеграція положень Конвенцій Ріо у національну політику України»: SWOT-аналіз і аналіз проґнозів (GAP-аналіз) політик, програм, планів і законодавчих актів у галузі сільського господарства [Електронний ресурс]. — Режим доступу: URL: http://sd4ua.org/wp-content/uploads/2016/08/2_Silske-gospodarstvo.pdf
 11. *Мартазінова В.Ф.* Современное состояние атмосферной циркуляции воздуха в северном и южном полушарии и региональные климатические особенности в Атлантико-Европейском секторе в районе Антарктического полуострова / В.Ф. Мартазінова, В.Е. Тимофеев // Проблемы Арктики и Антарктики. — 2008. — № 3 (80). — С. 17–37.
 12. Изменение климата, 2007: Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II, III в Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата [Електронний ресурс] / Р.К. Пачаури и др. — МГЭИК, Женева, Швейцария. — Режим доступу: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_ru.pdf
 13. Изменение полей экстремальных осадков по территории Украины в XXI веке / Е.В. Вышкваркова, Е.Н. Воскресенская, А.В. Юровский, Е.В. Дунаевская // Экологическая безопасность прибрежных шельфовых зон и комплексное использование ресурсов шельфа. — 2013. — Вып. 27 — С. 121–127.
 14. *Вышкваркова О.В.* Экстремальні опади та їх кліматичні особливості на території України: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук / О.В. Вышкваркова. — Севастополь, 2014. — 15 с.
 15. Третье, четвертое и пятое Национальные сообщения Украины по вопросам изменения климата, подготовленные на выполнение статей 4 и 12 Рамочной конвенции ООН об изменении климата и статьи 7 Киотского протокола [Електронний ресурс]. — К., 2009. — Режим доступу: http://unfccc.int/resource/docs/natc/ukr_nc5rev.pdf
 16. *Барабаш М.Б.* Современное состояние режима осадков на территории Украины как следствие изменения климата / М.Б. Барабаш, О.Г. Татарчук, Н.П. Гребенюк // Глобальные и региональные изменения климата. — К.: Ника-Центр, 2011. — С. 198–206.
 17. Региональные изменения климата в Украине в XXI веке на основе проекций МОЦАО и РКМ / С.В. Краковская, Л.В. Паламарчук, И.П. Шеденко и др. // Там само. — С. 220–231.
 18. *Волошнюк А.В.* Дефляційні втрати ґрунту за різних технологій основного обробітку та технологій No-Till під час пилової бурі / А.В. Волошнюк // Агрохімія і ґрунтознавство. — 2015. — Вип. 82 — С. 100–104.
 19. *Дегодюк Е.Г.* Басейновий підхід в біогеоценозах і агрофермі в контексті розвитку систем землеробства у XXI столітті / Е.Г. Дегодюк // Землеробство. — 2015. — № 2 (889). — С. 21–24.
 20. *Тараріко О.Г.* Каталог заходів з оптимізації структури агроландшафтів та захисту земель від ерозії / О.Г. Тараріко, В.М. Москаленко. — К.: Фітосоціоцентр, 2002. — 64 с.
 21. *Фурдичко О.І.* Основи управління агроландшафтами України / О.І. Фурдичко, А.П. Стадник. — К.: Аграрна наука, 2012. — 384 с.

REFERENCES

1. Novakovsky, L.Ya. (Eds.). (2013). *Natsionalna dopovid shchodo zavershennya zemelnoyi reformy [National report on the completion of land reform]*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
2. Balyuk, S.A. & Tovazhnyansky, L.L. (2010). *Naukovi ta prykladni osnovy zakhystu gruntiv vid eroziyi v Ukraini [Scientific and practical bases protect soils from erosion in Ukraine]*. Kharkiv: NTU «KHPU» [in Ukrainian].
3. Kyrychenko, V.V. et al. (Eds.). (2016). *Naukovo-praktychnyy zbirnyk «Posibnyk Ukrayinskoho khliboroba. «Ukrayinski chornozemy na pochatku tretioho tysyacholittya» [Scientific-practical book «Guide Ukrainian farmer»]. Ukrayinski chornozemy na pochatku tretioho tysyacholittja. T. 1 [Ukrainian black earth at the beginning of the third millennium. Vol. 1]*. Kyiv: I.P. Konyushenko [in Ukrainian].
4. Konventsyya Orhanizatsiyi Ob'yednanykh Natsiy pro borotbu z opustelyuvannym u tykh krayinakh, shcho poterpayut vid seryoznoyi posukhy ta/abo opustelyuvannya, osoblyvo v Afrytsi [The United Nations Convention to Combat Desertification in Those Countries Experiencing Serious Drought and / or Desertification, Particularly in Africa]. *zakon2.rada.gov.ua*. Retrieved from http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/995_120/print1413292086272003 [in Ukrainian].
5. Zakon Ukrayiny «Pro pryednannya Ukrayiny do Konventsyyi Orhanizatsiyi Ob'yednanykh Natsiy pro borotbu z opustelyuvannym u tykh krayinakh, shcho poterpayut vid seryoznoyi posukhy ta/abo opustelyuvannya, osoblyvo v Afrytsi» [The Law of Ukraine «On accession of Ukraine to the United Nations Convention to Combat Desertification in Those Countries Experiencing Serious Drought and / or Desertification, Particularly in Africa»] *zakon2.rada.gov.ua*. Retrieved from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/61-15> [in Ukrainian].
6. Kolmaz, Yu.T., Rakoyid, O.O., Protsenko, L.D., & Lehka, O.V. (2015). Otsynuvannya protsesiv dehradatsiyi zemel ta opustelyuvannya: svitovyy ta vitchyznyanyy dosvid [Evaluation process of land degradation and desertification, global and domestic experience]. *Agroecologichnyi zhurnal — Agroecology journal*, 1, 8–21 [in Ukrainian].
7. Rakoyid, O.O. (2016). Vprovadzhennya kontseptsiyi neytral'noyi dehradatsiyi zemel yak vazhlyvyi instrument dosyahnennya tsiley staloho rozvytku

- [The introduction of the concept of neutral land degradation as an important tool to achieve sustainable development]. *sworld.com.ua* Retrieved from <http://www.sworld.com.ua/konferm4/98.pdf> [in Ukrainian].
8. Hadzalo, Ya.M., Balyuk, S.A., Medvedev, V.V., & Plisko I.V. (2015). Zemelna reforma: zakhody, shcho mayuti pereduvaty yiyi zavershennyyu [Land reform: measures that have preceded it end]. *Visnyk agrarnoi nauky — Journal of Agricultural Science*, 9, 5–12 [in Ukrainian].
 9. Tarariko, O.H., Hrekov, V.O., & Panasenko, V.M. et al. (2011). *Rekomendatsiyi z adaptatsiyi isnyuchoyi systemy monitorynhu zabrudnennyya gruntiv do proektu ramkovoyi Gruntovoyi Dyrektyvy EES ta Rady Yevropy [Recommendations to adapt the existing system of monitoring soil contamination to groundwater Framework Directive of the EU and the Council of Europe]*. Kyiv. Publ. [in Ukrainian].
 10. Proekt PROON/HEF «Intehratsiia polozhen Konventsiy Rio u natsionalnu polityku Ukrainy». SWOT-analiz i analiz prohalyh (GAP-analiz) polityk, prohram, planiv i zakonodavchyykh aktiv u haluzi sil'skoho hospodarstva [UNDP/GEF «Integrating Rio Conventions provisions in the national policy of Ukraine.» SWOT-analysis and gap analysis (GAP-analysis) policies, programs, plans and legislation in the field of agriculture. *sd4ua.org*. Retrieved from http://sd4ua.org/wp-content/uploads/2016/08/2_Silske-gospodarstvo.pdf [in Ukrainian].
 11. Martazynova, V.F. & Tymofeev, V.E. (2008). Sovremennoe sostoyanie atmosferynoy tsirkulyatsii vozdukh v severnom i yuzhnom polusharii i regionalnye klimaticheskie osobennosti v Atlantiko-Evropeyskom sektore v rayone Antarktycheskoho poluostrova [Modern STATUS atmosferynoy tsirkulyatsii air in North and yuzhnom polusharyy and Locale Features klymatycheskye Atlantic Evropeyskom sector in areas Antarktycheskoho peninsula]. *Problemy Arktiky ta Antarktyky — Problems of the Arctic and Antarctic*, 3, 17–37 [in Ukrainian].
 12. Pachauri, R.K. & Rayzzyner, A. et al. (2007). MHÉYK, 2007: Izmenenye klimata, 2007: Obobshchayushchy doklad. Vklad rabochikh hrupp I, II, III v Chetvertyy doklad ob otsenke Mezhpriyvetstvennoy hruppy ekspertov po izmeneniyu klimata [IPCC, 2007: Climate Change, 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II, III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change]. *www.ipcc.ch*. Retrieved from http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_ru.pdf [in Ukrainian].
 13. Vyshkvarkova, E.V., Voskresenskaya, A.V., Yurovskyy, E.V., Dunaevskaya, E.N. (2013). Yzmenenye poley ékstremaalnykh osadkov po terrytoriyi Ukrainy v XXI veke [Change in the fields of extreme precipitation over the territory of Ukraine in the 21st century]. *Ekolohycheskaya bezopasnost prybrezhnykh shelfovykh zon s kompleksnoe ispol'zovanye resursov shelfa — Ecological safety of coastal shelf zones and integrated use of shelf resources*, 27, 121–127 [in Russian].
 14. Vyshkvarkova, O.V. (2014). Ekstremaalni opady i klimatychni osoblyvosti terytoriyi Ukrainy [Extreme rainfall and climatic features of the territory of Ukraine]. *Extended abstract of candidate's thesis. Sevastopol* [in Ukrainian].
 15. Trete, Chetvertoe i Pyatoe Natsyonalnye soobshchenyya Ukrainy po voprosam izmenenyya klymata podhotovlennyye na vypolnenye statey 4 i 12 Ramochnoy konventsii OON ob izmenenii klimata i stati 7 Kyotskoho protokola. [The third, fourth and fifth National Communications of Ukraine on climate change prepared for the implementation of Articles 4 and 12 of the United Nations Framework Convention on Climate Change and Article 7 of the Kyoto Protocol]. *unfccc.int* Retrieved from http://unfccc.int/resource/docs/natc/ukr_nc5rev.pdf [in Russian].
 16. Barabash, M.B., Tatarchuk, O.H., & Hrebenyuk, N.P. (2011). Sovremennoe sostoyanie rezhima osadkov na terrytorii Ukrainy kak sledstvie izmeneniya klimata. [The current state of the precipitation regime in Ukraine as a consequence of climate change]. *Globalnyye i regionalnyye izmeneniya klimata [Global and regional climate change]*. Kyiv: Nyka-Tsentr [in Russian].
 17. Krakovskaya, S., Palamarchuk, L., Shedenenko, Y., Dyukel, H., & Hnatyuk, N. (2011). Regionalnye izmeneniya klimata v Ukraine v XXI veke na osnove proektsii MOTSAO i RKM. [Regional climate changes in Ukraine in the 21st century on the basis of projections of AOGCM and RCM]. *Globalnyye i regionalnyye izmeneniya klimata [Global and regional climate change]*. Kyiv: Nyka-Tsentr [in Russian].
 18. Voloshnyuk, A.V. (2015). Deflyatsiini vtraty hruntu za riznykh tekhnolohiy osnovnoho obrobitku ta tekhnolohiy No-Till pid chas pylovoyi buri [Deflationary soil loss under different cultivation technologies and core technologies No-Till during a dust storm]. *Agricultural chemistry and soil science*, 82, 100–104 [in Ukrainian].
 19. Dehodyuk, E.H. (2015). Baseynovy pidkhid v bioheotsenozakh i ahrosferi v konteksti rozvytku system zemlerobstva u XXI stolitti [Biogeocenoses basin approach in the agricultural domain and in the context of farming systems in the XXI century]. *Zemlerobstvo — Agronomy*, 2, 21–24 [in Ukrainian].
 20. Tarariko, O.H. & Moskalenko, V.M. (2002). *Kataloh zakhodiv z optymizatsiyi struktury ahrolandshaftiv ta zakhystu zemel vid eroziyi [Catalogue of measures to optimize the structure of agricultural landscapes and protect the land from erosion]*. Kyiv: Fitosotsiotsentr. [in Ukrainian].
 21. Furdychko, O.I., & Stadnyk, A.P. (2012). *Osnovy upravlinnya ahrolandshaftamy Ukrainy [Fundamentals of Ukrainian agricultural landscapes management]*. Kyiv: Ahrrana nauka [in Ukrainian].

СУЧАСНІ СИСТЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА І ПРОБЛЕМА ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

В.В. Медведєв¹, С.Ю. Булигін², М.Е. Булигіна²

¹ ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського» НААН

² Національний університет біоресурсів і природокористування України

З'ясовано, що впровадження нових підходів до обробітку ґрунтів зумовлює виникнення труднощів фінансового, організаційного і наукового характеру. Обґрунтовано, що нові технології потребують розроблення і вжиття комплексу відповідних заходів із отримання стабільних економічно рентабельних урожаїв, охорони ґрунтів і відтворення їх родючості. Тобто оцінка землекористування має бути не тільки за рівнем врожайності культур, а й за якістю землі після завершення сільськогосподарського циклу. Наведено приклади застосування в Україні нульових та мінімальних технологій, їх ефективності, що потребує подальших досліджень.

Ключові слова: охорона ґрунтів, мінімізація обробітку, районування.

Як відомо, система обробітку ґрунту — це комплекс заходів з досягнення стабільних економічно рентабельних урожаїв, охорони ґрунтів і відтворення їх родючості. Тобто оцінка ефективності землекористувача має визначатися не тільки за рівнем урожайності культур, а й за якістю землі після завершення сільськогосподарського циклу.

Центральне місце в системі землеробства займає обробіток ґрунту. Цикл наших публікацій [1–16], присвячених системам землеробства, розпочинається саме з проблеми обробітку ґрунту.

Наукою і практикою встановлено позитивні і негативні характеристики комбінованої системи землеробства.

Позитивні:

- забезпечення рослинам оптимального розвитку кореневої системи і використання мінеральних добрив;
- підвищення коефіцієнтів гуміфікації органічних добрив завдяки їх глибокому внесенню у ґрунт;
- можливість очищення поля від бур'янів за умови дотримання рекомендованої технології;
- за умов економічно обґрунтованих цін на паливо комбінована система обробі-

тку гарантує високу рентабельність галузі рослинництва і високі врожаї більшості культур. У сприятливі роки і за умов забезпечення простого відтворення родючості ґрунтів наприкінці 80-х років Україна майже щорічно отримувала близько 1 т зерна на одного жителя, що вважається ознакою високорозвиненого землеробства.

Негативні:

- знеструктурування, ерозія, підвищені втрати органічної речовини внаслідок того, що верхній шар ґрунту занадто часто залишається не захищеним від дії води і вітру і тривалий час перебуває у надмірно аеробному стані;
- переущільнення підорного (восени) і підповерхового (весною) шарів ґрунту внаслідок використання важких енергонасичених і колісних тракторів у період найвищого або близького до оптимального рівня їх вологості;
- перевитрати пального внаслідок значної кількості технологічних операцій;
- в умовах високих цін на паливо комбінована система знижує рентабельність і не сприяє конкурентоздатності виробництва.

Так, наведені недоліки комбінованої системи обробітку ґрунту відомі давно. Їх усунення і опрацювання новітніх підходів успішно здійснюється в науково-дослідних, учбових установах, на дослідних стан-

ціях. Головний напрям удосконалення — мінімізація, тобто зменшення глибини оранки і кількості механічних операцій. Серед вітчизняних інновацій, що сприяють мінімізації, слід згадати такі:

- *оптимальні параметри і моделі ґрунтів*. Якщо оптимальні параметри збігаються або близькі до реальних, це означає, що на таких ґрунтах інтенсивність механічного обробітку слід зменшити або відмовитись від нього взагалі;

- *вертикальна диференціація оброблюваного шару за елементами родючості* (щільність будови, гумусованість, вміст поживних речовин, пористість, коренепроникність, біологічні властивості) залежно від тривалості різних способів обробітку, у т.ч. мінімальних. Якщо у процесі тривалого мінімального обробітку диференціація кореневмісного шару не сприяє обмеженню росту коренів або призводить до погіршення важливих агрономічних властивостей ґрунтів, це також означає потребу мінімізації їх експлуатації, у т.ч. нульових технологій;

- *ґрунтозахисний ефект від мінімізації обробітку*, що полягає у збереженні гумусу, структури, зменшенні загрози ерозії, поверхневого стоку.

Обробіток ґрунту у новій технології розглядається як вимушений захід, і якщо без нього не можна обійтись, то потрібно його проводити з найменшими порушеннями ґрунту. Тобто будь-яку технологію обробітку, що зменшує інтенсивність руйнування ґрунту, можна назвати мінімальною. Якщо основний, передпосівний і міжрядний обробітки усуваються зовсім — нульовою технологією. Найважливішим принципом такого землеробства є зберігання рослинного покриву. Максимальна вимога — його цілорічне підтримання. У такій системі небажаними є не тільки оранка, а й дискування і культивация. Сіяти слід спеціальними знаряддями, що не руйнують мульчувальний покрив. Мінеральні добрива і засоби захисту потрібно вносити одночасно із сівбою в поверхневі шари ґрунту. Органічні добрива майже не вносяться. До того ж вони й не потрібні,

адже за умов, коли всі рослинні рештки основних і поживних культур залишаються на полі, досягається навіть позитивний баланс органічного вуглецю і, що важливо відзначити, таке землеробство є економнішим, ніж коли рештки використовуються для потреб тваринництва і повертаються на поле вже як гній.

Використання спеціальних знарядь передбачено також для підрізання бур'янів за умов зберігання рослинного покриву або навіть товстого шару мульчі. Важливо відзначити, що рослинні рештки або мульча, які постійно залишаються на полях, сприяють поступовому очищенню ґрунту від бур'янів, формують циклічне перетворення поживних елементів подібно лісовій або степовій екосистемам. Значне підсилення біологічних і екологічних чинників сприяє зростанню біорізноманіття та, загалом, сталості агроландшафтів і землеробства, тобто гармонії між продуктивними і екологічними функціями ґрунтів.

Оцінюючи нову технологію можна впевнено стверджувати, що це не стільки інновація, скільки революція, бо вона реально відкидає традиційні, усталені погляди і формує зовсім інші, які в Україні поки що не мають підтримки, значно повільно просуваються або навіть активно заперечуються. Так, потрібен час, наукові експерименти і практика для того, щоб переконатися у перевагах нової технології і віднайти її регіональні особливості.

Найбільша площа, де застосовується нульова технологія обробітку, розміщується у США (табл. 1), до того ж, на відміну від багатьох інших країн, ці дані є доволі точними, адже їх реєстр здійснюється окремою службою за спеціальними формами. Але 22,41 млн га — це тільки 19,7% від загальної оброблюваної площі, тоді як у Бразилії — 45, в Аргентині — 50, Парагваї — 60% (а у східній частині цієї країни, де розташовуються відносно великі ферми з механізованим землеробством — 85%). В Європі відповідна цифра становить 3,3%, в Україні — такий облік не ведеться. Поряд із тим наголосимо, що у 2003 р. темпи зростання таких площ у США порівняно з 1987 р.

Таблиця 1

Площі під нульовим обробітком у різних країнах

Країна	Площі (га), 2001/2002 рр.
США	22 410 000
Бразилія	17 856 000
Аргентина	14 500 000
Австралія	9 000 000
Канада	4 080 000
Парагвай	1 300 000
Болівія	417 000
Північна Індія, Пакистан	561 000
Південна Африка	300 000
Іспанія	300 000
Уругвай	250 000
Венесуела	170 000
Чилі	130 000
Італія	80 000
Колумбія	70 000
Мексика	50 000
Франція	50 000
Гана	45 000
Інші країни	1 000 000
Всього	72 069 000

підвищились у 5,5 раза, у Латинській Америці — майже у 50 разів. Важливо підкреслити, що значних успіхів у Латинській Америці і Азії було досягнуто в умовах майже повної відсутності субсидій з боку держави.

Спробуємо розібратися, що ж саме посприяло такому швидкому і ефективному впровадженню нових технологій (на початок 2011 р. загальна площа становила понад 100 млн га). Їхні переваги можна звести до таких:

- *економічні* — хоча додатковий урожай можна одержувати не за всяких умов (наприклад, за багатьма свідченнями з Великої Британії, Норвегії, Німеччини та інших країн Європи на ґрунтах з явними недоліками — перезволоженими, солонцюватими, кам'янистими, з послабленою структурою — мінімальний і нульовий обробіток не є ефективним), завжди забезпечується економія палива і додаткових витрат;

- *екологічні* — зберігається структура ґрунту, покращується баланс органічної речовини і вологі, збільшується біорізноманіття, зменшується загроза ерозії;

- *соціологічні* — вивільнюється час, створюється можливість для інших занять (додаткового бізнесу або підвищення кваліфікації);

- *організаційні* — зменшується кількість операцій, до певної міри спрощується технологія, хоча її виконання потребує фаховості виконавців.

Розглянемо докладніше особливості нових технологій.

Покривні культури — як комплексний захід проти ерозії, зменшення дефіциту органічної речовини, знеструктурення і переущільнення і, крім того, як депресант для бур'янів, корм для худоби (наприклад, у країнах Північної Африки і Південно-Східної Азії). Використовуються живі рослини і їх рештки. Як покривні висіваються залежно від ґрунтово-кліматичних умов понад 100 культур. Покривні культури

сприяють гармонізації відносин між галузями рослинництва і тваринництва.

Сівозміни. Впровадження мінімальних технологій дало змогу у Латинській Америці урізноманітнити структуру посіву, відійти від вирощування традиційної кави і стати континентом-експортером зерна, сої, бобових, сорго, кукурудзи, продовольства. Таку саму трансформацію здійснили країни Південно-Східної Азії (від рисової монополії до зерно-рисової і тваринництва). Роль сівозмін у нових технологіях значно зростає. Між сівозмінами і нульовим обробітком утворюються своєрідні синергетичні зв'язки, що сприяють поступовому поліпшенню поживного режиму, мікро-

біологічної активності, кількості і якості органічної речовини, структурного стану і, загалом, збалансованості ґрунту і ґрунтових процесів.

Технологічні і технічні аспекти. Крім зменшення площі ущільнення, глибини і кількості операцій, у нових технологіях використовуються інтегровані системи удобрення і внесення хімічних засобів захисту рослин та ґрунтів. Також слід наголосити, що нові технології не передбачають підвищеного внесення гербіцидів і пестицидів. Навпаки, останніми роками науковцями внесено чимало пропозицій зі зменшення потреби у хімічних засобах. У новій технології трансформовано і технічні засоби, їх перелік значно скорочено, а самі ґрунтообробні машини набули інших якостей. Це, як правило, комбіновані машини, що поєднують кілька операцій, серед яких: сілва у необроблений ґрунт, внесення добрив, гербіцидів і пестицидів. До того ж тривалість самих процесів обробітку значно скорочується. Звідси випливає підвищення продуктивності праці і економія палива. Звертає на себе увагу те, що машини однаково ефективно працюють і в посушливих, і в перезволожених умовах. Також у нових технологіях вирішено питання подрібнення і рівномірного розподілу рослинних решток на поверхні поля. Загалом, нова техніка забезпечує економічні, соціальні й екологічні переваги.

Підсумовуючи агрономічні аспекти впливу на ґрунти мінімізації (нульового) обробітку у довготривалих (не менше 10 років) дослідях, слід відзначити:

- позитивні зміни — структурного стану верхнього шару, зменшення глибини підорної підшви, збільшення водоутримної здатності ґрунту, кількості доступної вологи, рухомих форм N, P, K, зростання протизерозійної стійкості, мікробіологічної активності, економія палива, збільшення врожайності культур (у посушливих умовах), істотне покращення економічних і енергетичних показників;

- негативні зміни — проявляються в тенденції до підвищення щільності будови, твердості і деяких інших показників міц-

ності ґрунту, вологостійкості, забур'яненості і захворюваності (особливо у перші 3–4 роки) та значного зростання цін на техніку і хімічні засоби захисту рослин і ґрунтів.

Позитивні зміни стосовно екологічного впливу зазвичай обумовлено акумуляцією рослинних решток на поверхні і у верхніх шарах ґрунту, що сприяє зменшенню поверхневого і внутрішнього ґрунтового стоку, покращенню балансу вуглецю та інших біогенних елементів, гальмуванню процесів дегуміфікації, емісії газів, низхідного перерозподілу речовин.

Площі орних земель, де застосування мінімальних і нульових технологій може виявитись доцільним, наведено у таблиці 2.

Так, в Україні існують усі можливості для широкого впровадження мінімальних технологій обробітку. Найбільше таких земель передбачається у Лісостепі, дещо менше у Степу, і найменші площі — на Поліссі (рис. 1–3).

Загалом, для зернових культур, найменш вимогливих до ґрунтових умов, зокрема до щільності будови, таких територій найбільше. Для просапаних — найменше.

Зауважимо, що на картах і у таблиці 2 показано лише потенційні можливості для впровадження мінімальних технологій обробітку ґрунту. У реальних умовах вони дещо обмежуються забур'яненістю, строкатістю полів і, головне, неспроможністю господарств дотримуватись усіх вимог щодо їхнього технічного і хімічного забезпечення.

Широке впровадження нових підходів до обробітку ґрунтів зумовлює виникнення труднощів фінансового, організаційного й наукового характеру.

Нові технології — це не просто заміна плуга на інше знаряддя і зменшення глибини обробітку ґрунту. Це комплекс заходів з оптимізації сівозмін, використання покривних культур (потрібно підібрати кращі з них), мульчі, рослинних решток, раціональної організації машинно-тракторних операцій з метою мінімізації площі ущільнення поля. Потрібно також вирішити питання ефективного усунення за-

Таблиця 2

**Орієнтовні площі земель в Україні за ґрунтово-кліматичними зонами,
придатні для впровадження мінімальних технологій обробітку**

Типи ґрунтів	Культури	Площа земель, придатних під обробіток, млн га	
		Поверхневий (дискування, плоскорізний, чизелювання)	Нульовий (прямий посів)
Полісся			
дерново-підзолисті	пшениця озима	1,0	—
дернові і лучні	жито озиме	1,0	—
	пересів пшениці озимої	—	—
	ярими культурами (ячмінь, кукурудза)		
Лісостеп			
чорноземи типові та опідзолені	пшениця озима	2,5	1,0
	ячмінь ярий	2,25	0,75
темно-сірі	кукурудза	0,7	1,3
	пересів озимини ярими культурами	—	1,0
сірі та ясно-сірі	жито озиме	0,2	0,2
Степ			
чорноземи звичайні та південні	пшениця озима	1,5	1,0
	ячмінь	2,0	1,0
Всього		11,15	5,65



Рис. 1. Придатність ґрунтів України для мінімізації обробітку під пшеницю озиму і ячмінь

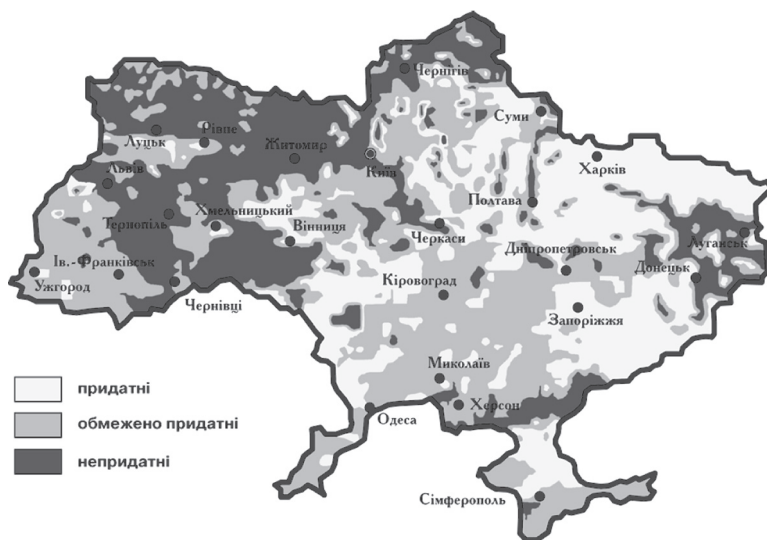


Рис. 2. Придатність ґрунтів України для мінімізації обробітку під кукурудзу та цукровий буряк

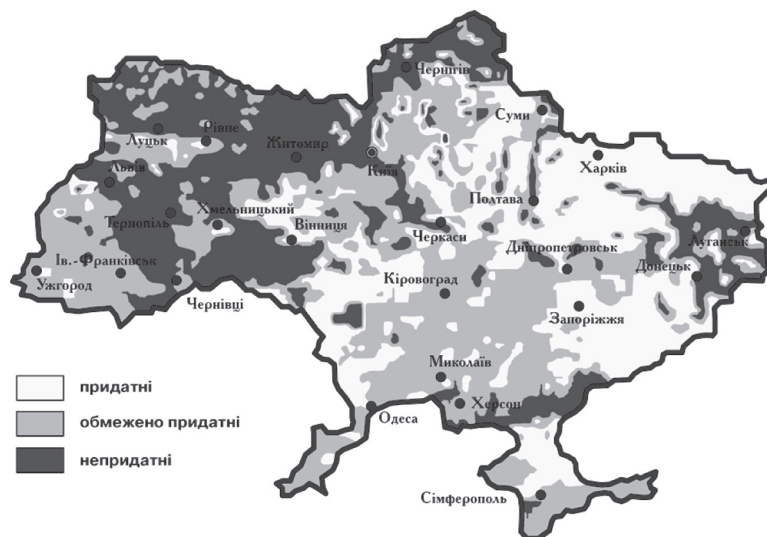


Рис. 3. Придатність ґрунтів України для мінімізації обробітку під жито озиме та овес

бур'яненості і хвороб. І головне, потрібно підготувати організаційно-технічний персонал для роботи за новою технологією і віднайти джерело коштів для придбання техніки і хімічних засобів захисту рослин.

Нині багатий досвід застосування в Україні нульових технологій накопичено в Дніпропетровській («Агро-Союз»),

мінімальних технологій — у Полтавській («Агроекологія») областях, де ці технології впроваджено на значних площах. Окремі елементи мінімальних технологій обробітку широко застосовуються майже у кожному господарстві для вирощування багатьох культур. Результати експериментів свідчать про ефективність їх застосу-

вання і потребують подальшого вивчення та об'єктивної оцінки, що стане одним із головних завдань для науковців Націо-

нальної академії аграрних наук України та її структурних підрозділів на найближчу перспективу.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Медведев В.В.* Оптимизация агрофизических свойств черноземов / В.В. Медведев. — М.: ВО «Агропромиздат», 1988. — 160 с.
2. *Медведев В.В.* Переуплотнение почв: генетико-экологические и агропроизводственные аспекты / В.В. Медведев // *Ґрунтознавство*. — 2002. — Т. 3, № 3–4. — С. 14–20.
3. *Медведев В.В.* К 100-летию книги В.В. Докучаева «Наши степи прежде и теперь» / В.В. Медведев, С.Ю. Булыгин // *Вісник аграрної науки*. — 1992. — № 4. — С. 53–56.
4. *Медведев В.В.* Неоднородность почв и точное земледелие. — Ч. 1: Введение в проблему / В.В. Медведев. — Х.: 13 типография, 2007. — 296 с.
5. *Медведев В.В.* Почвенно-технологическое районирование пахотных земель Украины / В.В. Медведев, Т.Н. Лактионова. — Х.: 13 типография, 2007. — 395 с.
6. *Медведев В.В.* Физические свойства и обработка почв в Украине / В.В. Медведев. — Х.: Городская типография, 2013. — 224 с.
7. *Медведев В.В.* Плотность сложения почв. Генетический, экологический и агрономический аспекты / В.В. Медведев, Т.Н. Лактионова, Т.Е. Лындина. — Х.: Городская типография, 2004. — 244 с.
8. *Земельні ресурси України* / За ред. В.В. Медведєва. — К.: Аграрна наука, 1998. — 148 с.
9. *Медведев В.В.* Нульовий обробіток ґрунту в європейських країнах / В.В. Медведєв. — Х.: ТОВ «ЕДЕНА», 2010. — 202 с.
10. Почвозащитное устройство агроландшафта / С.Ю. Булыгин и др. // *Земледелие*. — 1990. — № 8. — С. 24–27.
11. *Булыгин С.Ю.* Прогноз эрозийной опасности (по материалам исследований Левобережной и Северной Степи УССР) / С.Ю. Булыгин // *Вестник с.-х. науки*. — 1990. — № 9. — С. 70–75.
12. *Булыгин С.Ю.* Агрофизическая характеристика почв и проектирование их противоэрозийной защиты / С.Ю. Булыгин // *Почвоведение*. — 1990. — № 5. — С. 107–117.
13. *Булыгин С.Ю.* К оценке влияния механической обработки на почву / С.Ю. Булыгин, Т.Д. Комарова // *Почвоведение*. — 1990. — № 6. — С. 135–138.
14. *Булыгин С.Ю.* Формирование агрегатного состава почв и оценка его изменения / С.Ю. Булыгин, Ф.Н. Лисецкий // *Почвоведение*. — 1996. — № 6. — С. 783–786.
15. *Булыгин С.Ю.* Почво-водоохранная оптимизация агроландшафтов / С.Ю. Булыгин, В.А. Белолипский. — К.: Аграр. наука, 2012. — 352 с.
16. *Булыгин С.Ю.* Формування екологічно сталих агроландшафтів: підручник / С.Ю. Булігін. — К.: Урожай, 2005. — 300 с.
17. Система оцінки та прогнозу якості земель (стан, концепція та алгоритми) / С.Ю. Булігін, А.Б. Ачасов, А.О. Ачасовата ін. — К.: Аграр. наука, 2014. — 240 с.

REFERENCES

1. Medvedev, V.V. (1988). *Optimizatsiya agrofizicheskikh svoystv chernozemov* [Optimization of agrophysical properties of chernozems]. Moscow: VO «Agropromizdat» [in Russian].
2. Medvedev, V.V. (2002). Pereuplotneniye pochv: genetiko-ekologicheskiye i agroproduktivnyye aspekty [Overcompaction of soils: genetic-ecological and agro-production aspects]. *Ґрунтознавство — Soil Science*, 3, 3–4, 14–20 [in Russian].
3. Medvedev, V.V., Buligin, S.Yu., (1992). K 100-letiyu knigi V.V. Dokuchaeva «Nashi stepi prezhde i teper'» [To the 100th anniversary of V.V. Dokuchaev «Our steppes before and now»]. *Visnyk aghramoji nauky — News of Agrarian Science*, 4, 53–56 [in Russian].
4. Medvedev, V.V. (2007). Neodnorodnost' pochv i tochnoye zemledeliye — CH. 1: Vvedeniye v problemu [Unevenness of soils and accurate farming. — Part 1: Introduction to the problem]. Khar'kov: 13 typografyia [in Russian].
5. Medvedev, V.V., Laktionova, T.N. (2007). Pochvenno-tekhnologicheskoye rayonirovaniye pakhotnykh zemel' Ukrainy [Soil-technological zoning of arable lands of Ukraine]. Khar'kov: 13 typografyia [in Russian].
6. Medvedev, V.V. (2013). *Fizicheskiye svoystva i obrabotka pochv v Ukraine* [Physical properties and soil treatment in Ukraine]. — Khar'kov: Gorodskaya tipografyia [in Russian].
7. Medvedev, V.V., Laktionova, T.N., Lyndina, T.E. (2004). *Plotnost' slozheniya pochv. Geneticheskyy, ekologicheskyy i agronomicheskyy aspekty* [Density of soil composition. Genetic, ecological and agronomic aspects]. Khar'kov: Gorodskaya tipografyia [in Russian].
8. Medvedev, V.V. (Eds.). (1998). *Zemel'ni resursy Ukrainy* [Land Resources of Ukraine]. Kyiv: Aghrarna nauka [in Ukrainian].
9. Medvedev, V.V. (2010). *Nul'ovyy obrobitek gruntu v yevropejskyykh krajynakh* [Null tillage in Europe]. Khar'kov: TOV «EDENA» [in Ukrainian].

10. Bulygin, S.Ju. et.al. (1990). Pochvozashchitnoye ustroystvo agrolandschafta [Soil protection device agrolandscape]. *Zemledeliye — Agriculture*, 8, 24–27 [in Russian].
11. Bulygin, S.Ju. (1990). Prognoz erozionnoy opasnosti (po materialam issledovaniy Levoberezhnoy i Severnoy Stepi USSR) [Forecast of erosion hazard (based on studies of the left-bank and northern steppes of the USSR)]. *Vestnik s.-kh. nauki — Bulletin of Agricultural Sciences. Science*, 9, 70–75 [in Russian].
12. Bulygin, S.Yu. (1990). Agrofizicheskaya kharakteristika pochv i proyektirovaniye ikh protiverozionnoy zashchity [Agrophysical characteristics of soils and design of their anti-erosion protection]. *Pochvovedeniye — Soil Science*, 5, 107–117 [in Russian].
13. Bulygin, S.Yu., Komarova, T.D. (1990). K otsenke vliyaniya mekhanicheskoy obrabotki na pochvu [To assess the effect of mechanical treatment on soil]. *Pochvovedeniye — Soil Science*, 6, 135–138 [in Russian].
14. Bulygin, S.Yu., Lisetski, F.N. (1996). Formirovaniye agregatnogo sostava pochv i otsenka yego izmeneniya [Formation of aggregate composition of soils and assessment of its changes]. *Pochvovedeniye — Soil Science*, 6, 783–786 [in Russian].
15. Bulygin, S.Yu., Belolipsky, V.A. (2012). *Pochvo-vodokhrannaya optimizatsiya agrolandschaftov* [Soil and water conservation optimization of agrolandscapes]. Kyiv: Aghrarna nauka [in Russian].
16. Bulygin, S.Yu. (2005). *Formuvannya yekologichno stalikh agrolandschaftiv: pidruchnik* [Formation of environmentally stable agrolandscapes (textbook)]. — Kyiv: Urozhaj [in Ukrainian].
17. Buligin, S., Achasov, A., Achasova, A, et al. (2014). *Sistema otsinki ta prognozu yakosti zemel' (sostoyaniye, kontseptsiya ta algoritmi)* [The system of assessment and forecasting of the land (state, concept and algorithms)]. Kyiv: Aghrarna nauka [in Ukrainian].

УДК 631.95:631.45:632.95.025:631.461

ПРИРОДООХОРОННІ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕГРАДОВАНИХ ҐРУНТІВ У ОРГАНІЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ

Л.І. Моклячук, І.М. Городиська, А.М. Ліщук

Інститут агроекології і природокористування НААН

Проаналізовано та узагальнено літературні джерела та результати власних досліджень щодо взаємозалежності екологічного стану ґрунтів та систем землеробства. Висвітлено, що для отримання високих урожаїв екологічно безпечної сільськогосподарської продукції та сировини в умовах органічного землеробства насамперед необхідно розробити науково-методичні основи збереження родючості ґрунтів і належного управління їх експлуатацією, акцентуючи увагу на їх відновленні та охороні за допомогою екологічно збалансованих методів. Визначено, що фіторе mediaція та фітомеліорація є екологічними інструментами сталого розвитку агроecosистем.

Ключові слова: агроecosистема, органічне землеробство, фіторе mediaція, фітомеліорація.

Нині світова наукова спільнота та агровиробники зосереджують свою увагу на впровадженні альтернативних систем землеробства. Так, дедалі більшої популярності набуває органічний шлях ведення сільськогосподарської практики, що повністю виключає використання будь-яких синтетичних хімічних речовин. Міжнародна фе-

дерація органічного сільськогосподарського руху (IFOAM) визначає органічне сільське господарство як «виробничу систему, що підтримує якісний стан ґрунтів» [1].

Органічна продукція у світі стає дедалі популярнішою в аспекті філософії споживання. Сучасний органічний ринок України стабільно розвивається, щороку зростає кількість компаній, що обирають для себе органічний напрям розвитку. За даними

Міністерства аграрної політики та продовольства України в нашій державі налічується близько 210 виробників органічної продукції. В основному, це — родинні господарства, що вирощують органічні овочі, ягоди, зелень, плоди, продукцію тваринництва на невеликих площах — 1–2 га. Всього під органічне виробництво відведено лише 400 тис. га, що становить трохи більше 1% від загальної площі орних земель України, проте кожна четверта тонна органічної пшениці в Європі — з України. Значний попит за кордоном спостерігається на продукти тваринництва, заморожені ягоди та плодovu продукцію (яблука, груші) у свіжому вигляді та перероблену. Органічні свіжі овочі, зелень і продукти переробки також орієнтовано на збут на внутрішньому ринку. Ринок органіки в Україні у 2016 р. досяг близько 20 млн євро, що на 17% більше порівняно з 2015 р. Зростання обсягів органічного виробництва — це шлях, що сприяє як зростанню економічного благополуччя України, так і збереженню найбільшого багатства держави — родючих ґрунтів. Обґрунтований і зважений підхід до широкого впровадження органічного виробництва потребує, за визначенням В. Камінського [2], формування на базі господарств з органічним землеробством екологічно збалансованих цілісних наземних екосистем, умови яких забезпечують гармонізацію сільськогосподарських і природних угідь. Отже, наукове забезпечення органічного виробництва в Україні на основі збереження родючості ґрунтів є одним із основних завдань аграрної науки на шляху до збалансованого розвитку агроєкосистем.

Метою роботи було оцінювання природоохоронних технологій відновлення забруднених та деградованих ґрунтів у органічному землеробстві за допомогою екологічно збалансованих методів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Теоретичну і методологічну базу дослідження становлять наукові праці вітчизняних і зарубіжних вчених з екології, ґрунтознавства, теорії та практики органічного

виробництва, сучасні дослідження щодо боротьби з ерозією ґрунтів та методичні рекомендації з розрахунку збитків, що виникають внаслідок ерозії та забруднення земель. У процесі дослідження застосовували методи: абстрактно-логічний, аналітичний, оцінки ризику, математичного моделювання тощо. Інформаційно-емпіричною та нормативною базою дослідження слугували міжнародні угоди, стороною яких є Україна, закони та нормативні документи, що регулюють відновлення порушених та деградованих земель, а також підтримання родючості земель та охорони навколишнього природного середовища.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

У листопаді 2016 р. було зареєстровано проект Закону «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції» [3]. Цей законопроект розроблено відповідно до п. 3 Розпорядження Кабінету Міністрів «Про затвердження плану заходів щодо дерегуляції господарської діяльності», затвердженого Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 23.08.2016 р. № 615 [4]. Станом на сьогодні в Україні діє Закон «Про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини» (2013 р.) зі змінами і доповненнями, внесеними Законом України від 12.02.2015 р. № 191-VIII [5], проте його положення не забезпечують належної діяльності ринку органічної продукції. Це уможливило введення в обіг фальсифікованої «органічної» продукції та дає змогу уникати недобросовісному виробнику відповідальності за порушення законодавства у цій сфері. Іншим істотним недоліком чинного Закону є його невідповідність законодавству Європейського Союзу. Основною метою законопроекту 2016 р. є вдосконалення правового регулювання органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції.

Проте, на відміну від Закону редакції 2013 р., у новому законопроекті зник розділ, який врегульовував питання щодо придатності земель для виробництва органічної продукції та сировини. За таких умов

збільшується ризик отримання сертифікату на ведення органічного виробництва господарствами, ґрунтовий покрив яких не відповідає вимогам отримання безпечної продукції. Адже розвиток сільського господарства на засадах тотальної хімізації, що панував на теренах колишнього Радянського Союзу у минулому столітті та передбачав отримання максимально можливого виходу продукції з одиниці площі, не враховував усіх можливих негативних наслідків такого господарювання. У підсумку маємо глобальне забруднення сільськогосподарських угідь залишками стійких пестицидів, важкими металами, що надійшли з мінеральними добривами, збіднення біологічного різноманіття агроландшафтів тощо. Все це, безперечно, впливає на стійкість агроєкосистеми загалом та на здоров'я людини зокрема внаслідок міграційних процесів ксенобіотиків у просторі і переміщенні їх трофічними ланцюгами.

Вихід продукції українських агровиробників на світовий ринок потребує забезпечення її конкурентоздатності, що залежить від чіткого контролю якості на всіх етапах, починаючи від вирощування і закінчуючи її збутом. За інформацією консультанта з експорту органічної продукції з України М. Махновець, одним з яскравих прикладів втрати репутації української компанії-виробника є виявлення у продукції, що реалізувалася у супермаркетах США, заборонених в органічних продуктах речовин, наразі курячих яйцях. За результатами дослідження етапів виробництва органічної продукції міжнародні експерти ринку дійшли висновків, що саме сировина для корму птахів від українського постачальника не відповідала нормам та правилам органічного законодавства. У підсумку український органічний постачальник втратив довіру, потерпів мільйонні збитки, орган сертифікації, що надав йому відповідний статус, було відсторонено, а Україна, загалом, втратила репутацію надійного постачальника [6].

Тому, безперечно, необхідною умовою успішного ведення органічної сільськогосподарської практики є обов'язкове обсте-

ження ґрунтів стосовно вмісту речовин, що унеможливають отримання екологічно безпечної органічної продукції. До таких небезпечних речовин, насамперед, відносяться радіонукліди, важкі метали, залишки персистентних пестицидів. Виявлення забруднених ділянок потребує застосування природоохоронних технологій для їх очищення. Найперспективнішим методом для очищення забруднень у промислово розвинених країнах на сьогодні вважається фіторе mediaція — очищення ґрунту і води за допомогою рослин. Основною перевагою такого методу очищення є його високі рівні економічної ефективності. Фіторе mediaція об'єднує значну кількість методів, які базуються на таких процесах: 1) *фітостабілізація* — іммобілізація органічних і неорганічних забруднювачів шляхом адсорбції коренями рослин, часточками ґрунту або осадження в прикореневій зоні; передбачає перетворення полютантів у нерозчинні, малорухомі форми і подальше підтримання їх у такому стані завдяки сполукам, що виділяються кореневою системою рослин у ґрунтовий комплекс; запобігає переміщенню полютантів у ґрунт, ґрунтових водах або повітрі, зменшує ерозію, винос і вилуговування, сприяє відновленню екосистем і біорізноманіття; 2) *фітоекстракція* — поглинання полютантів коренями і переміщення у надземну частину, акумуляція у різних органах; супроводжується збиранням врожаю і розкладанням рослин; 3) *фітостимуляція* збільшує мікробний метаболізм у рослинній ризосфері, що важливо для процесу очищення; 4) *фітодеградація* і *фітотрансформація* — розкладання ксенобіотиків до нетоксичних сполук, базується на значному потенціалі метаболізму і біорізноманітті рослин; 5) *фітовипаровування* — вилучення токсикантів з ґрунту рослинами і виділення в атмосферу легких неотруйних сполук; 6) *ризofільтрація* — вилучення рослинами розчинених форм токсикантів з рідкої фази завдяки значній поглинальній здатності кореневої системи рослин; 7) *ризodeградація* — розкладання ксенобіотиків у ризосферній зоні рослин за допомогою мікроорганізмів.

Ці технології є ґрунтоохоронними, тобто після їх застосування ґрунти не втрачають своїх природних властивостей. Розробка фіторе mediaційних технологій складається з двох напрямів досліджень, які проводяться паралельно — це добір рослин, здатних накопичувати з ґрунту, а інколи і сприяти їх розкладанню, органічні ксенобіотики, та різнобічна характеристика ділянок, що потребують ремедіації. Такі технології, як біоре mediaція та фіторе mediaція, дають змогу відновити якість уже забруднених земель, збільшити виробництво продукції рослинництва [7]. Отже, фіторе mediaція — комплекс заходів з відновлення родючості земель, екологічної безпеки за допомогою введення в сівозміну сільськогосподарських культур, що характеризуються високою біопродуктивністю, інтенсивним винесенням біогенних і токсичних речовин з ґрунту. Існує думка, що найбільш рентабельним та безпечним є біологічний спосіб відновлення антропогенно порушених екосистем. Індійський вчений М.Н. Прасад дослідив, що вартість очищення забрудненого ґрунту від важких металів, радіонуклідів, нафти чи пестицидів за допомогою рослин, що використовують тільки енергію сонця, становить лише 5% від затрат на інші способи відновлення [8]. Науковцями Інституту агроєкології і природокористування (ІАП) НААН за допомогою математичних методів багатокритеріальної оптимізації було побудовано скалярну функцію якості ремедіаційного методу, максимізація якої дає змогу встановити найбільш економічно рентабельний та екологічно безпечний його рівень. Визначено, що оптимальним у цьому аспекті методом ремедіації ґрунтів, забруднених залишками пестицидів, є фіторе mediaція [9].

За результатами наукових досліджень відділу екоотоксикології ІАП НААН визначено перелік культурних та дикорослих рослин, придатних до використання у фіторе mediaційних технологіях відновлення забруднених пестицидами ґрунтів. Встановлено, що найбільш придатними для використання у фітотехнологіях відновлення забруднених хлорорганічними пестицида-

ми (ХОП) ґрунтів є рослини родини гарбузових (*Cucurbitaceae*) та бобових (*Fabaceae*). Також виявлено, що злакові рослини найменше накопичують ХОП [10].

Проте використання культурних рослин у технологіях фіторе mediaції в умовах полікомпонентного забруднення обмежується фітотоксичністю ґрунтів, оскільки вони у значних кількостях містять залишки гербіцидів. Тому доволі перспективними на сьогодні є фіторе mediaційні технології відновлення ґрунтів за допомогою дикорослих рослин. Вони прості щодо практичного втілення у життя, можуть застосовуватись у будь-яких екологічно несприятливих зонах, а вирощування таких рослин не створює адаптаційних проблем і не потребує високих економічних витрат на проведення агротехнічних заходів. Пошук видів-гіперакумуляторів полутантів необхідно здійснювати серед домінуючих на забрудненій території рослин із значною вегетативною масою, адаптованих до цього забруднення [11, 12].

Для боротьби з однорічними злаковими та дводольними бур'янами на посівах більш як 45-ти культур широко застосовується у сільському господарстві досходовий гербіцид селективної дії з групи динітроанілінів — Трефлан. Численними дослідженнями виявлено значні залишки трифлураліну в кінцевій продукції, що має істотний токсичний вплив на організм людини. Розроблено наукові фіторе mediaційні підходи до відновлення забруднених трифлураліном ґрунтів культурними видами рослин. Визначено, що найбільш перспективними для фіторе mediaції забрудненого трифлураліном ґрунту є рослини родини бобових (*Fabaceae*). Зокрема, рослини квасолі (*Phaseolus vulgaris* L.) порівняно з іншими видами рослин проявили здатність до найбільш інтенсивного накопичення ксенобіотика у надземній частині [13].

Після аварії на Чорнобильській АЕС, у процесі проведення робіт із агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення у шести областях України, що зазнали найбільш інтенсивного радіоактивного забруднення, виявлено 885 тис. га

земель із щільністю забруднення ^{137}Cs 37–85 кБк/м², 96,9 тис. га — 185–555, 27,1 тис. га — понад 555 кБк/м². Площа земель, забруднених ^{90}Sr , становила 3 млн 59 тис. га із щільністю забруднення 0,75–5,55 кБк/м², 237 тис. га — 5,55–1112, 1398 га — понад 111 кБк/м² [14]. Сільськогосподарське виробництво на цих територіях ускладнилось через підвищені рівні радіоактивності в сільськогосподарській сировині. Це потребує розроблення комплексних і екологічно обґрунтованих підходів до ведення землеробства. Очищення значних площ, забруднених радіонуклідами сільгоспугідь, є складним завданням. Для збереження сільгоспугідь слід застосовувати ресурсозберігаючі технології, які зменшують ризик деградації ґрунтів. Дослідження, проведені в Україні і за кордоном, засвідчили, що для відновлення великих площ радіоактивно забруднених земель найбільш придатними є фітореMediaційні методи, основані на використанні рослин для вилучення полутантів (фітоекстракція) [15]. Одним із важливих фітореMediaційних заходів є заміна продовольчих культур непродовольчими. Серед перспективних, але недостатньо вивчених методів фітореMediaції, є вирощування луб'яних культур — технічних сортів конопель та льону на радіаційно забруднених землях. За літературними даними накопичення ^{137}Cs у луб'яних культурах відбувається у стеблах рослин, тоді як насіння значно менше забруднюється радіонуклідами. До того ж під час виробництва волокна близько 90% радіонуклідів переходить у воду [16]. Вирощування цих культур є економічно рентабельним завдяки можливості отримання текстилю, олій, композитів тощо. Але льон потребує родючих ґрунтів та складної агротехнології вирощування, тоді як рослини конопель є менш вибагливими. Тому вирощування льону можна пропонувати у традиційних районах льоносіяння, а конопель — у більшості природно-кліматичних зон.

Отже, фітореMediaція вважається найбільш перспективною, економічно рентабельною, високопродуктивною, ефек-

тивною, основою на природних закономірностях технологією очищення агроценозів.

Позитивний вплив органічного землеробства на стан ґрунтів неодноразово доведено науковцями та підтверджено практикою [17]. Складним етапом для виробників органічної сільськогосподарської сировини є перехідний період від інтенсивного до органічного землеробства. Оскільки кількість і якість продуктів харчування залежить від стану ґрунтів сільськогосподарського призначення, ерозія та зниження їх родючості є тривожним сигналом для сільського господарства. Від родючості ґрунтів залежить рентабельність органічного землеробства. Перехід до виробництва органічної сільськогосподарської продукції та сировини на незабруднених, але деградованих землях є критичною межею для виробників за співвідношенням втрат та вигоди. Поліпшення родючості земель без застосування заборонених в органічному землеробстві добрив та пестицидів потребує значних капіталовкладень. Ця проблема досі залишається нерозв'язаною у багатьох країнах.

За результатами експериментальних досліджень ученими США зроблено висновки, що за неорганічного землеробства верхній шар ґрунту буде втрачено впродовж 50–100 років, якщо не буде покращено практику землеробства [18]. Упродовж останніх 20–25 років в Україні процеси деґуміфікації ґрунтів також продовжують поглиблюватися з високою інтенсивністю. Цю проблему всебічно висвітлено у низці наукових публікацій. Загалом, процесами деґуміфікації охоплено 39 млн га сільськогосподарських угідь країни. За використанням прогнозованої математичної моделі визначено загальну тенденцію динаміки вмісту гумусу у ґрунтах сільгоспугідь зон Полісся та Лісостепу та проаналізовано результати обрахунків гіпотетичного періоду втрати родючості ґрунтів, що становить від 100 до 400 років [19, 20].

Тому дуже важливим питанням є розроблення теоретичних основ покращення поживного режиму ґрунту без використання синтетичних мінеральних добрив.

Фітомеліорація передбачає заходи з покращення якості ґрунту (вмісту поживних речовин, структури тощо) шляхом вирощування певної рослинності. У цьому аспекті на особливу увагу в органічному землеробстві заслуговує вирощування сидеральних культур для використання як добрив. Сидерати, або зелене добриво, — це рослини, які тимчасово вирощують на відкритих, вільних ділянках ґрунту чи як суміжну культуру. Вони ростуть до, після або в проміжках між основними культурами і створюють щільний листяний покрив. Такі рослини захищають ґрунт від вивітрювання і мінералізації органічної речовини, знижують вимивання поживних речовин у глибокі шари й утримують їх у верхньому родючому шарі. Відомо, що «зелені добрива» застосовувались у землеробстві понад 9000 років поспіль, аж до середини минулого століття. За своєю дією на ґрунт сидерати є рівноцінними середнім дозам внесення гною [21]. На жаль, масове виробництво мінеральних добрив у минулому столітті надовго витіснило сидерацію з практики ведення сільського господарства.

Науковцями підраховано, що потенційні можливості вирощування сидератів (у т.ч. зайняті пари, поукісна, поживна та підсівна сидерація) можуть сягати 3,5 млн га, на відміну від 231 тис. га, що були зайняті під сидеральними культурами станом на 2011 р. Не менш важливим є питання удосконалення агротехніки вирощування сидеральних культур з метою підвищення їх урожайності. Значення рослин-сидератів важко переоцінити, адже вони виконують роль не лише зеленого добрива, але й завдяки розвиненій кореневій системі розпушують ґрунт, поліпшуючи щільність його складення. Ці культури є джерелом живлення для представників ґрунтової фауни та мікроорганізмів, чим сприяють підвищенню біорізноманіття та біологічної активності ґрунту. Скошені сидерати ефективно використовують як мульчу для боротьби з бур'янами, захисту від надмірного перегрівання ґрунту влітку та переохолодження взимку. Рослини-сидерати є

ефективними у процесі відновлення еродованих ґрунтів — виконують фітосанітарну функцію, перешкоджаючи розвитку патогенної мікрофлори. Багато рослин-сидератів є ефективними медоносами, що сприяє одночасному запиленню комахами і овочевих культур. Функції, що виконують сидеральні культури, багато в чому залежать від їх хімічного складу та морфологічних особливостей. Площа поверхні листя, глибина проникнення коренів, тип кореневої системи, швидкість росту, ентомофільні квіти — це основні морфологічні характеристики сидератів, на які звертають увагу під час вибору рослини для висіву. Сидерати можна вирощувати починаючи з ранньої весни і закінчуючи пізньою осінню в періодах між посадками основних сільськогосподарських культур.

Для фітомеліорації можна використовувати будь-які однорічні рослини з потужною і розгалуженою кореневою системою, налічується їх близько чотирьохсот. До переліку їх видів належать: хрестоцвіті (капустяні); бобові, гречані, злакові, амрантові, айстрові [22, 23]. Отже, фіторе mediaція і фітомеліорація є екологічними інструментами управління сталим розвитком ґрунтів в умовах органічного землеробства.

ВИСНОВКИ

Аналіз літературних джерел та результати наших досліджень засвідчили, що для отримання високих урожаїв екологічно безпечної сільськогосподарської продукції та відповідної сировини в умовах органічного землеробства, насамперед, необхідно розробити науково-методичні основи збереження і належного управління ґрунтами в процесі його освоєння, акцентуючи увагу на відновленні та збереженні ґрунтів за допомогою екологічно збалансованих методів. Ці методи передбачають відновлення родючості ґрунтів, їх охорону від ерозії і забруднення та підвищення вмісту органічної речовини, що можливо досягти на основі розуміння біології ґрунтів та використання органічних методів їх удобрення.

ЛІТЕРАТУРА

1. International Federation for Organic Agricultural Movements (IFOAM) [Електронний ресурс] / Definition of Organic Agriculture in IFOAM, 2009. — Режим доступу: http://www.ifoam.org/about_ifoam/principles/index.html
2. Камінський В. Органічне землеробство — шлях до продовольчої безпеки / В. Камінський // Віче. — 2014. — № 9. — С. 58–61.
3. Проект Закону України «Про основні принципи та вимоги до органічного виробництва, обігу та маркування органічної продукції» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://minagro.gov.ua/node/21596>
4. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про затвердження плану заходів щодо дерегуляції господарської діяльності» від 23.08.2016 р. № 615 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/615-2016-%D1%80>
5. Закон України «Про виробництво та обіг органічної сільськогосподарської продукції та сировини» із змінами і доповненнями, внесеними Законом України від 12.02.2015 р. № 191-VIII [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/425-18>
6. Робота над помилками, або репутація українських органічних виробників при виході на міжнародні ринки [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://agravery.com/uk/posts/show/roboata-nad-pomilkami-abo-reputacia-ukrainskih-organichnih-virobnikiv-pri-vihodi-na-miznarodni-rinki>
7. Concurrent plant uptake of heavy metals and persistent organic pollutants from soil / M.J. Mattinaa, W. Lannucci-Bergera, C. Musantea, J.C. White // Environmental Pollution. — 2003. — Vol. 124, No. 3. — P. 375–378.
8. Prasad M.N.V. Phytoremediation of metals in the environment for sustainable development / M.N.V. Prasad // Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section A: Physical Sciences. — 2004. — Vol. 70 (1). — P. 71–98.
9. Моклячук Т.О. Методологія еколого-економічного оцінювання ремедіації забруднених ґрунтів / Т.О. Моклячук // Збалансоване природокористування. — 2014. — № 4. — С. 54–58.
10. Phytoremediation or soil polluted with obsolete pesticides in Ukraine / L. Moklyachuk, I. Gorodiska, O. Slobodenyuk, V. Petryshyna // Application of Phytotechnologies for Cleanup of Industrial, Agricultural, and Wastewater contamination. — Springer, 2009. — P. 112–124. — (NATO Science for Peace and Security Series).
11. Моклячук Л.І. Науково-методичні підходи до фіторемерації забруднених пестицидами ґрунтів / Л.І. Моклячук, О.А. Слободенюк, В.А. Петришина // Агроєкологічний журнал. — 2008. — С. 188–190. — (Спецвипуск).
12. Sustainable Strategies of Phytoremediation of the Sites Polluted with Obsolete Pesticides / L. Moklyachuk, V. Petryshyna, O. Slobodenyuk, Yu. Zatsarinna // Application of phytotechnologies for cleanup of industrial, agricultural, and wastewater contamination. — The Netherlands: Springer, 2012. — P. 81–89. — (NATO Science for Peace and Security. Series: C).
13. Моклячук Л.І. Екологічне обґрунтування фіторемерації забруднених трифлуораліном ґрунтів / Л.І. Моклячук, Ю.О. Зацарінна, М.В. Драга // Вісник Львівського університету. — 2012. — № 58. — С. 131–138. — (Серія: біологічна).
14. Радіологічне забруднення ґрунтів Київської області через 30 років після аварії на ЧАЕС / М.Г. Василенко, В.Д. Зосімов, О.В. Дмитренко та ін. // Агроєкологічний журнал. — 2016. — № 3. — С. 68–73.
15. Dushenkov S. Trends in phytoremediation of radionuclides / S. Dushenkov // Plant and Soil. — 2003. — Vol. 249 (1). — 167–175.
16. Vandenhove H. Fibre crops as alternative land use for radioactively contaminated arable land / H. Vandenhove, M. Van Hees // Journal of Environmental Radioactivity. — 2005. — Vol. 81 (2–3). — P. 131–141.
17. Наукові основи виробництва органічної продукції в Україні: монографія / за ред. акад. НААН Я.М. Гадзала, чл.-кор. НААН В.Ф. Камінського. — К.: Аграрна наука, 2016. — 592 с.
18. Fookes C. Organic food and farming: myth and reality [Електронний ресурс] / C. Fookes, K. Dalmeny // Retrieved January. — 2013. — Vol. 20. — Режим доступу: <http://www.sustainweb.org/pdf/mythreal.pdf>
19. Mathematical modeling as a tool for determination of tendencies in changes of humus concentration in soil of arable lands / L. Moklyachuk, I. Yatsuk, O. Mokliachuk, L. Plaksiuk // Emir. J. Food Agric. — 2016. — Vol. 28 (6). — P. 438–448.
20. Прогнозна математична модель динаміки вмісту гумусу у ґрунтах зон Полісся і Лісостепу України / І.П. Яцук, А.М. Ліщук, О.М. Моклячук, Г.Д. Матусевич // Збалансоване природокористування. — 2015. — № 2. — С. 75–81.
21. Довбан К.І. Органічні добрива в інтенсивному землеробстві / К.І. Довбан. — К.: Колос, 1984. — С. 217–218.
22. Саранин К.И. Понизивные сидераты в Нечерноземье / К.И. Саранин // Земледелие. — 1990. — № 1. — С. 39–44.
23. Дацько Л.В. Підбір сидератів для різних ґрунтово-кліматичних зон / Л.В. Дацько, М.О. Дацько // Зб. наукових праць ННЦ «Інститут землеробства УАН». — К., 2009. — С. 58–66. — (Спецвипуск).

REFERENCES

1. Definition of Organic Agriculture in IFOAM. (2009). International Federation for Organic Agricultural Movements (IFOAM). *ifoam.org*. Retrieved from http://www.ifoam.org/about_ifoam/principles/index.html [in English].
2. Kamins'kyi, V. (2014). Orhanichne zemlerobstvo — shlyakh do prodovol'choyi bezpeky [Organic

- farming — the way to food security]. *Viche — Veche*, 9, 58–61 [in Ukrainian].
3. Proekt Zakonu Ukrainy «Pro osnovni pryntsypy ta vymohy do orhanichnoho vyrobnytstva, obihu ta markuvannya orhanichnoyi produktsiyi» [Draft Law of Ukraine «On basic principles and requirements for organic production, handling and labeling of organic products»]. *minagro.gov.ua*. Retrieved from <http://minagro.gov.ua/node/21596> [in Ukrainian].
4. Rozporyadzhennya Kabinetu Ministriv Ukrainy «Pro zatverdzhennya planu zakhodiv shchodo derehulyatsiyi hospodars'koyi diyal'nosti» vid 23.08.2016 r. № 615 [Cabinet of Ministers of Ukraine «On approval of a plan for deregulation of economic activity» from 23.08.2016. No 615]. (n.d.). *zakon3.rada.gov.ua*. Retrieved from <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/615-2016> [in Ukrainian].
5. Zakon Ukrainy «Pro vyrobnytstvo ta obih orhanichnoyi sil'skohospodars'koyi produktsiyi ta syr-ovyny» iz zminamy i dopovnennamy, vnesenymy Zakonom Ukrainy vid 12.02. 2015. № 191-VIII [The Law of Ukraine «On the production and turnover of organic agricultural products and raw materials» as amended and supplemented by the Law of Ukraine on February 12, 2015 N 191-VIII]. (n.d.). *zakon3.rada.gov.ua*. Retrieved from <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/425-18> [in Ukrainian].
6. Robota nad pomylkamy, abo reputatsiya ukrayins'kykh orhanichnykh vyrobnykiv pry vykhodi na mizhnarodni rynky [Work on the bugs or reputation of the Ukrainian organic producers in entering the international markets]. *agravery.com*. Retrieved from <http://agravery.com/uk/posts/show/robotanad-pomilkami-abo-reputacia-ukrainskih-organic-nih-virobnikiv-pri-vihodi-na-miznarodni-rinky> [in Ukrainian].
7. Mattinaa, M.J., Lannucci-Bergera, W., Musantea C., & White, J. C. (2003). Concurrent plant uptake of heavy metals and persistent organic pollutants from soil [Concurrent plant uptake of heavy metals and persistent organic pollutants from soil]. *Environmental Pollution*, 124, 3, 375–378 [in English].
8. Prasad, M.N.V. Phytoremediation of metals in the environment for sustainable development (2004). *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section A: Physical Sciences*, 70, 1, 71–98 [in English].
9. Moklyachuk, T.O. Metodolohiya ekoloho-ekonomichnoho otsinyuvannya remediatsiyi zabrudnenykh gruntiv. (2014). [Methodology of ecological and economic evaluation of remediation of contaminated soils]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — Balanced Nature Management*, 4, 54–58 [in Ukrainian].
10. Moklyachuk, L., Gorodiska, I., Slobodenyuk, O., & Petryshyna, V. Phytoremediation of soil polluted with obsolete pesticides in Ukraine. (2009). *Application of Phytotechnologies for Cleanup of Industrial, Agricultural, and Wastewater contamination. Springer Netherlands. NATO Science for Peace and Security Series* [in English].
11. Moklyachuk, L. Naukovo-metodychni pidkhody do fitoremediatsiyi zabrudnenykh pestytsydamy gruntiv. (2008). [Scientific and methodical approaches to phytoremediation of soils contaminated with pesticides]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Ahroecological journal, Special Issue*, 188–190 [in Ukrainian].
12. Moklyachuk, L., Petryshyna, V., Slobodenyuk, O., & Zatsarinna, Yu. (2012). Sustainable Strategies of Phytoremediation of the Sites Polluted with Obsolete Pesticides Application of phytotechnologies for cleanup of industrial, agricultural, and wastewater contamination. *Springer Netherlands, NATO Science for Peace and Security. Series C* [in English].
13. Moklyachuk, L., Zatsarinna, Yu., & Draha, M. (2012). Ekolohichne obruntuuvannya fitoremediatsiyi zabrudnenykh tryfluralinom gruntiv. [Environmental study phytoremediation of contaminated soils tryfluralinom]. *Visnyk Lviv's'koho universytetu (Seriya biolohichna) — Visnyk of the Lviv University (Series Biology)*, 58, 131–138 [in Ukrainian].
14. Vasylenko, M.H., Zosimov, V.D., Dmytrenko, O.V., Shylo, L.H., & Kostyuchenko, M.V. (2016). Radiolohichne zabrudnennya gruntiv Kyivs'koyi oblasti cherez 30 rokiv pislya avariya na ChAES. [Radiological contamination of soils of Kiev region 30 years after the Chernobyl accident]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Ahroecological journal*, 3, 68–73 [in Ukrainian].
15. Dushenkov, S. Trends in phytoremediation of radionuclides. (2003). *Plant and Soil*, 249, 1, 167–175 [in English].
16. Vandenhove, H., & Van, M. (2005). Hees Fibre crops as alternative land use for radioactively contaminated arable land. *Journal of Environmental Radioactivity*, 81 (2–3), 131–141 [in English].
17. Hadzalo, Ya.M., Kamins'ky, V.F. (Ed.). (2016). Naukovi osnovy vyrobnytstva orhanichnoyi produktsiyi v Ukrayini: monohrafiya [Scientific bases of organic products in Ukraine: monograph]. Kyiv: *Ahrarna nauka* [in Ukrainian].
18. Fookes, & C. Dalmeny, K. (2013). Organic food and farming: myth and reality. Retrieved January, 20. [sustainweb.org. Retrieved from http://www.sustainweb.org/pdf/myth_real.pdf](http://www.sustainweb.org/pdf/myth_real.pdf) [in English].
19. Moklyachuk, L., Yatsuk, I., Mokliachuk, O., & Plak-siuk, L. (2016). Mathematical modeling as a tool for determination of tendencies in changes of humus concentration in soil of arable lands. *Emir. J. Food Agric.*, 28 (6), 438–448 [in English].
20. Yatsuk, I.P., Lishchuk, A.M., Moklyachuk, O.M., & Matushevych, H.D. (2015). Prohnozna matematychna model' dynamiky vmistu humusu u gruntakh zon Polissya i Lisostepu Ukrainy. [Predictive mathematical model of the dynamics of humus content in the soil zones Polesie and forest-steppe Ukraine]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya — Balanced Nature Management*, 2, 75–81 [in Ukrainian].
21. Dovban, K.I. (1984). Orhanichni dobrovrya v intensyvnomu zemlerobstvi [Organic fertilizers in intensive agriculture]. Kyiv: Kolos [in Ukrainian].
22. Saranin, K.Y. (1990). Pozhnyivnye sideraty v Nechernozeme [Stubble siderates in the Non-Black Earth Region]. *Zemledelie — Agriculture*, 1, 39–44 [in Ukrainian].
23. Dats'ko, L.V., & Dats'ko, M.O. (2009). Pidbir syderativ dlya riznykh gruntovo-klimatichnykh zon. [Selection of green manure for different soil and climatic zones]. *Zbirnyk naukovykh prats' NNT «Instytut zemlerobstva UAAN» — Proceedings of the NSC «Institute of Agriculture UAAS», Special Issue*, 58–66 [in Ukrainian].

БІОРІЗНОМАНІТТЯ ТА БІОБЕЗПЕКА ЕКОСИСТЕМ

УДК 631.95:579.26

БІОДІАГНОСТИКА І БІОБЕЗПЕКА ҐРУНТІВ АГРОЕКОСИСТЕМ

О.В. Шерстобоева, О.С. Дем'янюк, Я.В. Чабанюк

Інститут агроекології і природокористування НААН

Розглянуто науковий досвід із розроблення методів та критеріїв комплексної біодіагностики ґрунтів агроекосистем і створення інформативної, репрезентативної та об'єктивної системи оцінювання їх стану. Розроблені методи та система показників дають змогу проводити екологічну оцінку елементів агротехнологій, здійснювати ранню діагностику і запобігати розвитку в ґрунтах небажаних процесів унаслідок антропогенної дії. Оцінка природного стану і рівня антропогенного пошкодження ґрунтів за низкою біодіагностичних критеріїв може сприяти безпеці аграрного виробництва, а саме — збереженню родючості ґрунтів та отриманню якісної сільськогосподарської продукції.

Ключові слова: агроекосистема, екологічний стан ґрунту, біодіагностика.

Колектив Інституту агроекології і природокористування НААН, який святкує у цьому році своє 45-річчя, починаючи з 2000 р. плідно працює над створенням системи біоіндикаційних показників для ранньої діагностики стану ґрунту агроекосистем, адже їх тривале господарське використання погіршує багатовікову екологічну рівновагу, часто спричиняючи деформацію структури екосистеми та її забруднення. Цей науковий напрям було започатковано в лабораторії екології мікроорганізмів, розвинено та поглиблено у дослідженнях О. Шерстобоевої, О. Дем'янюк, Я. Чабанюка, Т. Шустерук, О. Тертичної, А. Бунас, Л. Ваги та ін. Зважаючи на багаторічні результати досліджень провідних українських і закордонних учених — мікробіологів, ґрунтознавців, екологів та на власні експериментальні дані, була розроблена система показників біологічної активності ґрунту, які рекомендовано визначати і враховувати під час проведення екологічного оцінювання стану ґрунту й агротехнологій. Ці показники охоплюють доклітинний, популяційний, ценотичний рівні організації

біологічної системи, мають тісний кореляційний зв'язок із актуальною і потенційною родючістю ґрунту та найоб'єктивніше характеризують його екологічний стан.

Дедалі більший антропогенний вплив на екосистеми потребує нових ефективних методів моніторингу та діагностики стану об'єктів навколишнього природного середовища. Світова практика свідчить про перспективність використання біологічних об'єктів у виявленні антропогенно зумовленої деградації природних та трансформованих екосистем, встановленні тривалих тенденцій їх змін та буферної здатності біологічних систем щодо чинників різної природи [1].

Найціннішим багатством України є родючі ґрунти, частка яких становить близько 6% від усіх світових площ ґрунтів чорноземного типу, і саме їх залучено в сільськогосподарське виробництво. Особливо негативний вплив антропогенного тиску на ґрунтове середовище проявляється саме в агроекосистемах, де нераціональне, науково необґрунтоване застосування засобів хімізації, технологій механічного обробітку ґрунту, недотримання принципів

сізовміни тощо призводить до розбалансування їх функціональних складових і втрати стійкості екосистеми загалом [2, 3].

Розробленню системи найбільш інформативних і достовірно реєструвальних критеріїв, які зможуть найоб'єктивніше відображати зміни екологічного стану ґрунту, передусє багатий науковий досвід. Так, для оцінювання стану орних земель та їх агроекологічної паспортизації філіями Державного технологічного центру охорони родючості ґрунтів (нині ДУ «Інститут охорони ґрунтів України») було створено систему нормативних агрохімічних показників [3–5], сформовано базу фізико-хімічних, агрофізичних та екотоксикологічних показників.

Проте для показників ранньої діагностики змін ґрунтового середовища, пов'язаних із біологічною компонентою ґрунту, такої інформативної бази досі не створено, і навіть не розроблено систему діагностичних критеріїв. В Україні комплексні дослідження з використанням біоіндикаційних показників, зокрема ґрунту в агроекосистемах, на сьогодні ще не набули системного підходу, а проведені дослідження носять фрагментарний характер.

Мікроорганізми внаслідок значної поверхні контакту із середовищем існування є доволі чутливими до умов довкілля, а висока швидкість їх розмноження дає можливість у короткий термін виявити зміни, що виникають за дії різних екологічних чинників [6].

Саме мікробіота та її поліфункціональна діяльність є основним чинником ґрунтоутворювального процесу, живлення рослин і фітосанітарного стану ґрунту та забезпечує стабілізуючу функцію метаболічної рівноваги у природі [7, 8]. Тому ґрунтово-біологічні дослідження не повинні залишатись поза увагою дослідників під час всебічних обстежень стану ґрунту агроекосистем, а мають стати основою контрольної функції стану ґрунтового середовища, необхідної для розроблення екологічно безпечних агротехнологій та експертної оцінки земель з метою еколого-економічної оптимізації землекористування.

Інформація, одержана шляхом використання системи інформативних біодіагностичних показників, має важливе значення і є підґрунтям для вибору того чи іншого агротехнічного заходу, спрямованого на підвищення ефективності та збереження потенційної родючості ґрунту. Важливою складовою методологічної основи оцінювання екологічного стану ґрунту є система показників контролю, вибір яких обумовлено необхідністю належної характеристики головних функцій ґрунту, ґрунтоутворювальних або ґрунторуйнівних процесів, а також визначальних процесів щодо росту, розвитку та живлення рослин. Крім того, основними вимогами до показників біологічної активності ґрунту, які мають бути залучені для проведення біодіагностичних досліджень, є: інформативність, висока чутливість, репрезентативність, доступність у методичному виконанні, тобто висока точність (допустима лише незначна похибка) та простота визначення [9].

Для моніторингових досліджень стану ґрунту природних екосистем за техногенного на них впливу вітчизняними та зарубіжними авторами вже розроблено і запропоновано низку біоіндикаційних критеріїв [7, 8, 10–15]. Проте в агроекосистемах ґрунт зазнає постійних змін, за яких біологічні та біохімічні процеси виходять за рамки екологічного стандарту. Щоб оцінити рівень порушення екосистеми, спричиненого різними агрозаходами, необхідними для отримання сталих урожаїв, достатньо порівняти його параметри з відповідними параметрами непорушеної екосистеми — еталоном, і тим самим дати оцінку змінам, що відбулися. Ґрунтовий еталон, як вважає В.В. Медведєв [4], — це ґрунт у початковому стані, що є своєрідною точкою відліку для всіх наступних порівнянь у процесі тривалих систематичних спостережень, у т.ч. моніторингу. Оптимальним у цьому аспекті є цілинний, бажано абсолютно заповідний ґрунт, де антропогенний вплив повністю відсутній або мінімізований. Через недостатню кількість цілинних аналогів подібним еталоном може бути і переліг.

Програмою стандартного моніторингу ґрунтів України запропоновано такі біодіагностичні показники: активність азотфіксації; нітрифікаційна, амоніфікаційна, денітрифікаційна здатність, активність ферментів пероксидази, поліфенолоксидази, дегідрогенази, інвертази, а також сумарна біологічна активність — продукування CO_2 [4, 5]. На думку інших авторів, зокрема Є.М. Мішустіна [16], важливими показниками є коефіцієнти оліготрофності, мінералізації, гуміфікації та гумусонагромадження, вміст лабільної частини гумусу, токсичність ґрунту тощо [17, 18].

До інтегрованих показників екологічного стану ґрунту відносять: загальну біогенність, вміст органічного вуглецю у ґрунті, вміст вуглецю та азоту в мікробній біомасі, гідролізований азот, ферментативну активність, частку мікробного від загального органічного вуглецю ґрунту — як чутливий індикатор змін рівноваги між продукційними можливостями мікробіоценозу та запасом енергії, депонованої в органічній речовині ґрунту, тощо [14, 15, 19].

Вміст азоту та вуглецю у мікробній біомасі, як вважає А.С. Яковлев [18], є перспективним критерієм, що відображає інтенсивність трансформації елементів живлення за внесення мінеральних і органічних добрив.

Досліджуючи лісові фітоценози Карпат і Прикарпаття, В.П. Стефурак [11] пропонує для оцінки рівня антропогенного впливу реєструвати відхилення чисельності мікроорганізмів від відповідних меж їх норми, співвідношення кількостей різних груп мікроорганізмів, зміни їх видового різноманіття, а також окремих родів та видів мікроміцетів, інтенсивність виділення ґрунтом діоксиду вуглецю та активність ґрунтових ферментів.

Прикладом вивчення ґрунтових мікроорганізмів як індикаторів впливу еколого-географічного чинника навколишнього природного середовища можна вважати фундаментальні роботи Є.М. Мішустіна, який використовував для біодіагностики ґрунтів характеристики кількісного стану мікробних угруповань, чисельність і спів-

відношення певних груп мікроорганізмів [16]. Для порівняльної оцінки активності біологічних процесів, які протікають у ґрунті, низкою вчених [17] запропоновано коефіцієнти, що відображають функціональну активність мікрофлори. Зокрема, коефіцієнти мінералізації-імобілізації, оліготрофності, педотрофності, які вказують на спрямованість перебігу мікробіологічних процесів у ґрунті — у напрямі деградації або відновлення його родючості. Дослідники проблеми Т. Дьомкіна, Б. Золотарьова [20] пропонують також за мікробіологічними параметрами визначати інтенсивність швидкості мінералізації гумусових речовин ґрунту.

Низка дослідників для кількісного виміру рівня стійкості мікробного угруповання ґрунту за антропогенних навантажень використовують метаболічний коефіцієнт [10, 15]. Для характеристики змін ґрунту агроєкосистем С. Корсун [21] пропонує використовувати показник екологічної стійкості як співвідношення різниці респіраторної активності ґрунту природної екосистеми та дослідження агроландшафтів. Натомість О. Берестецький, Ю. Мочалов, М. Шерстобоев, К. Андріюк та інші науковці рекомендують визначати фітотоксичність ґрунту як інтегральний екоотоксикологічний показник його екологічного стану [17, 22].

В експедиційних виїздах 2000–2016 рр. у 14 областях України були здійснені моніторингові дослідження екологічного стану ґрунтів природних екосистем та різних агроєкосистем у стаціонарних польових дослідках установ мережі НААН з вивчення впливу агротехнологій на продуктивність сільськогосподарських культур та якості продукції. На основі визначення широкого спектра показників біологічної активності за проведення мікробіологічних та біохімічних порівняльних аналізів ґрунту агроєкосистем з ґрунтом перелогів обґрунтовано систему біодіагностичних показників, які відображають екологічний стан антропогенно змінених ґрунтів.

До основних, тобто найчутливіших інформативних показників біологічної ак-

тивності, що найтісніше корелюють із загальним умістом гумусу та врожайністю сільськогосподарських культур, належать: вміст загальної біомаси мікроорганізмів, активність емісії діоксиду вуглецю, коефіцієнт гумусонагромадження. До другорядних біодіагностичних показників віднесено: целюлозоруйнівну активність, нітрифікаційну здатність, коефіцієнти мінералізації, педотрофності та оліготрофності, швидкість мінералізації гумусу, а також інтегральний показник екотоксикологічного стану ґрунту — його фітотоксичність [23]. Розроблено відповідні методичні рекомендації «Оцінка впливу агротехнологій на стан ґрунтів агроєкосистем за біодіагностичними показниками» [9].

Комплексна біодіагностика ґрунтів агроєкосистем та створення інформативної та об'єктивної системи оцінювання їх стану дає змогу проводити екологічне оцінювання застосованих елементів агротехнологій, здійснювати ранню діагностику та запобігати розвитку в ґрунті небажаних процесів унаслідок антропогенної дії, а також дає уявлення про рівень їх антропогенного пошкодження.

Багаторічні результати моніторингу ґрунтів стаціонарних дослідів та їх природних аналогів засвідчили, що у ґрунті під самоврегульованими природними фітоценозами існує оптимальне співвідношення чисельності мікроорганізмів, що виконують протилежні функції у ґрунтовому середовищі, та оптимальне співвідношення активності ферментів, що беруть участь у протилежних біохімічних реакціях. До такого стану мають наближатись показники ґрунту агроєкосистем [24]. Отже, найпоказовішими критеріями є розрахункові коефіцієнти, за якими слід здійснювати експрес-оцінку екологічного стану ґрунту.

Поряд з оцінюванням репрезентативності та об'єктивності методів дослідження екологічного стану ґрунтів розробляли нові або удосконалювали існуючі методи. Так, було розроблено та запатентовано новий спосіб визначення антимікробної активності ґрунту, що характеризує його здатність до саморегуляції, який апробо-

вано та рекомендовано до впровадження для проведення агроєкологічного моніторингу [25]. Для екологічного нормування якості ґрунтів запропоновано шкалу рівня антимікробної активності. Зокрема, використання способу дало змогу виявити лінійну залежність між показниками антимікробної активності ґрунту і коефіцієнтом його мікотрофності та загальним умістом мікробної біомаси.

Однак можливості вивчення й розуміння біорізноманіття ґрунтових мікроорганізмів мають певні таксономічні і методологічні обмеження, наприклад, визначення та ідентифікації ґрунтових мікроорганізмів, дослідження їх функцій. Нині немає більш інформативного способу вивчення різноманіття ґрунтових мікроорганізмів, як використання комплексу молекулярних методів, за допомогою яких можна отримати найповніші знання про біорізноманіття, стан та активність мікробного угруповання. І хоча молекулярні методи мають переваги в отриманні інформації про некультивовані форми мікроорганізмів, їм також характерні певні обмеження, які не можуть бути проігноровані. Тому система біодіагностичних критеріїв має обов'язково передбачати використання молекулярно-генетичних показників. За допомогою сучасних методів досліджень проводиться виділення та аналіз загальної мікробної ДНК ґрунту, зокрема, завдяки методам полімеразної ланцюгової реакції встановлюється видове біорізноманіття мікроорганізмів різних типів ґрунту, у т.ч. за використання тих чи інших агротехнологій [26].

Низкою досліджень продемонстровано, що застосування пестицидів не сприяє чітко вираженому ефекту зниження біологічної активності ґрунту за показниками чисельності мікроорганізмів основних таксономічних та еколого-трофічних груп, інтенсивності емісії оксиду вуглецю та вмісту загальної мікробної біомаси. Тому було розроблено експрес-метод оцінювання токсичності пестицидів щодо ґрунтових мікроорганізмів. Метод базується на використанні спеціальних тест-культур і містить градієнт концентрацій сполуки, що

аналізується. За його допомогою можливо обробляти результати з високою точністю та швидкістю. Зокрема встановлено, що пестицидне навантаження знижує біорізноманіття мікробного угруповання ґрунту та спричиняє зростання в ньому частки токсичних та умовно патогенних мікро-мочетів [27–29].

Використання сучасних молекулярно-генетичних методів COMET та TUNEL для оцінювання генотоксичності пестицидів за впливом на генетичний апарат представників ґрунтової та герпетобіотної безхребетної мезофауни продемонструвало високу чутливість останніх [26]. Усі проаналізовані нами речовини спричиняли пошкодження ДНК клітин. Було встановлено, що гербіциди сприяють утворенню селективних умов для герпетобіотів. Своєю чергою це зумовлює істотне зменшення кількості видів різних таксономічних груп. Зменшується і чисельність дощових черв'яків, у середньому на 80% порівняно з ґрунтом природної екосистеми.

Порівняння кореляційних матриць, отриманих для досліджених ґрунтів природних екосистем, засвідчило, що кожен із них має свої специфічні властивості, сформовані

одночасно біотичною і абіотичною складовими. Узагальнення досліджених екосистем певною мірою зменшує достовірність і рівні кореляційних залежностей між дослідженими показниками, що підтверджує унікальність кожної екосистеми, тому потребує окремого розгляду кожної з екосистем, щоб уникнути узагальнення [30].

Матеріали цих досліджень увійшли у монографію «Екологічна безпека агропромислового виробництва» [31], а також до низки методичних рекомендацій, у т.ч. підготовленої за участю колег із Національного університету біоресурсів і природокористування України «Модель системи екологічного землеробства в Лісостепу України» [32], патентів та дисертаційних робіт співробітників відділу агроєкології та біобезпеки.

Впровадження вищенаведених наукових розробок засвідчило, що дослідження структурно-функціональної організації мікробних угруповань ґрунту агроєкосистем дає можливість вчасно корегувати агротехнологічні схеми та створювати збалансовані високопродуктивні агроєкосистеми і пропонувати основи науково обґрунтованого управління цими процесами.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Дідух Я.П.* Основи біоіндикації / Я.П. Дідух. — К.: Наукова думка, 2012. — 344 с.
2. Bioindication in Soil Ecosystems / Edited by T.J. Heeger, G. Imfeld, E.A.D. Mitchell // *European Journal of Soil Biology*. — 2012. — Vol. 49. — P. 1–118.
3. *Дегодюк Е.Г.* Еколого-техногенна безпека України / Е.Г. Дегодюк, С.Е. Дегодюк. — К.: ЕКМО, 2006. — 306 с.
4. *Медведев В.В.* Мониторинг почв Украины / В.В. Медведев. — Х.: Антыква, 2002. — 428 с.
5. *Патика В.П.* Агроєкологічний моніторинг та паспортизація сільськогосподарських земель / В.П. Патика, О.Г. Тараріко. — К.: Фітоцентр, 2002. — 296 с.
6. The role of microorganisms at different stages of ecosystem development for soil formation / S. Schulz, R. Brankatschk, A. Dumig et al. // *Biogeosciences*. — 2013. — No. 10. — P. 3983–3996.
7. Иерархическая система биоиндикации почв, загрязненных тяжелыми металлами / К.И. Андреев, Г.А. Иутинская, В.Е. Козырицкая и др. // *Почвоведение*. — 1997. — № 12. — С. 1491–1496.
8. *Сорокин Н.Д.* Микробиологический мониторинг лесных экосистем Сибири при различных антропогенных воздействиях / Н.Д. Сорокин // *Успехи современной биологии*. — 1993. — Т. 113, № 2. — С. 131–140.
9. *Шерстобоева О.В.* Оцінка впливу агротехнологій на стан ґрунтів агроєкосистем за біодіагностичними показниками: методичні рекомендації / О.В. Шерстобоева, Я.В. Чабанюк, О.С. Дем'янюк. — К., 2007. — 25 с.
10. *Миненко А.К.* Биохимические критерии мониторинга сельскохозяйственных земель / А.К. Миненко, В.Г. Безуглов // *Агро XXI*. — 2003/2004. — № 7–12. — С. 98–101.
11. *Стефурак В.П.* Использование микробиологических тестов для оценки состояния наземных экосистем в условиях антропогенного загрязнения / В.П. Стефурак // *Труды I Междунар. научн.-практ. конф. «Устойчивое развитие: загрязнение окружающей среды и экологическая безопасность»*. — Днепропетровск, 1995. — Т. 2. — С. 91.
12. *Anderson T.H.* Dynamics of microbial biomass in a rainfed soil under wheat cultivation / T.H. Anderson // *Pedosphere*. — 2004. — Vol. 14, No. 1. — P. 53–62.

13. *Brookes P.C.* The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals / P.C. Brookes // *Biol. Fertil. Soils.* — 1995. — Vol. 19, No. 4. — P. 269–279.
14. *Hofman J.* Novel approach to monitoring of the soil biological quality / J. Hofman, J. Bezchlebova, L. Dusek // *Environ. Int.* — 2003. — Vol. 28, No. 88. — P. 771–778.
15. *Margesin R.* Monitoring of bioremediation by soil biological activities / R. Margesin, A. Zimmerbauer, F. Schinner // *Chemosphere.* — 2000. — Vol. 40, No. 3. — P. 339–340.
16. *Мишустин Е.Н.* Микробиологическая диагностика состояния почвы / Е.Н. Мишустин // *Советская агрономия.* — 1946. — № 10. — С. 61–67.
17. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження / К.І. Андреев, Г.О. Іутинська, А.Ф. Антипчук та ін. — К.: Обереги, 2001. — 240 с.
18. *Яковлев А.С.* Биологическая диагностика и мониторинг состояния почв / А.С. Яковлев // *Почвоведение.* — 2000. — № 1. — С. 70–73.
19. *Степанов А.М.* Биоиндикация на уровне экосистем / А.М. Степанов // Биоиндикация и биомониторинг. — М.: Наука, 1991. — С. 59–64.
20. *Демкина Т.С.* Определение скорости минерализации гумусовых веществ в почве / Т.С. Демкина, Б.Н. Золотарева // *Почвоведение.* — 1997. — № 10. — С. 1217–1221.
21. *Корсун С.Г.* Спосіб визначення екологічної стійкості ґрунтів в агроландшафтах / С.Г. Корсун // *Вісник аграрної науки.* — 2006. — № 6. — С. 61–63.
22. А.с. 900185 СССР, М.Кл.З G01N 33/24. Способ определения фитотоксичности почвы / Ю.М. Мочалов, Н.К. Шерстобоев. — № 2937051/30-15; заявл. 17.03.80; опубл. 23.01.82, Бюл. № 3.
23. Наукові основи сталого розвитку агроєкосистем України: у 2-х т. / За наук. ред. О.І. Фурдичка. — К.: ДІА, 2012. — 700 с.
24. Вплив гідротермічного режиму вегетації на урожайність кукурудзи і екологічний стан ґрунту / О.С. Дем'янюк, О.В. Шерстобоева, А.М. Клименко, Я.В. Чабанюк // *Агроєкологічний журнал.* — 2016. — № 3. — С. 45–50.
25. Пат. 26942 Україна, МПК (2006) G01N 33/24. Спосіб визначення антимікробної активності ґрунту / О.В. Шерстобоева, Г.О. Іутинська, А.Ф. Антипчук та ін.; заявник та патентовласник Інститут агроєкології УААН. — № 200706367; заявл. 07.06.2007; опубл. 10.10.2007.
26. Молекулярно-генетичні методи для визначення різноманіття ґрунтових мікроорганізмів: Методичні рекомендації / О.В. Шерстобоева, Я.В. Чабанюк, А.А. Бунас та ін. — К., 2014. — 39 с.
27. Визначення біологічної ефективності пестицидів і агрохімікатів: Методичні рекомендації / Я.В. Чабанюк, О.В. Шерстобоева, Є.Д. Ткач та ін. — К., 2013. — 36 с.
28. Екологічна оцінка впливу пестицидів і агрохімікатів на цільові об'єкти навколишнього природного середовища: Методичні рекомендації / Я.В. Чабанюк, О.В. Шерстобоева, Є.Д. Ткач та ін. — К., 2013. — 62 с.
29. Екологічна оцінка впливу пестицидів та агрохімікатів на ґрунтові мікроорганізми: Методичні рекомендації / Я.В. Чабанюк, О.В. Шерстобоева, В.В. Чайковська та ін. — К., 2015. — 63 с.
30. *Чабанюк Я.В.* Науково-методичне обґрунтування біодіагностики ґрунтів агроєкосистем Лісостепу України: Автореф. ... д-ра с.-г. наук / Я.В. Чабанюк. — К., 2015. — 40 с.
31. Екологічна безпека агропромислового виробництва: Монографія / За наук. ред. О.І. Фурдичка. — К.: ДІА, 2013. — 416 с.
32. Модель системи екологічного землеробства в Лісостепу України: Методичні рекомендації / Ю.П. Манько, О.А. Цюк, О.П. Кротинов та ін. — К.: Аграрна освіта, 2008. — 36 с.

REFERENCES

1. Didukh, Ya.P. (2012). *Osnovy bioindykatsii [Foundations of bioindication]*. K.: Naukova dumka [in Ukrainian].
2. Heger, T.J., Imfeld, G., Mitchell, E.A.D. (Ed.). (2012). Bioindication in Soil Ecosystems. *European Journal of Soil Biology*, 49, 1-118 [in English].
3. Dehodiuk, E.H. (2006). *Ekologo-tekhnohenna bezpeka Ukrainy [Environmental and Technological safety of Ukraine]*. Kyiv: EKMO [in Ukrainian].
4. Medvedev, V.V. (2002). *Monitoryng pochv Ukrainy [Soil monitoring of Ukraine]*. Kharkiv: Antykva [in Russian].
5. Patyka, V.P., & Tarariko, O.H. (2002). *Ahroekologichnyi monitoryng ta pasportyzatsiia silskohospodarskykh zemel [Agroecological monitoring and certification of agricultural land]*. Kyiv: Fitotsentr [in Ukrainian].
6. Schulz, S., Brankatschk, R., Dumig, A. et al. (2013). The role of microorganisms at different stages of ecosystem development for soil formation. *Biogeosciences*, 10, 3983–3996 [in English].
7. Andreiuk, K.Y., Iutynskaia, H.A., Kozyrtskaia, V.E., et al. (1997). Hierarkhicheskaia sistema bioindykatsii pochvy, zahriaznennykh tiazhelymy metalamy [Hierarchical system of bioindication of soils contaminated with heavy metals]. *Pochvovedenye — Pedology*, 12, 1491–1496 [in Russian].
8. Sorokin, N.D. (1993). Mykrobiolohycheskyi monitoryng lesnykh ekosystem Sybiru pry razlichnykh antropohennykh vozdeistviakh [Microbiological monitoring of forest ecosystems in Siberia under various anthropogenic influences]. *Uspekhi sovremennoi biologii — Successes of modern biology*, 113 (2), 131–140 [in Russian].
9. Sherstoboieva, O.V., Chabaniuk, Ya.V., & Demianiuk, O.S. (2007). *Otsinka vplyvu ahrotekhnolohii na stan gruntiv ahroekosystem za biodiagnostychnymy pokaznykamy [Assessing the impact of agricultural*

- technologies on the state of soil agroecosystems by bio-diahmnostychnymy indicators*]. Kyiv [in Ukrainian].
10. Mynenko, A.K. & Bezuhlov, V.H. (2003–2004). Bio-khimicheskiie kryterii monitorynha selskokhoziaistvennykh zemel [Biochemical criteria for monitoring agricultural land]. *Ahro XXI – Agro XXI*, 7, 98–101 [in Russian].
 11. Stefurak, V.P. (1995). Ispolzovaniie mikrobiolohicheskyykh testov dlia otsenky sostoianii nazemnykh ekosystem v usloviakh antropogennogo zahriazneniia [Use of microbiological tests to assess the state of terrestrial ecosystems in anthropogenic pollution]. Proceeding from The sustainable development: environmental pollution and environmental safety: *I Mezhdunar. nauchn.-prakt. Konf – 1st International Scientific and Practical Conference*, 2, (p. 91). Dnepropetrovsk [in Russian].
 12. Anderson, T.H. (2004). Dynamics of microbial biomass in a rainfed soil under wheat cultivation. *Pedosphere*, 14 (1), 53–62 [in English].
 13. Brookes P.C. (1995). The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals. *Biol. Fert. Soils*, 19 (4), 269–279 [in English].
 14. Hofman, J., Bezchlebova, J., Dusek L. (2003). Novel approach to monitoring of the soil biological quality. *Environ. Int.*, 28 (88), 771–778 [in English].
 15. Margesin, R., Zimmerbauer, A., Schinner, F. (2000). Monitoring of bioremediation by soil biological activities. *Chemosphere*, 40 (3), 339–340 [in English].
 16. Myshustin, E.N. (1946). Mykrobiolohicheskaia diagnostika sostoianiiia pochvy [Microbiological diagnostics of soil]. *Sovetskaia ahronomiia – Soviet agronomy*, 10, 61–67 [in Russian].
 17. Andreiuk, K.I., Iutynska, H.O., Antypchuk A.F. et al. (2001). *Funktsionuvannia mikrobynykh tseoziv gruntu v umovakh antropogennoho navantazhennia [The functioning of soil microbial communities under conditions of anthropogenic load]*. Kyiv: Oberehy [in Ukrainian].
 18. Yakovlev, A.S. (2000). Byolohicheskaia diagnostika i monitorynh sostoianiiia pochv [Biological diagnosis and monitoring of soil]. *Pochvovedenie – Pedology*, 1, 70–73 [in Russian].
 19. Stepanov, A.M. (1991). Bioindykatsiia na urovne ekosystem [Bioindication at ecosystems level]. *Bioindykatsiia i biomonitoring*. Moscow: Nauka [in Russian].
 20. Demkina, T.S., & Zolotareva, B.N. (1997). Opredeleniye skorosti myneralizatsii humusovykh veshchestv v pochve [Determination of the rate of mineralization of humic substances in soil]. *Pochvovedenie – Pedology*, 10, 1217–1221 [in Russian].
 21. Korsun, S.H. (2006). Sposib vyznachenniiia ekolohichnoi stiikosti gruntiv v ahrolandshaftakh [Method for determining soil environmental sustainability in agricultural landscapes]. *Visnyk aharnoi nauky – Journal of Agricultural Science*, 6, 61–63 [in Ukrainian].
 22. Mochalov, Yu.V., & Sherstoboev, N.K. Sposob opredeleniia fitotoksichnosti pochvy – Avtorskoe svi-detelstvo SSSR № 90085 [in Russian].
 23. Furdychko, O.I. (Eds.). (2012). *Naukovi osnovy staloho rozvytku ahroekosystem Ukrainy [Scientific basis for sustainable development of agro-ecosystems of Ukraine]*. (Vols. 1-2). Kyiv: DIA [in Ukrainian].
 24. Demianiuk, O.S., Sherstoboieva, O.V., Klymenko, A.M. & Chabaniuk, Ya.V. (2016). Vplyv hidrotermichnoho rezhymu vebetatsii na urozhainist kukurudz i ekolohichniy stan gruntu [Effect of hydrothermal treatment on vegetation productivity of maize and soil environmental condition]. *Ahroekolohichniy zhurnal – Agroecological journal*, 3, 45–50 [in Ukrainian].
 25. Sherstoboieva, O.V., Iutynska, H.O., Antypchuk, A.F., et al. (2006). Sposib vyznachennia antymikrobnoi aktyvnosti gruntu [Method of determining the antimicrobial activity of the soil]. *Pat. 26942* [in Ukrainian].
 26. Sherstoboieva, O.V., Chabaniuk, Ya.V., Bunas, A.A. et al. (2014). *Molekuliarno-henetychni metody dlia vyznachennia riznomanittia gruntovykh mikroorhanizmiv [Molecular genetic techniques to determine the diversity of soil microorganisms]*. Kyiv [in Ukrainian].
 27. Chabaniuk, Ya.V., Sherstoboieva, O.V., Tkach, Ye.D., et al. (2013). *Vyznachennia biolohichnoi efektyvnosti pestytsydiv i ahrokhimikativ [Determining the biological effectiveness of pesticides and agrochemicals]*. Kyiv [in Ukrainian].
 28. Chabaniuk, Ya.V., Sherstoboieva, O.V., Tkach, Ye.D., et al. (2013). *Ekolohichna otsinka vplyvu pestytsydiv i ahrokhimikativ na tsilovi obiekty navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha [Environmental impact assessment of pesticides and agrochemicals on target objects Environment]*. Kyiv [in Ukrainian].
 29. Chabaniuk, Ya.V., Sherstoboieva, O.V., Chaikovsky, V.V., et al. (2015). *Ekolohichna otsinka vplyvu pestytsydiv ta ahrokhimikativ na gruntovi mikroorhanizmy [Environmental impact assessment of pesticides and agrochemicals on soil microorganisms]*. Kyiv [in Ukrainian].
 30. Chabaniuk, Ya.V. (2015). Naukovo-metodychne obgruntuвання biodiagnostyky gruntiv ahroekosystem Lisostepu Ukrainy [Scientific and methodical study of soil agroecosystems biodiagnostic steppes of Ukraine]. *Extended abstract of Doctor's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
 31. Furdychko, O.I. (Eds.). (2013). *Ekolohichna bezpeka ahropromysloвого виробництва [Environmental safety of agroindustrial production]*. Kyiv: DIA [in Ukrainian].
 32. Manko, Yu.P., Tsiuk, O.A., Krotynov, O.P., et al. (2008). *Model systemy ekolohichnoho zemlerobstva v Lisostepu Ukrainy [Model of Ecological Agriculture in the steppes of Ukraine]*. Kyiv [in Ukrainian].

МІКРОБНІ БІОТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ РЕАЛІЗАЦІЇ НОВОЇ ГЛОБАЛЬНОЇ ПРОГРАМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ АГРОСФЕРИ УКРАЇНИ

Г.О. Іутинська

Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України

Розглянуто цілі, необхідні для реалізації нової глобальної програми забезпечення сталого майбутнього. Систематизовано біотехнологічні розробки у світлі вирішення нових питань сталого розвитку. Обґрунтовано, що сучасні біотехнології повинні зайняти важливе місце у природоохоронній, сільськогосподарській, харчовій галузях і у відновлюваній енергетиці. Впровадження біотехнологічних розробок має інвестиційну привабливість, екологічну і економічну ефективність і відповідає векторним завданням «Стратегії сталого розвитку «Україна-2020».

Ключові слова: сталий розвиток, біотехнологія, біорізноманіття, біопрепарати комплексної дії, переробка відходів.

Сучасний стан екосистем на Землі дедалі більше непокоїть людство і ставить перед ним питання щодо загрози не тільки комфортному функціонуванню, але й виживанню біосфери загалом та її сталого розвитку. Вперше термін «сталий розвиток» було вжито в доповіді «Наше спільне майбутнє» (Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future), виголошеній у 1987 р. Всесвітньою комісією ООН з навколишнього середовища і розвитку під керівництвом Гру Харлем Брунтланд [1]. Цим терміном позначалася така модель розвитку суспільства, за умов якої задоволення життєвих потреб нинішнього покоління людей досягається не внаслідок позбавлення цієї можливості майбутніх поколінь.

Нинішнє розуміння «сталого розвитку» передбачає процес економічних і соціальних змін, спрямованих на те, щоб експлуатація природних ресурсів, напрями інвестицій, орієнтація науково-технічного розвитку та інституційні зміни були узгоджені між собою і зміцнювали нинішній і майбутній світ. За такого розвитку суспільства покращуються умови життя людини, а її вплив на навколишнє природне середовище залишається в межах господарської

ємності біосфери, що не спричиняє руйнації природної основи функціонування людства.

Концепція сталого еколого-соціально-економічного розвитку поєднала три головні компоненти: економічну, природоохоронну і соціальну. У природоохоронному аспекті сталий розвиток має забезпечити цілісність природних екосистем, їх життєздатність, від чого залежить глобальна стабільність усієї біосфери. Особливого значення набуває здатність таких систем самооновлюватися й адаптуватися до різноманітних змін, замість деградації та втрати біологічного різноманіття.

Узагальнення цієї концепції було здійснено на всесвітніх самітах ООН за участю понад 180 країн світу, багатьох міжнародних організацій та провідних учених у 1992 р. (Ріо-де-Жанейро) та у 2002 р. (Йоганнесбург). Поглиблення ідеї сталого розвитку відбулося у рамках 70-ї Генеральної Асамблеї ООН у 2015 р. (Нью-Йорк), коли була прийнята нова глобальна програма з ліквідації бідності та забезпечення сталого майбутнього, а саме сформульовано 17 нових цілей (Goals to Transform Our World) і 169 завдань, які необхідно виконати до 2030 р. [2].

Україна взяла на себе зобов'язання щодо виконання завдань, прийнятих у

Ріо-де-Жанейро (1992 р.). Було окреслено напрями діяльності, зокрема у сільсько-господарській політиці України, спрямовані на запобігання опустелюванню земель, зменшенню ландшафтного і біологічного різноманіття; розроблено рекомендації з удосконалення механізмів впровадження положень сталого розвитку в аграрну галузь [3]. На жаль, ці завдання були виконані не повною мірою. Наразі в Україні проводиться робота в напрямі досягнення цілей сталого розвитку у світлі нової глобальної програми на 2016–2030 рр. Так, на національному рівні Україна здійснюватиме нові програми і проекти, які забезпечать макроекономічну стабільність, екологічний баланс та соціальну згуртованість. Було прийнято «Стратегію сталого розвитку «Україна-2020», що передбачає її реалізацію за векторами розвитку — безпеки, відповідальності і гордості [4]. Відповідно до цього, Дорожня карта та першочергові пріоритети реалізації Стратегії передбачають: програму збереження навколишнього природного середовища; реформу сільсько-го господарства та рибальства; реформу системи охорони здоров'я; реформу у сфері безпеки та якості харчових продуктів. Вирішальну роль у досягненні вказаних пріоритетів відіграють сучасні наукоємні підходи, у т.ч. біотехнології.

Світовий досвід свідчить, що біотехнології для забезпечення сталого розвитку та збереження довкілля стосуються багатьох напрямів діяльності людства. Зокрема, активно розвиваються екологічні технології (Enviro Tech), зелені технології (Green Tech), технології очищення середовища (Clean Tech), морські і водні технології (Blue biotechnology), сільськогосподарські технології (Agri Tech, Green biotechnology), медичні біотехнології (Red biotechnology), промислові біотехнології (White biotechnology) [5]. Важливі сучасні екологічні спрямовані біотехнології керуються такими напрямками: розробка і використання біопестицидів; розробка і використання біодобрив; утилізація відходів; біологічна трансформація і біоремедіація; розробка і використання біосубстратів у промисло-

вості; використання біосенсорів; біомаса, біоенергетика, біоочищення; біовилуговання і біовидобуток корисних копалин, біотехнології для вивчення генетичного різноманіття [5].

Зауважимо, що наразі відомості про вітчизняні біотехнологічні розробки є розрізненими і неупорядкованими у світлі виконання нових завдань сталого розвитку. Тому метою нашої роботи було на прикладі розробок Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України (ІМВ НАН України) систематизувати біотехнології в галузях харчування, охорони навколишнього природного середовища, сільського господарства, що відповідають цілям нової глобальної програми сталого майбутнього.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Робота базується на багаторівневій концепції методології наукового пізнання з використанням дисциплінарного і міждисциплінарного системних підходів.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз наукоємних праць свідчить, що в Україні існують біотехнологічні розробки, які відповідають прийнятим світовою спільнотою цілям сталого розвитку. Так, важливою є ціль № 2 глобальної програми, що передбачає розв'язання проблеми голоду, досягнення продовольчої безпеки, поліпшення харчування і сприяння сталому розвитку сільського господарства. Поліпшення харчування є одним з найважливіших чинників, від якого залежить здоров'я населення. Останніми роками в нашій країні і за кордоном значного поширення набувають продукти функціонального призначення, отримані з природних інгредієнтів, які містять біологічно активні речовини, сприяють профілактиці захворювань, продовженню життя, підвищенню працездатності. Використання молока як основи продуктів функціонального призначення обумовлено багатокомпонентністю його складу, можливістю модифікації молочнокислими мікроорганізмами з пробіотичними властивостями. Завдяки спіль-

ній роботі науковців ІМВ НАН України, Інституту продовольчих ресурсів НААН, Інституту геронтології НАМН України у 1984 р. було розроблено технологію виробництва кисломолочного продукту Геролакт із застосуванням спеціального бактеріального концентрату на основі традиційних молочнокислих бактерій, характерних для харчових продуктів довгожителів Абхазії. Тривалі клінічні випробування Геролакту у вітчизняних та закордонних лабораторіях довели, що систематичне вживання продукту позитивно впливає на кишкову мікрофлору, має виражену дію щодо зменшення рівня загального холестерину та ліпідів у крові. Наразі Геролакт випускається підприємством ПАТ Яготинський маслозавод, що входить до групи компаній «Молочний Альянс».

Нині значна увага приділяється біотехнологічним розробкам, які сприяють сталому розвитку сільського господарства, зокрема галузям рослинництва та тваринництва. Для тваринництва в ІМВ НАН України розроблено біопрепарати на основі спороутворювальних бактерій (Ендоспорин, Субалін) і молочнокислих бактерій (Лактин, Бовілакт, Лактосан), які пригнічують патогенні та умовно патогенні мікроорганізми, натомість стимулюють розвиток представників нормальної мікрофлори, покращують засвоюваність кормів, виявляють імуномодулюючу дію, сприяють нарощуванню маси тварин та збереженню їх поголів'я.

Базуючись на глибоких фундаментальних дослідженнях молекулярно-генетичних і біохімічних механізмів мікробно-рослинних взаємодій, розроблено наукові засади використання біосинтетичного потенціалу ґрунтових мікроорганізмів та створення на їх основі препаратів фітостимулюючої, антипаразитарної та адаптогенної дії [6]. Біотехнологічними продуктами для рослинництва є екологічно безпечні препарати на основі живих культур мікроорганізмів та їх метаболітів, які стимулюють ріст і розвиток рослин, покращують азотне і фосфорне живлення, пригнічують фітопатогенні організми, підвищують резистентність рос-

лин до біотичних та абіотичних стресів. Вказані властивості є характерними для препаратів Азогран, Азотобактерин, Екориз, Екофосфорин; інокулянтів комбінованої дії для бобових культур — Ековітал, Ризобін; препаратів біологічного захисту рослин від фітопатогенів — Гаупсин, Фітодоктор, Фітосубтил, а також для препаратів від шкідливих комах і нематод — Аверком, Фітовіт, Віолар. Розроблені мікробні препарати мають багатовекторну дію і є ефективними під час вирощування зернових, технічних, овочевих, садово-паркових культур.

Унаслідок застосування біопрепаратів стимулюється ріст рослин, виділення корневих ексудатів, що позитивно впливає на агрономічно корисні ґрунтові мікроорганізми, сприяє збереженню і підвищенню родючості ґрунту, активізує його супресію стосовно фітопагенів. Важливим аспектом застосування біопрепаратів є зменшення або повна відмова від пестицидів, які забруднюють довкілля і продукти харчування [7].

Іншим стратегічним напрямом біотехнології для землеробства є створення стійких сортів сільськогосподарських рослин шляхом селекційного добору в умовах *in vitro* найбільш резистентних до патогенних та паразитичних організмів ліній клітин рослин. Останніми роками у світовій біотехнологічній практиці широко застосовується сучасна технологія РНК-інтерференції, яка базується або на використанні методів генетичної інженерії (конструювання антисенсових до генів патогенів та шкідників dsРНК векторів), або на застосуванні фітогормонів та інших біологічно активних речовин для індукції процесу РНК-інтерференції у клітинах рослин. Завдяки цим технологіям розроблено стратегії контролю розповсюдження фітопатогенних організмів (нематод) шляхом посттрансляційного сайленсингу генів (PTGS) з використанням природних регуляторів росту, що містяться у метаболітичних препаратах Аверком, Фітовіт і Віолар, створених на основі продуктів життєдіяльності ґрунтових стрептоміцетів [8].

В Україні біопрепарати для рослинництва користуються дедалі більшим попитом серед виробників, оскільки є набагато дешевшими за агрохімікати, не забруднюють довкілля і мають багатовекторний позитивний вплив на рослини. Застосування екологічно безпечних біопрепаратів комплексної дії дає можливість покращити якість продукції рослинництва, що не містить нітратів і залишків пестицидів, зменшити пестицидне навантаження на агроєкосистеми, стабілізувати їх функціонування.

Для захисту і відновлення екосистем суші і сприяння їх раціональному використанню важливим є призупинення процесу втрати біорізноманіття. Ціль сталого розвитку № 15 декларує, що мікроорганізми і безхребетні відіграють ключову роль у діяльності екосистем. Таке твердження є цілком обґрунтованим, оскільки мікроорганізми є основними біоагентами кругообігу елементів у біосфері, беруть участь у таких життєво важливих процесах, як фіксація молекулярного азоту, трансформація основних біогенних елементів, формування і підтримання родючості ґрунтів, утворення мікробно-рослинних систем, біодеградація токсичних сполук. Значне різноманіття мікроорганізмів забезпечує стабільність функціонування екосистем. Слід також зауважити, що мікроорганізми ґрунту і водойм є невичерпним джерелом для пошуку продуцентів промислово важливих метаболітів. Використання сучасних молекулярно-біологічних методів є найбільш інформативним і перспективним для дослідження і моніторингу біорізноманіття мікробних угруповань і визначення відповідних заходів для його збереження [9].

Згідно з новими глобальними цілями у реалізації забезпечення переходу до раціональних моделей споживання і виробництва (ціль № 12), важливого значення набуває екологічно раціональне використання хімічних речовин, мінімізація їх негативного впливу на здоров'я людини та навколишнє природне середовище. Істотним джерелом забруднення ґрунтів і во-

дойм є засоби хімічного захисту рослин від збудників захворювань, шкідників та бур'янів. Пестициди є токсичними речовинами, які, окрім своєї прямої дії на шкідливі організми, негативно впливають на нецільові об'єкти, виявляють мутагенну, канцерогенну, тератогенну і алергенну активність, тому питання їх трансформації і біодеградації в агроєкосистемах на сьогодні є доволі актуальним [10]. Особливу загрозу становлять пестициди, що належать до стійких органічних забруднювачів, заборонених до використання Стокгольмською конвенцією. У природних умовах вони мало піддаються розпаду, тому перспективним напрямом екобіологічних технологій є розробка основ ремедіації забруднених ґрунтів з використанням потенціалу мікроорганізмів, здатних здійснювати деструкцію цих небезпечних токсичних сполук. У ІМВ НАН України розроблено препарат Біорем на основі асоціації мікроорганізмів-деструкторів хлорвмісних субстратів ароматичної природи [11]. Препарат призначено для ремедіації ґрунтів, забруднених хлорорганічними пестицидами, і може бути ефективним у використанні для біологічної деградації забруднень на територіях, прилеглих до підприємств хімічної промисловості, і біля складів некондиційних хімікатів.

Значні економічні збитки і порушення екологічної рівноваги спричиняють аварійні розливи нафти і нафтопродуктів. Самоочищення екосистем від таких забруднень відбувається дуже повільно, тому перспективними для їх ліквідації вважають біологічні методи. Препарат Еколан-М призначено для очищення забруднених вуглеводнями нафти ґрунтів і води та ліквідації наслідків розливів сирої нафти і нафтопродуктів на твердих поверхнях (асфальт, бетон тощо). Препарат включає безпечні, іммобілізовані на нафтопоглинальному сорбенті природні активні штами вуглеводнеокиснювальних актинобактерій та мінеральні компоненти. Мікроорганізми препарату діють в широкому діапазоні рН, температур і мінералізації середовища, розкладають нафту та нафтопродукти до

екологічно нейтральних сполук. Використання Еколану-М сприяє відновленню біологічних властивостей ґрунтових і водних екосистем.

У забезпеченні переходу до раціональних моделей споживання і виробництва важливим є завдання утилізації відходів — оптимізації їх переробки та повторного використання. Ці проблеми є надзвичайно гострими для країн Європи, і особливо для України. Нераціональне використання ресурсів, застарілі технології й відсутність сфери вторинної переробки спричиняють утворення значних обсягів відходів, зберігання яких є джерелом тривалого негативного впливу на здоров'я людини і якість навколишнього природного середовища. Згідно з даними Національного форуму «Поводження з відходами в Україні: законодавство, економіка, технології», всього в країні накопичено близько 15 млрд т відходів, а площа сміттєзвалищ та полігонів становить 7% усієї території нашої держави і є більшою, ніж площа об'єктів природного заповідного фонду країни. Тому розробка біотехнологій рекуперації та рециркуляції ресурсів шляхом утилізації відходів є надзвичайно актуальною. Перспективною є нова мікробна технологія отримання біоводню з екологічно небезпечних змішаних органічних відходів за допомогою використання гранульованого мікробного препарату Gale-5, який містить мікроорганізми — активні продуценти водню і всі необхідні для них джерела живлення, а також регулятори мікробного метаболізму [12]. Завдяки використанню препарату Gale-5 досягається отримання екологічно безпечного енергоносія (молекулярного водню) під час зброджування (детоксикації) екологічно небезпечних органічних відходів (посліду, гною, змішаних харчових відходів тощо).

Отже, сталий розвиток, який нині є пріоритетним напрямом діяльності людства, визначає першочергові завдання політикам, науковцям, виробникам. Серед широкого спектра технологій, здатних забезпечити досягнення мети сталого розвитку, біотехнології повинні зайняти важливе місце, особливо у природоохоронній, сільськогосподарській, харчовій галузях і у відновлюваній енергетиці. Впровадження біотехнологічних розробок сприяє інвестиційній привабливості, екологічній і економічній ефективності.

ВИСНОВКИ

Сучасні наукоємні біотехнології відіграють важливу роль у реалізації стратегічних цілей, сформульованих у новій глобальній програмі забезпечення сталого майбутнього, зокрема: у природоохоронному аспекті, підвищенні адаптації природних і змінених під антропогенним тиском екосистем, збереженні біорізноманіття, поліпшенні якості харчування завдяки виробництву безпечних і корисних продуктів функціонального призначення.

У контексті сприяння сталому розвитку сільського господарства застосування екологічно безпечних біопрепаратів дає змогу збільшити резистентність сільськогосподарських культур до біотичних і абіотичних стресів, підвищити врожайність і покращити якість отриманої продукції, зменшити пестицидне навантаження на екосистеми, досягти біоремедіації забруднених земель.

Біотехнології рекуперації та рециркуляції ресурсів, утилізації небезпечних відходів з отриманням відновлюваних джерел енергії сприяють сталому розвитку і розширенню ресурсної бази. У цьому розумінні біотехнологія є засобом поліпшення маніпуляції біогеохімічними циклами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future Transmitted to the General Assembly as an Annex to document A/42/427 — Development and International

Co-operation: Environment UN Documents Gathering a body of global agreements UN Documents / Gathering a Body of Global Agreements has been compiled by the NGO Committee on Education

- of the Conference of NGOs from United Nations [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm>
2. Sustainable development. Goals to Transform Our World / Communications Materials of the 70-th session of the General Assembly of the United Nation [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.un.org/sustainabledevelopment/news/communications-material/>
 3. Природоохоронні конвенції Ріо: реалізація їх положень у сільськогосподарській політиці України / О.Г. Тараріко, О.С. Дем'янюк, Т.Л. Кучма, Т.В. Ільєнко // *Агроекологічний журнал*. — 2016. — № 4. — С. 7–14.
 4. Про Стратегію сталого розвитку «Україна — 2020»: Указ Президента України від 12.01. 2015 р. № 5/2015 [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5/2015>
 5. Biology, Biotechnology and Sustainable Development: book / Eds. Hiranjit Choudhury. — Delhi: Research India Publications, 2015.— 274 p.
 6. *Иутинская Г.А.* Биотехнологический потенциал почвенных бактерий — основы микробных препаратов для растениеводства / Г.А. Иутинская // *Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты: Сб. научных трудов*. — Т. 5. — Минск: Беларуская навука, 2013. — С. 235–244.
 7. Биорегуляция микробно-растительных систем: монография / под ред. Г.А. Иутинской, С.П. Пономаренко. — К.: Нічлава, 2010. — 464 с.
 8. Impact of new natural biostimulants on increasing synthesis in Plant cells of small regulatory si/miRNA with high anti-nematodic activity / V.A. Tsygankova, G.A. Iutynska, A.P. Galkin, Ya B. Blume // *Internat. J. Biol.* — 2014. — 6, No. 1. — P. 48–64.
 9. Оценка разнообразия азотфиксирующих бактерий в ризосфере растений сои методом анализа *nifH* гена / А.К. Кизилова, Л.В. Титова, И.К. Кравченко, Г.А. Иутинская // *Микробиология*. — 2012. — 81, № 5. — С. 672–681.
 10. Pesticides: Problems, Improvements, Alternatives: book / Ed. Frank den Hond, Peter Groenewegen, Nico M. van Sraalen. — Oxford: Blackwell Science Ltd a Blackwell Publishing Company, 2003. — 273 p.
 11. Пат. 102125 Україна, МПК⁵¹ C12P 1/00, C12H 1/20. Бактеріальний препарат Біорем для деградації гексахлорциклопексану у ґрунті / Н.А. Ямборко, Г.О. Іутинська, А.А. Піндрус; заявл. 06.06.2011; опубл. 10.06.2013, Бюл. № 11.
 12. Tashyreva A. The novel comprehensive approach for non-food agricultural and landfill biomass microbial fermentation and biogas production / A. Tashyreva, O. Tashyrev, I. Prytula // *Biotechnology and Plant Breeding Perspectives*; Ed. R.K. Behl and E. Arseniuk: Agrobios (International) Publishers, 2014. — P. 347–356.

REFERENCES

1. Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future Transmitted to the General Assembly as an Annex to document A/42/427 — Development and International Co-operation: Environment UN Documents Gathering a body of global agreements UN Documents / Gathering a Body of Global Agreements has been compiled by the NGO Committee on Education of the Conference of NGOs from United Nations (1987) www.un-documents.net/wced-ocf.htm. Retrieved from <http://www.un-documents.net/wced-ocf.htm> [in English].
2. Sustainable development. Goals to Transform Our World / Communications Materials of the 70-th session of the General Assembly of the United Nation (2015). www.un.org/sustainabledevelopment/news/communications-material/. Retrieved from <http://www.un.org/sustainabledevelopment/news/communications-material/> [in English].
3. Tarariko, O.G., Demyanyuk, O.S., Kuchma, T.L. & Ilienکو, T.V. (2016). Pryrookhoronni konventsii Rio: relizatsia yih polozhen u silskohospodarski politytsi Ukrainy [Environmental Rio Conventions: implementation of the provisions in the agricultural policy of Ukraine]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Ahroecological journal*, 4, 7–14 [in Ukrainian].
4. Ukaz Prezidenta Ukrainy «Stratehia stalogo rozvytku «Ukraina–2020» vid 12 sichnia 2015 r. № 5/2015 [Decree of the President of Ukraine «Strategy for Sustainable Development «Ukraine — 2020» of 12 January 2015 № 5/2015]. zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5/2015. Retrieved from <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/5/2015> [in Ukrainian].
5. Hiranjit Choudhury (Eds). (2015). *Biology, Biotechnology and Sustainable Development*. Delhi: Research India Publications [in English].
6. Iutinskaya, G.A. (2013). Biotechnolohycheski potentsial pochvennykh bakterii — osnovy mikrobykh preparatov dlia rastenievodstva [Biotechnological potentation of soil bacteria — the basis of microbial preparations for plant growing]. *Mikrobyne biotekhnologii: fundamentalnye i prikladnye aspekty — Microbial biotechnologies: fundamental and applied aspects*, 5, 235–244 [in Russian].
7. Iutinskaya, G.A. & Ponomarenko, S.P. (Ed.). (2010). *Bioregulatsiya mikrobno-rastitelynykh sistem [Bioregulation of microbe-plant systems]*. Kiev: Nichlava. [in Russian].
8. Tsygankova, V.A., Iutynska, G.A., Galkin, A.P. & Blume, Ya. B. (2014). Impact of new natural biostimulants on increasing synthesis in Plant cells of small regulatory si/miRNA with high anti-nematodic activity. *Internat. J. Biol.*, 6, 1, 48–64 [in English].
9. Kizilova, A.K., Titova, L.V., Kravchenko, I.K., Iutinskaya, G.A. (2012). Otsenka raznoobrazia azotfiksiyushchykh bakterii v rizoferie rastenii soi metodom analiza *nifH* gena [Estimation of nitrogen-fixing bacteria diversity in the rhizosphere

- of soybean plants by nifH gene analysis method]. *Mikrobiologiya — Microbiology*, 81, 5, 672–681 [in Russian].
10. Frank den Hond, Peter Groenewegen & Nico M. van Sraalen (Ed.). (2003). *Pesticides: Problems, Improvements, Alternatives*. Oxford: Blackwell Science Ltd a Blackwell Publishing Company [in English].
 11. Yamborko, N.A., Iutynska, G.O., Pindrus, A.A. (2013). Bakterialny preparat Biorem dlya destruktivnoy heksahlorotsykloheksanu u hrunti [Bacterial preparation Biorem for hexachlorocyclohexane degradation in soil]. *Patent Ukrainy — Patent of Ukraine*, 102125, 11 [in Ukrainian].
 12. Tashyreva, A., Tashyrev, O. & Prytula, I. (2014). The novel comprehensive approach for non-food agricultural and landfill biomass microbial fermentation and biogas production. *Biotechnology and Plant Breeding Perspectives*. Behl, R.K. & Arseniuk, E. (Ed); Agrobios International Publishers [in English].

УДК 581.2:582.22:63:576.3

СОРТ РОСЛИН ЯК ЧИННИК БІОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ В АГРОЦЕНОЗАХ УКРАЇНИ

А.І. Парфенюк

Інститут агроекології і природокористування НААН

Встановлено шляхи контролю грибного фітопатогенного фону в агроценозах за допомогою сорту рослин — потужного біотичного екологічного чинника. Висвітлено механізм впливу сорту на чисельність інфекційних структур грибів, що формують рівень безпеки вирощування рослинної продукції. Доведено необхідність активізації біоценотичних методів регуляції чисельності популяцій фітопатогенних грибів у агроценозах.

Ключові слова: грибний фітопатогенний фон, сорт рослин, агроценози, біологічна безпека, мікроміцети.

Одним з основних чинників деградації, опустелювання земель та зменшення біорізноманіття є надмірний, часто науково не обґрунтований, антропогенний вплив на агроєкосистеми, що спричиняє інтенсивне забруднення навколишнього природного середовища. Відомо, що культурні рослини, які характеризуються високою стійкістю до фітопатогенних мікроорганізмів, зумовлюють значний селективний тиск на їх популяції, що призводить до відбору патогенних та агресивних форм. Сильно сприйнятливі рослини забезпечують швидкий ріст чисельності популяцій фітопатогенів. Крім того доведено, що незалежно від стійкості до хвороб, деякі сорти культурних рослин можуть підвищувати репродуктивну здатність патогенних

мікроміцетів, що призводить до істотного зростання інтенсивності фітопатогенного фону — чинника біологічного забруднення агроєкосистем.

Вирощування таких рослинних угруповань на виробничих посівах потребує посиленого їх захисту від хвороб. Це підвищує собівартість продукції рослинництва та створює проблему хімічного забруднення агроєкосистем або посилює їх біологічне забруднення внаслідок необґрунтованого застосування біологічного захисту рослин. У підсумку знижується якість як рослинної, так і тваринної продукції. Тому розроблення теоретичних та методичних основ контролю мікробіоти рослинними угрупованнями для управління біологічною безпекою агроєкосистем є доволі актуальною проблемою. Наукові дослідження у цьому напрямі проводяться

в Інституті агроєкології і природокористування НААН із 2005 р. Відомо, що в основі імунологічного методу захисту рослин як альтернативи хімічному лежать властивості сорту рослин. Стійкий до фітопатогенних грибів сорт, особливо створений шляхом генетичного модифікування, є чинником селективного тиску на популяції фітопатогенних грибів за ознаками «патогенності» і «агресивності», а сприйнятливий — потужним чинником підвищення їх чисельності. Вони значною мірою впливають на якісні та кількісні показники фітопатогенного фону, що спричиняє небезпечні ситуації в агроценозах.

Розроблено методологію оцінювання сорту як біотичного екологічного чинника, що впливає на формування фітопатогенного фону, інтенсивність якого визначає рівень безпеки вирощування рослинної продукції. В основу розробленої методології покладено концепцію фітосанітарної оптимізації агроєкосистем, яка базується на принципах максимальної активізації біоценотичних методів регуляції чисельності популяцій шкідливих організмів на основі широкого використання природних ресурсів [1]. За згаданою концепцією рослини є основною складовою агроєкосистеми, а сорт сільськогосподарських рослин, з його морфологічними та фізіолого-біохімічними ознаками є потужним чинником формування структури мікробіоценозу, його кількісного і якісного складу. Рослини і мікроорганізми співіснують у складних екологічних зв'язках. Відомо, що в умовах високої щільності популяцій мікроби-антагоністи забезпечують стійкість екологічних зв'язків у мікробіоті рослин і здатні ефективно захищати їх від зараження збудниками хвороб різної етіології.

Біохімічними механізмами проникнення фітопатогенних мікроорганізмів у рослини є: фітотоксини, гормони росту, ферменти, речовини, що закупорюють судини, речовини, що впливають на накопичення первинних метаболітів у рослин [2–4]. Якщо фітотоксини пригнічують розвиток ценопопуляцій, то гормони фітопатогенних мікроорганізмів змінюють метаболізм рос-

лин, що фенотипічно проявляється у швидкому рості трав'янистих форм у довжину. Ферменти патогенів руйнують клітинні оболонки рослин, модифікують і руйнують компоненти цитозоля. Своєю чергою за впливу агресивності мікроорганізмів рослини продукують різні захисні сполуки: постінгібітини, фітоалексини, PR-білки (pathogenesis-related proteins) і пептиди [5, 6]. За дії фітопатогенних мікроорганізмів на рослину постінгібітини модифікуються за допомогою спеціальних рослинних ферментів у фунги- або бактеріотоксини. Синтез фітоалексинів активізується під дією еліситорів. Утворення захисних білків індукується або посилюється за дії на рослину патогенів.

З огляду на це, низка авторів припускають, що екологічна взаємодія рослин і патогенів зазнала складної коєволюції на молекулярному рівні. Рослини в процесі еволюції виробляли дедалі активніші постінгібітини, фітоалексини, PR-білки і пептиди, а також реакції надчутливості, а фітопатогени — ефективніші біохімічні механізми протистояння захисним сполукам рослин. Поряд із тим головним чинником зв'язку патогену і рослини живителя на ранніх стадіях їх взаємодії є характер адгезійних контактів партнерів та морфологічні особливості первинних інфекційних структур патогену та їх мінливість [7].

Еволюція взаємодії фітопатогенних грибів і рослин-живителів призвела до того, що біотрофні гриби-ендобіоти існують завдяки модифікованій цитоплазматичній мембрані клітин рослини стосовно транспорту метаболітів і біосинтезу клітинної стінки [8]. Це сприяє забезпеченню збалансованої взаємодії грибів *Ascomycetes*, *Basidiomycetes*, *Zygomycetes*, *Oomycetes* і рослин-живителів.

Взаємозв'язки грибів та рослин є давніми та різноплановими. Вони зводяться до двох головних типів: взаємодії грибів з живими рослинами і деструкції рослинних решток. Паралельно виникли й інші асоціації з рослинами біотрофних і некротрофних фітопатогенів. Унаслідок коєволюції вони стали джерелами ендемічних хвороб,

що завжди спостерігаються в рослинних популяціях. Серед численних вивчених механізмів толерантності рослин до збудників ендемічних хвороб важливу роль відіграє високий поліморфізм, що значною мірою обумовлюється співіснуванням з грибними паразитами.

Механізми стійкості до ендемічних хвороб виробилися як результат сполученої еволюції. Види рослин, що не еволюціонують разом із паразитами, потрапляючи в нову екологічну нішу, значно потерпають від ендемічних хвороб. Отже, вищий і нижчий організми (рослина і патогенний гриб) складають цілісну систему, де обидва види перебувають у стані рівноваги лише за певних умов, зміна яких може зрушити цю збалансованість, найчастіше, на користь паразита. Нестабільність природних умов спричиняє тимчасові флуктуації, а антропогенні дії — незворотні наслідки. Наприклад, орне землеробство, що передбачає внесення добрив, різко змінює співвідношення різних груп мікроорганізмів у ґрунті, в основному, на користь фітопатогенних мікроорганізмів. Знижується чисельність мікоризоутворювальних і сапротрофних грибів — антагоністів фітопаразитів. Зниження фітоценологічного і популяційного різноманіття рослин в агроценозах, порівняно з природними ценозами, зумовлює масове накопичення вірулентних штамів фітопатогенів.

Селекція на стійкість — найефективніший та екологічно безпечний метод захисту культурних рослин, що стримує розвиток їх хвороб на економічно допустимому рівні. Поряд із тим переваги багатьох стійких сортів є короточасними, адже під час їх виробництва виникають нові типи фітопатогенних мікроорганізмів, які долають створену стійкість. Швидкість, з якою це відбувається, залежить не тільки від мінливості паразита, але і від механізму стійкості рослини-живителя. Сорти, що втратили стійкість, стають резерваторами високопатогенних рас і штамів фітопатогенних мікроорганізмів, які розмножуючись, можуть спричиняти епіфітотії. Тому поряд із існуючою концепцією «Селекція

на стійкість до хвороб. Імунітет рослин», за якою проводять селекцію нових сортів культурних рослин на стійкість до хвороб та шкідників, необхідно розвивати концепцію впливу сорту на інтенсивність та форми фітопатогенного фону в агрофітоценозах.

У природі популяції видів мікроорганізмів є гетерогенними і складаються із особин, які перебувають у різних співвідношеннях активних стадій розвитку і спокою [9, 10]. Регулювання співвідношення вірулентних і авірулентних штамів за допомогою сорту рослин дає можливість ефективно здійснювати біологічний контроль фітопатогенних мікроорганізмів.

Встановлено, що на лініях пшениці з високою стійкістю патогени інтенсивно утворюють структури у стадії спокою: склероції, хламідоспори, спори і конідії. Наприклад, види роду *Fusarium* на стійких лініях злаків інтенсивно утворюють мікроконідії і майже не утворюють міцелію [11]. Рівень стійкості сорту пшениці є одним із головних чинників, що сприяє утворенню нових біотипів і рас збудника бурої листової іржі [12]. Стійкі рослини виявляють істотний вплив на зміну типу харчового статусу життєздатності спор збудника фузаріозу пшениці. Встановлено, що рослини стійких сортів сої продукують найбільш патогенні штами *Fusarium oxysporum*. Це призводить до активної зміни структури популяції грибів у бік домінування патогенних форм [13].

Отже, сорт рослин є основною складовою частиною біологічного контролю фітопатогенних мікроорганізмів. Тому в процесі досліджень 2005–2015 рр. в Інституті агроєкології і природокористування НААН було розроблено методологію оцінювання сорту як екологічного чинника біологічного контролю збудників основних хвороб сільськогосподарських культур в агроценозах. До складу методології входить перелік методичних прийомів та положень, що враховують механізми взаємодії рослини-живителя і патогену в єдиній системі «рослина — патоген — середовище», що забезпечує виявлення сортів рослин, здат-

них стримувати споруляцію фітопатогенних грибів на екологічно безпечному рівні впродовж вегетаційного періоду [14, 15]. За використання розробленої методології виявлено, що серед комплексу фітопатогенних мікроорганізмів на сортах культурних рослин пшениці озимої, соняшнику, буряку столового, моркви, огірка, перцю солодкого, цибулі ріпчастої та часнику значне місце займають гриби некротрофного типу живлення, які належать до родів *Fusarium*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Pseudocercospora*, *Drechslera*, *Peronospora*, *Sclerotinia*, *Botrytis*. Вони утворюють низку інфекційних структур (міцелій, конідії, аскоспори), що створюють інфекційний фон упродовж вегетації рослин, та структури в стадії спокою (склеротії, мікросклеротії, хламідоспори, пікніди), які тривалий час зберігаються в ґрунті і є потужним чинником біологічного забруднення агрофітоценозів [16, 17].

Встановлено, що за впливу сортів культурних рослин, залежно від фази їх онтогенезу, істотно змінюється інтенсивність пропагулоутворення грибів некротрофного типу живлення, що може спричиняти посилення або послаблення рівня фітопатогенного фону в агрофітоценозах. Імунологічні реакції культурних рослин як відповідь на зараження фітопатогенними грибами не є зумовленими інтенсивністю спорування і не можуть бути маркером цієї ознаки. Виявлено диференційований вплив сортових особливостей культурних рослин на інтенсивність спорування фітопатогенних грибів. Поряд із тим відомо, що за концентрації конідій факультативних грибів-паразитів у межах 1 млн од./мл може відбуватись 100% ураження рослин. Тому ми прийняли цю концентрацію за показник екологічного ризику, відповідно до якого тестовані сорти рослин перцю солодкого було розділено на дві групи: до першої групи увійшли сорти, на яких інтенсивність спорування була у межах 0,1–1 млн од./мл, а до другої — сорти, на рослинах яких інтенсивність спорування варіювала у межах 1–6 млн од./мл. Вирощування рослин цих сортів спричиняє виникнення ризиків біологічного за-

бруднення агроценозів. Визначення інтенсивності спорування фітопатогенних грибів на різних органах рослин дало змогу розподіляти сорти пшениці озимої, перцю солодкого, огірка, моркви, цибулі ріпчастої, часнику на дві екологічні групи: перша група — екологічної безпеки, друга — екологічного ризику.

Фізіолого-біохімічні особливості рослин, які належать до групи екологічної безпеки, здатні пригнічувати формування чисельності популяцій фітопатогенних грибів, що дає можливість знижувати інтенсивність їх хімічної обробки. Рослини, що належать до групи екологічного ризику, сприяють стимуляції спорування фітопатогенних грибів упродовж вегетаційного періоду, що призводить до інтенсивного зараження рослин та збільшення чисельності популяцій грибів. Під час вегетації рослин такі сорти потребують інтенсивного хімічного захисту [18, 19].

У процесі фундаментальних досліджень встановлено, що фізіологічно активні речовини рослин, зокрема аскорбінова кислота, глутатіон, фітоніциди, цукри, коліни, макро- і мікроелементи та ендоефітна мікробіота, асоційована з рослинами, зумовлюють споруляцію фітопатогенних грибів, інтенсивність якої залежить від сорту рослин. На підставі цього їх можна вважати одним із механізмів впливу сорту рослин на інтенсивність формування грибного фітопатогенного фону в агрофітоценозах [20, 21].

За результатами багаторічних досліджень встановлено обернену лінійну кореляційну залежність інтенсивності споруляції фітопатогенних грибів від вмісту аскорбінової кислоти та глутатіону в рослинах різних сортів сільськогосподарських культур. Підвищений вміст глутатіону, навіть за умови зниження вмісту аскорбінової кислоти, в рослинах може слугувати ознакою пригнічувальної дії сорту на репродуктивну здатність мікроміцетів. Зміна рівня спорування фітопатогену в рослинах різних сортів залежить від концентрації та комплексної дії цих двох сполук (рис. 1 — а, б) [22].

Доведено, що екзометаболіти і сік рослин, які належать до групи екологічного ризику, позитивно впливають на ріст і розвиток міцелію фітопатогенних мікроміцетів та інтенсивність спороутворення порівняно із сортами, які належать до групи екологічної безпеки [23].

Ендофітні бактерії *Micrococcus luteus* і *Methylobacterium radiotolerans* мають здатність підвищувати стійкість сортів культурних рослин до збудників хвороб та істотно пригнічувати їх спороутворення [23]. Встановлено диференційований характер контамінації рослин різних сортів за штучного інокулювання бактеріями та різний їх вплив на формування колонієутворювальних одиниць (КОУ) ендофітної бактерії (табл. 1).

Проведені дослідження дають змогу зрозуміти механізми взаємодії сортів рослин з фітопатогенними грибами і можливість характеризувати сорт як екологічний чинник, що запобігає біологічному забрудненню агрофітоценозів.

Вивчали вплив бактерії *M. radiotolerans* на спороутворення фітопатогенного гриба *F. gibozum* на різних сортах буряку столового (табл. 2).

Протестовано уражені фузаріозом рослини, які належать до семи різних сортів. За

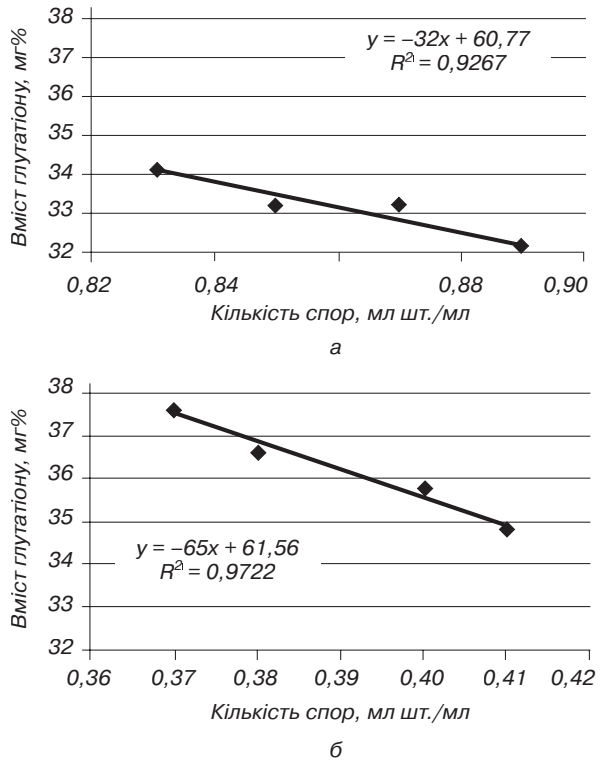


Рис. 1. Кореляційна залежність між вмістом глутатіону в рослинах сортів пшениці озимої та інтенсивністю спороутворення гриба *F. oxysporum* [22]: а) Крижинка, б) Ремеслівна

впливом на рівень спороутворення сорти було розділено на дві групи. До пер-

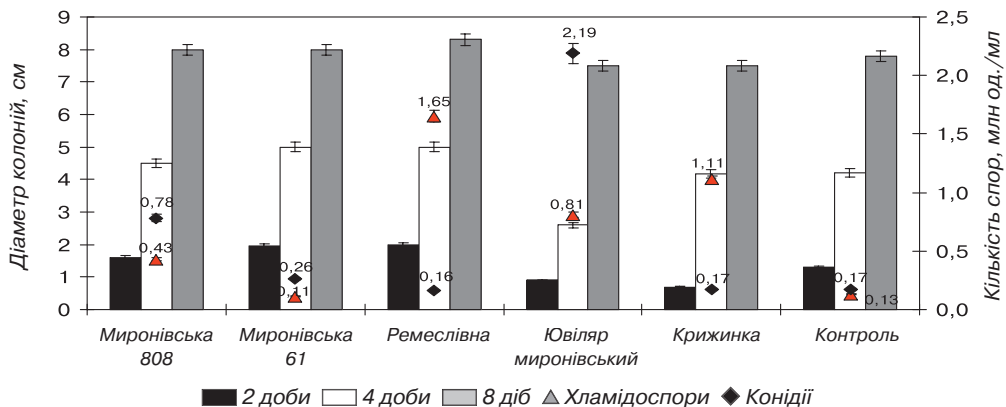


Рис. 2. Вплив ексудатів проростків різних сортів пшениці озимої на репродуктивну здатність ізолятів *F. oxysporum* [23]

Таблиця 1

Вплив ендоефітних бактерій на ріст і розвиток *F. gibozum* на рослинах пшениці (сорт Крижинка)

Назва варіанта	Інтенсивність розвитку міцелію, бал	Чисельність конідій <i>F. gibozum</i> , од./мл
Рослини, інокульовані суспензією конідій <i>F. gibozum</i> (контроль)	2,4	$2,8 \cdot 10^5 \pm 0,16$
Рослини, контаміновані <i>M. radiotolerans</i> + <i>F. gibozum</i>	2,0	$0,91 \cdot 10^5 \pm 0,19$
Рослини, контаміновані <i>M. luteus</i> + <i>F. gibozum</i>	1,8	$11,4 \cdot 10^5 \pm 0,24$
Рослини, контаміновані <i>Bacillus thuringiensis</i> + <i>F. gibozum</i>	1,6	$3,2 \cdot 10^5 \pm 0,11$

Таблиця 2

Вплив ендоефітних бактерій на ріст і розвиток *F. gibozum* на проростках різних сортів буряку столового

Сорт, назва	Чисельність спор, млн од./мл	
	<i>M. radiotolerans</i>	Контроль
Делікатесний	$0,8 \pm 0,04$	$1,2 \pm 0,06$
Зміна	$2,8 \pm 0,04$	$4,8 \pm 0,04$
Ліко	$1,2 \pm 0,06$	$4,8 \pm 0,04$
Сквирський двонасінний	$0,8 \pm 0,04$	$2,6 \pm 0,5$
Дій	$6,2 \pm 0,06$	$1,8 \pm 0,04$
Багрянний	$4,0 \pm 0,03$	$1,6 \pm 0,08$
Бордо харківський	$8,6 \pm 0,2$	$2,8 \pm 0,24$

шої ввійшли: Делікатесний, Зміна, Ліко, Сквирський двонасінний. На рослинах сортів Зміна і Ліко, контамінованих метиловобактерією, чисельність конідій *F. gibozum* зменшувалась у середньому у 2–2,5 раза, а на сорті Сквирський двонасінний у — 3,25 раза порівняно із контролем. Натомість на рослинах сортів другої групи, контамінованих метиловобактерією, спостерігалось підвищення інтенсивності спорування *F. gibozum* у 2–3 рази порівняно із контролем.

Отже, ендоефітні бактерії *M. luteus* і *M. radiotolerans*, що виділяються із рослин різних за стійкістю до грибних хвороб культурних сортів, можуть стимулювати або пригнічувати конідієутворення *F. gibozum*. Це дає підстави припускати, що мікро-

організми цього ряду можуть контролювати вплив сорту на формування грибного фітопатогенного фону в агрофітоценозах.

Біологічні особливості культурних рослин сортів першої екологічно безпечної групи можуть не тільки стримувати інтенсивність спорування фітопатогенних грибів, але й знижувати їхню фітотоксичну активність. Встановлено, що за взаємодії культурних рослин із фітопатогенними мікроміцетами відбуваються адаптивні процеси в їх життєвому циклі до певного сорту в агроценозі. Це обумовлює зміну стратегії і тактики розвитку фітопатогенних грибів. У агроценотичних популяціях рослин екологічно безпечних сортів популяції грибів можуть переходити до К-життєвої стратегії, тобто інтенсивно утворювати вегетатив-

ні спочиваючі структури (хламідоспори). Вони забезпечують збереження виду, але стримують формування фітопатогенного фону на екологічно безпечному рівні. А за взаємодії із рослинами сортів групи екологічного ризику інтенсивно формують активні пропативні структури, що здатні уражувати рослини і спричиняти патологічний процес. Це свідчить про перевагу г-стратегії гриба. Отримані результати досліджень засвідчують, що зміна стратегії розвитку фітопатогенних грибів за впливу рослин різного селекційного походження також є показником екологічного оцінювання сорту рослин [23].

ВИСНОВКИ

Проведені дослідження свідчать, що сорт рослин, за взаємодії із фітопатогенними грибами, може бути як потужним чинником істотного підвищення біологічного забруднення в агроценозах, так і значного

його зниження. Це обумовлено значним впливом на інтенсивність пропативування грибів сорту рослин завдяки його фізіологічно активним речовинам, зокрема, аскорбіновій кислоті, глутатіону, фітонцидам, цукрам, колінам, макро- і мікроелементам, а також ендofітній мікробіоті, асоційованій з рослинами. Вказані фізіолого-біохімічні показники сорту рослин обумовлюють диференційований вплив сортів культурних рослин на інтенсивність спорування фітопатогенних грибів. На підставі цього сорти рослин розділяють на дві групи: екологічної безпеки та екологічного ризику. Біологічні особливості культурних рослин сортів екологічно безпечної групи, на відміну від групи екологічного ризику, можуть не тільки стримувати інтенсивність спорування фітопатогенних грибів у агроценозах, але й знижувати їх фітотоксичну активність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Наукові основи сталого розвитку агроєкосистем України. Екологічна безпека агропромислового виробництва / О.В. Шерстобоева, А.Л. Бойко, А.І. Парфенюк та ін.; за ред. О.І. Фурдичка. — К.: ДІА, 2012. — 352 с.
2. Берестецкий О.А. Изучение фитотоксических свойств микроскопических грибов / О.А. Берестецкий // Методы экспериментальной микологии: Справочник. — К.: Наук. думка, 1982. — С. 321–324.
3. Diaz J. The role of ethylene and wound signaling in resistance of tomato to *Botrytis cinerea* / J. Diaz, A. Kan // Plant Physiology. — 2002. — Vol. 129. — P. 1341–1351.
4. Henson J.M. DNA hybridization and polymerase chain reaction (PCR) tests for identification of *Gaeumannomyces*, *Phialophora* and *Magnaporthe* isolates / J.M. Henson // Mycological Research. — 1992. — No. 96. — P. 629–636.
5. Ryu J.G. Mycotoxins produced by *Fusarium* isolates from barley in / J.G. Ryu // Korean Journal of Plant Path. — 1990. — No. 6. — P. 21–27.
6. Isolation of ethylene-insensitive soybean mutants that are altered in pathogen susceptibility and gene-for-gene disease resistance / T. Hoffman J., S. Schmidt, X. Zheng [et al.] // Plant Physiol. — 1999. — No. 119. — P. 935–950.
7. Hollins T.W. Morphology, benomyl resistance and pathogenicity to wheat and rye of isolates of *Pseudocercospora herpotrichoides* / T.W. Hollins // Plant Pathology. — 1985. — No. 34. — P. 36–379.
8. Ризиктониоз зерновых культур / Л.Л. Дорофеева, К.Д. Титова, В.В. Павлова и др. // Микология и фитопатология. — 1996. — Т. 30. — Вып. 2. — С. 52–55.
9. Великанов Л.Л. Эволюция покоящихся стадий у грибов / Л.Л. Великанов // Микология и фитопатология. — 1980. — № 3. — С. 256–259.
10. Веденяпина Е.Г. Популяции *Phytophthora cinatomis* в почвах различных фитоценозов / Е.Г. Веденяпина // Микол. и фитопатол. — 1985. — № 19. — С. 322–329.
11. Жученко А.А. Адаптивный потенциал культурных растений / А.А. Жученко. — Кишенев, 1988. — 766 с.
12. Симочко Л.Ю. Екологія мікробного ценозу ґрунту при вирощуванні озимої пшениці на чорноземі глибокому // Агроєкологічний журн. — 2003. — № 3. — С. 27–31.
13. Пузік В.К. Алерпатично активні з'єднання злаків і їх роль у агрофітоценозах / В.К. Пузік. — Х., 2002. — 184 с.
14. Оцінка сортів та гібридів огірка за впливом на чисельність інфекційних структур фітопатогенних грибів: Методичні рекомендації / А.І. Парфенюк, О.В. Шерстобоева, О.М. Стерлікова та ін. — К., 2011. — 16 с.
15. Парфенюк А.І. Методологічні підходи до оцінювання сорту рослин за стійкістю до фітопатогенних грибів та впливом на інтенсивність утворення їх пропатів / А.І. Парфенюк, О.М. Стерлікова, І.В. Безноска // Агроєкологічний журнал. — 2012. — № 3. — С. 90–93.

16. Парфенюк А.І. Сорти сільськогосподарських культур, як фактор біоконтролю фітопатогенних мікроорганізмів в агрофітоценозах / А.І. Парфенюк // Агроекологічний журнал. — 2009. — С. 248–250. — (Спец. випуск).
17. Парфенюк А.І. Сорти буряка столового, як фактор біоконтролю фітопатогенних мікроорганізмів / А.І. Парфенюк, В.М. Кулинич, В.І. Круть. — Там само. — С. 251–253. — (Спец. випуск).
18. Парфенюк А.І. Чисельність фітопатогенних грибів на лінійах та гібридах огірка / А.І. Парфенюк, О.М. Чміль, І.В. Пасинок. — Там само. — С. 254–25.
19. Парфенюк А.І. Вплив сортів і гібридів перцю солодкого на інтенсивність спорування фітопатогенних грибів роду *Fusarium* / А.І. Парфенюк, І.В. Безноска, М.Д. Горган // Науковий вісник НУБіП. — 2012. — Вип. 178. — С. 59–64.
20. Стерлікова О.М. Формування популяції фітопатогенних грибів під впливом сортів та гібридів огірка в агрофітоценозах: Автореф. дис. ... канд. біол. наук за спеціальністю 03.00.16 — екологія / О.М. Стерлікова. — К., 2013. — 24 с.
21. Безноска І.В. Роль аскорбінової кислоти і цукрів у взаємодії сортів перцю солодкого та мікроміцету *Alternaria solani* (Ell. et Mart.) / І.В. Безноска // Агроекол. журнал. — 2013. — № 4. — С. 130–132.
22. Благініна А.А. Екологічні особливості взаємодії генотипів пшениці та патотипів фітопатогенних грибів: Автореф. дис. ... канд. біол. наук за спеціальністю 03.00.16 — екологія / А.А. Благініна. — К., 2014. — 24 с.
23. Благініна А.А. Вплив метаболітів рослин різних сортів пшениці озимої на інтенсивність пропатування грибів *Fusarium oxysporum* Schlecht. та *Alternaria tenuis* Ness. et Fr. / А.А. Благініна, А.І. Парфенюк // Агроекологічний журнал. — 2013. — № 2. — С. 87–90.
24. Особливості взаємодії бактеріального штаму *Microrosoccus luteus* ЛБК1 з рослинами сортів/гібридів огірка та перцю солодкого та грибом *Fusarium oxysporum* Scelet / А. Парфенюк, О. Стерлікова, І. Безноска, В. Круть // Мікробіологічний журнал. — 2014. — № 1. — С. 33–37.

REFERENCES

1. Sherstoboëva, O.V., Boyko, A.L., Parfenyuk A.I. et al. (2012). *Naukovi osnovy stalogo rozvytku agroecosystem Ukrainy. Ekologichna bezpeka agropromuslovogo vuvobnuctva* [Scientific basis for sustainable development of agro-ecosystems of Ukraine. Ecological safety agroindustrial production]. O.I. Furdychko (Ed.). Kyiv: Dia [in Ukrainian].
2. Beresteckiy, O.A. (1982). Izuchenie fitotoksicheskikh svoystv mikroskopicheskikh gribov [Studying of phytotoxic properties of microscopic fungi]. *Metodu experimentalnoy micologii Spravochnik* [Methods of experimental mycology: Handbook.]. Kiev: Naukova dumka [in Russian].
3. Diaz, J., Kan, A. (2002). The role of ethylene and wound signaling in resistance of tomato *Botrytis cinerea*. *Plant Physiology*, 129, 1341–1351 [in English].
4. Henson, J.M. (1992). DNA hybridization and polymerase chain reaction (PCR) tests for identification of *Gaeumannomyces*, *Phialophora* and *Magnaporthe isolates*. *Mycological Research*, 96, 629–636 [in English].
5. Ryu, J.G. (1990). Mycotoxins produced by *Fusarium* isolates from barley in Korea. *Korean Journal of Plant Path*, 6, 21–27 [in English].
6. Hoffman, T., Schmidt, J.S., Zheng X., at al. (1999). Isolation of ethylene-insensitive soybean mutants that are altered in pathogen susceptibility and gene-for-gene disease resistance. *Plant Physiol.*, 119, 935–950 [in English].
7. Hollins, T.W. (1985). Morphology, benomyl resistance and pathogenicity to wheat and rye of isolates of *Pseudocercospora herpotrichoides*. *Plant Pathology*, 34, 36–379 [in English].
8. Dorofeyeva, L.L., Titova, K.D., Pavlova, V.V. (1996). Rizoktonioz zernovykh kul'tur [Rhizoctoniosis of cereals]. *Mikolohiya i fitopatolohiya — Mycology and phytopathology*, 30, 2, 52–55 [in Russian].
9. Velikanov, N.L. (1980). Evolyutsiya pokoyashchikhsya stadii u gribov [Evolution of dormant stages of fungi] *Mikolohiya i fitopatolohiya — Mycology and phytopathology*, 3, 256–259 [in Russian].
10. Vedenyapina, Ye.G. (1985). Populyatsii *Phytophthora cinnamomi* rands v pochvakh razlichnykh fitotsenozov [Populations of *Phytophthora cinnamomi* rands in the soils of different phytocenoses]. *Mikolohiya i fitopatolohiya — Mycology and phytopathology*, 19, 322–329 [in Russian].
11. Zhuchenko, A.A. (1988). *Adaptivnyy potentsial kul'turnykh rasteniy* [Adaptation potential of crops]. Kishinev [in Russian].
12. Simochko, L.Yu. (2003). Ekolohiya mikrobnogo tse-nozu gruntu pry vyroshchuvanni ozymoyi pshenytsi na chornozemi hlybokomu [Ecology of soil microbe cenosis at winter wheat growing]. *Ahroekolohichniy zhurnal — Ahroecological journal*, 3, 27–31 [in Ukrainian].
13. Puzik, V.K. (2002). *Alelopatychno aktyvni z'yednannya zlakiv i yikh rol' u ahrofitotsenozakh* [Allelopathic active communications of cereals and their role in agrophytocenoses]. Kharkiv [in Ukrainian].
14. Parfenyuk, A.I., Sherstoboëva, O.V., Sterlikova, O.M., Kovtun, V.V., Beznosko, I.V. (2011). *Otsinka sortiv ta gibridiv ogirka za vplyvom na chisel'nist' infektsiynikh struktur fitopatogennykh gribov: metodichni rekomendatsii* [Evaluation of varieties and hybrids of cucumber on the effect on the number of infectious pathogenic fungi structures: Guidelines]. Kyiv: [in Ukrainian].
15. Parfenyuk, A.I., Sterlikova, O.M., Beznosko, I.V. (2012). Metodolohichni pidkhydy do otsynuvannya sortu roslin za styikystyu do fitopatohennykh hrybiv ta vplyvom na intensyvnist' utvorenniya yikh

- propahul [Methodological approaches of plant sort evaluation using of resistance to plant fungal pathogens]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Ahroecological journal*, 3, 90–93 [in Ukrainian].
16. Parfenyuk, A.I. (2009). Sorti sil's'kogospodars'kikh kul'tur, yak faktor biokontrolyu fitopatogennikh mikroorganizmiv v agrofitotsenozakh [Sorts of crops as factor of biocontrol of pathogenic microorganisms in agrophytocenoses]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Ahroecological journal, Special Issue*, 248–250 [in Ukrainian].
 17. Parfenyuk, A.I., Kulinich, V.M., Krut', V.I. (2009). Sorti buryaka stolovogo, yak faktor biokontrolyu fitopatogennikh mikroorganizmiv [Sorts of red beet as a factor of biocontrol of pathogenic microorganisms] *Ahroekolohichnyi zhurnal — Ahroecological journal, Special Issue*, 251–253 [in Ukrainian].
 18. Parfenyuk, A.I., Chmil', O.M., Pasinok, I.V. (2009). Chisel'nist' fitopatogennikh gribiv na liniyakh ta gibridakh ogirka [Number of plant pathogenic fungi on lines and hybrids of cucumber]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Ahroecological journal, Special Issue*, 254–255 [in Ukrainian].
 19. Parfenyuk, A.I., Beznosko, I.V., Gorgan, M.D. (2012). Vplyv sortiv i gibridiv pertsyu solodkogo na intensivnist' sporoutvorennia fitopatogennikh gribiv rodu *Fusarium* [The influence of sorts and hybrids of sweet pepper on intensity of spore reproduction of plant pathogenic fungi from genus *Fusarium*]. *Naukovyy visnyk NUBiP — Scientific Journal of NULAS*, 178, 59–64 [in Ukrainian].
 20. Sterlikova, O.M. (2013). Formuvannya populatsiy fitopatohennykh hrybiv pid vplyvom sortiv ta hibrydiv ohirka v ahrofitotsenozakh [Formation of plant pathogenic fungi populations under influence of cucumber sorts and hybrids in agrophytocenoses]. *Extended abstract of Candidate's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
 21. Beznosko, I.V. (2013). Rol' askorbinovoyi kysloty i tsukriv u vzayemodiyi sortiv pertsyu solodkoho ta mikromitsetu *Alternaria solani* (Ell. et Mart.) [The role of ascorbic acid and sugar in interaction of sweet pepper sorts and micromycete *Alternaria solani* (Ell. et Mart.)]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Ahroecological journal*, 4, 130–132 [in Ukrainian].
 22. Blahinina, A.A. Ekolohichni osoblyvosti vzayemodiyi henotypiv pshenytsi ta patotypiv fitopatohennykh hrybiv [Ecological features of wheat genotype interaction with pathogenic types of fungi]. *Extended abstract of Candidate's thesis*. Kyiv [in Ukrainian].
 23. Blahinina, A.A., Parfenyuk, A.I. (2013). Vplyv metabolitiv roslin riznykh sortiv pshenytsi ozymoyi na intensyvnist' propahuloutvorennia hrybiv *Fusarium oxysporum* Schlecht. ta *Alternaria tenuis* Ness. et Fr. [The influence of metabolites of different sorts of winter wheat on intensity of sporulation of *Fusarium oxysporum* Schlecht. and *Alternaria tenuis* Ness. et Fr.]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Ahroecological journal*, 2, 87–90 [in Ukrainian].
 24. Parfenyuk, A., Sterlikova, O., Beznosko, I., Krut', V. (2014). Osoblivosti vzaemodiyi bakterialnogo shtamy *Micrococcus luteus* LBK1 z roslinamy sortiv/hibrydiv ohirka ta pertsyu solodkoho ta hrybom *Fusarium oxysporum* Scedt [Features of interaction of bacterial strain *Micrococcus luteus* LBK1 with sorts/hybrids of cucumber and sweet pepper and fungus *Fusarium oxysporum* Scedt]. *Mikrobiolohichnyi zhurnal — Microbiological journal*, 1, 33–37 [in Ukrainian].

УДК 631.466

SOIL FUNGI AS A BIOTIC FACTOR AFFECTING ON THE PLANTS

E. Kopylov, O. Nadkernichna

Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН

Наведено сучасні погляди на роль ґрунтових грибів у мікробно-рослинній взаємодії. Визначення взаємодійносин грибів з рослинами можуть бути науковим підґрунтям для розробки засад оптимізації функціонування симбіозів і асоціацій мікроорганізмів з рослинами, що відкривають шлях як до створення нових екологічно безпечних мікробних препаратів, так і для їх практичного використання у рослинництві.

Ключові слова: ґрунтові гриби, симбіоз, ендоефітна асоціація, мікориза, фітогормони, фітотоксичні речовини.

Soil fungi are presented by different taxonomic units belonging to certain environ-

mental groups which differ by feeding type and interaction with other organisms. Among them saprophytes destroying plant and animal residues, facultative and obligate plants

parasites, mycorrhiza-forming and predator fungi occur. Soil fungi are presented by all mentioned classes: Phycomycetes, Ascomycetes, Basidiomycetes, Deuteromycetes.

Fungi play an important role in organic compounds transformation, first of all — cellulose, lignin and pectin. Also they have significant role in nitrogen cycle, particularly ammonification processes, making conditions for development of other microorganisms. Besides, the soil fungi are able to produce different biological active substances: amino acids, enzymes, lipids, polysaccharides, antibiotics, plant growth stimulants, vitamins and toxic substances.

The soil fungi have an adsorptive type of nutrition; therefore they are closely associated with the substrate and have a large absorption surface. Fungi are characterized by their filamentous structure, rapid growth of mycelium apex at length and active metabolism. This promotes for fast substrate colonization, and possibility for producing antibiotic and toxic substances increases their competitiveness according to substrate adaptation. Using substrate fungi metabolism is decelerating and chlamydospores, sclerotiums or another dwell structures are formed. Spores can be easily transferred from one to another substrate, which provides high adaptability of fungi for environmental conditions.

Depending on substrate decomposition a succession of fungi species is taking place presented by facultative parasites (fungi penetrating in plant roots), saprophytic fungi (which absorb readily available substances: sugars, starch, hemicellulose) and fungi that destroy cellulose and lignin.

Facultative parasites penetrating in plants roots proceed to exist there for some time after the root death. Their parasitism lies in the verge of saprophytic existence, and they are mainly presented by fungi of the genus *Fusarium*, *Pythium*, *Corticium*, as well as some types of *Cladosporium*. Their mycelium grows on root surface and opens the way for invasion by saprophytic fungi which absorb readily accessible substances and rapidly take over the space among the dead plant residues. Being unable to compete with them, facultative

parasites change over to the resting stage. The main feature of saprophytic fungi that rapidly appropriate readily accessible carbohydrates is active mycelia growth, rapid spores' germination and dormant forms in the presence of a suitable substrate. In the first place these fungi include class Zygomycetes, generally Mucorales molds, and some types of imperfect fungi, particularly *Penicillium*, *Aspergillus* and other genus. Many of them are characterized by the ability to form antibiotics and toxic substances, which creates more opportunities to fight for nutritional resources [1].

Cellulose decomposing fungi grow slower and cannot compete with fungi that rapidly assimilate easily available carbohydrates. This group includes members of ascomycetes and imperfect fungi. The most active cellulose destroyers are Ascomycetes and Deuteromycetes. Among them there are *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Stachybotrys*, *Trichoderma*, *Cladosporium* genus. For the most fungi hyphal growth is one from many examples of morphological structure adaptation to the substrate conformation. Basidiomycetes belong to the group destroying lignin. They grow slowly and begin to develop when all come-at-able carbohydrates are used. There is an evidence that some types of deuteromycetes are also able to decompose lignin. There are *Trichoderma*, *Fusarium*, *Aspergillus*, *Penicillium* among them. As far as plant pickings being destroyed fungi utilizing specific humus substances begin to develop. Usually they don't require a large amount of nutrients [2, 3].

Fungi distribution on the root surface (in rhizoplane) is not only the result of substrate specificity, but it also depends on fungi competitive abilities. The roots surface contains both saprophytic fungi and facultative parasites. They grow rapidly, form extracellular enzymes actively, destroy the host plant cells penetrating into them, but they may change a type of nutrition to saprophytic. They are also considered as soil fungi, although many of them can be found as soil dormant stage and germinate only under the influence of root exudates. In plant rhizosphere, where favorable conditions for the most plants and

microorganisms are created thanks to ek-zosmos the content of fungi is much greater than in soil without plants. The specificity of root secretions determines the composition of rhizosphere fungi species. Fungal communities depend on physiologically active substances secreted by the root cells. Rhizosphere microorganisms, in turn, affect the plant through the root system, producing growth-regulated substances.

1. Phytohormonal impact of fungi on plants.

It used to suppose that coordination of regulation system, the processes of growth integration and development of plants is effected by means of plant hormones, which are synthesized by specialized plants tissues and operate in extremely small doses. Later it was proved that many microorganisms which closely interact with plants are also capable to synthesize phytohormones. For today phytohormones are considered to be specific mediators of communication between host plants and microflora associated with it [4, 5].

Synthesis of phytohormones is inherent to rhizosphere, epiphytic and symbiotic microorganisms stimulating and improving plant growth and development. At the same time phytohormones are synthesized also by pathogenic microorganisms, whereby in amounts that greatly exceed plant needs. This type of phytohormones hypersynthesis by pathogens unbalances plant hormonal system and becomes a factor of many diseases [6–8].

It is known that higher plants contain several important classes of hormones: auxins, gibberellins, cytokinins, abscisic acid and ethylene. Recently brassin (brassinosteroid) and jasmon acid are included to them. Conventionally, auxins, gibberellins, cytokinins and partly brassins can be attributed to the stimulating substances, while abscisic acid, ethylene and zhasmon acid are the inhibitors.

Auxins are the first phytohormones that were investigated. Auxins are responsible for the plant cells and tissues division and differentiation. They stimulate seeds and tubers germination, accelerate root-made processes and coordinate vegetative growth, tropisms and fruitification. They influence on photo-

synthesis, pigments formation, biosynthesis of metabolites and plant resistance to environmental stress factors. The greatest biological activity has indolyl-3-acetic acid (IAA). Also there are another compounds with auxin activity which are indoles in most cases and similar to the IAA by chemical structure. These indole compounds can be the precursors of indolyl-3-acetic acid, or the products of its further transformation.

Molds of genus *Fusarium*, *Rhizoctonia*, *Rhizopus*, *Absidia*, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Monilia*, *Phoma*, *Pythium*, *Trichoderma*, *Actinomyces*, *Amanita* can produce auxins, such as indolyl-3-acetic acid. The ability to synthesize IAA is inherent for many pathogenic fungi genus such as *Taphrina*, *Phytophthora*, *Ustilago*, *Alternaria*, *Fusarium*, *Plasmodiophora*, *Colletotrichum*, *Phymatotrichum*, *Lentinus*, *Sclerotium*, *Monilia*, *Rhizoctonia*. Mycorrhizal fungi of genus *Laccaria*, *Pisolithus*, *Amanita*, *Rhizopogon*, *Paxillus*, *Hebeloma* also synthesize IAA [7–12].

Despite the fact that plants and microorganisms are able to synthesize IAA, different ways of its formation exist. Thus, in plant cells IAA is generated *de novo* from tryptophan by oxidative deamination through indolyl-3-pyruvic acid and indole-3-acetaldehyde, or by generation of an intermediate product — tryptamine through indole-3-acetaldehyde [13].

Microorganisms have 5 different ways of IAA biosynthesis, and only three of them inherent to fungi. Thus, the majority of *Fusarium*, *Rhizoctonia* and *Colletotrichum* phytopathogenic molds have the most common way of IAA formation through indolyl-3-pyruvic acid and indole-3-acetaldehyde. For unidentified fungi forming mycorrhiza with orchids is typical alternative way of IAA synthesis via tryptamine. Some pathogenic fungi of genus *Colletotrichum* have biosynthesis of IAA occurring via indolyl-3-acetamide [5, 6, 10, 11].

In plants IAA is bound with sugars, amino acids and proteins making inactive (reserve) forms. If necessary, phytohormones release and regain their physiological activity. Some fungi (*Pisolithus iutinctorius* and *Paxillus involutus*) are also able to produce bound forms of indolyl-3-acetic acid [5, 14].

A lot of fungi are characterized by presence of several ways auxin biosynthesis expanding their ecological abilities in formation of associations and symbioses with plants. Epiphytic and rhizosphere molds have the leading role in conversion of tryptophan, which is contained in plants' exudates to indolyl-3-acetic acid. Adding the tryptophan into the medium where molds being grown can increase biosynthesis of auxins in ten times. The ability to produce IAA actively is a strain feature of the microorganisms.

Among fungi within the same genus and even species high activity strains and strains with low activity of indolyl-3-acetic acid biosynthesis occurred, and also can happen the strains which do not generate the IAA.

Auxins make a stimulating effect on growth and development not for only plants but also for microorganisms. First of all, this is nitrogen-fixing bacteria of *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Azospirillum* and *Bacillus* genus [5, 15].

Gibberellins are the most common group of phytohormones among plants and microorganisms, which number is more than 100 compounds. Gibberellins belong to the class of terpenes and consist of isoprene residues that form four rings as usual. Gibberellic acids HK3, HK7, HK1 and HK4 are the most common and biologically active phytohormones of this group.

The effects of gibberellins aimed at division and elongation of cells that form a part of intercalary meristem, stimulating flowering, activation of membrane synthesis and starch-splitting enzymes. Unripe seeds are characterized by the highest content of gibberellins in plants. Different stages of plant ontogenesis can differ by contents and set of gibberellins. Gibberellins are synthesized in different parts of plants, but generally in leaves [13].

The ability of gibberellins' biosynthesis is detected among all groups of microorganisms, but the most active producers, capable to form more than 1000 mg/l of gibberellic acid are the molds *Phaeosphaeria* and *Gibberella fujikuroi*. The molds belong to species *Aspergillus flavus*, *A. niger*, *Penicillium cyclopium*, *P. cyclopium*, *P. funiculosum*, *Verticillium* sp., *Rhizopus stolonifer*, *Shizophyllum*

commune also capable to produce gibberellins. Active producers of gibberellins occur among pathogenic fungi: *Ustilago mayis*, *Sphaceloma manihoticola*, *Cercospora rosicola*, *Botryodiplodia theobromae*, *Fusarium semitectum*, *F. acuminatum*, *F. anguoides*, *F. avenaceum*, *F. chlamydosporum*, *F. equiseti*, *F. osysporum*, *F. moniliforme*. Some different gibberellic acids (HK3, HK7, HK4, HK13) were found in conidia of *F. graminearum* straight after 2:00 hours of spores incubation [5, 16].

Investigations of gibberellins production among plants and molds indicate that during the evolution plants and molds being formed the independent biosynthetic routes of phytohormones of this group.

Cytokinins are the adenine derivative by their chemical structure. Physiological activity of cytokinins differs depending on structure of molecule purine ring. This explains the fact that cytokinins regulate various physiological processes: activate RNA and protein synthesis in cells with activation of RNA-polymerase, stimulate plant cell division, promote branching and stimulate seed germination, regulate the formation of chloroplasts, increase stability of photosynthetic apparatus during the water stress, contribute to cells stability residing in adverse environmental conditions [5].

Microorganisms capable to synthesize cytokinins are kynetyn, zeatyn, izopenteniladenin and some others. Compounds with cytokinin activity are produced in molds of genus *Paxillus*, *Rhizopogon*, *Suillus* (forming mycorrhiza with plants) as well as pathogenic fungi belonging to the genus *Uromyces*, *Schizophyllum*, *Taphrina* [9, 17].

For a long time plants failed to identify genes of cytokinins biosynthesis. This gave a reason to doubt that plants actually create these hormones, but in 2001 *Arabidopsis thaliana* was explored the genes that encode functionally active key of cytokinins enzyme — isopentenyltransferase biosynthesis were identified [4, 9]. The same genes were also found in bacteria and pathogenic fungi such as *Taphrina cerasi* [9, 18].

Exogenous cytokinins stimulate microorganisms' antibiotic, amino acids and some

enzymes biosynthesis and also affect on content of endogenous phytohormones in microorganisms. It is important that mixed culture of microorganisms form a larger number of auxins, gibberellins and cytokinins than pure cultures. As a result, biosynthesis of phytohormones has been increasing greatly in presence of microorganisms' associations interacting with plants [9, 18, 19].

Plants' metabolites exuding in rhizosphere contain a variety of biologically active compounds that are the source of microorganisms nutrition, phytohormones can be signal molecules for harmonizing interactions between plants and rhizosphere microorganisms. For example, the interaction with plants in root exudates containing tryptophan biosynthesis of auxins by microorganisms also increases, because tryptophan is a precursor of auxins and rhizosphere plant microflora has a key role in its transformation into IAA. Synthesized by microorganisms phytohormonal substances, in turn, affect both the plant and the producers. Therefore plants and associated microorganisms that inhabit one ecological niche should be considered as a solitary system. However, each participant in this system is characterized by its own biochemical activity, and finally synthesizes the same plant hormones, the difference of which is in concentration only. In struggle for existence, those rhizosphere microorganisms receive benefits which can secrete phytohormones, that allows them to colonize rhizosphere soil, root surface and penetrate into the internal plant tissues more successfully [9, 20].

The activity of phytohormones produced by molds is provided by their interaction with specific receptors (allosteric proteins) that recognize plant hormones, specifically bind with it, forming a hormone-receptor complex. This complex transmits signals required to run cell appropriate physiological response. It is important that the same hormone can connect to different receptors, causing under different physiological responses. This fact explains the reasons of phytohormones multifunctional action. Phytohormones influence on the so-called «competent» cells, and their

competence is determined by the presence of specific receptors [13].

2. Soil fungi-producers of phytotoxic substances.

Soil molds are able to synthesize phytotoxins depressing growth and plants' development as well as they produce different kinds of phytohormones.

A lot of soil microorganisms are characterized by phytotoxic activity. Thus, among all the selected soils microorganisms in chernozem soils 11–28% occurs, in sod-podzolic soils — 32–38% phytotoxic microorganisms [21, 22]. Largely content of phytotoxic microorganisms depends on agriculture kind. In cultivated soils their content is much less than in virgin soils. Particularly, strong influence on phytotoxic microorganism content has permanent crops growing and their high rotation. In addition, the content of phytotoxic microorganisms depends on soil type, degree of cultivation, farming practices and vegetation characteristics [23, 24].

Despite the fact that ability to produce phytotoxic substances was found in many types of soil microorganisms, phytotoxic substances are isolated and characterized only for certain types. This is due to the fact the establishment of the secondary metabolites chemical structure is quite a challenge. Instability and lability of many phytotoxic substances in soil further complicates the problem.

In 1970 T. Mirchynk proposed a division between toxins, phytotoxins and antibiotics undertaken on the basis of concentrations within their effect on the object. This approach has been very effective. On this basis active phytotoxins can be compounds in concentrations that do not override 100 mkg/ml negative effect on plants, without showing effects on animals and microorganisms. It belongs to phytoxins-antibiotics group when phytotoxic and antibiotic effect is expressed within the compound concentrations up to 100 mg/ml. Thus, viktorin is the typical phytotoxin because its activity expresses in concentration of 0.02 mkg/ml, while it does not influence on animals and microorganisms. As well, fusaric acid is the typical phytotoxin because its phytotoxic activity expresses in

concentration of 0.1–5.0 mkg/ml, while antibiotic activity occurs only in concentration of 500 mkg/ml. Generally, the majority of soil molds toxic compounds can be attributed to phytotoxins-antibiotics [21].

Mold phytotoxic substances related to the chemical nature of peptides or amino acid derivatives were investigated. These compounds are formed by phytopathogenic molds as usually and characterized by high biological activity and specificity for host-plant. This group includes viktorin (producer – *Helminthosporium* sp.), HC-toxin (producer – *Helminthosporium* sp.), alternarin (producer – *Alternaria* sp.), tentoxin (producer – *Alternaria alternaria*), AM-toxin (producer – *Alternaria mali*) and others [1].

Some saprophytic molds from genus *Aspergillus* produce malformin, its phytotoxic activity is detected in concentrations of 0.1–0.2 mkg/ml. By its chemical structure malformins are cyclical pentapeptides, consisting of cysteine, valine, leucine at different ratios [1, 25, 26].

Phytotoxic activity towards to tomatoes, potatoes and grapes has some amino acids derivatives like lycomarasmine (some species of *Fusarium* are producers) and lycomarasmine acid (some species of genus *Fusarium*, *Aspergillus*, *Colletotrichum*, *Pyrenophora* are producers) [27, 28].

Some soil molds (mainly phytopathogenic fungi) form compounds related to glycopeptides and other carbohydrates derivatives. This group of substances (producers – *Helminthosporium* sp.) and other phytotoxins is characterized by high activity and specificity for certain plants (producers – *Helminthosporium maydis*, *Phomatra cheiphila*, *Phialophora cinerescens*, *Verticillium dahliae*, some species of *Cladosporium*). All the above-mentioned toxins, occurring high activity against plants do not act on microorganisms, namely they are typical phytotoxins [1, 28].

Pathogenic microorganisms toxins are intensively studied due to their role in the plants pathogenesis. There is a great interest to toxins of soil saprophytic microorganisms. But unlike pathogenic microorganisms these molds produce phytotoxic compounds which

are in the same concentrations have negative effect on the microorganisms. So they are phytotoxins-antibiotics.

Patulin is the most studied phytotoxin-antibiotic (producers – *Penicillium* and *Aspergillus*), citrinin (producers – *Penicillium* and *Aspergillus*), penicilloic acid (producers – *Penicillium* and *Aspergillus*), rubratoxin (producer – *Penicillium purpurogenum*), alternaric acid (producers – *Alternaria tenuis* and *Alternaria solani*) and others [1, 25, 26, 28].

Saprophytic microorganisms are also able to synthesize typical phytotoxins that don't demonstrate antibiotic activity. Thus, the soil molds of *Chaetomium* and *Gliocladium* genus produce phytotoxic substances with active concentration of range 5–10 mkg/ml according to a wide range of crops. These are glycolipids and ketones by their chemical structure. The action of phytotoxic effects is in violation of plant cells penetration mechanism, reducing cell growth in stretching zone. Besides, the profound violation in nuclear cell takes place: structural changes of chromosomes occur, vacuolation of nuclear and their lysis also can happen [29].

Aflatoxins are the group of compounds similar to dihydrofuran (coumarin). Some species of *Aspergillus* produce them. *Aspergillus flavus* is the most active toxin-maker. At low concentrations these compounds are toxic to warm-blooded animals, fish, insects and microorganisms, thus they can be described as toxins-antibiotics [1, 25, 28].

Heterocyclic compounds containing nitrogen have a high phytotoxic activity. Among them there are picolinic acid, fusaric acid (which is a derivative of picolinic acid) and viridikatin. *Pseudomonas* (*P. putida*) bacteria can be active producer of picolinic acid. Different species of *Fusarium* molds produce picolinic and fusaric acids. Phytotoxic effect of these compounds is in the range of 1–10 mkg/ml, cotton and tomato plants are particularly susceptible to them [1].

From *Dendrodochium toxicum* individual substances called Dendrodochium mold toxin I, II, III, IV were isolated. The substances demonstrate strong toxic properties and cause disease, called Dendrodochitoxicosis. At the

same time the substances were characterized by phytotoxic properties (active concentration of 30 mkg/ml) in relation to seedlings of oats, barley, lupine, beans. The most sensitive to the toxic actions were cabbage and radishes. The chemical nature of the toxins were terpenoids (macrocyclic compounds), rather trichothecenes [30].

The complex of highly toxic metabolites produced by the mold *Stachybotrys alternans* is called Stachybotrys-toxin. Considering the highly toxic activity toward to animals and humans Stachybotrys-toxin demonstrates phytotoxic activity, provokes necrosis and death of plant tissues, and inhibits germination of crops. The chemical nature of Stachybotrys-toxin belongs to steroids [28].

Carbocyclic terpenes produced by *Fusicoccum amygdali* also have a strong phytotoxic effect on tomato plants, peaches and almonds. Fusicoccin, allofusicoccin and isofusicoccin are known among them. By their chemical structure they are similar, but differ by their phytotoxic activity. Thus, the active fusicoccin concentration is 2, allofusicoccin — 20, isofusicoccin 50 mkg/ml [1].

Many species of soil molds (*Aspergillus niger*, *Penicillium oxalicum*, *P. citrinum*, *P. arenaaria*, *P. luteus*, *Sclerotinia sclerotiorum*) produce oxalic and citric acids, which phytotoxic effects appeared in concentrations of 250–300 mkg/ml on vetch plant, lupine and peas. Dibasic unsaturated fumaric acid was isolated from the culture liquid of *Rhizopus* sp. — almond roots and branches pathogen. Effect of pure fumaric acid causes the same symptoms. The mold *Rhizoctonia solani* produces phenylacetic and hydroxyphenylacetic acids demonstrating phytotoxic effects at doses of 5–50 mkg/ml to rice, cotton, sugar beet and lucerne. *Penicillium* molds are capable to produce salicylic and cinnamic acid, which phytotoxic activity occurs at the concentration within 150–200 mkg/ml, [1, 25–27, 31].

Disclosure of the interaction features between phytotoxic molds, other units of rhizosphere microbiota and plants has essential scientific and practical importance. The toxic substances of microbial origin have practical usage in breeding the new varieties and

crop hybrids resistable to diseases and adverse environmental factors of creation an artificial infectious background. Their usage is justified by the fact that phytotoxins are able to decompose quickly and not to be accumulated in soil and other substrates, which is very important for the environment safety.

3. The symbiosis between fungi and plants (mycorrhiza).

Many of soil fungi are able to engage into close symbiotic relationships with plants, forming mycorrhiza. According to the literature sources of last decades mycorrhizal symbioses between fungi and plants are widespread and comprehend up to 85% of vascular plants on the Earth.

According to modern appreciation mycorrhiza is a structural formed mutualistic symbiotic association between plant roots and fungi where the organisms coexist in mutually beneficial relationship.

The development of symbiosis between fungi and plants is a complex multistage process that involves recognition, signaling and interaction between fungi and plants. Mycorrhiza formation is mutually beneficial for both fungus and plant. However, plants are able to grow and develop without mycorrhizal fungi while fungal spores are able for only limited germination and hyphae growth without plants. This demonstrates that plant signals perform the leading role to the symbiosis initiation. Last years a large number of attention was paid to studying signal interaction in processes of mycorrhiza forming. In spite of this the nature of plant signals of different stages is not described yet.

It was shown that some plant flavonoids are capable at the low concentrations stimulate arbuscular-vesicular mycorrhiza fungi growth. Estradiol is the most active among the flavonoids that make a stimulating effect on mycorrhizal fungi. There is information about the role of plant phytohormones, particularly cytokinins in mycorrhiza forming. Despite the results, most researchers believe that no flavonoids or plant hormones are the key signaling molecules in colonization of plant roots by mycorrhizal fungi. Perhaps un-

known secondary metabolites of plants are acting this role [32].

During last years, much researching was devoted to studying the molecular processes that occur during mycorrhizae formation. Interaction between mycorrhizal fungi and plants is a complex process, implemented through the molecular mechanisms. During symbiosis formation and functioning the interaction between partners combining into supraorganismal genetic system occurs. Close integration between metabolic partners, formation of specialized symbiotic structures and reproductive velocity regulation by symbiont plant is the result of mentioned system. Symbiosis forming is a special development strategy evolutionarily related to the general morphological programs. It had been organized during the evolution process together with microorganisms [32–34].

Today several types of mycorrhizae are described. Vesicular-arbuscular mycorrhiza is the most studied. It is usually formed by obligate symbiont fungi from class Zygomycetes order Glomales, genera *Glomus* and *Sclerocystis*. At various times the exhibiters of these genres were isolated from penitsetum roots tissues (*Pennisetum pedicellatum* Trin.), eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.), white acacia (*Faidherbia albida* (Delile) A. Chev.), himonobambuku (*Chimonobambusa quadrangularis* (Fenzi) Markino), erehtytesu (*Erechthites valerianifolia* (Walf.) DC.), hin-hobiloba (*Gingobiloba* L.), taro (*Colocasia formosanum* Hayata, *Colocasia formosa-num* TT Chang & T. Chen) and rice (*Oryza sativa* L.) [35, 36].

Arbuscular mycorrhiza is characterized by arbuscules and vesicles in plants' roots cortical cells. Straight hyphae and their swirls mostly aseptate can be identified in tissues. Colonization is occurred only in rhizoderma and root bark parenchyma. Fungi never penetrate into the vascular cylinder and meristem region [35]. Spores are formed in soil or in roots. In soil foliar hyphae are also developed forming the «external mycelium» [32].

Ectomycorrhiza is formed by Basidiomycetes, Ascomycetes and Zygomycetes fungi classes; they cover thick lateral roots with a

dense mesh (mantle). Hyphae don't penetrate into root cells but there is septate mycelium among root cells. The level of chlorophyll is usually accrued in such case. Most of gymnosperms as usual as angiosperms of Pinaceae, Betulaceae, Dipterocarpaceae, Myrtaceae, Fagaceae and Rosaceae families form ectomycorrhiza [35].

Arbutoides mycorrhiza is formed by basidiomycetes, ascomycetes and zygomycetes fungi class together with Ericales plants. The most typical examples are strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) forming mycorrhiza both with *Arctostaphylos* and *Pyrola* plants. The roots are covered with hyphal mantle like ectomycorrhiza but differ from it penetrating into root cells [36].

Monotropoides mycorrhiza is like arbutoides but Monotropaceae plants don't increase chlorophyll maintenance forming association with fungi. Thus *Tricholoma* fungi form mycorrhiza with *Pityopus* and *Allotropia* plants. Basidiomycete *Hydnellum* form mycorrhizal symbiosis in biocenosis containing *Hemitomes* and *Monotropis* plants. Monotropoides mycorrhiza usually formed by Basidiomycetes, Ascomycetes and Zygomycetes fungi [36].

Ericoides mycorrhiza is formed by basidiomycetes and ascomycetes together with Ericales plants order, for example — *Hymenoscyphus ericae*. This type of mycorrhiza is characterized by penetrating hyphae into root cells and hyphae curls in root hair cells [36].

Orquidoides mycorrhiza is distinctive for the orchid plants (genera *Gastrodia*) which often suffer from chlorophyll deficiency and they are forced to join an association with Basidiomycetes fungi. Fungi hyphae are braided around the orchid plants' roots inside and outside. Hyphae curls are present also in stems of plants [32].

Ectomycorrhiza and endomycorrhiza formed by Basidiomycetes, Ascomycetes and Zygomycetes fungi classes with gymnosperms and flowering plants is specific for them. Ectomycorrhiza fungi cover with dense mesh (mantle) thick lateral roots. Septate mycelium is growing among root cells. Ecten-

domycorrhiza has been less studied. It is similar to endomycorrhiza but differ with its hyphae presenting inside root cells. Hyphal mantle also can be absent. Both ecto- and endomycorrhiza lead to rising up chlorophyll maintenance in plant leaves [32, 36].

Mycorrhiza formation is mutually beneficial process both for plants and fungi. Therefore fungi get an access to products of plants' photosynthesis, at the same time fungal hyphae branch in soil giving the opportunity for mycorrhizal plants to rise up the bulk of soil available for them. Plants with mycorrhizal roots are better adapted to the environment. They are more protected from adverse environmental conditions including drought, negative temperature, salinity, soil and air pollution [37–40].

4. Endophytic associations of saprophytic soil fungi with plants.

It is well known that some saprophytic soil fungi of genus *Trichoderma*, *Fusarium*, *Acremonium* make endophytic associations with plants' roots. Herewith inherent specific structures are not formed and no signs of disease are observed [9].

During last years some statement appeared that *Chaetomium fungi* are able to exhibit endofit properties. It has been shown that *Chaetomium globosum* infects tissues of tropical cereals and legumes *Glinus lotoides*, *Canavalia cathartica* and *Imperata cylindrica* [42–44]. Using sequences analysis it was es-

tablished that *Chaetomium globosum* had been present among complex of endophytic fungi infecting leaf tissues, stems and roots of pink periwinkle (*Catharanthus roseus*) [45].

We revealed that soil saprophytic mold *Chaetomium cochliodes* can form mycorrhiza with plants of spring wheat and soybeans. It grows rapidly on plants' roots forming carposomes on the root surface and hairs and penetrates into rhizoderma cells which can be the evidence of endophytic association between the mold and plants. It has all the hallmarks of mycorrhiza, namely ectendomycorrhiza. *Chaetomium cochliodes* produces phytohormonal substance referring to auxins and gibberellins by their action and different fatty acids. There is arachidonic acid among them. It activates systemic immune response of plants on the effect of pathogens and adverse environmental factors [46, 47].

Some endophyte fungi are known as producers of growth regulating substances and can be used as the basic for biological preparations creation [48]. Such kinds of biological preparations have a number of significant advantages on synthetic growth regulatory substances. They are cheaper and multifunctional in comparison with traditional. Also that fungi can produce not only phytohormones but another biological active compound such as amino acids, fatty acids, vitamins and so on which have positive influence on plants growth and development.

LITERATURE

1. Garrett S.D. Soil Fungi and Soil Fertility: An Introduction to Soil Mycology / S.D. Garrett. — Pergamon, 2013. — 164 p.
2. Борзова Н.В. Целюлозодеградуючі системи мікроорганізмів: біосинтез, властивості та структурно-функціональні особливості / Н.В. Борзова, Л.Д. Варбанець // Біотехнологія. — 2009. — Т. 2, № 2. — С. 23–41.
3. Handbook of Applied Mycology. — Vol. 1: Soil and Plants. — CRC Press, 1991. — 736 p.
4. Кулаева О.Н. Новейшие достижения и перспективы в области изучения цитокининов / О.Н. Кулаева, В.В. Кузнецов // Физиол. раст. — 2002. — Т. 49, № 4. — С. 626–640.
5. Гормоны и гормоноподобные соединения микроорганизмов (обзор) / Е.А. Цавкелова, С.Ю. Климова, Т.А. Чердынцева, А.И. Нетрусов // Прикладная биохимия и микробиология. — 2006. — Т. 42, № 3. — С. 161–168.
6. Indole derivatives produced by the fungus *Colletotrichum acutatum* causing lime anthracnose and post-bloom fruit drop of citrus / K.R. Chung, T. Shilts, U. Erturk et al. // FEMS Microbiology Letters. — 2003. — Vol. 226, No. 1. — P. 23–30.
7. Phytotoxicity of Indole-3-acetic Acid Produced by the Fungus, *Pythium aphanidermatum* / A. Shimada, S. Takeuchi, A. Nakajima et al. // Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry. — 2000. — Vol. 64, No. 1. — P. 187–189.
8. Yurekli F. The synthesis of indole-3-acetic acid by the industrially important white-rot fungus *Lentinus sajor-caju* under different culture conditions / F. Yurekli, H. Geckil, F. Topcuoglu // Mycological Research. — 2003. — Vol. 107, No. 3. — P. 305–309.

9. Микроорганизмы-продуценты стимуляторов роста растений и их практическое применение (обзор) / Е.А. Цавкелова, С.Ю. Климова, Т.А. Чердынцева, А.И. Нетрусов // Прикладная биохимия и микробиология. — 2006. — Т. 42, № 2. — С. 133–143.
10. Biosynthesis and Secretion of Indole-3-Acetic Acid and Its Morphological Effects on *Tricholomavaccinium-Spruce* Ectomycorrhiza / K. Krause, C. Henke, T. Asimwe et al. // Appl Environ Microbiol. 2015. — Oct.; No. 81(20). — P. 7003–7011.
11. In Planta Production of Indole-3-Acetic Acid by *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *aeschnomene* / R. Maor, S. Haskin, H. Levi-Kedmi, A. Sharon // Appl Environ Microbiol. — 2004 — Vol. 70, No. 3. — P. 1852–1854.
12. Wu J. A preliminary study on ingredient of secretion from fungi of orchid mycorrhiza / J. Wu, J. Qian, S. Zheng // Ying Yong Sheng Tai Xue Bao. — 2002. — Vol. 13, No. 7. — P. 845–848.
13. Phytohormones In Botrytis-Plant Interactions / A. Sharon, Y. Elad, R. Barakat, P. Tudzynski. — Botrytis: Biology, Pathology and Control. — Springer Netherlands, 2007. — P. 163–179.
14. Niemi K. Häggman Ectomycorrhizal fungi and exogenous auxins influence root and mycorrhiza formation of Scots pine hypocotyl cuttings *in vitro* / K. Niemi, T. Vuorinen, A. Ernsten // Tree Physiology. — 2002. — Vol. 22, No. 17. — P. 1231–1239.
15. Sergeeva E. Evidence for production of the phytohormone indole-3-acetic acid by cyanobacteria / E. Sergeeva, A. Liaimer, B. Bergman // Planta. — 2002. — Vol. 215. — P. 229–238.
16. Characterization of gibberellin producing strains of *Fusarium moniliforme* based on DNA polymorphism / N. Mitter, A. Srivastava, K. Renu et al. // Mycopathologia. — 2002. — Vol. 153, No. 4. — P. 187–193.
17. Janitor A. Growth of mycelia of phytopathogenic fungi after application of abscisic acid in *in vitro* conditions / A. Janitor // Plant Protection Science. — 2002. — Vol. 38, No. 3. — P. 94–97.
18. Chancelud E. Plant hormones: a fungal point of view / E. Chancelud, J.-B. Morel // Molecular Plant Pathology. — 2016. — No. 17 (8). — P. 1289–1297.
19. Vereecke D. The *Rhodococcus fascians*-plant interaction: morphological traits and biotechnological applications / D. Vereecke, S. Burssens, C. Simon-Mateo // Planta. — 2000. — Vol. 210, No. 2. — P. 241–251.
20. Роль триптофана в корневых экзометаболитах для фитостимулирующей активности ризобактерий / Л.В. Кравченко, Т.С. Азарова, Н.М. Макарова, И.А. Тихонович // Микробиология. — 2004. — Т. 73, № 2. — С. 195–198.
21. Мирчинк Т.Г. Токсины почвенных и фитопатогенных грибов / Т.Г. Мирчинк // Сельскохозяйственная биология. — 1970. — Т. 5, № 5. — С. 694–702.
22. Надкерничный С.П. Фитотоксические свойства микроскопических грибов почв Украины: Автореф. дис. ... канд. биол. наук / С.П. Надкернич-ный; Всес. науч.-иссл. ин-т с.-х. микробиологии. — Л., 1976. — 34 с.
23. Берестецкий О.А. Фитотоксины почвенных микроорганизмов и их экологическая роль / О.А. Берестецкий // Фитотоксические свойства почвенных микроорганизмов. — Л., 1978. — С. 7–15.
24. Шербаков А.П. Фитотоксичность почвенных микромикетов как параметр агроэкологического мониторинга / А.П. Шербаков, И.Д. Свистова // Сельскохозяйственная микробиология в XIX–XXI веках: Всерос. конф. (С.-Петербург, 14–19 июня 2001 г.): Тез. докл. — СПб., 2001. — С. 41.
25. Advances in *Aspergillus secondary* metabolite research in the post-genomic era / J.F. Sanchez, A.D. Somoza, N.P. Keller, C. Wang. // Natural product reports. — 2012. — Vol. 29, No. 3. — P. 351–371.
26. Zhelifonova V.P. Secondary metabolites in taxonomy of the *Penicillium fungi* / V.P. Zhelifonova, T.V. Antipova, A.G. Kozlovsky // Microbiology. — 2010. — Vol. 79, No. 3. — P. 277–286.
27. Nesic K. Fusarial toxins: secondary metabolites of *Fusarium fungi* / K. Nesic, S. Ivanovic, V. Nesic // Rev Environ Contam Toxicol. — 2014. — Vol. 228. — P. 101–120.
28. Ismaiel A. Mycotoxins: Producing Fungi and Mechanisms of Phytotoxicity / A. Ismaiel, J. Papenbrock // Agriculture 2015. — No. 5. — P. 492–537.
29. Надкерничная Е.В. Изучение химической природы и свойств фитотоксических веществ *Gliocladium zaleskii* Pidopl. 11313 и *Chaetomium aureum* 8583: Автореф. дис. ... канд. биол. наук / Е.В. Надкерничная; Ин-т микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного. — К., 1982. — 27 с.
30. Микотоксины: прошлое, настоящее, будущее / А.М. Зайченко, И.Г. Рубежняя, Е.В. Андриенко и др. // Микробиол. журн. — 2003. — Т. 65, № 1–2. — С. 141–148.
31. Schmiedeknecht G. Erfolgreiche Anwendung mikrobieller Antagonisten zur biologischen Bekämpfung von *Rhizoctonia solani* bei Kartoffel pflanzen / G. Schmiedeknecht // Mitt. Biol. Bundesanst. Land — und Forstwirtschaft. — 1990. — No. 266. — P. 296.
32. Кривка А.В. Молекулярные и клеточные аспекты развития арбускулярных микоризных симбиозов и их значение в жизнедеятельности растений / А.В. Кривка, Б.В. Сорочинский, Д.М. Гродзинский // Цитология и генетика. — 2002. — № 4. — С. 72–81.
33. Генетика развития растений / Л.А. Лутова, Н.А. Проворов, О.Н. Тиходеев и др. — СПб.: Наука, 2000. — 539 с.
34. The pre-symbiotic growth of arbuscular mycorrhizal fungi is induced by a branching factor partially purified from plant root exudates / M. Buee, M. Rossignol, A. Jauneau et al. // Molecular Plant-Microbe Interactions. — 2000. — Vol. 13. — P. 693–698.
35. Changing partners in the dark: isotopic and molecular evidence of ectomycorrhizal liaisons between forest orchids and trees. / M.I. Bidartondo, B. Burghardt, G. Gebauer et al. // Proceedings of

- the Royal Society of London. — 2004. — Vol. 271. — P. 1799–1806. — (Series: B, Biological Sciences).
36. Differential expression of *Glomus intraradices* genes in external mycelium and mycorrhizal roots of tomato and barley / G. Delp, S. Timonen, G. Rosewarne et al. // *Mycological Research*. — 2003. — Vol. 107. — P. 1083–1093.
 37. Akiyama K. Plant sesquiterpenes induce hyphal branching in arbuscular mycorrhizal fungi / K. Akiyama, H. Matsuoka, H. Hayashi // *Nature*. — 2005. — Vol. 435. — P. 824–827.
 38. Смит С.Е. Микоризный симбиоз / С.Е. Смит, Д.Дж. Рид; [Пер. с англ. Е.Ю. Ворониной]. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. — 776 с.
 39. Arbuscular mycorrhizae and water relations in maize under drought stress at tasseling / K.S. Subramanian, C. Charest, L.M. Dwyer, R.I. Hamilton // *New Phytol.* — 1995. — Vol. 129. — P. 643–650.
 40. Strigolactones stimulate arbuscular mycorrhizal fungi by activating mitochondria / A. Besserer, V. Puech-Pages, P. Kiefer et al. // *PLoS Biology*. — 2006. — Vol. 4. — P. 1239–1247.
 41. Characterization of an Aux AA cDNA upregulated in *Pinus pinaster* roots in response to colonization by the ectomycorrhizal fungus *Hebeloma cylindrosporum* / V. Charvet-Candela, S. Hitchin, D. Ernst et al. // *New Phytologist*. — 2002. — Vol. 154. — P. 769–777.
 42. Chaetoglobosin U, a cytochalasan alkaloid from endophytic *Chaetomium globosum* IFB-E019 / G. Ding, Y.C. Song, J.R. Chen et al. // *J. Nat. Prod.* — 2006. — Vol. 69. — P. 302–304.
 43. El-Zayat S.A. Preliminary studies on laccase production by *Chaetomium globosum* an endophytic fungus in *Glinus lotoides* / S.A. El-Zayat // *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* — 2008. — Vol. 1, No. 3. — P. 86–90.
 44. Seena S. Endophytic fungal diversity of 2 sand dune wild legumes from the southwest coast of India / S. Seena, K.R. Sridhar // *Can. J. Microbiol.* — 2004. — Vol. 50, No. 12. — P. 1015–1021.
 45. The endophytic fungal complex of *Catharanthus roseus* (L.) G. Don / R.N. Kharwar, V.C. Verma, G. Strobel, D. Ezra // *Current science*. — 2008. — Vol. 95, No. 2 — P. 228–233.
 46. Копылов Е.П. Ефективність симбіотичної взаємодії гриба *Chaetomium cochliodes* Palliser з рослинами сої / Е.П. Копылов, С.П. Надкєрничний // *Фізіологія і біохімія культурних рослин*. — 2008. — Т. 40, № 3. — С. 260–267.
 47. Копылов Е.П. Почвенные сапрофитные грибы — природные регуляторы роста, развития и устойчивости растений к возбудителям болезней / Е.П. Копылов. — Palmarium academic publishing, AV Akademikerverlag GmbH & Co.KG, 2013. — 104 с.
 48. Новый комплексный препарат Біовітрекс-екстра та його рістстимулююча і фунгіцидна активність в дослідях з озимого пшеницею / І.В. Драгозов, В.К. Яворська, А.В. Богданович та ін. // *Биологические препараты в растениеводстве*. Radostim. — Kiev, 2008. — P. 109–113.

REFERENCES

1. Garrett, S.D. (2013). *Soil Fungi and Soil Fertility: An Introduction to Soil Mycology*. Pergamon [in English].
2. Borzova, N.V. & Varbanets, L.D. (2009). Celulozodegradujuchi systemy mikroorganizmiv: biosintez, vlastivosti ta strukturno-funkcionalni osoblyvosti [The cellulose degrading systems of microorganisms: biosynthesis, properties, structural and functional characteristics]. *Biotechnologia — Biotechnology*, 2, 2, 23–41 [in Ukrainian].
3. *Handbook of Applied Mycology* (1991). (Vol. 1). Soil and Plants [in English].
4. Kulaeva, O.N. & Kuznetsov, V.V. (2002). Novejshe dostizhenija i perspektivy v oblasti izuchenija citokininov [The newest achievements and prospects in cytokinins investigation sphere]. *Physiol. rast. — Physiology of plants*, 49, 4, 626–640 [in Russian].
5. Tsavkelova, E.A., Klimova, S.Yu., Cherdyntseva, T.A., Netrusov, A.I. (2006). Gormony i gormonopodobnye soedineniya mikroorganizmiv (obzor) [Hormones and hormone-like substances of microorganisms: A review]. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya — Applied Biochemistry and Microbiology*, 42, 3, 161–168 [in Russian].
6. Chung, K.R. Shilts, T., Erturk, U., Timmer, L.W., Ueng, P.P. (2003). Indole derivatives produced by the fungus *Colletotrichum acutatum* causing lime anthracnose and postbloom fruit drop of citrus. *FEMS Microbiology Letters.*, Vol. 226, 1, 23–30 [in English].
7. Shimada, A., Takeuchi, S., Nakajima, A., Tanaka, S., Kawano, T., Kimura, Y. (2000). Phytotoxicity of Indole-3-acetic Acid Produced by the Fungus, *Pythium aphanidermatum*. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, Vol. 64, 1, 187–189 [in English].
8. Yurekli, F., Geckil, H., Topcuoglu, F. (2003). The synthesis of indole-3-acetic acid by the industrially important white-rot fungus *Lentinus sajor-caju* under different culture conditions. *Mycological Research*, Vol. 107, 3, 305–309 [in English].
9. Cavkelova, E.A., Klimova, S.Y., Cherdynceva, T.A., Netrusov, A.I. (2006). Mikroorganizmy-producenty stimulyatorov rosta rastenij i ih prakticheskoe primenenie (obzor) [Microbial producers of plant growth stimulators and their practical use: A review]. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya — Applied Biochemistry and Microbiology*, 42, 2, 133–143 [in Russian].
10. Krause, K., Henke, C., Asimwe, T., Ulbricht, A., Klemmer, S., Schachtschabel, D. et al. (2015). Biosynthesis and Secretion of Indole-3-Acetic Acid and Its Morphological Effects on *Tricholoma vaccinum*-Spruce Ectomycorrhiza. *Appl Environ Microbiol.*, 81, 20, 7003–7011 [in English].
11. Maor, R., Haskin, S., Levi-Kedmi, H., Sharon, A. (2004). In *Planta Production of Indole-3-Acetic*

- Acid by *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *aeschynomene*. *Appl Environ Microbiol.*, Vol. 70, 3, 1852–1854 [in English].
12. Wu, J., Qian, J., Zheng, S. (2002). A preliminary study on ingredient of secretion from fungi of orchid mycorrhiza. *Ying Yong Sheng Tai Xue Bao*, Vol. 13, 7, 845–848 [in English].
 13. Sharon, A., Elad, Y., Barakat, R., Tudzynski, P. (2007). *Phytohormones In Botrytis-Plant Interactions*. Botrytis: Biology, Pathology and Control. Springer Netherlands [in English].
 14. Niemi, K., Vuorinen, T., Ernstsén, A. (2002). Häggman Ectomycorrhizal fungi and exogenous auxins influence root and mycorrhiza formation of Scots pine hypocotyl cuttings in vitro. *Tree Physiology*, Vol. 22, 17, 1231–1239 [in English].
 15. Sergeeva, E., Liaimer, A., Bergman, B. (2002). Evidence for production of the phytohormone indole-3-acetic acid by cyanobacteria. *Planta*, Vol. 215, 229–238 [in English].
 16. Mitter, N., Srivastava, A., Renu, K., Ahamad, S., Sarbhoy, A.K., Agarwal, D.K. (2002). Characterization of gibberellin producing strains of Fusarium moniliforme based on DNA polymorphism. *Mycopathologia*, Vol. 153, 4, 187–193 [in English].
 17. Janitor, A. (2002). Growth of mycelia of phytopathogenic fungi after application of abscisic acid in vitro conditions. *Plant Protection Science*, Vol. 38, 3, 94–97 [in English].
 18. Chanclud, E. & Morel, J.-B. (2016). Plant hormones: a fungal point of view. *Molecular Plant Pathology*, 17, 8, 1289–1297 [in English].
 19. Vereecke, D., Burssens, S., Simon-Mateo, C. (2000). The *Rhodococcus fascians*-plant interaction: morphological traits and biotechnological applications. *Planta*, Vol. 210, 2, 0241–0251 [in English].
 20. Kravchenko, L.V., Azarova, T.S., Makarova, N.M., Tihonovich, I.A. (2004). Rol' triptofana v kornevnykh ehkzometabolitakh dlya fitostimuliruyushchej aktivnosti rizobakterij [The role of tryptophan in root exometabolites for the phytostimulating activity of rhizobacteria]. *Mikrobiologiya — Microbiology*, 73, 2, 195–198 [in Russian].
 21. Mirchink, T.G. (1970). Toksiny pochvennykh i fitopatogennykh gribov [Toxins of soil and phytopathogenic fungi]. *Sel'skohozyajstvennaya biologiya — Agricultural biology*, 5, 5, 694–702 [in Russian].
 22. Nadkernichnyj, S.P. (1976). Fitotoksicheskie svoystva mikroskopicheskikh gribov pochv Ukrainy [Phytotoxic properties of microscopic fungi of soils in Ukraine]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Leningrad [in Russian].
 23. Beresteckij, O.A. (1978). *Fitotoksiny pochvennykh mikroorganizmov i ih ehkologicheskaya rol'* [Phytotoxins of soil microorganisms and their ecological role]. Fitotoksicheskie svoystva pochvennykh mikroorganizmov [Phytotoxic properties of soil microorganisms]. Leningrad [in Russian].
 24. Shcherbakov, A.P. & Svistova, I.D. (2001). Fitotoksichnost' pochvennykh mikromicetov kak parametar agroehkologicheskogo monitoringa [Phytotoxicity of soil micromycetes as a parameter of agroecological monitoring]. *Agricultural microbiology in the XIX-XXI centuries*. All-Russia conf. '01: *Tez. dokl.* (pp. 41). St. Petersburg [in Russian].
 25. Sanchez, J.F., Somoza, A.D., Keller, N.P., Wang, C. (2012). Advances in *Aspergillus* secondary metabolite research in the post-genomic era. *Natural product reports*, 29, 3, 351–371 [in English].
 26. Zhelifonova, V.P., Antipova, T.V., Zhelifonova, V.P., Kozlovsky, A.G. (2010). Secondary metabolites in taxonomy of the *Penicillium* fungi. *Microbiology*, Vol. 79, 3, 277–286 [in English].
 27. Nesic, K., Ivanovic, S., Nesic, V. (2014). Fusarial toxins: secondary metabolites of *Fusarium* fungi. *Rev Environ Contam Toxicol.*, 228, 101–120 [in English].
 28. Ismaiel, A. & Papenbrock, J. (2015). Mycotoxins: Producing Fungi and Mechanisms of Phytotoxicity. *Agriculture*, 5, 492–537 [in English].
 29. Nadkernichnaya, E.V. (1982). Izuchenie khimicheskoi prirody i svoystv fitotoksicheskikh veshchestv *Gliocladium zaleskii* Pidopl. 11313 i *Chaetomium aureum* 8583 [Studying of chemical nature and properties of phytotoxic substances *Gliocladium zaleskii* Pidopl. 11313 and *Chaetomium aureum* 8583]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kiev [in Russian].
 30. Zajchenko, A.M., Rubeshnyak, I.G., Andrienko, E.V., Kobzistaya, O.P., Cyganenko, E.S. (2003). Mikotoksiny: proshloe, nastoyashchee, budushchee [Mycotoxins: past, present, future]. *Mikrobiol. zhurn — Microbiol. Journal*, Vol. 65, 1–2, 141–148 [in Russian].
 31. Schmiedeknecht, G. (1990). Erfolgreiche Anwendung mikrobieller Antagonisten zur biologischen Bekämpfung von *Rhizoctonia solani* bei Kartoffelfflanzen [Successful application of microbial antagonists for the biological control of *Rhizoctonia solani* in potato plants]. *Mitt. Biol. Bundesanst. Land und Forstweirt — Biol. Bundesanst. Land and forestry*, 266, 296 (in German).
 32. Kripka, A.V., Sorochinskij, B.V., Grodzinskij, D.M. (2002). Molekulyarnye i kletochnye aspekty razvitiya arbuskulyarnykh mikoriznykh simbiozov i ih znachenie v zhiznedeyatel'nosti rastenij [Molecular and cellular aspects of the development of arbuscular mycorrhizal symbioses and their significance in the vital activity of plants]. *Citologiya i genetika — Cytology and Genetics*, 4, 72–81 [in Russian].
 33. Lutova, L.A., Provorov, N.A., Tihodeev, O.N. et al. (2000). *Genetika razvitiya rastenij* [Genetics of plant development]. Sankt-Peterburg: Nauka [in Russian].
 34. Buee, M., Rossignol, M., Jauneau, A., Ranjeva, R., Becard, G. (2000). The pre-symbiotic growth of arbuscular mycorrhizal fungi is induced by a branching factor partially purified from plant root exudates. *Molecular Plant-Microbe Interactions*, Vol. 13, 693–698 [in English].
 35. Bidartondo, M.I., Burghardt, B., Gebauer, G., Bruns, T.D., Read, D.J. (2004). Changing partners in the dark: isotopic and molecular evidence of ectomycorrhizal liaisons between forest orchids and

- trees. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, Vol. 271, 1799–1806 [in English].
36. Delp, G., Timonen, S., Rosewarne, G., Barker, S.J., Smith, S.E. (2003). Differential expression of *Glomus intraradices* genes in external mycelium and mycorrhizal roots of tomato and barley. *Mycological Research*, Vol. 107, 1083–1093 [in English].
 37. Akiyama, K., Matsuoka, H., Hayashi, H. (2005). Plant sesquiterpenes induce hyphal branching in arbuscular mycorrhizal fungi. *Nature*, Vol. 435, 824–827 [in English].
 38. Smith, S.E., Read D.J. (2012). *Mycorrhizal Symbiosis* (E.Y. Voronina, Trans). Moscow: A partnership of scientific publications KMK [in Russian].
 39. Subramanian, K.S. Charest, C., Dwyer, L.M., Hamilton, R.I. (1995). Arbuscular mycorrhizae and water relations in maize under drought stress at tasseling. *New Phytol*, Vol. 129, 643–650 [in English].
 40. Besserer, A., Puech-Pages, V., Kiefer, P., Gomez-Roldan, V., Jauneau, A., Roy, S. et al. (2006). Strigolactones stimulate arbuscular mycorrhizal fungi by activating mitochondria. *PLoS Biology*, Vol. 4, 1239–1247 [in English].
 41. Charvet-Candela, V., Hitchin, S., Ernst, D., Sandermann, H.Jr., Marmeisse, R., Gay, G. (2002). Characterization of an Aux/AA cDNA upregulated in *Pinus pinaster* roots in response to colonization by the ectomycorrhizal fungus *Hebeloma cylindrosporum*. *New Phytologist*, 154, 769–777 [in English].
 42. Ding, G., Song, Y.C., Chen, J.R., Xu, C., Ge, H.M., Wang, X.T. et al. (2006). Chaetoglobosin U, a cytochalasan alkaloid from endophytic *Chaetomium globosum* IFB-E019. *J. Nat. Prod.*, Vol. 69, 302–304 [in English].
 43. El-Zayat, S.A. (2008). Preliminary studies on laccase production by *Chaetomium globosum* an endophytic fungus in *Glinus lotoides*. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, Vol. 1, 3, 86–90 [in English].
 44. Seena, S. & Sridhar, K.R. (2004). Endophytic fungal diversity of 2 sand dune wild legumes from the southwest coast of India. *Can. J. Microbiol.*, Vol. 50, 12, 1015–1021 [in English].
 45. Kharwar, R.N., Verma, V.C., Strobel, G., Ezra, D. (2008). The endophytic fungal complex of *Catharanthus roseus* (L.) G. Don. *Current science*, Vol. 95, 2, 228–233 [in English].
 46. Kopilov, E.P. & Nadkernichnij, S.P. (2008). Efektyvnist' symbiotychnoyi vzayemodiyi gryba *Chaetomium cochliodes* Palliser z roslynamy soyi [The efficiency of symbiotic interaction of mold *Chaetomium cochliodes* Palliser with soybean plants]. *Fiziologiya i biokhimiya kul'turnyh rastenij – Physiology and biochemistry cultural plants*, 40, 3, 260–267 [in Ukrainian].
 47. Kopilov, E.P. (2013). *Pochvennye saprofitnye griby – prirodnye regulatory rosta, razvitiya i ustojchivosti rastenij k vzbuditel'nyam boleznej* [Saprophytic soil fungi – natural regulators of growth, development and resistance of plants to disease agents]. Palmarium academic publishing, AV Akademikerverlag GmbH&Co.KG [in Russian].
 48. Dragovoz, I.V., Yavorska, V.K., Bogdanovych, A.V. (2008). Novyj kompleksnyj preparat Biovitreks-ekstra ta jogo rist stymulyuyucha i fungicydna aktyvnist v doslidax z ozymoyu pshenyceyu [The new integrated product Biovitreks-extra and its growth-stimulating and fungicidal activity in experiments with winter wheat]. *Biologicheskie preparaty v rastenievodstve. Radostim* [Biological preparations in plant growing. Radostim]. Kiev [in Ukrainian].

УБІКВІТАРНІСТЬ, СТРУКТУРА ТА ФУНКЦІЯ ВІРУСІВ ЗА РІЗНИХ ЕКОЛОГІЧНИХ УМОВ

А.Л. Бойко

Інститут агроекології і природокористування НААН

Висвітлено результати досліджень вірусологічного різноманіття унікальних планетарних збудників хвороб, наділених можливістю різнопланових функцій на основі взаємодії з біологічними системами на різних рівнях організації життя. Зосереджено значну увагу на шкодочинності вірусів різних організмів. Основою статті є результати досліджень, які автор разом із своїми учнями та колегами впродовж багатьох років виконував на вірусах різних таксономічних груп. Головна увага цих досліджень була зосереджена на структурі і функції РНК- та ДНК-умісних вірусів за впливу на них радіаційного навантаження, магнітних полів, мікрогравітації, біотичних та абіотичних чинників довкілля біоценозів. Проведено також спеціалізовані досліді на основі комплексу вірусних компонентів в умовах in vitro, аналізів ГМО, використання РНК ізолятів ВТМ для трансфекції з клітинами ссавців. У різнопланових біотехнологіях розроблено та використано методи діагностики і профілактики фітовірусів на рослинах полів і лісових масивів. У багаторічних дослідженнях формувалися нові наукові ідеї, плани поєднання фундаментальних та прикладних робіт у галузі вірусології, екології та біотехнології. Статтю присвячено ювілейним датам — створення Інституту агроекології і природокористування НААН та відкриття кафедри вірусології Київського національного університету імені Тараса Шевченка, які довгий період працюють в тісному «симбіозі» над екологічними проблемами в галузі вірусології.

Ключові слова: віруси, екологія, біотехнологія, біоценоз.

Аналіз архівних матеріалів та історичних повідомлень вітчизняних і зарубіжних дослідників свідчить, що вірусологія як наука була започаткована в Україні. Після відкриття у 1892 р. Д.Й. Івановським патогену тютюну, ним у 1903 р. за підтримки професора С.Г. Навашина була захищена докторська дисертація в Університеті Святого Володимира (м. Київ). Автор наукової роботи довів, що мозаїку на рослинах тютюну зумовлено особливим збудником, який пізніше назвуть вірусом. Пройшов певний час і «лженаука» вірусологія заповнила світові наукові лабораторії.

У 1962 р. уперше на теренах Радянського Союзу в Державному університеті імені Т.Г. Шевченка (м. Київ) була створена кафедра вірусології, яку очолила відомий вчений професор Н.П. Корнюшенко [1]. Пізніше цей навчально-науковий заклад започаткував комплементарні взаємовідносини в галузі вірусології з науковими та освітянськими установами України і світо-

вими спеціалізованими центрами [2–4]. Слід зауважити, що керівництво університету завжди підтримувало наукові напрями і учбовий процес вірусологів.

Значний внесок у розвиток вітчизняної вірусології зробив член-кореспондент АН УРСР, директор Інституту мікробіології і вірусології (1960–1971 рр.), завідувач відділу вірусів рослин С.М. Московець.

Важливо, що підтримку вірусологічних досліджень в АПК України, організаційну наукову та фінансову допомогу надавали в різні періоди президенти Аграрної академії наук України академіки — О.О. Созінов та М.В. Зубець, директори Інституту агроекології і природокористування НААН академіки — О.О. Созінов, В.П. Патика, О.І. Фурдичко. Необхідно підкреслити вагомому координацію різнопланових досліджень в галузі вітчизняної вірусології президентом НАН України академіком Б.Є. Патоном, який багато зробив для її розвитку.

Основна мета наведених результатів досліджень у статті — розкриття важливих

біологічних властивостей вірусів за різних умов їх поширення, шкодочинності, репродукції, використання в біотехнологіях різного рівня складності.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У роботі були задіяні методики вивчення властивостей РНК- та ДНК- умісних вірусів, виділених із різних видів організмів. Деякі збудники хвороб слугували об'єктами для виконання модельних спеціалізованих дослідів з проблем впливу на них радіаційного навантаження, магнітних полів, геліокосмічних чинників. Первинним ланцюгом у роботі були віруси: сільськогосподарських культур, грипу, бактерій, грибів, біологічного різноманіття лісових екосистем, гідробіонтів. Для вивчення молекулярно-біологічних властивостей вірусів використовували традиційні та нові сучасні методи: зараження тварин, культивування вірусів на курячих ембріонах, рослинах, зараження культури клітин, методи виділення бактеріофагів, біологічне титрування фітовірусів, використання ІФА, ПЛР, секвенування та аналіз нуклеотидної (НК) послідовності. Особливе місце в роботі відведено дослідженню патогенів, до яких варто віднести просвічувальну трансмісивну, сканувальну (растрову) електронну та атомно-силову, а також різного типу світлову і люмінесцентну мікроскопію. У процесі досліджень вірусів різних таксономічних груп нами створено нові методи їх очищення, діагностики і профілактики. До цих методів слід віднести спосіб бездеградаційного дистанційного контролю вірусної інфекції в організмі рослин, експрес-метод виявлення патогенів у грибах та інших організмах [5–10].

Для більшості патогенів вірусної природи [9–11] було використано метод швидкісної седиментації, що надав змогу визначити коефіцієнти та константи седиментації, провести оцінку чистоти препаратів вірусів, нуклеїнових кислот та структурних білків. З огляду на простоту та доступність, у роботі застосовували електрофорез у поліакриламідному гелі. Також застосовували загальні біотехно-

логічні принципи вирощування рослин в умовах *in vitro*, оцінки стану навколишнього природного середовища, формування органічних композицій з антипатогенною дією на основі біохімічних фракцій із грибів, бактерій, рослин і природних мінералів. Значну увагу в дослідях було зосереджено на отриманні в експериментальних умовах «штучних» штамів вірусів з використанням їх для преїмунізації (вакцинації рослин). Під час виконання різнопланових досліджень була проведена оцінка стійкості сортів, гібридів сільськогосподарських культур до вірусів різних таксономічних груп [3, 4].

Для побудови та вивчення математичних моделей взаємодії патогенів з організмом та їх поведінки в біоценозах використовували методи: ідентифікації моделей, оптимізації, визначення розв'язання лінійних рівнянь. Також враховували, наприклад, компоненти екологічних ніш (рушійної сили, властивостей об'єкта, потоки енергії, взаємодію чинників) [3, 6].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Аналіз результатів науковців, які досліджували властивості вірусів, свідчить, що екологічна незбалансованість екологічних ніш [5] часто спричиняє катастрофічні епідемії. Поряд із тим необхідно наголосити на використанні деяких вірусів (рослин, ссавців, бактерій, комах) як векторів у дослідях, які несуть молекулярно-біологічну інформацію на генетичному рівні як у клітин, так і у організмі загалом (табл.).

Так наприклад, ген білка ВТМ у комплексі із рекомбінантною плазмідною агробактерії за перенесення в хромосому рослин томату надають змогу отримати ГМО, які є стійкішими до інфекції та продуктивнішими рослинами. Проте за нашими результатами аналізів 8–12% таких рослин у процесі онтогенезу втрачають стійкість до інфекції, що спричиняють ізоляти ВТМ. Подібна ситуація може виникати за використанням ретровірусів і бактеріофагів для інших організмів. Слід зважати на те, що варіанти вірусу грипу [1] за різних екологічних умов змінюють свою мінливість, про

Основні віруси та інші патогени, які вивчалися в різнопланових дослідках

Патоген	Тип НК	Примітка
ВТМ (ізоляти ефіроолійних рослин, лісових масивів, овочевих, лікарських культур)	РНК	За нашими результатами досліджень значне поширення серед рослин мають два варіанти ВТМ — РТМ 9,5; ТМ LE 7. Проведено аналіз нуклеотидної послідовності секвенованих ділянок
Вірус грипу	(мінус) РНК	Досліджувався на модельних системах: курячих ембріонах, мишах, перелітних птахів (1962–2014 рр.)
Рабдовірус коропа	(мінус) РНК	Вірус уражує рибу в штучних водоймах — до 26%
ХВК, УВК	РНК та РНК	Здатні уражувати картоплю в комплексі та завдавати значних збитків
Рабдовіруси: пшениці, картоплі, гречки, малини, хмелю, соняшнику, грибів	(мінус) РНК	Здійснено порівняльну характеристику вірусів. Уражують близько 60 видів рослин. В окремі періоди вегетації ураження досягає 10–60%.
Тосповіруси: соняшнику, томату	(мінус) РНК	За своїми молекулярно-біологічними властивостями є подібними до вірусів ссавців. У деякі роки уражує соняшник — до 62%.
ВОМ	РНК	Ідентифікується на різних видах рослин, уражує овочеві культури, березу повислу.
Віроїд хмелю	Замкнена в кільце РНК	Виділено із рослин хмелю
Ларвіруси: хмелю, ліщини, плодово-ягідних культур	РНК	Часто контамінують рослини латентно. Під впливом чинників довкілля індукують хлоротичну плямистість на листовій пластинці
Карлавіруси: хмелю, соняшнику, картоплі	РНК	Серологічно споріднені віруси. Особливо шкодочинні на картоплі, хмелю.
Фаги фітопатогенних бактерій (псевдомонаси, ервінії)	ДНК	Виділяються із бактерій деяких рослин, застосовували в модельних дослідках для формування біопрепаратів (фаготерапія)

що свідчать результати досліджень співробітників кафедри вірусології на піддослідних мишах, перелітних птахів та курячих ембріонах (1962–2014 рр.).

Як свідчать результати наших дослідів, на основі бактеріофагів існує важлива перспектива формувати біопрепарати проти

шкодочинних фітопатогенних бактерій на цукровому буряку, плодово-ягідних, овочевих культурах в агроценозах України. До того ж подібні бактерії та їх фаги ідентифікуються в умовах Антарктиди, що дає змогу зробити певні висновки з питань еволюції та циркуляції цих патогенів. Адаптація

вірусів до відповідного виду бактерій надає можливість на високому рівні проводити ідентифікацію з наступною класифікацією як фагів, так і відповідних мікроорганізмів. Слід наголосити, що біотехнологічний процес на основі фаготерапії потребує від АПК, медицини, а також під час виконання спеціалізованих генетично-інженерних робіт, дотримання відповідних умов цілеспрямованого «підсилення» взаємодії вірусів з бактерією. До цих вимог слід віднести та враховувати літичні і лізогенні властивості виділених вірусів, використання фагів з відповідним титром, створення відповідних умов зберігання отриманого препарату тощо. За результатами досліджень можна стверджувати, що важливою умовою успішного проведення фаготерапії на сільськогосподарських культурах є підбір, напрацювання та використання біохімічних компонентів носіїв із біологічного різноманіття рослин для підсилення пролонгованої дії фагового препарату. Встановлено, що відповідні бактеріофаги слід застосовувати під час дослідів з магнітними полями, які проводили на базі трьох установ Інституту мікробіології і вірусології НАН України, кафедри вірусології Київського національного університету імені Тараса Шевченка та Інституту агроекології і природокористування НААН. Уперше було встановлено, що хвостові відростки бактеріофагів, вірусів з кубічним типом симетрії, ВТМ володіють властивостями пара-діа-магнетиків. Ці об'єкти зосереджувалися в постійному магнітному полі (ПМП) та формували своєрідні агрегати, які «збирались» в градієнтах сахарози. Такі біоорганічні структури утворюються на основі явища комплементарності, яке можна пояснити на різних факторах органічних сполук та природних систем. Як виявилось, ПМП здатне [3] також стимулювати ріст і розвиток різних видів рослин після впливу на насіння, живці, коренеплоди малими величинами магнітної індукції. На прикладі деяких паличкоподібних вірусів (ізолятів) ВТМ можна визначити відповідний тип взаємодії між об'єктом та магнітним полем за відомою методикою Фарадея, основою

якої є зміна індукованого моменту (М) від напруги (Н). Саме такі дослідження надали нам змогу налагодити наукові стосунки із спеціалістами з питань магнітобіології, які працювали в дослідницьких центрах Сан-Франциско, Томська, Києва, Харкова та інших вітчизняних і зарубіжних лабораторіях [3].

У 60–70 рр. XX ст. в Інституті мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного під керівництвом відомого вченого — члена-кореспондента АН УРСР, професора С.М. Московця були започатковані масштабні дослідження впливу радіаційного навантаження на віруси рослин. Незважаючи на певні колізії, які виникли в цьому науковому напрямі, С.М. Московець зумів створити наукову школу з надзвичайно важливої, як показав час, екологічної проблеми.

Слід наголосити, що, наприклад, використання малих доз γ -опромінення картоплі, посадкового матеріалу хмелю сприяло зниженню репродукції в клітинах рослин ХВК, карлавірусу та — значному підвищенню врожайності цих культур в агроценозах України. Поряд із тим для опромінення біологічних об'єктів нами використовувались й інші джерела обробки рослин та вірусів різних таксономічних груп. З огляду на доступність γ -опромінення, значне використання в наших дослідках відведено технологічним процесам отримання атенуйованих штамів вірусів. Як модельна система слугував ВТМ ТЕ, який уперше в 1971 р. був виділений нами та ідентифікований на троянді ефіроолійній (АР Крим). Цей вірус став об'єктом різнопланових досліджень на кафедрі вірусології Київського національного університету імені Тараса Шевченка та Інституту агроекології і природокористування НААН. Отримані ізоляти (штами) вірусу («К», «Т», «П») під впливом γ -опромінення, як показали дослідження, мали неоднаковий коефіцієнт седиментації, ТТІ, амінокислотний склад, а також вони індукували неоднакові фракції в сироватці крові за імунізації ними кролів. Встановлено, що РНК ВТМ ТЕ має здатність «лізувати» пухлини клітини ссавців.

Цей чинник надає можливість формувати нестандартні біотехнологічні процеси з проблем трансфекції.

У дослідках з вірусами значну увагу було відведено на локалізацію цих збудників хвороб у клітинах рослин, бактеріях та організмі переносників. На рівні вивчення ультратонкої будови органел проведено порівняльний аналіз стану цих компонентів за умов інфекційного процесу. Нами вперше було доведено (1966–2004 рр.), що не всі меристемні клітини у рослин є безвірусними, а вирощування продуктивних сортів, клонів, грибів необхідно формувати на початкових процесах *in vitro* для отримання здорових донорів. Невиконання цих умов, як відомо, спричиняло значне поширення вірусної та віроїдної інфекції на полях картоплі, хмелю, плодово-ягідних культур. Крім того, значно збільшилось ураження різних культур фітоплазмами, які особливо поширюються за вирощування рослин у монокультурі. На сьогодні аналіз результатів, отриманих під час вивчення різноманіття лісових екосистем, свідчить, що ліси Землі потерпають від негативних чинників. У складних екологічних ситуаціях цей вплив також спостерігається і на території України. Останнім часом нами ідентифіковано ВОМ — на березі повислій, іларвірус — на ліщині, хмелю, ВТМ — на рослинах клену. У різних екологічних регіонах сосна на 20–83% є ураженою нематодами, що є переносниками неповірусів. У складних умовах таких лісових масивів перебувають гриби та лікарські рослини, які контаміновані вірусами, бактеріями та іншими патогенами, і під впливом несприятливих чинників довкілля часто спричиняють складні патології в уражених біологічних об'єктах. Деякі із цих патогенів досліджуються нами з використанням впливу на них мікрогравітації [3, 11]. Особливе значення мають результати, отримані в процесі дослідження локалізації вірусів у ґрунті, воді [12]. На їх основі створено комп'ютерну базу даних шкодочинних фітовірусів, ідентифікованих у ґрунтах п'яти областей

України, що надає можливість формувати сівовміни з урахуванням цих показників.

Отже, вірусологічні дослідження є важливим завданням щодо підтримки повноцінного життя людей, підвищення продуктивності тварин та рослин, збереження біологічного різноманіття [13–17].

Необхідно підкреслити, що детальне ознайомлення з постановою загальних зборів Національної академії аграрних наук України від 23.03.2017 р., завіреною президентом — академіком Я.М. Гадзало та віце-президентом — академіком-секретарем А.С. Заришняком, переконливо доводить, що вірусологічні напрями досліджень зайняли одне із провідних місць у подальшому виконанні різнопланових завдань в АПК.

ВИСНОВКИ

У розглянутих матеріалах з важливих проблем вірусології отримано результати поширення та шкодочинності вірусів різних таксономічних груп, їх діагностики, ідентифікації та профілактики хвороб, які вони індукують. Особливу увагу в роботі відведено результатам впливу на віруси фізичних чинників, взаємодії вірусних НК з пухлинними клітинами ссавців, локалізації вірусів у ґрунтах, розробці біотехнологій різного рівня складності. Виконання дослідження надали змогу оцінити сотні сортів, гібридів, клонів рослин на ураження їх вірусами з різними молекулярно-біологічними властивостями. Важливі результати досліджень підтверджено авторськими свідоцтвами, патентами, документацією на сорти рослин. У роботі висвітлено біологічні властивості вірусів, бактерій, грипу та патогенів, що уражують організми водних систем. Висвітлені матеріали здебільшого базуються на дослідженнях, отриманих у «симбіозі» провідних наукових центрів країни — Інституту агроєкології і природокористування НААН, Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, кафедри вірусології Київського національного університету імені Тараса Шевченка.

ЛІТЕРАТУРА

1. Значение гетерогенности популяции вируса гриппа в цитопатологии гриппозной инфекции / Н.П. Корнюшенко, Е.В. Сидоренко, Н.А. Максимович и др. // Вопросы вирусологии. — 1977. — № 1. — С. 52–54.
2. Бойко А.Л. Парадокси вірусології: проблеми і завдання / А.Л. Бойко // Вісник аграрної науки. — 2016. — № 10. — С. 43–46.
3. Бойко А.Л. Основи екології та біофізики вірусів / А.Л. Бойко. — К.: Фітосоціоцентр, 2003. — 164 с.
4. Наука в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка на зламі тисячоліть / За заг. ред. акад. НАН України В.В. Скопенка. — К.: Київський університет, 2002. — 328 с.
5. Посібник з практичних занять до курсу «Загальна вірусологія» / В.П. Поліщук, І.Г. Будзанівська, Т.П. Шевченко та ін. — К.: Фітосоціоцентр, 2005. — 204 с.
6. Critical state of plants under the influence of viral infection and ecological disbalance / A.L. Boyko, Yu.V. Zagorodniy, I.V. Beyko et al. // Arch Phytopath. Pflanz. — 1996. — Vol. 30. — P. 367–370.
7. Spread and morphological-structural properties of plant *Rhabdoviruses* and similar pathogens in *Basidiomycetes* / A.L. Boyko, N.N. Zarytskyi, A.A. Demchenko et al. // Мікроб. журнал. — 2014. — № 2, Т. 76. — С. 41–46.
8. Вплив важких металів на перебіг вірусних інфекцій у рослин / О.В. Шевченко, І.Г. Будзанівська, В.П. Пати́ка та ін. — К.: Фітосоціоцентр, 2003. — 224 с.
9. Хміль звичайний (*Humulus lupulus* L.) від клітини до рослини / М.Д. Мельничук, А.Л. Бойко, І.П. Григорюк та ін. — К.: НУБіП, 2014. — 172 с.
10. Екологічна безпека агропромислового виробництва / за ред. акад. О.І. Фурдичка, А.Л. Бойка. — К.: ДІА, 2013. — 416 с.
11. Мищенко Л.Т. Вплив кліностатування на показники серологічного аналізу вірусу смугастої мозаїки пшениці в рослинах *Triticum aestivum* / Л.Т. Мищенко, А.Л. Бойко, С.О. Чернюк // Біополімери і клетка. — 1999. — Т. 15, № 4. — С. 319–323.
12. Вирусы *Tetraselmis viridis* (*Chlorophyta*), изолированные из Черного моря / О.А. Степанова, А.Л. Бойко, Т.П. Шевченко, В.П. Полищук // Вісник Одеського націон. ун-ту. — 2005. — Т. 10, Вип. 7. — С. 349–355.
13. Вірусоподібні частки у міцелії *Penicillium funiculosum* М 2319 / С.М. Московець, Д.П. Грама, Ю.П. Садовський, О.А. Закордонень // Мікробіол. журнал. — 1972. — Т. 34, Вип. 5. — С. 630–636.
14. Бучацкий Л.П. Вирусные болезни кровососущих комаров / Л.П. Бучацкий. — К.: Вища школа. — 1975. — 76 с.
15. Медична мікробіологія, вірусологія та імунологія / за ред. акад. НАН України, члена-кор. України В.П. Широбокова. — Вінниця: Нова Книга, 2011. — 952 с.
16. Интерферон и система мононуклеарных фагоцитов / М.Я. Спивак, Л.Н. Лазоренко, О.Н. Михайленко. — К.: Фитосоцицентр, 2002. — 164 с.
17. Щербатенко И.С. Увеличение оптической плотности инокулюма как критерий оптимизации условий заражения изолированных протопластов растений X-вирусом картофеля / И.С. Щербатенко, Л.Т. Олещенко, А.Г. Коваленко // Мікроб. журнал. — 1987. — Т. 49, № 4. — С. 76–80.

REFERENCES

1. Korniyushenko, N.P., Sydorenko, E.V., Maksymovych, N.A. (1977). Znachenye heterohennosti populyatsiy virusa hryppa v tsytopatolohyy hrypnoy infektsiy [The importance of the heterogeneity of the influenza virus population in the cytopathology of the fungal infection]. *Voprosy virologiiy — Questions of virology*, 1, 52–54 [in Russian].
2. Boyko, A.L. (2016). Paradoxy virusolohiyi: problemy i zavdannya [Paradoxes of Virology, problems and challenges]. *Visnyk ahraryoi nauky — Journal of Agricultural Science*, 10, 43–46 [in Ukrainian].
3. Boyko, A.L. (2003). *Osnovy ekolohiyi ta biofizyky virusiv* [Fundamentals of ecology and biophysics viruses]. Kyiv: Fitosotsiotsentr [in Ukrainian].
4. Skopenko, V.V. (Eds.). (2002). *Nauka v Kyiv's'komu natsional'nomu universyteti imeni Tarasa Shevchenka na zlami tysyacholit'* [Science in the Taras Shevchenko National University of Kyiv at the turn of the millennium]. Kyiv: Kyiv's'kyy universytet [in Ukrainian].
5. Polishchuk, V.P., Budzaniv's'ka, I.H., Shevchenko, T.P. (2005). *Posibnyk z praktychnykh zanyat' do kursu «Zahal'na virusolohiya»* [Guide to practical training course «General Virology»]. Kyiv: Fitosotsiotsentr [in Ukrainian].
6. Boyko, A.L., Zagorodniy, Yu.V., Beyko, I.V. et al. (1996). Critical state of plants under the influence of viral infection and ecological disbalance. *Arch Phytopath. Pflanz*, 30, 367–370 [in English].
7. Boyko, A.L., Zarytskyi, N.N., Demchenko, A.A. et al. (2014). Spread and morphological-structural properties of plant *Rhabdoviruses* and similar pathogens in *Basidiomycetes*. *Mikrobiologichnyi zhurnal — Microbiological journal*, 2, 76, 41–46 [in English].
8. Shevchenko, O.V., Budzaniv's'ka, I.H., Palyka, V.P. (2003). *Vplyv vazhkykh metaliv na perebih virusnykh infektsiy u roslin* [Effect of heavy metals on the course of viral infections in plants]. Kyiv: Fitosotsiotsentr [in Ukrainian].
9. Mel'nychuk, M.D., Boyko, A.L., Hryhoryuk, I.P. (2014). *Khmil' zvychnyiy* (*Humulus lupulus* L.) *vid klityny do roslyny* [Hops ordinary (*Humulus lupulus* L.) from cell to plant]. Kyiv: NUBiP [in Ukrainian].

10. Furdychko, O.I., Boiko, A.L. (Eds.). (2013). *Ekolo-hichna bezpeka ahropromysloвого vyrobnytstva* [Environmental safety agroindustrial production]. Kyiv: DIA [in Ukrainian].
11. Mishchenko, L.T., Boyko, A.L., Chernyuk, S.O. (1999). Vplyv klinostatuvannya na pokaznyky serolohichnoho analizu virusu smuhastoyi mozayiky pshenyty v roslynakh Triticum aestivum [The impact on performance clinorotation serological analysis streak mosaic virus in plants wheat Triticum aestivum]. *Byopolymery y kletka — Biopolymers and cells*, 14, 4, 319–323 [in Ukrainian].
12. Stepanova, O.A., Boyko, A.L., Shevchenko, T.P., Polyshchuk, V.P. (2005). Virusy Tetraselmis viridis (Chlorophyta), yzolyrovannye yz Chernoho morya [Viruses Tetraselmis viridis (Chlorophyta) isolated from the Black Sea]. *Visnyk Odes'koho natsion. un-tu — Bulletin of the Odessa Nation. Univ.*, 10, 7, 349–355 [in Russian].
13. Moskovecj, S.M., Hrama, D.P., Sadovs'kyi, Yu.P., Zakordonets', O.A. (1972). Virusopodibni chastky u mitseliyi Penicillium funiculosum M 2319 [The virus-like particles in the mycelium Penicillium funiculosum M 2319]. *Mikrobiol. Zhurnal — Microbiological journal*, 34, 5, 630–636 [in Ukrainian].
14. Buchatskyi L.P. (1975). *Virusnye bolezny krovososushchykh komarov* [Viral diseases of bloodsucking mosquitoes]. Kyiv: Vyshcha shkola [in Russian].
15. Shyrobokov, V.P. (Eds.). (2011). *Medychna mikrobiolohiya, virusolohiya ta imunolohiya* [Medical Microbiology, Virology and Immunology]. Vinnytsya: Nova Knyha [in Ukrainian].
16. Spyvak, M.Ya., Lazorenko, L.N., Mykhaylenko, O.N. (2002). *Ynterferon y sistema mononuklearnnykh fahotsytov* [Interferon and mononuclear phagocyte system]. Kyiv: Fitosotsiotsentr [in Russian].
17. Shcherbatenko, Y.S., Oleshchenko, L.T., Kovalenko, A.H. (1987). Uvelychenye optycheskoy plotnosti ynokulyuma kak kryteryi optymyzatsyy uslovyi zarazhenyya yzolyrovannykh protoplastov rasteniy Kh-virusom kartofelya [Increase in the optical density of the inoculum as a criterion for optimizing the conditions for infecting isolated plant protoplasts with the X potato virus]. *Mikrobiol. Zhurnal Microbiological journal*, 49, 4, 76–80 [in Russian].

УДК 632.51:582(031):(001.4+016)

АКТУАЛЬНІ НОМЕНКЛАТУРНІ І ТАКСОНОМІЧНІ ЗМІНИ ВИДОВОГО СКЛАДУ ПОЛЬОВИХ БУР'ЯНІВ УКРАЇНИ

Р.І. Бурда

Державна установа «Інститут еволюційної екології НАН України»

Здійснено огляд номенклатурних та таксономічних змін у переліку польових бур'янів України, що обумовлено розвитком світової ботаніки. Ця потреба є наслідком номенклатурно-таксономічних ревізій, проведених за останнє десятиріччя. З'ясовано, що серед 950 видових назв бур'янів, які зазвичай у науковому обігу вважались як прийнятні, щонайменше 450 підлягають змінам і стосовно трактування категорій їх номенклатурних комбінацій (прийнятні, альтернативні, синонімічні, сумнівні), і у частині написань родів, видових епітетів, авторів видів. Близько 50 видових назв визнано сумнівними. Перелік прийнятних назв польових бур'янів збагатився і містить понад 1050 прийнятних номенклатурних комбінацій. Для ілюстрації характеру та суті змін і доповнень наведено перелік видових номенклатурних комбінацій польових бур'янів для двох родин — Poaceae та Asteraceae.

Ключові слова: покритонасінні, бур'яни, номенклатура, флора, Україна.

У контексті традицій Інституту агро-екології і природокористування НААН, започаткованих у період активного опрацювання Концепції агроекологічного мо-

ніторингу в Україні, особливу увагу слід звернути на проблеми правомірного використання наукових (латинських) назв таксонів вищих судинних рослин. Однією з важливих складових Концепції стало проголошення сучасного вчення про бур'яни

[1–3]. Перед виконавцями постала необхідність чітких визначень понять і термінів, які були б коректними для фахівців з агроекології різного спрямування, зокрема стосовно використання наукових назв бур'янів. Саме тоді була укладена інформаційно-пошукова база даних «Фітобіота сегетальних екосистем України» [4]. Першим загальноукраїнським кроком впровадження зібраної в ній інформації став довідник «Наукові назви польових бур'янів» [5]. У ньому упорядковано відому на той час інформацію про повні латинські назви 944 видів сегетальних бур'янів, які будь-коли були зафіксовані на орних землях України. Видання мало паперову і електронну версії, і на дисках довідник був розповсюджений серед установ науково-промислового об'єднання УААН «Агроекологія».

Від того часу кількість видів цієї умовної «господарської» групи судинних рослин в Україні зросла. Синантропна флора, як природно-антропогенна сукупність місцевих популяцій видів, є спонтанним, динамічним явищем. Упродовж десятиріччя додатково понад півтора десятка нових видів освоїли регулярно оброблювані землі та стали бур'янами. До польових бур'янів віднесено, крім видів рослин на орних землях, також ті, що трапляються на краях полів, обабіч польових доріг та на молодих перелогах. Це сільськогосподарські угіддя (орні землі, багаторічні насадження, сіножаті, пасовища, перелоги) та несільськогосподарські угіддя (господарські шляхи і прогоны, полезахисні лісові смуги й інші захисні насадження, землі під господарськими будівлями і присадибними ділянками тощо). Взято до уваги також низку місцевих або чужорідних видів, які будь-коли вказувались у біотопах аграрного типу, але наразі масово не поширились. Через потенційну загрозу вони потребують постійної уваги. Натомість деякі розповсюджені у минулому бур'яни стали рідкісними, часом згадуються у регіональних переліках рослин, що підлягають охороні (*Bellevia speciosa* Wronow ex Grossh., *Leopoldia comosa* Parl., *L. tenuifolia* Heldr., *Muscari neglectum* Guss. ex Ten., *Ornithogalum pyrenaicum* L., *O. umbella-*

tum L.), а *Gladiolus imbricatus* L. занесено до Червоної книги України [6].

Перегляд сучасних флористичних зведень [7–10] виявив невідворотну потребу внести істотні зміни та доповнення до переліку назв польових бур'янів України. Крім того, сучасні ретельні таксономічні дослідження судинних рослин із залученням молекулярно-філогенетичних методів посприяли вагомим номенклатурним змінам та таксономічним уточненням. Зокрема, змінилось розуміння обсягу таксонів (видів, родів, родин, порядків, підкласів), що супроводжується рясними номенклатурними змінами у складі флори України [5, 8–12]. Наприклад, деякі роди, що раніше традиційно належали до складу родини *Scrophulariaceae* (*Melampyrum*, *Odontites*, *Rhinanthus* та ін.), тепер переведені до *Orobanchaceae*, а роди *Chaenorhinum*, *Cymbalaria*, *Dodartia*, *Linaria*, *Misopates*, *Veronica* та деякі інші розглядаються у складі «розширеної» родини *Plantaginaceae* (incl. *Veronicaceae*). І подібних прикладів можна навести багато. Стосовно розуміння обсягів, номенклатури та системи родин, порядків, підкласів та класів квіткових рослин, вважаємо за доцільне дотримуватися прагматичної класифікаційної схеми (системи), запропонованої С.Л. Мосякіним [12] на основі критичного аналізу декількох сучасних систем рослинного світу. Автор вважав за доцільне також долучити до списку деякі номенклатурні комбінації, альтернативні або синонімічні щодо прийнятих назв, що іноді наводяться в наукових публікаціях.

Після часткової критичної ревізії назв за робочою версією номенклатурно-таксономічних баз даних The Plant List [13] і The International Plant Name Index [14] потреба внесення істотних змін та доповнень щодо наукових назв польових бур'янів загострилася. На додаток до змін, обумовлених систематичними, таксономічними та номенклатурними уточненнями (належності до родів, змін видових епітетів тощо), редакційних виправлень потребували помилки в написанні видових епітетів (наприклад, *Ambrosia artemisiifolia*, замість *A. artemisiifolia*, *Calamagrostis epigejos*, замість

C. epigeios) та уточнень щодо авторів таксонів (наприклад, *Glaucium corniculatum* (L.) Curtis, замість *G. corniculatum* (L.) Rudolph, *Erysimum marschallianum* Andr., замість *E. marschallianum* Andr. ex DC. тощо). Іноді прийнятні видові назви збережено, натомість серед їх колишніх синонімів довелося виділити номенклатурні комбінації різних категорій, які використовувати недоречно: назва незаконна (nom. illeg.) — *Digitaria linearis* (L.) Crép., nom. illeg., назва є орфографічним варіантом (spelling variant) — *Eragrostis poioides* P. Beauv. ex Roem. et Shult., spelling variant, назва недійсна (nom. inval.) — *Cardiaca quinquelobata* Gilib., nom. inval., назва сумнівна (unresolved) — *Carduus arabis* Jacq., unresolved тощо.

Серед 944 раніше наведених як усталені видові назви [5] прийнятними є близько 580 номенклатурних комбінацій, а близько 270 переведено у ранг альтернативних назв чи їх синонімів. Номенклатурні зміни стосувалися близько 250 видових назв. Це — нові номенклатурні комбінації (близько 120), прийнятні назви (40), вибрані серед синонімів у колишньому переліку [5] або ж нові номенклатурні комбінації, у які об'єднано два і більше колишніх видів (44). Крім того, вилучено сумнівні назви (46). Після усіх цих доповнень і змін кількість польових бур'янів зросла і становить понад 1035 видів. З огляду на обсяг змін та доповнень, автор вважає за доцільне оприлюднити результати ревізії, сфокусувавши увагу наукової спільноти на необхідності правомірного використання латинських назв польових бур'янів. Для ілюстрації актуальних доповнень та змін, що відбулися, наводимо перелік наукових назв польових бур'янів двох родин, найчисленніших серед польових бур'янів у місцевій флорі — *Poaceae* та *Asteraceae*.

У ньому використані такі категорії назв: прийнятні, альтернативні, синонімічні, сумнівні та помилкові (по суті або за написанням) номенклатурні комбінації.

Формат викладення такий: прийнятні видові назви виділено напівжирним шрифтом; серед них нові, на відміну від раніше наведених [5], виділено знаком «!». У круг-

лих дужках подано альтернативні прийнятні назви, яким передують знак «=», та синоніми. У прямі дужки взято сумнівні, а у фігурні — помилкові номенклатурні комбінації.

Зміни та доповнення до переліку наукових назв польових бур'янів України

Родина POACEAE Barnhart (=GRAMINEAE Juss.).

!Aegilops lorentii Hochst. (*A. biuncialis* Vis.).

!Aegilops neglecta Req. ex Bertol. (*A. ovata* L.).

Avena persica Steud. (*A. ludoviciana* Durieu).

!Brachypodium distachyon (L.) P. Beauv. (*Trachynia distachya* (L.) Link, *Bromus distachyos* L.).

!Bromus diandrus Roth (*Anisantha diandra* (Roth) Tutin, *Zerna gussonii* (Parl.) Grossh.).

!Bromus hordeaceus L. (*B. mollis* L.).

Bromus madritensis L. (*Anisantha madritensis* (L.) Nevski, *Zerna madritensis* (L.) Gray).

Bromus sterilis L. (*Anisantha sterilis* (L.) Nevski, *Zerna sterilis* (L.) Panz.).

Bromus tectorum (L.) Nevski (*Anisantha tectorum* (L.) Nevski, *Zerna tectorum* (L.) Lindm., *Z. tectorum* Nevski).

!Calamagrostis epigejos (L.) Roth {*C. epigeios* (L.) Roth}.

Cenchrus longispinus (Hack.) Fernald [*C. incertus* Curt., *C. pauciflorus* auct. non Benth., *C. tribuloides* auct. non L.].

!Dasypyrum villosum (L.) Borbás (*D. villosum* (L.) P. Candargy, *Haynaldia villosa* (L.) Schur).

Digitaria ischaemum (Schreb.) Muehl. (*Panicum ischaemum* Schreb.); {*D. linearis* (L.) Crép., nom. illeg.}.

Digitaria sanguinalis (L.) Scop. (*D. aegyptiaca* Willd., *D. pectiniformis* (Henrard) Tzvelev, *Panicum sanguinale* L.); {*P. aegyptiacum* Retz., nom. illeg.}.

Echinochloa colona (L.) Link (*Panicum colonum* L.).

!Echinochloa crus-galli (L.) P. Beauv. (*Panicum crus-galli* L.); {*E. crusgalli* (L.) P. Beauv., *Panicum crusgalli* L.}.

Echinochloa frumentacea Link.

Echinochloa oryzoides (Ard.) Fritsch (*E. macrocarpa* Vasinger, *Panicum orizoides* Ard.);

{*Echinochloa oryzicola* (Vasing.) Vasing., nom. inval.}.

***Elymus repens* (L.) Gould (=Elytrigia repens (L.) Nevski, =Agropyron repens (L.) P. Beauv.)**.

***Eragrostis cilianensis* (All.) Vignolo ex Janch. (*E. cilianensis* (All.) Janch., *Poa cilianensis* All.); {*P. megastachya* Koeler, nom. illeg.}**.

***Eragrostis minor* Host (*E. suaveolens* A. Becker ex Claus, *E. poioides* P. Beauv.); {*E. poioides* P. Beauv. ex Roem. et Shult., spelling variant}**.

***Hordeum murinum* L. subsp. *leporinum* (Link) Arcang (*H. leporinum* Link).**

***Lolium remotum* Schrank {*L. linicola* Sond. ex K. Koch, nom. illeg.}**.

***Lolium temulentum* L. (*L. arvense* With.).**

***Paspalum distichum* L. (*P. paspaloides* (Michx.) Scribn., *P. digitaria* Poir., *Digitaria paspaloides* Michx.).**

Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. (*Setaria glauca* (L.) P. Beauv., *Panicum glaucum* L.); {*Setaria lutescens* (Weig.) F. T. Hubb., nom. illeg., *Panicum lutescens* Weigel, nom. illeg.}. ***Setaria pumila* (Poir.) Roem. et Schult. (*Panicum pumilum* Poir.).*

Родина ASTERACEAE Bercht. et J. Presl (=COMPOSITAE Giseke).

***Achillea seidlitzii* J. Presl et C. Presl (=A. *pannonica* Scheele).**

***Ambrosia artemisiifolia* L. {*A. artemisiifolia* Besser, nom. illeg.; *A. artemisiifolia* L.}.**

***Ambrosia trifida* L. (*A. aptera* DC.)**

***Anthemis ruthenica* M. Bieb. (*A. arvensis* L. var. *ruthenica* (M. Bieb.) Schmalh.); [*A. neilreichii* Ortman, unresolved].**

***Calendula arvensis* M. Bieb. (*C. arvensis* Batt.); [*C. arvensis* Boiss., unresolved, *C. arvensis* (Vail.) L., unresolved]; {*C. arvensis* L.}. [*Carduus arabicus* Jacq., unresolved].**

***Carduus defloratus* subsp. *glaucus* (Baumg.) Nyman (*C. glaucinus* Holub, *C. glaucus* Baumg.).**

***Carduus nutans* subsp. *leiophyllus* (Petrovič) Stoj. et Stef. (*C. thoermeri* Weinm., *C. attenuatus* Klokov).**

***Carduus nutans* subsp. *platypus* (Lange) Greuter; [*C. kondratjukii* Gorl., unresolved].**

***Carduus pycnocephalus* subsp. *albidus* (M. Bieb.) Kazmi (*C. albidus* M. Bieb.).**

***Carduus pycnocephalus* subsp. *cinereus* (M. Bieb.) P.H. Davis (*C. cinereus* M. Bieb.). [*Carduus crispus* L., unresolved].**

***Centaurea benedicta* (L.) L. (*Cnicus benedictus* L.).**

***Centaurea rhenana* Boreau subsp. *pseudomaculosa* (Dobroc. Z.) Dostál (*C. pseudomaculosa* Dobroc. Z.).**

***Cirsium arvense* (L.) Scop. (*C. incanum* (S. G. Gmel.) Fisch., *C. setosum* (Willd.) Besser ex M. Bieb., *C. incanum* (S. G. Gmel.) Fisch. ex M. Bieb., *C. arvense* (L.) Scop. subsp. *incanum* (S. G. Gmel.) Petrak ex Iljin, *C. arvense* (L.) Scop. subsp. *setosum* (Willd.) Iljin, *Carduus arvensis* (L.) Smith, *Serratula arvensis* L., *S. incana* S. G. Gmel., *S. setosa* Willd.).**

***Cirsium decussatum* Janka (*C. polonicum* (Petr.) Iljin, *C. eriophorum* var. *polonicum* Petr.).**

***Cota altissima* (L.) J. Gay (*Anthemis altissima* L.).**

***Cota austriaca* (Jacq.) Sch. Bip. (*Anthemis austriaca* Jacq., *A. cota* Savi ex DC.).**

***Cota tinctoria* (L.) J. Gay (*Anthemis tinctoria* L., *A. subtinctoria* Dobroc. Z., *A. tinctoria* subsp. *subtinctoria* (Dobroc. Z.) Soò).**

***Crepis biennis* Lapeyr. (*C. biennis* L., *C. lodomiriensis* Besser, *C. tristis* Klokov).**

***Crepis foetida* L. subsp. *rhoeadifolia* (M. Bieb.) Čelak. (*C. rhoeadifolia* M. Bieb., *Barbarea rhoeadifolia* (M. Bieb.) M. Bieb.).**

***Crepis sancta* (L.) Bornm. (=Pterotheca *sancta* (L.) K. Koch).**

***Crepis zacintha* (L.) Loisel. (*Zacintha verrucosa* P. Gaertn., *Lapsana zacintha* L.).**

***Cyanus depressus* (M. Bieb.) Soják (=Centaurea *depressa* M. Bieb.).**

***Cyanus segetum* Hill (=Centaurea *cyanus* L., *C. segetalis* Salisb., *C. arvensis* Moench).**

***Erigeron annuus* (L.) Pers. (=Stenactis *annua* (L.) Ness., *Phalacrolooma annuum* (L.) Dumort.); [*Erigeron annuus* (L.) Desf., unresolved, *Stenactis annua* (L.) Less., unresolved].**

***Erigeron canadensis* L. (=Conyza *canadensis* (L.) Cronquist).**

***Erigeron strigosus* Muhl ex Wild. var. *septentrionalis* (Fernald et Wiegand) Fernald (*E. ramosus* var. *septentrionalis* Fernald et Wiegand, *E. strigosus* subsp. *septentrionalis*).**

(Fernald & Wiegand) Wagenitz, *E. annuus* (L.) Pers. subsp. *septentrionalis* (Fernald et Wiegand) Wagenitz, *Phalacrolooma septentrionale* (Fernald et Wiegand) Tzvelev, *Stenactis septentrionalis* (Fernald et Wiegand) Holub; [*P. annuum* (L.) Dumort. subsp. *septentrionale* (Fernald et Wiegand) Adema, unresolved].

Euthamia graminifolia (L.) Nutt. (= *Solidago graminifolia* (L.) Salisb, *Chrysocoma graminifolia* L.).

Filago germanica (L.) Huds. (*F. vulgaris* Lam.).

Galinsoga quadriradiata Ruiz et Pav. (*G. urticifolia* Benth., *G. ciliata* (Raf.) S. F. Blake).

Glebionis segetum (L.) Fourr. (*Chrysanthemum segetum* L., *C. segetale* Salisb.).

Hedypnois rhagadioloides (L.) F. W. Schmidt (*H. cretica* (L.) Dum.-Cours., *Hyoseris hedypnois* L.).

Helianthus hirsutus Raf. (*H. strumosus* L.).

Helianthus pauciflorus Nutt. (*H. rigidus* (Cass.) Desf.); {*Harpalum rigidus* Cass., nom. inval.}.

Helichrysum luteoalbum (L.) Reichenb. (*Gnaphalium luteoalbum* L.).

Heliopsis helianthoides* subsp. *scabra (Dunal) T. R. Fisher (*H. scabra* Dunal).

***Helminthotheca echinoides* (L.) Holub** (*Picris echinoides* L.).

Hieracium atratum* subsp. *subnigrescens (Norrl.) Zahn (*H. subnigrescens* (Norrl.) Dahlst.).

Jacobaea vulgaris Gaertn. (= *Senecio jacobaea* L.).

Lapsana communis* subsp. *intermedia (M. Bieb.) Hayek (*L. intermedia* M. Bieb., *L. aipetriensis* Vassilcz.).

Matricaria discoidea DC. (*Chamomilla suaveolens* (Pursh) Rydb.).

Matricaria matricarioides (Less.) Porter (*Lepidotheca suaveolens* (Pursh) Nutt., *Santolina suaveolens* Pursh); {*Artemisia matricarioides* Less., nom. illeg., *Matricaria suaveolens* (Pursh) Buchenau, nom. illeg.}.

Matricaria chamomilla L. (*M. recutita* L., *Chamomilla recutita* (L.) Rauschert).

Pilosella erythrochrista (Nägeli et Peter) S. Bräut. et Greuter (*P. × arvicola* (Nägeli et Peter) Soják).

Pilosella piloselloides* subsp. *bauhinia (Schult.) S. Bräut. et Greuter (*P. rojewskii* (Rehmann) Schljakov).

Pulicaria dysenterica (L.) Gaertn. (*Inula dysenterica* L.); [*Pulicaria dysenterica* (L.) Bernh.].

Rhaponticum repens (L.) Hidalgo (*Acroptilon repens* (L.) DC., *A. picris* (Pall. ex Willd.) C.A. Mey., *A. picris* (Pall. ex Willd.) DC., *Centaurea repens* L., *C. picris* Pall. ex Willd., *C. picris* Pall., *Serratula picris* (Pall.) M. Bieb.).

Senecio leucanthemifolius* subsp. *vernalis (Waldst. et Kit.) Greuter (*S. vernalis* Waldst. et Kit., *S. euxinus* Minderova).

Senecio squalidus L. [*S. squalidus* M. Bieb., unresolved].

Solidago gigantea Aiton (*S. serotinoidea* A. Löve et D. Löve, *S. gigantea* Aiton subsp. *serotina* (Kuntze) McNeill).

Taraxacum campylodes G. E. Haglund (= *T. officinale* F. H. Wigg.).

Tragopogon dubérai* Scop. subsp. *major (Jacq.) Vollm. (*T. major* Jacq., *T. livescens* Besser, *T. campestris* Besser).

Xanthium albinum (Widder) Scholz et Sukopp (*X. albinum* (Widder) Scholz).

Xanthium orientale* subsp. *italicum (Moretti) Greuter (*X. italicum* Moretti).

Xanthium orientale* subsp. *riparium (Čelák) Greuter (*X. riparium* Lasch, *X. ripicola* Holub).

Xanthium pungens Wallr. (*X. pensylvanicum* Wallr.).

Xanthium strumarium L. (*X. rupicola* Holub, *X. albinum* (Widder) H. Scholz subsp. *riparicola* (Holub) Dostál, *X. italicum* Moretti subsp. *riparium* Čelák.).

Xeranthemum annuum L. {*X. annum* L.}.

Наведені переліки змін видових назв у двох родинях покритонасінних рослин демонструють істотні номенклатурно-таксономічні уточнення, внесені останніми роками. Вони потребують пильної уваги вчених щодо використання наукових назв судинних рослин у публікаціях і під час різноманітних диспутів.

Висловлюємо щирі подяку членові-кореспонденту НАН України, професору Сергію Леонідовичу Мосякіну за перегляд рукопису статті, слушні поради та корисні зауваження під час здійснення критичного аналізу номенклатурного списку сегетальних бур'янів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Концепція сучасної науки про бур'яни / Р.І. Бурда // Агроекологічний журнал. — 2002. — № 1. — С. 3–11.
2. Burda R. Alien Trees and Shrubs of the Ukrainian Agricultural Landscape / R. Burda // Phytogeographical Problems of Synanthropic Plants. — Cracow, 2003. — P. 11–16.
3. The Phytobiotic Diversity of the Ukrainian Segetal Ecosystems / R. Burda // Anthropization and Environment of Rural Settlements. Flora and Vegetation: V Inter. Conf.: Proceed. / Eds. S.L. Mosyakin, M.V. Shevera. — Kiev: M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine, 2005. — P. 293–302.
4. Бурда Р.І. Моніторинг фітобіоти сеgetальних екосистем / Р.І. Бурда, В.П.Патика // Вісник аграрної науки. — 2002. — № 7. — С. 59–63.
5. Наукові назви польових бур'янів / Р.І. Бурда, Н.Л. Власова, Н.В. Мировська, Є.Д. Ткач; ред. Р.І. Бурда. — К.: Ін-т агроекології та біотехнології УААН, 2004. — 95 с.
6. Червона книга України. Рослинний світ / Ред. Я.П. Дідух. — К.: Глобалконсалтинг, 2009. — 912 с.
7. Конспект флоры Восточной Европы. — М.; СПб.: Тов-во науч. изд. КМК, 2012. — Т. 1. — 630 с.
8. Флора Восточной Европы. — М.; СПб.: Тов-во науч. изд. КМК, 2004. — Т. 11. — 535 с.
9. Екофлора України / Я.П. Дідух, І.А. Коротченко, Т.В. Фіцайло та ін.; відп. ред. Я.П. Дідух. — К.: Фітосоціоцентр, 2010. — Т. 6. — 422 с.
10. Екофлора України / А.П. Льїнська, Я.П. Дідух, Р.І. Бурда, І.А. Коротченко; відп. ред. Я.П. Дідух. — К.: Фітосоціоцентр, 1999. — Т. 5. — 584 с.
11. Mosyakin S.L. Vascular plants of Ukraine: A nomenclatural checklist / S.L. Mosyakin, M.M. Fedoronchuk. — Kiev: M.G. Kholodny Inst. of Botany, Missouri Botan. Gard., 1999. — 346 p.
12. Мосякін С.Л. Родини і порядки квіткових рослин флори України: прагматична класифікація та положення у філогенетичній системі / С.Л. Мосякін // Український ботанічний журнал. — 2013. — Т. 70, № 3. — С. 289–307.
13. The Plant List [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.theplantlist.org>
14. The International Plant Name Index (IPNI) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.ipni.org/index.html>

REFERENCES

1. Burda, R.I. (2002). Conceptia suchasnoi nauky pro burjany [The Conception of Contemporaneous the Weed Science]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 1, 3–11 [in Ukrainian].
2. Burda, R. (2003). *Alien Trees and Shrubs of the Ukrainian Agricultural Landscape, Phytogeographical Problems of Synanthropic Plants*. Cracow [in English].
3. Burda, R. (2005). *The Phytobiotic Diversity of the Ukrainian Segetal Ecosystems. Anthropization and Environment of Rural Settlements. Flora and Vegetation: 5nd Inter. Conf.: Proceeding*. (pp. 293–302). Kyiv [in English].
4. Burda, R.I., Patyka V.P. (2002). Monitoring fitobioty segetalnyh ecosystem [The monitoring of the phytobiota of segetal ecosystems]. *Visnyk aghramoji nauky — Bulletin of Agrarian Science*, 1, 59–63 [in Ukrainian].
5. Burda, R.I., Vlasova, N.L., Myrovskaya, N.V., Tkach, E.D. (2004). *Naukovi nasvy poljovykh burjaniv Ukrainy* [Weeds of Ukraine: A nomenclatural Checklist]. Kyiv: Inst. of agroecology and biotechnology [in Ukrainian].
6. Didukh, Ya.P. (Ed.). (2009). *Chervona knyha Ukrainy. Roslynniyi svit* [Red Data Book of Ukraine. Vegetable Kingdom]. Kyiv: Ghlobalkonsaltingh [in Ukrainian].
7. *Conspect Flory Vostochnoyi Evropy* [Conspectus Florae Europae Orientalis]. (2012). (Vol. 1). Moscow, St.-Peterburg: Tov-vo nauch. Izdan. KMK [in Russian].
8. *Flora Vostochnoyi Evropy* [Flora Europae Orientalis]. (2004). (Vol. 11). Moscow, St.-Peterburg: Tov-vo Nauch. Izdan. KMK [in Russian].
9. Didukh, Ya.P., Korotchenko, I.A., Fitsailo, T.V., Burda, R.I., Moysiyenko, I.I., Pashkevich et al. (2010). *Ekoflora Ukrainy* [Ecoflora of Ukraine]. Ya.P. Didukh (Ed.). (Vol. 6). Kyiv: Fitosociocentr [in Ukrainian].
10. Iljinska, A.P., Didukh, Ya.P., Burda, R.I., Korotchenko, I.A. (2007). *Ekoflora Ukrainy* [Ecoflora of Ukraine]. Ya.P. Didukh (Ed.). (Vol. 5). Kyiv: Fitosociocentr [in Ukrainian].
11. Mosyakin, S.L., Fedoronchuk, M.M. (1999). *Vascular plants of Ukraine: A nomenclatural checklist*. Kiev: M.G. Kholodny Inst. of Botany Publ., Missouri Botan. Gard. Publ. [in English].
12. Mosyakin, S.L. (2013). Rodyny i porjadyky kvitkovykh roslin flory Ukrainy: pragmatychna klasyfikacija ta polozhennja u phylonetychnyi systemi [Families and Orders of Angiosperms of the Flora of Ukraine: a Pragmatic Classification and Placement in the Phylogenetic System]. *Ukrainskij botanichnyi zhurnal — Ukrainian botanical journal*, 70, 3, 289–307 [in Ukrainian].
13. The Plant List. (n.d.). *theplantlist.org*. Retrieved from <http://www.theplantlist.org> Version 1.1 (September 2013) [in English].
14. The International Plant Name Index (IPNI). (n.d.). *www.ipni.org*. Retrieved from <http://www.ipni.org/index.html> [in English].

КОНЦЕПТУАЛЬНІ ПІДХОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ ЕНТОМОЛОГІЧНОГО РІЗНОМАНІТТЯ АГРОЦЕНОЗІВ УКРАЇНИ

М.М. Лісовий, В.М. Чайка

Національний університет біоресурсів і природокористування України

На території України, 55% якої становлять орні землі, переважна частка природної ентомофауни під впливом антропогенного чинника була витіснена представниками агроландшафтів, здебільшого комахами. З посиленням цього тиску на агроландшафти слід очікувати значних змін складу біоти, але в науковій літературі обмаль відомостей щодо нинішнього стану біорізноманіття агроecosистем. Запропоновано здійснювати оцінку стану різноманіття ентомофауни агроценозів за допомогою індикаторної групи видів, які домінували в посівах та насадженнях сільськогосподарських культур у першій половині ХХ ст., були добре вивчені, систематизовані та описані в науковій літературі радянського періоду. Концептуальне розв'язання проблеми дає змогу експериментально встановити, що видове ентомологічне різноманіття агроценозів Лісостепу за останні 60 років збідило на 49,6%. Зменшення видового біорізноманіття переважно зафіксовано серед комах-геофілів (геобіонтів та герпетобіонтів), що свідчить про істотні екологічні порушення педосфери.

Ключові слова: ентомологічне різноманіття, агроценоз, життєві форми, константно-домінантні види.

Збереження біосфери та її подальше існування багато в чому залежить від пізнання ролі й механізмів функціонування біорізноманіття. Нині відомо, що комахи — одна з ключових груп організмів, які визначають складну природу біологічного різноманіття і є надійним індикатором стійкості екосистем [1, 2].

На переораній території України переважна частка біорізноманіття вимушено переродилась в біорізноманіття агроландшафтів, яке представлено, переважно, комахами. З урахуванням потужного антропогенного тиску на агроландшафти (55% території України становлять орні землі) слід очікувати значних змін у стані біоти, але в науковій літературі наразі існує дуже мало відомостей щодо спроб оцінки кількісного стану різноманіття агроecosистем. Насамперед, це пояснюється складністю концептуального підходу до оціночних досліджень. В умовах відсутності кадастрів тваринного та рослинного світу, а також повноцінної системи біологічного моніторингу, неможливо визначити втрати біо-

тичної складової довкілля, оперуючи конкретними цифрами.

Зауважимо, що екологи й досі не можуть дійти згоди щодо нинішнього складу біорізноманіття, проблем існування певних видів. Так, Е. Уїлсон (1993) вважає, що неможливо визначити точну кількість видів, яким загрожує зникнення, але наголошує, що дуже значна їх частина [3]. Уперше загальну кількість видів на Землі та їх фактичні темпи зникнення були розраховані у 1992 р. за існуючими на той час даними. Було обґрунтовано, що на планеті налічується 3,63 млн видів, а темпи їхнього зникнення становлять 3–5 видів у рік [4].

Залежно від результатів наукових та державних установ розвинених країн світу, які виконували подібні розрахунки, розрив між показниками вимирання становив 17000–100000 видів у рік, до того ж деякі експерти вважають, що темпи вимирання біоти насправді є ще вищими. За підрахунками фахівців, за останні 100 років ентомологічне різноманіття островів Великої Британії зменшилось на 7–20% [5]. Ця проблема, зрештою, виникає через відсутність належної кількості опублікованих наукових даних — біологи визнають,

що вони мало знають про більшість живих організмів нашої планети [6].

Найпростіший з підходів до розрахунку загального біорізноманіття полягає в співвідношенні відомого й невідомого числа видів. Таку оцінку було проведено для птахів, ссавців та інших добре відомих тварин помірного кліматичного поясу з наступною екстраполяцією даних на тропіки. За умови, що в тропіках цих видів удвічі більше і такий підхід є відповідним для всіх класів живих істот, результати дослідження продемонстрували біорізноманіття в 3 млн видів. Так, було визнано, що комахи є найчисельнішою групою видів. Якщо припустити, що жуки становлять 40% усіх видів комах, яких удвічі більше в лісовому покриві, ніж під ним, то цей результат буде відповідати близько 30 млн видів комах у світі [6].

Проаналізувавши всі доступні матеріали, наукова комісія під егідою ООН дійшла висновку, що кількість видів комах на планеті становить 13,6 млн. Цей документ як «робочу гіпотезу» не визнає низка дослідників з екології, вважаючи її спекулятивним продуктом «кабінетної біології» [7].

Отже, за всіма науковими оцінками комахи становлять більшу частину біоти планети [3].

Більшість комах розмножуються статевим шляхом, хоча деякі комахи, наприклад попелиці, можуть мати безстатеве розмноження. Усі комахи відкладають яйця. Клас комах налічує близько 32 рядів, але тільки чотири з них — домінуючі. До них відносяться: 1) жорсткокрилі (*Coleoptera*) — 370000 відомих видів, або 40% усіх комах і 10% усіх тварин; 2) лускокрилі (*Lepidoptera*) — понад 130000; 3) двокрилі (*Diptera*) — 120000; і 4) перетинчастокрилі (*Hymenoptera*) — за різними оцінками налічується 15000–25000 відомих видів [8]. Усі ці чотири ряди становлять понад 80% усіх відомих видів комах, інші 28 рядів — тільки близько 20%.

У 1997 р., уперше за увесь час ентомологічних досліджень у Північній Америці, було опубліковано повний перелік відомих науці видів комах континенту. Усього було

каталогізовано 95694 видів, виявлених до кінця 1994 р. До цього різноманіття ввійшло близько 25,3% видів *Coleoptera*, 12,2 — *Lepidoptera*, 20,7 — *Diptera* і 21,3% — *Hymenoptera*, що у підсумку становить 79,5% відомих видів комах. На всі інші ряди припадає 20,5% видів. Проаналізувавши дані цього каталогу, науковці дійшли висновку, що кількість нових видів комах, яких фахівці відкривали щорічно, експоненційно знижувалася впродовж останніх двох десятиліть [9]. Так, у 1970 р. налічувалося близько 88600 відкритих видів, а у наступні 20 років численні дослідження ентомологів у Північній Америці засвідчили про близько 7100 нових видів [10]. Різке зниження темпів відкриття можна пояснити або вимиранням фауни, або тим, що фауна Північної Америки вже добре вивчена. Ентомологічний каталог також свідчить, що у Північній Америці, починаючи з 1970 р., було описано 673 види метеликів із близько 11000 відомих видів. Із усіх численних рядів комах лускокрилі завжди були найбільш вивченими, тому нових видів серед них виявляли менше порівняно з іншими комахами [11, 12].

Екологи вже давно визнали метеликів як оптимальну групу комах, своєрідним «індикатором» для дослідження структури загального біологічного різноманіття, адже вони вирізняються розмірами і яскравим забарвленням. Тому саме цю групу комах одну із перших ретельно було досліджено й каталогізовано. Слід зауважити, що більшість видів було виявлено ще наприкінці вікторіанської епохи, але навіть за консервативними оцінками прийнято вважати, що досі описано лише 90% світової фауни метеликів [13–15]. Використання подібного індикатора дає змогу оцінити рівень глобального біорізноманіття на основі знання співвідношення частки видів метеликів серед усіх інших комах, а також частки видів комах у глобальній чисельності видів. На сьогодні світова фауна метеликів налічує за різними оцінками 14750–17500 видів. Своєю чергою ці розрахунки свідчать про показник 3627695 видів серед загального біологічного різноманіття планети [16, 12].

У наукових колах досі існує проблема щодо розуміння екологічної ролі біорізноманіття — відсутня повна згода в питанні його значення для стійкості екосистеми та її функціонування [17, 18]. Крім того, більшість екологічних досліджень екологічної ролі біорізноманіття мають теоретичний характер або є результатами польових досліджень, завданням яких було вивчення інших екологічних проблем [19].

На думку науковців, комахи домінують у земних і прісноводних екосистемах, а отже, забезпечують значну частину біотичного кругообігу речовини, енергії та інформації в біосфері, що обумовлює підтримання екологічної рівноваги [20]. Лише 1% видів комах людство відносить до шкідників і з початку ХХ ст. веде з ними нищівну «хімічну» боротьбу [21].

На сьогодні визначено близько 750 тис. видів комах, але, як вважають ентомологи, в природі їх існує близько 1,5 млн [15]. Як відомо, світова фауна налічує понад 1,5 млн видів, що у 5 разів більше, ніж рослин; 75% загальної кількості видів тварин становлять комахи [22].

Комахи освоїли основні сфери планети і беруть участь в різноманітних природних процесах. Природні екосистеми не можуть повноцінно функціонувати без комах та інших членистоногих, тому рівень їх різноманіття слугує надійним показником екологічного стану екосистем. Високе різноманіття комах забезпечує потенційну можливість і надійність на ранніх стадіях виявляти незначні, але важливі зміни екологічного стану природних систем. Незважаючи на значний досвід розвитку ентомології, навіть на сьогодні біорізноманіття комах вивчено недостатньо. Ентомологічною спільнотою деяких європейських країн (зокрема у Великій Британії) досліджено понад 93% із прогнозованих 24 тис. видів комах. Проте у більшості тропічних країн, рівень знань щодо чисельності видів комах є значно низьким — визначено не більше 10% від існуючих видів [22–24].

Стосовно України, то на її території комплексна каталогізація зовсім не про-

дилася, оскільки для цього потрібно істотне та довгострокове фінансування.

Мета роботи — концептуальне вирішення питань щодо проведення оціночних досліджень стану різноманіття ентомофауни агроценозів України.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили в агроландшафтах Лісостепу України впродовж 2001–2010 рр. у рамках НТП «Агроєкологія» в Інституті агроєкології і природокористування НААН та НУБіП України.

Використовували аналітично-синтетичні, еколого-статистичні та експериментальні методи, апробовані та рекомендовані для польових та лабораторних досліджень в ентомології, захисті рослин та екології [25, 26].

Збір ентомофауни здійснювали загальноприйнятими методами один раз на 7–10 днів на стаціонарних ділянках [26]. Таксономічну приналежність біологічних зборів визначали фахівці Інституту зоології ім. І.І. Шмальгаузена НАН України [27].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Константні та домінантні види агроценозів відносять до «шкідливих організмів», від чисельності яких залежить рівень втрат врожаю. Тому за радянських часів ці види комах було ретельно досліджено, систематизовано та описано в численній науковій літературі [21, 28].

Ми запропонували здійснювати оцінку стану різноманіття ентомофауни агроценозів за допомогою індикаторної групи видів, які домінували в посівах та насадженнях сільськогосподарських культур у першій половині ХХ ст. За ретельних аналітичних досліджень наукової літератури відповідного періоду нами було укладено перелік константних та домінантних видів-шкідників основних сільськогосподарських культур Лісостепу України. Систематизацію відомих видів комах проводили за їх життєвими формами.

Життєва форма — це історично сформований комплекс біологічних, фізіологічних і морфологічних властивостей організму,

що обумовлює певну реакцію на вплив середовища [28, 29]. Оскільки потреби різних видів комах щодо умов довкілля мають свої особливості, а займані ними екологічні ніші є доволі відмінними, серед комах спостерігається і значне різноманіття життєвих форм. Згідно з існуючою класифікацією, за життєвими формами комах поділяють на геофілів — геобіонти і герпетобіонти, та фітофілів — хортобіонти і дендробіонти.

Геобіонти — організми, що існують в ґрунті та підґрунті постійно або певний проміжок життєвого циклу.

Герпетобіонти — організми поверхневої частини ґрунту.

Хортобіонти — організми товщі трав'янистого покриву, який утворено злаками.

Дендробіонти — організми деревних та чагарникових насаджень.

Для різних життєвих форм комах розроблено відповідні специфічні методи обліку їх чисельності, використання яких за фауністичних досліджень дає змогу отримати репрезентативні вибірки. Багаторічні фауністичні дослідження різних стацій агроландшафтів Лісостепу, виконані нами в рамках дисертаційних робіт аспірантів, надали можливість встановити наявність або відсутність тих чи інших видів у ентомологічних зборах та порівняти отримані результати видового різноманіття з літературними даними (табл.).

Порівняння результатів фауністичних та аналітичних досліджень комах, що засе-

ляють агроландшафти Лісостепу, свідчить про зміни екологічної структури ентомокомплексу — зменшення кількості рядів ентомофауни життєвих форм (од.): герпетобіонтів — з 6 до 4, геобіонтів — з 5 до 4, і дендробіонтів — з 13 до 12. Кількість рядів комах-хортобіонтів залишається незмінною — 7 од.

Як видно з наведених даних, життєва форма геобіонтів у агроландшафтах Лісостепу за аналітичними дослідженнями налічує 107 домінантних та константних видів, що становить 6,7% від усієї ентомофауни. Фауністичні дослідження свідчать, що наявне біорізноманіття геобіонтів збільшилося на 44,9%.

Видова різноманітність ентомофауни герпетобіонтів за результатами аналітичних досліджень сягала 470 видів. Фауністичні дослідження засвідчили про істотне зменшення частки угруповання (з 29,3 до 17,2% від усієї ентомофауни) та катастрофічне збільшення видового різноманіття герпетобіонтів — на 71,5%. Унаслідок зменшення різноманіття геофілів, частка фітофілів зросла: з 10,8 до 13,7% — у хортобіонтів та з 53,2 до 61,5% — у дендробіонтів, але видова різноманітність життєвих форм зменшилась — на 38,2 та 43,8% відповідно. У середньому показник видового ентомологічного різноманіття агроландшафтів України, за нашими оціночними даними, збільшився на 49,6% — з 1604 до 780 видів.

Так, зменшення рівня біорізноманіття переважно відбулося серед комах-геофілів

Порівняння результатів аналітичних та фауністичних досліджень видового різноманіття ентомофауни агроландшафтів Лісостепу

Життєва форма	Видове біорізноманіття ентомофауни за аналітичними дослідженнями, од.	%	Видове біорізноманіття ентомофауни за фауністичними дослідженнями, од.	%	Рівень збільшення, %
Геобіонти	107	6,7	59	7,6	44,9
Герпетобіонти	470	29,3	134	17,2	71,5
Хортобіонти	173	10,8	107	13,7	38,2
Дендробіонти	854	53,2	480	61,5	43,8
Всього	1604	100	780	100	M* = 49,6

Примітка: *M — середнє значення.

(геобіонтів та герпетобіонтів), що свідчить про значні екологічні порушення педосфери Лісостепу.

За результатами наших досліджень не можна однозначно стверджувати, що види, яких не було виявлено впродовж багаторічних фауністичних описів, зникли. Але вони свідчать, що 50% видів комах агроландшафтів Лісостепу, які в минулому мали статус константних і домінантних, унаслідок дії несприятливих екологічних чинників стали малочисельними, що є першим кроком до їх фактичного зникнення.

Отже, під впливом змін клімату та антропогенного навантаження на довкілля в ентомофауні агроландшафтів Лісостепу відбуваються істотні зміни. На тлі перебудови таксономічної структури ентомокомплексу помітно зменшилося його видове різноманіття, що є сигналом до пошуку шляхів біоценологічної меліорації агроландшафтів для збереження біорізноманіття.

ВИСНОВКИ

Оцінка стану ентомофауни агроландшафтів можлива на прикладі репрезентативної вибірки комах, яка представлена константними та домінантними видами, внесеними в ентомологічні реєстри, що були створені у минулому столітті. Для оптимального узагальнення вибірок до-

цільно відому ентомофауну згрупувати за основними життєвими формами (геофіли та фітофіли), кожна з яких потребує відповідних методів обліку їх чисельності. Порівняння результатів аналітичних та фауністичних досліджень дає змогу оцінити реальний стан видового ентомологічного різноманіття агроландшафтів.

На підставі багаторічних фауністичних досліджень доведено збіднення видового ентомологічного різноманіття геобіонтів — на 44,9% та герпетобіонтів на 71,5%. Унаслідок зменшення різноманіття геофілів нині частка фітофілів зросла (%): у хортобіонтів — з 10,8 до 13,7, у дендробіонтів — з 53,2 до 61,5. Натомість, видове біорізноманіття зменшилось на 38,2 та 43,8% відповідно.

У середньому показник видового ентомологічного біорізноманіття агроландшафтів Лісостепу України збіднів на 49,6%. Зменшення рівня біорізноманіття відбулося, переважно, через збіднення чисельності комах-геофілів (геобіонтів та герпетобіонтів), що свідчить про значні екологічні порушення педосфери. Отримані дані свідчать, що близько 50% видів комах, які в минулому мали статус константних і домінантних в агроландшафтах, унаслідок дії несприятливих екологічних чинників стали малочисельними, що загрожує фактичним їх зникненням.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лисовий М.М. Екологічна функція ентомологічного біорізноманіття. Фауна комах-фітофагів деревних і чагарникових насаджень Лісостепу України: монографія / М.М. Лисовий, В.М. Чайка. — Кам'янець-Подільський: Аксіома, 2008. — 384 с.
2. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы / Р. Уиттекер. — М.: Прогресс, 1980. — 326 с.
3. Wilson E.O. The Diversity of life / E.O. Wilson. — Norton & Company, 1993. — 255 p.
4. Wings E. On Invertebrate Conservation / E. Wings // The Xerces Society, Winter News Briefs. — Liverpool, 1992. — P. 3–11.
5. Insect extinctions threaten human life [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.endangeredearth.org/alerts/result-.asp?index=833>
6. Stork N.E. Measuring Global Biodiversity and Its Decline / N.E. Stork // Biodiversity. — Part II. — Kyiv: National Academy of Sciences, 1997. — 630 p.
7. Tangle L. How Many Species Are There? / L. Tangle. — In U.S. News & World Report, 1997. — 79 p.
8. Перепончатокрылые [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
9. Poole R.W. Nomina insecta near arctica: A Checklist of the Insects of North America [Електронний ресурс] / R.W. Poole // Entomological Information Services, 1997; Conservation and Biodiversity of Australian Insects. — Режим доступу: <http://www.amonline.net.au/insects/research/conservation.htm>
10. Donald J.B. A Field Guide to Insects: America north of Mexico / J.B. Donald, R.E. White. — NY: Houghton Mifflin Company, 1970. — 56 p.
11. Lee D.M. A Catalogue Checklist of the Butterflies of America North of Mexico / D.M. Lee, F.M. Brown // The Lepidopterists' Society. — 1981. — No. 2. — P. 157–198.
12. Scott J.A. The Butterflies of North America / J.A. Scott. — USA: Stanford University Press, 1986. — 156 p.
13. Smith M.J. Moths of western North America. Distribution of Sphingidae of western North America /

- M.J. Smith / Contributions of the C.P. Gillette Insect Biodiversity Museum. — Colorado State University, Fort Collins, 1993. — Vol. 2. — 34 p.
14. *Stanford R.E.* Atlas of western USA butterflies, including adjacent parts of Canada and Mexico / R.E. Stanford, P.A. Opler. — USA: Published by authors, Denver, CO, 1993. — 275 p.
15. *Robbins R.K.* Butterfly Diversity and Preliminary Comparison with Bird and Mammal Diversity / R.K. Robbins, P.A. Opler // Biodiversity II. — K.: National Academy of Sciences, 1997. — P. 69–79.
16. *Hamilton T.A.* Swallowtail Butterflies of the Americans / T.A. Hamilton, K.S. Brown, K.H. Wilson. — USA: Scientific Publishers. Inc., 1994. — 34 p.
17. *De Leo G.A.* The multifaceted aspects of ecosystem integrity / G.A. De Leo, S. Levin // Conservation Ecology. — 1997. — No. 1. — P. 27–31.
18. *Mc Cann K.S.* The diversity — stability debate / K.S. Mc Cann // Nature. — 2000. — No. 405. — P. 228–233.
19. *Loreau M.* Biodiversity and ecosystem functioning / M. Loreau, S. Naem, P. Inchausti. — New York: Oxford University Press, USA, 2002. — 57 p.
20. Commission on genetic resources for food and agriculture, 2007: ESA Position Statement on Insects and Biodiversity [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://www.entsoc.org/resources/position_papers/biodiversity.htm
21. Вредители сельскохозяйственных культур и лесных насаждений: в 3 т. / [под ред. В.П. Васильева]. — К.: Урожай, 1987. — Т. 1. — 440 с.
22. *Раббинов А.* Биоразнообразие аридных территорий [Електронний ресурс] / А. Раббинов, У. Фазилов. — Режим доступу: http://www.virtu-alcentre.org/ru/enl/A3/A3_05_00_ru.htm
23. How to assess insect biodiversity without wasting your time [Електронний ресурс] / Biological Survey of Canada (Terrestrial Arthropods) Document. — 1996. — No. 5. — Режим доступу: <http://www.biology.ualberta.ca/bsc/briefs/brassess.htm>
24. Conservation and Biodiversity of Australian Insects [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.amonline.net.au/insects/research/conservation.htm>
25. *Васильев В.П.* Комплексний показник шкодо-чинності угруповання фітофагів на посівах сільськогосподарських культур / В.П. Васильев, В.М. Чайка, В.О. Зацерківський // Захист рослин. — 1997. — № 6. — С. 7.
26. *Дунаев Е.А.* Методы эколого-энтомологических исследований / Е.А. Дунаев. — М.: МосгорСИОН, 1997. — 44 с.
27. *Мамаев Б.М.* Определитель насекомых европейской части СССР / Б.М. Мамаев, Л.Н. Медведев, Ф.Н. Правдин. — М.: Просвещение, 1976. — 318 с.
28. *Лісовий М.М.* Екологічні особливості видового стану ентомологічного біорізноманіття агроландшафтів Лісостепу України: дис. ... д-ра біол. наук: 03.00.16 — екологія / М.М. Лісовий. — К., 2012. — 418 с.
29. *Догель В.А.* Зоология беспозвоночных / В.А. Догель. — М.: Высшая школа, 1981. — 614 с.

REFERENCES

1. Lisovsky, M.M., Chayka, V.M. (2008). Fauna komah-fitofagiv derevnyh i chagarnykovykh nasadgen Lisostepu Ukrainy: monografiya [Fauna insects herbivores planting tree and shrub Steppe-zone of Ukraine: monograph]. Kamyane-Podilsky: Ak-sioma [in Ukrainian].
2. Uitterker, R. (1980). Soobchestva i ekosystemy: monografiya [Communities and ecosystems: monograph]. Moskva: Progres [in Russian].
3. Wilson, E.O. (1993). The Diversity of life: monograph. Norton & Company [in English].
4. Wings, E. (1992). On Invertebrate Conservation: monograph. The Xerces Society, Winter News Briefs [in English].
5. Insect extinctions threaten human. www.endangeredearth.org. Retrieved from: <http://www.endangeredearth.org/alerts/result-m.asp?index=833> [in English].
6. Stork, N.E. (1997). Measuring Global Biodiversity and its Decline. In Biodiversity II. Kyiv: National Academy of Sciences [in English].
7. Tangle, L. (1997). How many species are there? U.S. News & World Report [in English].
8. Pereponchatokryli [Hymenoptera]. [u.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org/wiki/). Retrieved from: <http://ru.wikipedia.org/wiki/> [in Ukrainian].
9. Poole, R.W. (1997). Nomina insect nearctica: A Checklist of the insects of North America. Entomological Information Services, Conservation and Biodiversity of Australian Insects. [www.amonline.net.au](http://www.amonline.net.au/insects/research/conservation.htm). Retrieved from: <http://www.amonline.net.au/insects/research/conservation.htm> [in English].
10. Donald, J.B. (1970). A field guide to insects. America north of Mexico. NY: Houghton Mifflin Company [in English].
11. Lee, D.M., Brown, F.M. (1981). A Catalogue checklist of the butterflies of America North. *The Lepidopterists' Society*, 2, 157–198 [in English].
12. Scott, J.A. (1986). The Butterflies of North America. Stanford University Press [in English].
13. Smith, M.J. (1993). Moths of western North America. Colorado State University, Fort Collins: Distribution of Spingidae of western North Contributions of the C.P. Gillette Insect Biodiversity Museum. (Vol. 2). [in English].
14. Stanford, R.E. (1993). *Atlas of western USA butterflies, including adjacent parts of Canada and Mexico*. Denver, CO [in English].
15. Robbins, R.K., Opler, P.A. (1997). Butterfly Diversity and Preliminary Comparison with Bird and Mammal Diversity. *Biodiversity II*. National Academy of Sciences [in English].
16. Hamilton, T.A., Brown, K.S., Wilson, K.H. (1994). *Swallow tail Butterflies of the Americans*. Scientific Publishers. Inc. [in English].
17. De Leo, G.A., Levin, S. (1997). The multifaceted aspects of ecosystem integrity. *Conservation Ecology*, 1, 27–31 [in English].

18. Mc Cann, K. S. (2000). The diversity – stability debate. *Nature*, 405, 228–233 [in English].
19. Loreau, M., Naem, S., Loreau, M., Inchausti, P. (2002). *Biodiversity and ecosystem functioning*. New York, USA: Oxford University Press [in English].
20. Commission on genetic resources for food and agriculture. (2007). ESA Position. Statement on Insects and Biodiversity. www.entsoc.org. Retrieved from: http://www.entsoc.org/resources/position_papers/biodiversity.htm [in English].
21. Vasylev, V.P. (Eds.). (1987). *Vrediteli sel'skohozyaystvennykh kultur i lesnykh nasajdeny: monografiya [Pests of crops of forest plantations: monograph]*. (Vols. 1–3). Kiyv: Uroжай [in Russian].
22. Rabbymov, A., Fazylov, U. (2006). Bioraznoobrazye arydnykh teretoryy [Biodiversity of arid areas]. www.virtualcentre.org. Retrieved from: http://www.virtualcentre.org/ru/enl/A3/A3_05_00_ru.htm [in Russian].
23. How to assess insect biodiversity without wasting your time: Biological Survey of Canada (Terrestrial Arthropods) Document. (1996). Series No. 5. www.biology.ualberta.ca. Retrieved from: <http://www.biology.ualberta.ca/bsc/briefs/brassess.htm> [in English].
24. Conservation and Biodiversity of Australian Insects. www.amosonline.net.au. Retrieved from: <http://www.amosonline.net.au/insects/research/conservation.htm> [in English].
25. Vasylev, V.P., Chayka, V.M., Zacerkivskyy, V.O. (1997). Kompleksnyy pokaznyk shkodochynnosti ugrupovannya fitofagiv na posivakh sil'skogospodarskykh kultur [Composite index harmfulness group herbivores in agricultural crops]. *Zahyst Roslyn – Plant Protection*, 6, 7 [in Ukrainian].
26. Dunaev, E.A. (1997). *Metody ekologo-entomologicheskikh isledovaniy: monografiya [Methods of ecologists of entomological research: monograph]*. Moskva: MosgorSIuN [in Russian].
27. Mamaev, B.M., Medvedev, L.N., Pravdin, F.N. (1976). *Opredeliteli nasekomykh evropeyskoy chasti SSSR [Determinants of the insects of the European part of the USSR]*. Moskva: Prosveshchenie [in Russian].
28. Lisovyy, M.M. (2012). *Ekologichny osoblyvosti vyrovovogo stanu entomologichnogo bioriznomanitya agrolandshaftiv hativ Lisostepu Ukrainy [Ecological features state entomological species biodiversity of agricultural landscapes Steppe-zone of Ukraine]*. Doctor's thesis. Kyiv [in Ukrainian].
29. Dogel, V.A. (1981). *Zoologiya bespozvonochnykh: monografiya [Zoology of invertebrates: monograph]*. Moskva: Vysshaya shkola [in Russian].

УДК 633.16:631.527

ЕКОЛОГО-ГЕНЕТИЧНІ АСПЕКТИ СЕЛЕКЦІЇ ЯЧМЕНЮ ОЗИМОГО ЩОДО ПІДВИЩЕННЯ ЙОГО ПРОДУКТИВНОГО ТА АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ У ЛІСОСТЕПІ УКРАЇНИ

О.А. Демидов¹, С.П. Васильківський^{1,2}, В.М. Гудзенко¹

¹ Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН

² Білоцерківський національний аграрний університет

За результатами багаторічних експериментальних досліджень обґрунтовано еколого-генетичні аспекти селекції ячменю озимого для підвищення його продуктивного та адаптивного потенціалу в Миронівському інституті пшениці імені В.М. Ремесла НААН. Впроваджено у практичну селекцію системний підхід до оцінки та добору генотипів за продуктивністю та стійкістю (толерантністю) до абіотичних та біотичних чинників у Лісостепі України. Сформовано колекцію ячменю озимого, що налічує 568 зразків різного еколого-географічного походження. На основі адаптованих сортів, селекційних ліній та виділених джерел цінних ознак створено новий генетичний матеріал в усіх ланках селекційного процесу. Виведено та передано на державне сортовипробування України впродовж 2012–2016 рр. сім сортів ячменю озимого: МІП Гладіатор, МІП Ясон, МІП Оскар, МІП Корсар, МІП Дарій, МІП ЛІДЕР, МІП Статус.

Ключові слова: ячмінь озимий, продуктивність, адаптивність, еколого-генетичні аспекти, абіотичні та біотичні чинники, генетичні джерела, сорт, селекція.

Ячмінь — традиційна зернова культура для сільськогосподарського виробництва

України. Однак якщо донедавна переважну більшість площ займав ячмінь ярий, то з другої половини минулого десятиліття відчутно збільшились посіви та розши-

рилась географія вирощування ячменю озимого. На сьогодні його вирощують не лише у традиційних екологічних умовах — Південному Степу, а й у всіх без винятку зонах України (рис. 1). Так, у Поліссі та Карпатському регіоні площі ячменю озимого становлять 56,4 тис. га, Лісостепі — 136,7 тис. га. Тому створення сортів ячменю озимого, адаптованих до «нових» екологічних умов, є нагальним завданням вітчизняної селекційної науки.

Конкурентний комерційний сорт сьогодні повинен характеризуватись як високим генетичним потенціалом продуктивності, так і здатністю реалізовувати його у конкретних екологічних умовах. Важливим аспектом адаптивності сорту є його здатність меншою мірою знижувати рівень врожайності за дії несприятливих абіотичних і біотичних чинників, що забезпечується генетичною стійкістю (толерантністю) та загальним гомеостазом організму. Останній зумовлено взаємодією генетичних і епігенетичних систем на різних рівнях регуляції життєдіяльності рослин у відповідь

на подразники навколишнього природного середовища.

На практиці доведено, що агроекологічні умови селекційної роботи значною мірою впливають на формування ознак і властивостей майбутнього сорту [1–3]. У селекційному матеріалі це відбувається внаслідок генетичної рекомбінації, «закріплення» у генотипі відповідних алелей та елімінації непристосованих особин за постійно діючого природного добору [4, 5]. Напрямок дії останнього зумовлено характерним для цих певних екологічних умов тиском на рослинний організм абіотичних та біотичних чинників [6, 7]. Селекційний процес і власне добір, як одна з його основних складових, діють у певному навколишньому природному середовищі і тому «накладаються» на природний добір.

Мета досліджень — розробка теоретичних основ селекції та створення сортів ячменю озимого з підвищеним продуктивним і адаптивним потенціалом для умов Лісостепу України.

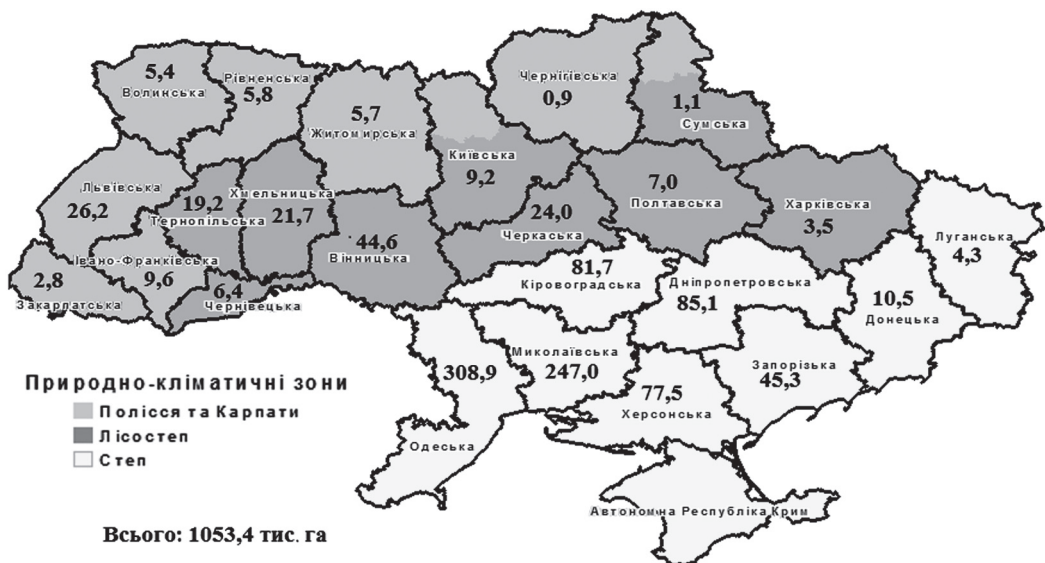


Рис. 1. Площі посіву ячменю озимого в розрізі областей України, середнє за 2013/2014–2015/2016 рр., тис. га (дані Держстат України (<http://www.ukrstat.gov.ua>); не відображено площі в АР Крим (під урожай 2013 р. площа становила 116,3 тис га)

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Експериментальні дослідження проводили в Миронівському інституті пшениці імені В.М. Ремесла НААН (МІП ім. В.М. Ремесла) відповідно до загальноприйнятих методик [8–11]. Об'єкт дослідження — зразки світового генофонду, селекційний матеріал різних ланок та сорти ячменю озимого.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Зауважимо, що МІП ім. В.М. Ремесла проводить ґрунтовну селекційну роботу з ячменем озимим у Лісостепі України з 1971 р. На основі багаторічних експериментальних досліджень визначено низку абіотичних та біотичних чинників, які істотно впливають на ріст і розвиток рослин ячменю озимого в умовах Лісостепу України [12–16]. В узагальненому схематичному вигляді основні агроєкологічні чинники реалізації продуктивного потенціалу генотипу сорту ячменю озимого, на які спрямовано увагу дослідження, наведено на рисунку 2.

Однією з властивостей живих організмів, у т.ч. й рослинних, є їх здатність пристосовуватися до мінливих умов довкілля.

У процесі адаптації змінюються біохімічні процеси та функціональні властивості як клітин, так і організму загалом. На думку А.А. Жученка [17], проблема адаптації завжди була ключовою концепцією в біології і займала центральне місце в сільському господарстві.

Безумовно, що ключовим аспектом успіху селекційної роботи з поліпшення створюваних сортів за вище наведеними напрямками є необхідна кількість генетичних джерел з відповідними ознаками і властивостями. У цьому напрямі працює МІП ім. В.М. Ремесла як співвиконавець Національного центру генетичних ресурсів рослин України у реалізації державної програми щодо формування генетичного банку ячменю в Україні. Щороку за продуктивністю, стабільністю та стійкістю до абіотичних та біотичних чинників досліджується 300–500 колекційних зразків, з яких найцінніші за комплексом або окремими ознаками паспортизуються і поповнюють колекцію МІП ім. В.М. Ремесла. Станом на 2017 р. сформовано колекцію для селекції ячменю озимого у Лісостепі України, що налічує 568 зразків різного екологічного походження (рис. 3).

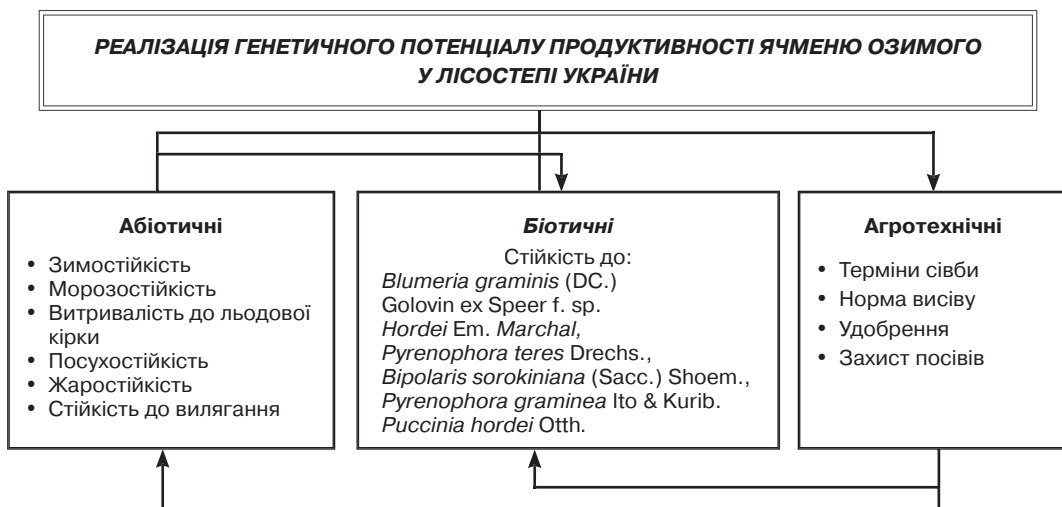


Рис. 2. Основні агроєкологічні чинники реалізації генетичного потенціалу продуктивності ячменю озимого у Лісостепі України

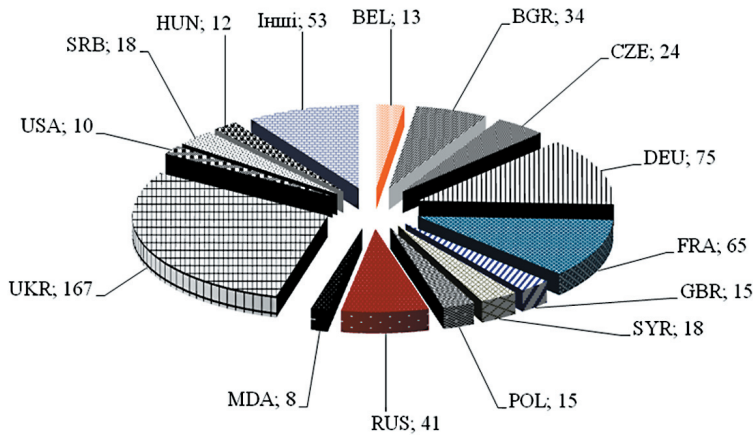


Рис. 3. Склад колекції ячменю озимого МІП ім. В.М. Ремесла НААН за країнами походження, кількість зразків, од.

Екологічна цілеспрямованість селекції передбачає генетико-фізіологічне обґрунтування моделі пластичного сорту з урахуванням основних обмежувальних чинників регіону, для якого створюється сорт.

На основі адаптованих сортів, селекційних ліній та завдяки залученню виділених зі світового різноманіття генетичних джерел селекційно цінних ознак щороку в установі створюється новий вихідний матеріал у кількості 100–200 гібридних комбінацій. Загальна кількість матеріалу, опрацьованого у різних ланках селекційного процесу, становить близько 10–12 тис. номерів.

З огляду на викладене, дослідження з ячменем озимим у МІП ім. В.М. Ремесла спрямовано на підвищення продуктивного і адаптивного потенціалу від розробки моделі сорту до відпрацювання елементів технології його вирощування, з урахуванням системного підходу, що передбачає такі основні аспекти:

- розробку моделі сорту та програми селекції з урахуванням: напрямку використання сорту; абіотичних і біотичних екологічних чинників; технології вирощування;
- інтродукцію колекційних зразків різного походження та первинну оцінку за основними цінними господарськими показниками; демаркацію і добір для подальшої роботи зразків з урожайністю, вищою

за середню у досліді, виняток — форми з «дефіцитними» ознаками;

- системну оцінку зразків генофонду за врожайністю, адаптивністю, елементами структури врожаю, якістю зерна, стійкістю до комплексу абіотичних та біотичних чинників;

- добір батьківських компонентів схрещування серед високопродуктивних генотипів різного еколого-географічного походження за взаємодоповнювальними елементами структури, параметрами адаптивності та стійкістю до абіотичних і біотичних чинників;

- створення вихідного матеріалу: системні схрещування (топкроси та діалельні); багатокомпонентні схрещування (ступінчасті, бекроси тощо); розширення генетичного різноманіття (залучення у гібридизацію екологічно віддалених форм, їх різновидностей, типів розвитку, поєднання рекомбінаційної та мутаційної мінливості шляхом обробки гібридів F_1 - F_2 мутагенами);

- диференційований підхід до методів добору в гібридних поколіннях залежно від комбінації схрещування: Педігрі, SSD (одна насінина в потомстві), масових популяцій; критерії добору — максимальний бал перезимівлі, синхронний розвиток стебел, озерненість колоса, крупність зерна, стійкість до вилягання і хвороб;

• добір стабільних форм у селекційному розсаднику та попередню оцінку селекційних ліній у контрольному розсаднику за цінними господарськими ознаками — врожайністю, крупністю та якісними показниками зерна, зимостійкістю, морозостійкістю, посухостійкістю, стійкістю до вилягання та основних хвороб;

• системну оцінку селекційних ліній у конкурентному сортовипробуванні за врожайністю, якістю зерна, параметрами адаптивності, яровизаційною та фотоперіодичною чутливістю, зимостійкістю, морозостійкістю, посухо- і жаростійкістю, стійкістю до вилягання, до борошнистої роси, плямистості листя і карликової іржі на природному і провокаційному фонах; застосування різних термінів сівби для поглибленої оцінки реакції генотипу на мінливість умов навколишнього природного середовища і виділення стабільних за врожайністю ліній; з другого року конкурентного сортовипробування — оцінку виділених ліній у екологічному сортовипробуванні; одночасно з передачею сорту на державне сортовипробування — агротехнічні дослідження для

визначення оптимальних параметрів елементів технології вирощування (терміни сівби, норми висіву, рівень мінерального живлення, система захисту тощо);

• створення на основі всебічного випробування зразків генофонду селекційних ліній і сортів, інформаційної бази даних з максимальною кількістю характеристик за біологічними, цінними господарськими та селекційними ознаками і властивостями, параметрами пластичності і стабільності, стійкістю до абіотичних та біотичних чинників. Це дає змогу під час внесення сорту до Держреєстру сортів України надати максимальну кількість інформації щодо його біологічних особливостей, екологічних та агротехнічних вимог стосовно умов вирощування.

Результатом реалізації наведених положень є виведення і передача до Державного сортовипробування України впродовж 2012–2016 рр. семи сортів ячменю озимого, які переважають Національний стандарт Жерар за врожайністю у поєднанні з низкою інших цінних господарських ознак (табл.).

Характеристика нових сортів ячменю озимого у сортовипробуваннях МПП ім. В.М. Ремесла, середнє за 2012–2016 рр.*

Назва сорту	Урожайність, т/га	+ до St, т/га	Маса 1000 зерен, г	Висота рослин, см	Перезимівля, бал	Стійкість до (бал):					
						вилягання	борошнистої роси	смугастої плямистості	сітчастої плямистості	темно-бурої плямистості	карликової іржі
2012–2014 рр.											
Жерар — St	4,85	–	48,6	105	9	6	5	7	8	6	6
МІП Оскар	5,50	0,65	49,8	106	9	6	7	8	8	6	7
МІП Ясон	5,49	0,64	47,4	96	9	7	6	8	7	6	6
МІП Гладіатор	5,37	0,52	47,5	106	9	8	6	8	8	6	6
2013–2015 рр.											
Жерар — St	5,00	–	45,6	96	9	4	4	7	7	6	6
МІП ЛІДЕР	5,57	0,57	46,2	100	9	8	6	8	8	7	7
МІП Дарій	5,57	0,57	45,1	96	9	6	6	8	8	6	6
МІП Корсар	5,50	0,50	45,8	97	9	6	6	8	8	6	6

Назва сорту	Урожайність, т/га	+ до St, т/га	Маса 1000 зерен, г	Висота рослин, см	Перезимівля, бал	Стійкість до (бал):					
						вильяння	борошнистої роси	смугастої плямистості	сітчастої плямистості	темно-бурої плямистості	карликової іржі
2014–2016 рр.											
Жерар — St	5,61	–	45,3	108	9	4	4	7	8	6	6
МІП Статус	6,34	0,73	44,7	109	9	7	7	8	8	6	6

Примітка: * НІР₀₅ за врожайністю: 2012–2014 рр. та 2013–2015 рр. — 0,31 т/га; 2014–2016 рр. — 0,34 т/га.

ВИСНОВКИ

На основі багаторічних детальних досліджень ячменю озимого у Лісостепі України отримано такі результати:

- Обґрунтовано основні еколого-генетичні аспекти селекції ячменю озимого в умовах Лісостепу України.
- Впроваджено у практичну селекцію системний підхід оцінки та добору генотипів за продуктивністю та стійкістю (то-

лерантністю) до абіотичних та біотичних чинників.

- Сформовано колекцію ячменю озимого, що налічує 568 зразків різного еколого-географічного походження.
- Створено якісно новий генетичний матеріал в усіх ланках селекційного процесу.
- Виведено сім сортів ячменю озимого: МІП Гладіатор, МІП Ясон, МІП Оскар, МІП Корсар, МІП Дарій, МІП ЛІДЕР, МІП Статус.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ceccarelli S. Relationship between barley grain yield measured in low- and high-yielding environments / S. Ceccarelli, S. Grando, J. Hamblin // *Euphytica*. — 1992. — Vol. 64. — P. 49–58.
2. Ceccarelli S. Adaptation to low/high input cultivation / S. Ceccarelli // *Euphytica*. — 1996. — Vol. 92. — P. 203–214.
3. Selection efficiency across environments in improvement of barley yield for moderately low nitrogen environments / Y. Anbessa, P. Juskiw, A. Good et al. // *Crop science*. — 2010. — Vol. 50. — P. 451–457.
4. Quantitative trait loci associated with adaptation to Mediterranean dryland conditions in barley / M. von Korff, S. Grando, A. Del Greco, et al. // *Theor Appl Genet*. — 2008. — Vol. 117. — P. 653–669.
5. Changes in allele frequencies in landraces, old and modern barley cultivars of marker loci close to QTL for grain yield under high and low input conditions / A. Pswarayi, F.A. van Eeuwijk, S. Ceccarelli et al. // *Euphytica*. — 2008. — Vol. 163. — P. 435–447.
6. Van Oosterom E.J. Adaptation of barley (*Hordeum vulgare* L.) to harsh Mediterranean environments III. Plant ideotype and grain yield / E.J. van Oosterom, E. Acevedo // *Euphytica*. — 1992. — Vol. 62. — P. 29–38.
7. Ceccarelli S. Specific adaptation and breeding for marginal conditions / S. Ceccarelli // *Euphytica*. — 1994. — Vol. 77. — P. 205–219.
8. Методика проведення експертизи та державного сортопробування сортів рослин зернових, круп'яних та зернобобових культур // Охорона прав на сорти рослин / гол. ред. В.В. Волкодав. — К.: Алефа, 2003. — Вип. 2, Ч. 3. — С. 1–241.
9. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. — Изд. 5-е, доп. и перераб. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
10. Методические указания по изучению мировой коллекции ячменя и овса. — Л., 1981. — 32 с.
11. Методы селекции и оценки устойчивости пшеницы и ячменя к болезням в странах-членах СЭВ. — Прага, 1988. — 321 с.
12. Гудзенко В.М. Селекційна оцінка колекційних зразків ячменю озимого в умовах Лісостепу України / В.М. Гудзенко // *Агробіологія*. — 2014. — № 2. — С. 29–33.
13. Демидов О.А. Оптимізація підходів щодо оцінки морозостійкості селекційного матеріалу ячменю озимого / О.А. Демидов, В.М. Гудзенко, Л.О. Хо-

- менко // Миронівський вісник. — 2016. — Вип. 2. — С. 56–68.
14. Демидов О.А. Рівень вияву та зв'язок урожайності, висоти рослин і стійкості до вилягання ячменю озимого у Лісостепу України / О.А. Демидов, С.П. Васильківський, В.М. Гудзенко // Вісник аграрної науки. — 2016. — № 10. — С. 30–34.
 15. Демидов О.А. Вплив метеорологічних умов вегетаційного періоду на врожайність ячменю озимого в Лісостепу України / О.А. Демидов, В.М. Гудзенко, С.П. Васильківський // Сортотивчення та охорона прав на сорти рослин. — 2016. — № 4 (33). — С. 39–44.
 16. Гудзенко В.М. Основні напрями та завдання селекції ячменю озимого у Центральному Лісостепу України [Електронний ресурс] / В.М. Гудзенко, С.П. Васильківський // Новітні агротехнології. — 2016. — № 1. — Режим доступу : <http://plant.gov.ua/uk/2016-1-2>
 17. Жученко А.А. Адаптивное растениеводство (эколого-генетические основы) / А.А. Жученко. — М.: Агрорус, 2008. — Т. 1. — С. 190–216.

REFERENCES

1. Ceccarelli, S., Grando, S., Hamblin, J. (1992). Relationship between barley grain yield measured in low- and high-yielding environments. *Euphytica*, 64, 49–58 [in English].
2. Ceccarelli, S. (1996). Adaptation to low/high input cultivation. *Euphytica*, 92, 203–214 [in English].
3. Anbessa, Y., Juskiw, P., Good, A., Nyachiro, J., Helm, J. (2010). Selection efficiency across environments in improvement of barley yield for moderately low nitrogen environments. *Crop science*, 50, 451–457 [in English].
4. Von Korff, M., Grando, S., Del Greco, A., This, D., Baum, M., Ceccarelli, S. (2008). Quantitative trait loci associated with adaptation to Mediterranean dryland conditions in barley. *Theor Appl Genet*, 117, 653–669 [in English].
5. Pswarayi, A., van Eeuwijk, F.A., Ceccarelli, S., Grando, S., Comadran, J., Russell, J.R. et al. (2008). Changes in allele frequencies in landraces, old and modern barley cultivars of marker loci close to QTL for grain yield under high and low input conditions. *Euphytica*, 163, 435–447 [in English].
6. Van Oosterom, E.J., Acevedo, E. (1992). Adaptation of barley (*Hordeum vulgare* L.) to harsh Mediterranean environments III. Plant ideotype and grain yield. *Euphytica*, 62, 29–38 [in English].
7. Ceccarelli, S. (1994). Specific adaptation and breeding for marginal conditions. *Euphytica*, 77, 205–219 [in English].
8. Volkodav, V.V. (Ed.). (2003). Metodyka provedennja ekspertyzy ta derzhavnogo sortovyprobuvannja sortiv roslin zernovykh, krup'janykh ta zernobobovykh kul'tur [Method of examination and state testing of varieties of grain, cereal and leguminous crops]. *Okhrona prav na sorty roslin — Plant variety rights protection*, 2, 3, 1–241 [in Ukrainian].
9. Dospekhov B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methods of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)]. Moscow: Agropromizdat [in Russian].
10. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu mirovoy kolleksii yachmenya i ovsa [Guidelines for studying the world collection of barley and oat]. (1981). Leningrad [in Russian].
11. *Metody seleksii i otsenki ustoychivosti pshenitsy i yachmenya k boleznyam v stranakh-chlenakh SEV* [Methods of breeding and evaluation of wheat and barley resistance to diseases in the CMEA member countries]. (1988). Prague, 321 p. [in Russian].
12. Hudzenko, V.M. (2014). Seleksiina otsinka kolektsiinykh zrazkiv yachmeniu ozymoho v umovakh Lisostepu Ukrainy [Breeding of winter barley collection accessions under environmental conditions of the Forest-steppe of Ukraine]. *Ahrobiolohiia — Agrobiology*, 2, 29–33 [in Ukrainian].
13. Demydov, O.A., Hudzenko, V.M., Khomenko, L.O. (2016). Optymizatsiia pidkhodiv shchodo otsinky morozostiivosti selektsiinoho materialu yachmeniu ozymoho [Optimization of approaches to the determination of frost resistance of winter barley breeding material]. *Myronivskyi visnyk — Myronivka Bulletin*, 2, 56–68 [in Ukrainian].
14. Demydov, O.A., Vasylykivskyi, S.P., Hudzenko, V.M. (2016). Riven vyjavu ta zviazok urozhaivosti, vysoty roslin i stiikosti do vyliahannia yachmeniu ozymoho u Lisostepu Ukrainy [Expression level and relationship between yield, plant height, and lodging resistance of winter barley in the Forest-steppe of Ukraine]. *Visnyk ahraryoi nauky — Bulletin of Agricultural Science*, 10, 30–34 [in Ukrainian].
15. Demydov, O.A., Hudzenko, V.M., Vasylykivskyi, S.P. (2016). Vplyv meteorolohichnykh umov vehetatsiinoho periodu na vrozhaivist yachmeniu ozymoho v Lisostepu Ukrainy [Meteorological conditions of vegetation and yielding capacity of winter barley in the Forest-Steppe of Ukraine]. *Sortovyvchennia ta okhrona prav na sorty roslin — Plant Varieties Studying and Protection*, 4 (33), 39–44 [in Ukrainian].
16. Hudzenko, V.M., Vasylykivskyi, S.P. (2016). Osnovni napriamy ta zavdannia seleksii yachmeniu ozymoho u Tsentralnomu Lisostepu Ukrainy [Main directions and tasks in winter barley breeding under Central Forest-steppe of Ukraine]. *Novitni ahrotekhnolohii — Advanced Agritechnologies*, Vol. 1. Retrieved from: <http://plant.gov.ua/uk/2016-1-2> [in Ukrainian].
17. Zhuchenko A. A. (2008). *Adaptivnoe rastenievodstvo (ekologo-geneticheskie osnovy)* [Adaptive Crop Production (Ecological and Genetic Foundations)]. (Vol. 1). Moscow: Agrorus [in Russian].

АНТИБІОТИКОРЕЗИСТЕНТНІ МІКРООРГАНІЗМИ В АГРОЕКОСИСТЕМАХ ЯК ЧИННИК РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я ЛЮДИНИ

Л.Ю. Симочко

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

*Наведено результати досліджень ґрунту агроєкосистем, де культивували лікарські рослини *Mentha piperita*, *Inula helenium*, *Thymus serpyllum*, *Rosa odorata*, *Calendula officinalis*. Здійснено верифікацію та ідентифікацію антибіотикорезистентних мікроорганізмів. Виявлено патогенні і умовно патогенні мікроорганізми: *Serratia marcescens*, *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Serratia odorifera* biogroup 1, *Pantoea agglomerans*, *Yersinia pestis*, які володіють антибіотикорезистентністю і є чинником ризику для здоров'я людини.*

Ключові слова: агроєкосистема, мікроорганізми, ґрунт, антибіотикорезистентність, здоров'я.

Сучасні агроєкосистеми є джерелом поширення патогенних і умовно-патогенних антибіотикорезистентних мікроорганізмів, що зумовлено інтенсифікацією використання антибактеріальних препаратів у сільському господарстві, зокрема тваринництві. Встановлено, що драйверами резистентності мікроорганізмів у агроєкосистемах можуть бути не тільки антибіотики, але й біоциди, важкі метали, гени [1, 2]. Перманентне використання антибіотиків у невисоких концентраціях для відповідної профілактики призводить до формування антибіотикорезистентності мікроорганізмів, подальше поширення якої відбувається шляхом горизонтального або вертикального переносу гена антибіотикорезистентності.

Антибіотикорезистентність основних збудників інфекційних захворювань є однією з найбільших проблем сучасної медицини, енвайронментальної мікробіології та екології. Швидкість, з якою формується і розповсюджується стійкість мікроорганізмів до антибактеріальних препаратів, є значно високою. Згідно з даними Всесвітньої організації охорони здоров'я, швидке підвищення стійкості мікроорганізмів до антибіотиків загрожує здоров'ю людства

загалом. Для розв'язання цієї проблеми необхідно створювати методи контролю розповсюдження резистентності мікроорганізмів до препаратів, що вже існують і використовуються [3, 4]. Нині в Україні не існує актуальних об'єктивних систематизованих даних щодо стану антибіотикорезистентності мікроорганізмів. Резистентність мікроорганізмів до антибіотиків може бути природною і набутою. Природна стійкість є постійною видовою ознакою мікроорганізмів, вона відома, легко прогнозується і впродовж певного часу залишається без змін. Натомість резистентність мікроорганізмів є значною проблемою, і прогнозувати її доволі складно. Основною особливістю набутої резистентності є її зміна впродовж певного періоду. Виникнення набутої стійкості може відбуватися двома шляхами: мутації у власних генах мікроорганізмів та отримання іззовні генетичного матеріалу, що зумовлює резистентність [5–7].

Проблема антибіотикорезистентності є різнобічною і складною для розв'язання. Чинники виникнення і швидкого розповсюдження резистентності мікроорганізмів на сьогодні не є всебічно визначеними. Антибіотикорезистентні організми виявляють у воді, ґрунті, звідки вони мігрують трофічними ланцюгами і потрапляють в організм

теплокровних тварин та людини. Відомо також про існування зворотних векторів поширення антибіотикорезистентності. Застосування антибіотиків у тваринництві спричиняє їх поширення у навколишньому природному середовищі, зокрема в агро-екосистемах, де використовуються органічні системи удобрення [4, 8]. Метою досліджень було виявлення, верифікація та ідентифікація антибіотикорезистентних мікроорганізмів у агроекосистемах лікарських рослин.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для досліджень були відібрані зразки ґрунту в агроекосистемах лікарських рослин *Mentha piperita* (м'ята), *Inula helenium* (оман), *Thymus serpyllum* (чабрець) на дослідних ділянках Закарпатської державної сільськогосподарської станції, які вирощуються для виробництва фіточаїв. Ґрунти дослідного поля — дерново-буроземні опідзолені середньосуглинкові.

Агрохімічна характеристика орного шару: рН (KCl) — 5,0; гідролітична кислотність — 2,6 мг-екв/100 г ґрунту; вміст гумусу (за Тюрнімом) — 1,56%, рухомого фосфору (за Чириковим) — 1,9 мг/100 г, обмінного калію (за Масловою) — 14,1 мг/100 г ґрунту. Площа ділянок — 100 м², розміщення — систематичне, послідовне. А також в агроекосистемах, де культивувались *Calendula officinalis* (календула) і *Rosa odorata* (троянда) для виробництва фіточаїв фірми НІРР (с. Кібляри). Мікробіологічні дослідження проводили за загальноприйнятими методиками з використанням твердих елективних поживних середовищ, таких як МПА, ЕНДО, САБУРО, Вільсона — Блера, ГА, Гра. Виділення домінуючих бактерій здійснювали за культурально-морфологічними властивостями [9]. Верифікацію антибіотикорезистентності ізолятів здійснювали методом Кірбі — Бауера. Подальшу ідентифікацію штамів, які проявили антибіотикорезистентність, проводили за схемою: фарбування за Грамом та мікроскопія; виділення чистої культури; висів чистої культури на хромогенне середовище URI-select; біохімічна ідентифікація

за допомогою тестових систем компанії LACHEMA згідно з інструкцією.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати досліджень засвідчили, що серед 22 протестованих домінуючих бактерій, виділених з ґрунту, де вирощували *Thymus serpyllum*, два з них (428-*Serratia marcescens*, 1020-*Yersinia pestis*) володіють помірною антибіотикорезистентністю. Ізолят 1020 виявився стійким до низки антибіотиків, таких як ванкоміцин, олетандоміцин, лінкоміцин, ампіцилін, цефепім, ципрофлоксацин (рис. 1). *Yersinia pestis* — грамнегативна патогенна бактерія, що спричиняє запалення легень. *Serratia marcescens* — довгий час вважалась непатогенним мікроорганізмом, на сьогодні встановлено — це агресивний патоген, що зумовлює у дітей захворювання шлунково-кишкового тракту, а інфікування у дорослих призводить до захворювань сечовидільної системи і дихальних шляхів.

З ґрунту, де вирощували оман було виділено 30 ізолятів-домінантів, скринінг яких продемонстрував наявність серед них 211-*Pantoea agglomerans*, що володіє помірною антибіотикорезистентністю (рис. 2).

З агроекосистеми, де вирощували м'яту, було виділено і протестовано 12 бактеріальних домінантів, серед яких 377-*Serratia odorifera biogroup 1* проявив помірну антибіотикорезистентність, зокрема, штам

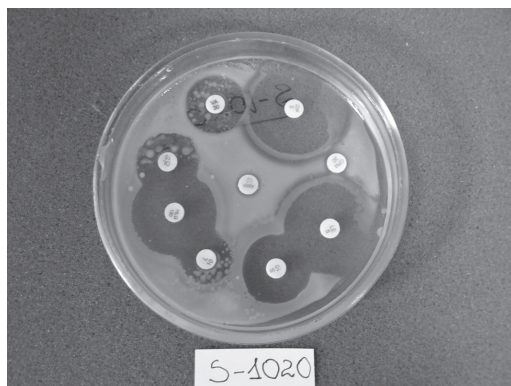


Рис. 1. Верифікація ізоляту № 1020, виділеного з агроекосистеми *Thymus serpyllum*

виявився стійким до ванкоміцину (доза — 30 мкг/д), лінкоміцину (доза — 10), ампіциліну (доза — 10) і — малочутливим до цефепіму (доза — 30 мкг/д). *Serratia odorifera biogroup 1* — грамнегативний факультативний анаероб, опортуністичний патоген, що спричиняє захворювання травної і сечостатевої системи людини.

В агроекосистемах (с. Кібляри), де культивували календулу, було протестовано на антибіотикорезистентність 28 виділених ізолятів, два з яких проявили доволі високий рівень антибіотикорезистентності (321-*Enterococcus faecalis*; 324-*Enterococcus faecalis*) (рис. 3).

Слід зауважити, що в обох агроекосистемах застосовували органічну систему удобрення (гній, 30 т/га), що стало джерелом бактеріального забруднення ґрунту антибіотикорезистентними мікроорганізмами.

З агроекосистеми, де вирощували *Rosa odorata* для виробництва фіточаю, було виділено і протестовано на антибіотикорезистентність 16 ізолятів. За результатами верифікації встановлено, що ізолят № 371, який проявив високу антибіотикорезистентність, належить до виду *Bacillus cereus*. З дев'яти протестованих антибіотиків він виявився чутливим тільки до цефепіму (доза — 30 мкг/д). *Bacillus cereus* — ґрунтова грам-позитивна паличкоподібна бактерія спричиняє харчові токсикоінфекції у людини, продукує ентеротоксини.

ВИСНОВКИ

Ґрунт агроекосистем, де вирощували лікарські рослини, такі як *Mentha piperita*, *Inula helenium*, *Thymus serpyllum*, *Rosa odorata*, *Calendula officinalis* для одержання первинної продукції з метою виробництва фіточаїв, є джерелом поширення антибіо-

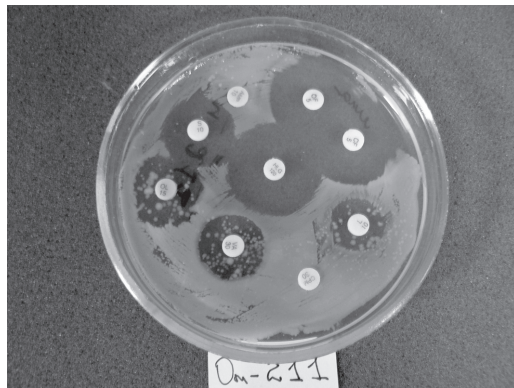


Рис. 2. Верифікація ізоляту № 211, виділеного з агроекосистеми *Inula helenium*

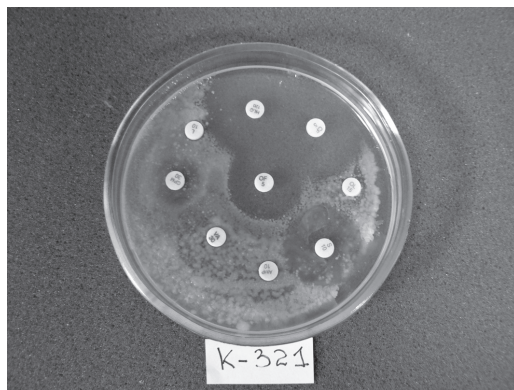


Рис. 3. Верифікація ізоляту № 321, виділеного з агроекосистеми *Calendula officinalis*

тикорезистентних умовно-патогенних і патогенних мікроорганізмів. Ізоляти: *Serratia marcescens*, *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Serratia odorifera biogroup 1*, *Pantoea agglomerans*, *Yersinia pestis*, виділені з ґрунту агроекосистем, володіють антибіотикорезистентністю і можуть становити загрозу для здоров'я людини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Review of Antimicrobial Resistance in the Environment and Its Relevance to Environmental Regulators / A. Singer, H. Shaw, V Rhodes, A. Hart // Front Microbiol. — 2016. — Vol. 7 — P. 1728–1736.
2. Antibiotic resistant soil microbial communities in agroecosystems / L. Symochko, O. Pallah, T. Meshko, N. Boyko // Book of abstracts International Conference «Microbiology and Immunology the development outlook in the 21st century» (Kyiv, 14–15 April 2016). — Kyiv, 2016. — P. 41.
3. Lewis K. Prospects for plant-derived antibacterials / K. Lewis, F.M. Ausubel // Nat. Biotechnol. — 2006. — Vol. 24 — P. 1504–1507.

4. Davies J.E. Origins and evolution of antibiotic resistance / J.E. Davies, D. Davies // *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* — 2010. — Vol. 74 — P. 417–433.
5. Феценко Ю.І. Антибіотико резистентність мікроорганізмів. Стан проблеми та шляхи її вирішення / Ю.І. Феценко, М.І. Гуменюк, О.С. Денисов // Український хіміотерапевтичний журнал. — 2010. — № 1–2 (23). — С. 4–10.
6. Martínez J.-L. Natural antibiotic resistance and contamination by antibiotic resistance determinants: The two ages in the evolution of resistance to antimicrobials / J.-L. Martínez // *Front. Microbiol.* — 2012. — Vol. 3 — P. 338–346.
7. Evidence of increasing antibiotic resistance gene abundances in archived soils since 1940 / C.W. Knapp, J. Dolfing, P.A.I. Ehlert, D.W. Graham // *Environ. Sci. Technol.* — 2010. — Vol. 44 — P. 560–587.
8. Diaz-Cruz M.S. Environmental behavior and analysis of veterinary and human drugs in soils, sediments and sludge / M.S. Diaz-Cruz, M.J. Lopez de Alda, D. Barcelo // *Trends Anal. Chem.* — 2003. — Vol. 22 — P. 340–351.
9. Експериментальна ґрунтова мікробіологія: монографія / В.В. Волкогон, О.В. Надкєрнична, Л.М. Токмакова та ін.; за ред. В.В. Волкогона. — К.: Аграрна наука, 2010. — 464 с.

REFERENCES

1. Singer, A., Shaw, H., Rhodes, V., Hart, A. (2016). Review of Antimicrobial Resistance in the Environment and Its Relevance to Environmental Regulators. *Front Microbiol.*, 7, 1728–1736 [in English].
2. Symochko, L., Pallah, O., Meleshko, T., Boyko, N. (2016). Antibiotic resistant soil microbial communities in agroecosystems. *Book of abstracts International Conference: Microbiology and Immunology the development outlook in the 21st century.* (pp. 41). Kyiv [in English].
3. Lewis, K.; Ausubel, F.M. Prospects for plant-derived antibacterials. (2006). *Nat. Biotechnol.*, 24, 1504–1507 [in English].
4. Davies, J.E., Davies, D. Origins and evolution of antibiotic resistance. (2010) / *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, 74, 417–433 [in English].
5. Feshchenko, Yu.I., Gumenyuk, M.I., Denisov, O.S. (2010). Antybiotyko rezystentnistj mikroorganizmiv. Stan problemy ta shljakhy iji vyrishennja [Antibiotic resistance of microorganisms. State of problem and ways of its solutions]. *Ukrainskij khimioterapevtychnyj zhurnal* — *Ukrainian chemotherapeutic Journal*, 1–2 (23), 4–10 [in Ukrainian].
6. Martínez, J.-L. (2012) Natural antibiotic resistance and contamination by antibiotic resistance determinants: The two ages in the evolution of resistance to antimicrobials. *Front. Microbiol.*, 3, 338–346 [in English].
7. Knapp, C.W., Dolfing, J., Ehlert, P.A.I., Graham, D.W. (2010). Evidence of increasing antibiotic resistance gene abundances in archived soils since 1940. *Environ. Sci. Technol.*, 44, 560–587 [in English].
8. Diaz-Cruz, M.S., Lopez de Alda, M.J., Barcelo, D. (2003). Environmental behavior and analysis of veterinary and human drugs in soils, sediments and sludge. *Trends Anal. Chem.*, 22, 340–351 [in English].
9. Volkogon, V.V., Nadkernichna, O.V., Tokmakova, L.M. (2010). *Eksperimentalna ґрунтова мікробіологія: монографія* [Experimental soil microbiology: monograph]. Kyiv: Agrarna nauka [in Ukrainian].

УДК 631.811:631.86

ОЦІНЮВАННЯ УДОБРЕНЬ СОЇ В ТЕХНОЛОГІЇ ЇЇ ВИРОЩУВАННЯ ЗА АДАПТИВНИМ ПОТЕНЦІАЛОМ*

П.М. Душко

Інститут агроекології і природокористування НААН

Проведено оцінку рівня антропогенного навантаження в агроценозах за різних систем удобрення сої в Правобережному Лісостепі, а саме: приорування соломи попередника, зеленої маси сидерата, мінеральних добрив на фоні застосування інокуляції насіння бульбочковими бактеріями та без неї. Встановлено, що застосування в інтенсивній технології органо-мінеральної системи удобрення та інокуляції насіння сої дає можливість значно знизити антропогенне навантаження з боку хімічно синтезованих забруднювальних речовин в агроecosистемі сої.

Ключові слова: соя, система удобрення, інокуляція насіння, урожайність, рослинна біомаса, енергетична ефективність, антропогенне навантаження.

Одним із головних критеріїв оцінки продуктивного і адаптивного потенціалів агроecosистем є вміст органічної речовини в ґрунті. Основним джерелом підвищення цього індикатора родючості є надходження в ґрунт рослинної біомаси — кореневих та поживних решток, побічної продукції врожаю сільськогосподарських культур, зелених добрив тощо.

Особливо зросла роль цих органічних добрив за нинішніх умов, коли обсяги виробництва гною різко зменшились через значне скорочення поголів'я в тваринництві. Зауважимо, що нині на 1 га посівів сільськогосподарських культур вноситься лише 0,5 т гною, що в 15 разів менше порівняно з дореформеним періодом розвитку аграрного сектора країни. За таких умов рослинна біомаса є, без перебільшення, основним джерелом надходження органічної речовини в ґрунт. Так, Е.Г. Дегодюк вважає [1], що завдяки використанню сидератів і побічної продукції врожаю в тех-

нологіях відновлювального землеробства можна забезпечувати близько 70% потреб сільськогосподарських культур в елементах живлення.

Окрім того, собівартість поживних речовин у зелених добривах, а ще більше в рослинній біомасі, яка залишається в полі після збирання основної продукції, є значно нижчою від інших видів добрив. Завдяки цьому забезпечуються не тільки сприятливі екологічні умови функціонування агроecosистем, але й помітно скорочуються витрати виробничих ресурсів на 1 га посівів культури. Тому в системі оцінювання ефективності різних моделей технології виробництва сої показник обсягів надходження рослинної біомаси в ґрунт за період технологічного циклу вирощування культури є одним із найважливіших. Він також виконує функцію важливого індикатора біологізації технології, що є одним із визначальних чинників екологічно безпечного функціонування агроценозу культури.

Мета дослідження — оцінка рівня антропогенного навантаження в агроценозах за різних систем удобрення сої в Правобережному Лісостепі.

* Науковий керівник — д-р с.-г. наук М.Г. Василенко.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Польові досліди були закладені на сірих лісових ґрунтах дослідного господарства «Чабани» ННЦ «Інститут землеробства». Агрохімічна характеристика орного шару ґрунту така: вміст гумусу за Тюрнім — 1,08–1,15% $pH_{\text{сол.}}$ — 5,4–5,6, вміст гідролізованого азоту — 79–81 мг/кг за Корнфільдом, рухомого фосфору за Чиріковим — 114–126 та калію — 80–90 мг/кг ґрунту.

Обсяги надходження в ґрунт рослинної біомаси за варіантами дослідів визначали згідно з методикою, розробленою в ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського» [2], за період технологічного циклу вирощування сої. У розрахунок обсягів надходження включали біомасу побічної продукції попередника та сидерата, а також рослинні рештки, що надійшли в ґрунт під час вегетації сої. Маса сухої речовини рослинних решток

(коріння, поверхневих решток, побічної продукції) визначали за відповідними коефіцієнтами і рівнянням регресії згідно з вказаною методикою, а сидеральної культури — шляхом відбору проб зеленої маси на облікових ділянках з наступним переведенням у суху речовину [3–5].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Найнижчий рівень надходження рослинної біомаси (4,04–5,10 т/га) був у варіантах дослідів — без добрив і за внесення одинарної дози мінеральних добрив, що властиво для умов ведення землеробства, де побічну продукцію врожаю відчужують за межі агроєкосистеми (табл. 1).

Варіанти технології, що передбачають використання на добриво побічну продукцію попередньої культури — пшениці озимої, забезпечують істотне збільшення надходження біомаси в ґрунт. Так, у фоновому варіанті, із приорюванням побічної

Таблиця 1

Надходження у ґрунт сухої рослинної біомаси за різних систем удобрення сої (за період технологічного циклу вирощування), т/га

Система удобрення	Надійшло в ґрунт, всього	Біомаса сої, у т.ч:			Біомаса попередника і сидерата
		побічна продукція	кореневі рештки	поверхневі рештки	
Без інокуляції					
Контроль (без добрив)	4,04	1,73	1,50	0,81	0,0
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	4,84	2,25	1,68	0,91	0,0
Побічна продукція (фон)	8,81	1,91	1,56	0,84	4,50
Фон + N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀ + сидерат	14,48	2,43	1,75	0,95	9,35
Фон + N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	9,64	2,44	1,75	0,95	4,50
Фон + N ₄₅ P ₉₀ K ₉₀	9,64	2,44	1,75	0,95	4,50
З інокуляцією					
Контроль (без добрив)	4,24	1,86	1,55	0,83	0,0
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	5,10	2,41	1,74	0,95	0,0
Побічна продукція (фон)	9,03	2,05	1,61	0,87	4,50
Фон + N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀ + сидерат	14,79	2,63	1,82	0,99	9,35
Фон + N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	9,87	2,59	1,80	0,98	4,50
Фон + N ₄₅ P ₉₀ K ₉₀	9,69	2,47	1,76	0,96	4,50

продукції, в агроєкосистемі впродовж технологічного циклу вирощування сої надійшло в 2,1–2,2 рази більше рослинної біомаси, ніж на контролі. Це надало змогу підвищити врожайність культури більше ніж на 10%.

Найбільше рослинної біомаси надійшло в ґрунт у тих варіантах системи удобрення сої, де вирощувалась поживна сидеральна культура — гірчиця біла. Приорювання зеленої маси сидерата сприяло збільшенню надходження сухої біомаси у ґрунт на 4,85 т/га. У підсумку, завдяки усім переліченим джерелам надходження добрив ця система органічного удобрення сої надала змогу довести обсяги внесення сухої біомаси в агроєкосистему за технологічний цикл вирощування культури до 14,5–14,8 т/га, що еквівалентно 50 т/га напівперепрілого підстилкового гною.

Важливим критерієм оцінки екологічної безпеки, а також рівнів біологізації та адаптивності технологій вирощування сільськогосподарських культур є антропогенне навантаження на агроценози. Одним із узагальнюючих показників антропогенного навантаження є сукупні витрати невідновлюваної енергії засобів виробництва за період технологічного циклу вирощування культури. Істотним також є оцінювання негативного впливу антропогенного навантаження за обсягами введення в агроєкосистему чужорідних хімічно синтезованих речовин, які, як правило, є екологічно небезпечними і деструктивно впливають на розвиток її біоти.

Більшість вчених, які досліджували та аналізували наукові дані щодо впливу антропогенного навантаження в агроєкосистемах, погоджуються, що екологічно безпечним його рівнем у технологіях вирощування сільськогосподарських культур є сукупні енерговитрати в обсязі до 15 Дж/га [6]. За такого рівня антропогенного навантаження досягається найвищий коефіцієнт корисної дії сумарного енергонавантаження в агроєсистемі.

Однак слід наголосити, що низькі енерговитрати, як правило, є властивими для екстенсивного типу технологій, які не за-

безпечують високої врожайності культур. Тому високі коефіцієнти енергетичної ефективності виробництва досягаються, в основному, завдяки мінімізації енерговитрат. Поряд із тим у сучасних умовах розвитку землеробства домінуючим є інтенсивний тип технології, що передбачає значне підвищення продуктивності агроценозів завдяки збільшенню обсягів використання виробничих ресурсів. За таких умов, незважаючи на значне збільшення виробництва, коефіцієнт його енергетичної ефективності буде знижуватись.

Тому в сучасних умовах найбільшими перевагами в досягненні високої енергетичної ефективності виробництва характеризуються ресурсозберігаючі варіанти інтенсивних технологій, які забезпечують доволі високу продуктивність агроценозів за помірних витрат енергетичних ресурсів. У цих технологічних системах вказаний ефект досягається завдяки значному зростанню рівня біологізації і адаптивності технології, що передбачає використання більш продуктивних і стійких до несприятливих чинників навколишнього природного середовища сортів і гібридів, збільшення органічного удобрення культур, широке впровадження біологічних препаратів у системах удобрення і захисту рослин.

Дія цих чинників, своєю чергою, дає змогу значно підвищити екологічну стійкість агроєсистем, тому величина нормативу екологічно безпечного енергонавантаження в агроєкосистемах може помітно зростати. Так, основоположник адаптивного рослинництва академік О.О. Жученко на основі аналізу даних багатьох наукових досліджень визначив екологічно допустимий рівень антропогенного навантаження в агроєкосистемах — до 20 ГДж/га витрат невідновлюваної енергії [7]. Перевищення цього рівня до 30 ГДж/га може значно послаблювати дію компенсаторних механізмів деградаційних процесів у агроєсистемі, що спричинить зниження її адаптивного та продукційного потенціалів. На сьогодні більшість вчених, які досліджують проблеми антропогенного навантаження в агроєсистемах, вважають, що екологічно

небезпечна його межа перевищує 30 ГДж сумарних енерговитрат на 1 га [6, 8].

Проведений аналіз рівня антропогенного навантаження в агроценозах сої залежно від систем удобрення за показником сукупних енерговитрат на 1 га посіву свідчить, що екологічно безпечний рівень витрат невідновлюваної енергії засобів виробництва досягається лише в екстенсивних варіантах технології (табл. 2).

На контролі та у варіанті з побічною продукцією фактичні енерговитрати на 15% є нижчими від екологічно безпечного їх рівня, всі інші можливі варіанти технології помітно його перевищували. Особливо значне перевищення цього нормативу спостерігалось у варіантах з мінеральною

системою удобрення. За одинарної дози $N_{30}P_{60}K_{60}$ збільшення енерговитрат становило 31%, а за полуторної $N_{45}P_{90}K_{90}$ було більше ніж у 1,5 раза. У технології з органічно-мінеральною системою удобрення завдяки зменшенню дози мінеральних добрив до $N_{15}P_{30}K_{30}$ витрати непоновлюваної енергії істотно зменшуються, що дає змогу знизити темпи зростання енерговитрат порівняно з одинарною дозою добрив майже вдвічі, а з полуторною — більше ніж утричі.

Порівняно з екологічно допустимим значенням показника енерговитрат, усі варіанти системи удобрення, за винятком $N_{45}P_{90}K_{90}$, не перевищують значення нормативу 20 ГДж. Разом із тим слід зауважити, що варіанти технології із засто-

Таблиця 2

Рівень антропогенного навантаження в агроценозах сої за різних систем удобрення

Система удобрення	Енерговитрати, МДж/га	Фактичні енерговитрати, у % до:		Хімічно синтезовані чужорідні речовини, що вводяться в агросистему	
		екологічно безпечного рівня*	екологічно допустимого рівня**	всього, МДж/га	у % до загальних енерговитрат
Без інокуляції					
Контроль (без добрив)	12772	85,1	63,9	1497	11,7
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	19662	131,1	98,3	7689	39,1
Побічна продукція (фон)	12790	85,3	64,0	1497	11,7
Фон + N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀ + сидерат	17440	116,3	87,2	4593	26,3
Фон + N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	19677	131,2	98,4	7689	39,1
Фон + N ₄₅ P ₉₀ K ₉₀	22778	151,9	113,9	10785	47,3
З інокуляцією					
Контроль (без добрив)	12797	85,3	64,0	1497	11,7
N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	19742	131,6	98,7	7689	38,9
Побічна продукція (фон)	12815	85,4	64,1	1497	11,7
Фон + N ₁₅ P ₃₀ K ₃₀ + сидерат	17521	116,8	87,6	4593	26,2
Фон + N ₃₀ P ₆₀ K ₆₀	19759	131,7	98,8	7689	38,9
Фон + N ₄₅ P ₉₀ K ₉₀	22844	152,3	114,2	10785	47,2

Примітка: * — екологічно безпечний рівень антропогенного навантаження не перевищує 15 ГДж/га;
** — 20 ГДж/га.

суванням одинарної дози мінеральних добрив $N_{30}P_{60}K_{60}$ виявились за показником сукупних витрат енергії майже на екологічно допустимому рівні, що свідчить про доволі значний рівень екологічного ризику за критерієм антропогенного навантаження в агросистемах. Так, у варіантах технології із внесенням полуторної дози мінеральних добрив перевищення екологічно допустимого рівня за показником енерговитрат на 1 га посіву становило лише 98,3–98,8% від його величини, або 0,2–0,3 ГДж/га.

Оптимальне співвідношення продуктивності агросистеми і обсягів енерговитрат на 1 га було зафіксоване у варіанті органо-мінеральної системи удобрення, за якої вноситься половина дози мінеральних добрив, а необхідний фон живлення сої забезпечується, в основному, завдяки внесенню біомаси соломи і сидерата та обробленню насіння препаратом бульбочкових бактерій. Так, за найвишого, серед досліджуваних моделей технології, енергетичного прибутку цей варіант системи удобрення сої мав відносно невисокий рівень антропогенного навантаження в агроєкосистемі. Енерговитрати на 1 га посіву були нижчими порівняно з екологічно допустимим їх рівнем на 2,51 ГДж, або 13%.

Також важливим індикатором екологічно безпечного функціонування агроєкосистем і створення сприятливих умов розвитку ґрунтової біоти є обсяги застосування в агроценозах неприродних хімічно синтезованих чужорідних речовин — мінеральних добрив, засобів захисту і регулювання росту рослин тощо. Використання цих речовин здійснюється відповідно до технологічних регламентів вирощування сільськогосподарських культур з метою підвищення врожайності і якості продукції, зменшення витрат ресурсів і досягнення максимальної прибутковості виробництва.

Незважаючи на те, що доцільність застосування в технологіях вирощування сільськогосподарських культур цілої низки хімічно синтезованих речовин для досягнення високої прибутковості виробництва не викликає сумніву, багато з них доволі деструктивно впливають на розвиток біоти

в агроєкосистемах, забруднюють ґрунти, воду та повітря [9–11]. Часто і суспільні втрати від погіршення стану екологічного середовища внаслідок застосування цих речовин перевищують економічні ефекти від реалізації додатково отримуваної продукції. Тому визначення обсягів надходження в агросистему неприродних, хімічно синтезованих речовин у досліджуваних варіантах технології вирощування сої дає змогу об'єктивніше оцінювати рівень антропогенного навантаження та екологічної безпеки в агроценозах цієї культури.

Дози застосування різних агрохімікатів часто відрізняються у сотні разів узагальнюючим показником обсягів внесення гектарної норми певних добрив чи препаратів. Це зумовлено тим, що під час розроблення енергетичних еквівалентів одиниці маси різних агрохімікатів уже було враховано різницю витрат енергії на їх виробництво. Наприклад, на виготовлення 1 кг (у діючій речовині) фосфорних добрив необхідно витратити 12,6 МДж енергії, а 1 кг гербіцидів — 419,6 МДж.

ВИСНОВКИ

В умовах застосування екстенсивних моделей технології у контрольному і фоновому варіантах, що не передбачають внесення мінеральних добрив, антропогенне навантаження агроєкосистеми хімічно-синтезованими речовинами обмежується засобами захисту рослин і становить 1,5 ГДж/га, або близько 12% від сукупних енерговитрат.

Найбільше екологічно небезпечних речовин вводиться в агроценоз сої у варіантах технології із застосуванням мінеральних добрив. У структурі сукупних енерговитрат питома вага хімічно синтезованих речовин досягає 39% за одинарної дози добрив і 47% — за полуторної.

Застосування в інтенсивній технології органо-мінеральної системи удобрення дає змогу значно знизити антропогенне навантаження з боку хімічно синтезованих забруднювальних речовин в агроєкосистемах сої завдяки зменшенню дози мінеральних добрив удвічі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Застосування побічної продукції рослинництва і сидератів у відновлювальному землеробстві України: наук.-практ. рекомендації / за наук. ред. Е.Г. Дегодюка. — К.: Аграрна наука, 2014. — 60 с.
2. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління / С.А. Балюк, В.О. Греков, М.В. Лісовий, А.В. Комариста. — Х.: КП «Міська друкарня», 2011. — 30 с.
3. Довбан К.И. Зеленое удобрение / К.И. Довбан. — М.: Агропромиздат. — 1990. — 208 с.
4. Зелене добриво — важливий захід підвищення родючості ґрунту та урожайності культур в умовах біологізації землеробства: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / уклад. М.С. Чернілевський. — Житомир, 2008. — 135 с.
5. Чернявський Д.А. Ґрунтозахисне землеробство / Д.А. Чернявський. — Чернівці: Прут, 1994. — 220 с.
6. Кириченко В.В. Енергетична оцінка виробництва соняшнику / В.В. Кириченко, В.М. Тимчук, С.І. Святченко // Наук.-техн. бюлетень Інституту олійних культур НААН. — 2014. — № 21. — С. 154–171.
7. Жученко А.А. Стратегия адаптивной интенсификации сельскохозяйственного производства / А.А. Жученко, А.Д. Урсул. — Кишинев: Штиница, 1983. — 304 с.
8. Миленко О.Г. Особенности энергосбережения в технологии выращивания сои / О.Г. Миленко // Современные энерго- и ресурсосберегающие экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сборник науч. тр. [под ред. Н.В. Бышова]. — Вып. 12. — Рязань: ФГБОУ ВО РГТУ, 2016. — С. 112–114.
9. Біологічний азот / В.П. Патики, С.Я. Коць, В.В. Волкогон та ін.; за ред. В.П. Патики. — К.: Світ, 2003. — 424 с.
10. Екологічні проблеми землеробства / І.Д. Примак, Ю.П. Манько, Н.М. Рідей та ін.; за ред. І.Д. Примака. — К.: Центр учбової літератури, 2010. — 456 с.
11. Надточій П.П. Екологія ґрунту та його забруднення / П.П. Надточій, Ф.В. Вольвач, В.Г. Гермашенко. — К.: Аграр. наука, 1998. — 286 с.

REFERENCES

1. Dehodyuk, E.H. (2014). *Zastosuvannya pobichnoyi produktsiyi roslinnytstva i syderativ u vidnovlyuvальному zemlerobstvi Ukrayiny [The use of by-products of crops and green manures in agriculture recovery Ukraine]*. Kyiv: Ahrarna nauka [in Ukrainian].
2. Balyuk, S.A., Hrekov, V.O., Lisovsky, M.V. and Komarysta, A.V. (2011). *Rozrakhunok balansu humusu i pozhivnykh rechovin u zemlerobstvi Ukrayiny na riznykh rivnyakh upravlinnya [The calculation of the balance of humus and nutrients in agriculture Ukraine at different levels of government]*. Kharkiv: Mis'ka drukarnya [in Ukrainian].
3. Dovban, K.I. (1990). *Zelenoe udobrenie [Green manure]*. Moscow: Agropromizdat [in Russian].
4. Chernilevsky, M.S. (Eds.). (2008). *Zelene dobrovo — vazhlyvyi zakhid pidvyshchennya rodyuchosti ґruntu ta urozhaynosti kul'tur v umovakh biolohizatsiyi zemlerobstva [Green manure — an important measure increasing soil fertility and yield of crops in the agriculture biologization]*. Zhytomyr [in Ukrainian].
5. Chernyavsky, D.A. (1994). *Gruntozakhysne zemlerobstvo [Erosion control]*. Chernivtsi: Prut [in Ukrainian].
6. Kyrychenko, V.V., Tymchuk, V.M. and Svyatchenko, S.I. (2014). *Energhetychna ocinka vyrobnytstva sonjashnyku [Energy assessment of sunflower seed]*. *Nauk.-tekh. byuleten' Instytutu oliynykh kul'tur NAAN — Nauk.-Tech. Bulletin of the Institute of NAAS oilseeds*, Vol. 21, 154–171 [in Ukrainian].
7. Zhuchenko, A.A. and Ursul, A.D. (1983). *Strategiya adaptivnoyi intensyfikatsiyi sel'skohozyajstvennogo proizvodstva [The strategy of adaptive intensification of agricultural production]*. Kishinev: Shtinica [in Russian].
8. Milenko, O.G. (2016). *Osobennosti energosberezheniya v tekhnologii vyrashchivaniia soi [Features of energy saving in soybean growing technology]*. *Sovremennye jenergo- i resursosberegajushhie jekologicheski ustojchivye tehnologii i sistemy sel'skohozyajstvennogo proizvodstva [Modern energy and resource-saving environmentally sustainable technologies and agricultural production systems]*. N.V. Byshov (Ed.). (Vol. 12). Kyiv: Centr uchbovoyi literatury [in Russian].
9. Patyka, V.P., Kots', S.Ya. and Volkohon, V.V. (2003). *Biolohichnyy azot [Biological nitrogen]*. Kyiv: Svit [in Ukrainian].
10. Prymak, I.D., Man'ko, Yu.P. and Ridey, N.M. (2010). *Ekolohichni problemy zemlerobstva [Environmental problems of agriculture]*. Kyiv: Centr uchbovoyi literatury [in Ukrainian].
11. Nadtochiy, P.P., Vol'vach, F.V. and Hermashenko, V.H. (1998). *Ekolohiya ґruntu ta yoho zabrudnennya [Ecology of soil and its pollution]*. Kyiv: Agricultural science [in Ukrainian].

ВПЛИВ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ОБРОБКИ НАСІННЯ НА ВРОЖАЙНІСТЬ КВАСОЛІ ЗВИЧАЙНОЇ (*PHASEOLUS VULGARIS* L.)

Л.С. Краєвська

Вінницький національний аграрний університет

Наведено результати впливу інокуляції насіння квасолі штамми мікроорганізмів на врожайність її зерна. Обробку сорту квасолі звичайної Славія здійснювали стимулятором росту Регоплант та біологічним прилипачем ЕПАА. Встановлено, що врожайність насіння квасолі звичайної залежить від використання біопрепаратів. Ці заходи впливають на розвиток рослин квасолі, насіннєву продуктивність культури, проте достовірний приріст урожаю зерна зафіксовано у варіантах за обробки насіння квасолі штамми мікроорганізмів Ф-16 та біологічними препаратами Регоплант + ЕПАА.

Ключові слова: квасоля, штамми мікроорганізмів, сорт, інокуляція, стимулятори росту, врожайність.

Одна з найпоширеніших зернобобових культур, що традиційно вирощується на території України, це — зернова квасоля, використання якої виправдано за дотримання збалансованості амінокислотного складу, здатності до високої засвоюваності, доступності за ціною політикою [1]. Квасоля звичайна (*Phaseolus vulgaris* L.) характеризується високою потенційною врожайністю, що реалізується за дотримання агротехнічних вимог і рекомендацій. Її середня врожайність у світі — близько 0,07 т/га, а за оптимальних умов сягає 3,0–4,5 т/га [2].

Розширення посівних площ і підвищення врожайності насіння квасолі має винятково важливе значення для Правобережного Лісостепу. Цьому сприяє впровадження та вдосконалення технологічних прийомів вирощування з використанням високопродуктивних штабмових сортів та біопрепаратів.

Біопрепарати підвищують схожість і енергію проростання насіння, стимулюють ріст і розвиток рослин, посилюють їх імунітет до різних захворювань та сприяють акліматизації рослин до навколишнього природного середовища, призупиняють надходження важких металів і радіонуклідів у рослини, збільшують вміст у ґрунті

легкодоступних поживних речовин та поліпшують якість врожаю [3].

Провідна роль у забезпеченні агроценозів біологічним азотом належить симбіотичній азотфіксації, застосування якої надасть змогу покращити родючість ґрунту, знизити енергетичні затрати в землеробстві, зменшити техногенне навантаження на навколишнє природне середовище, підвищити продуктивність бобових рослин [4, 5].

Продуктивність рослин квасолі звичайної — складна кількісна ознака, обумовлена взаємодією цілого комплексу показників, з яких найбільше значення мають такі елементи структури врожаю, як кількість насінин у бобі, кількість бобів на рослині та маса насіння з рослини. Висока продуктивність квасолі — результат найбільш оптимального поєднання елементів структури врожаю [6].

Метою роботи було дослідити вплив різних штамів мікроорганізмів на ріст і розвиток рослин квасолі сорту Славія та біологічно активних речовин Регоплант + ЕПАА, їх дію на врожайність насіння квасолі у ґрунтово-кліматичних умовах Вінницької обл.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Експериментальну частину дослідів виконували на полях дослідного господарства «Бохоницьке» Інституту кормів та сільського господарства Поділля НААН упродовж 2014–2016 рр. Досліди проводили за загальноприйнятими методиками [7, 8].

Ґрунт дослідного поля — сірий опідзолений, середньосуглинковий за механічним складом, з такими показниками орного шару: вміст гумусу — 2,0–2,2%; рН (сольове) — 5,2–5,4; гідролізованого азоту (за Корнфільдом) — 8,0–8,4 мг; рухомого фосфору (за Чиріковим) — 15,0–15,8 і обмінного калію — 12,0–12,4 мг на 100 г ґрунту. Вирощування квасолі відповідало рекомендаціям для зони Лісостепу, без ураховування чинників, які досліджували.

Найсприятливіші кліматичні умови для росту і розвитку квасолі звичайної були у 2016 р., найменш сприятливі — 2014–2015 рр. За період дослідження ґрунтово-кліматичні умови Центрального Лісостепу України, загалом, були сприятливі для вирощування культури.

У досліді використовували сорт квасолі звичайної Славія. Технологія вирощування культури — типова для Лісостепу України (норма висіву — 500 тис. насінин на 1 га, ширина міжрядь — 45 см, глибина сівби — 3–4 см, термін сівби — друга половина травня). Попередник — пшениця озима.

Експерименти над рослинами квасолі звичайної проводили за такими схемами польового дослідів:

— дослід 1 — контроль (обробка водою); штамп-еталон *Rhizobium phaseoli*, 657a; *Rhizobium phaseoli*, 700; *Rhizobium phaseoli*, Ф-16; *Rhizobium phaseoli*, ФК-6;

— дослід 2 — контроль (обробка водою); штамп-еталон *Rhizobium phaseoli*, 657a + Регоплант + ЕПАА; *Rhizobium phaseoli*, 700 + Регоплант + ЕПАА; *Rhizobium phaseoli*, Ф-16 + Регоплант + ЕПАА; *Rhizobium phaseoli*, ФК-6 + Регоплант + ЕПАА.

У досліді використовували штамми ризобій з колекції Інституту мікробіології і вірусології НАН України. За 1–2 год до висіву насіння квасолі контрольного варіанта зво-

ложували водою (1–2% від маси), решту — обробляли водною суспензією семидобової культури ризобій відповідних штамів із розрахунку $0,2\text{--}0,5 \times 10^6$ бактерій на насінину. Відповідно до варіантів дослідів, насіння квасолі додатково обробляли стимулятором росту Регоплант (20 мл/т) та біологічним прилипачем ЕПАА (у нормі витрати — 0,15 л/т насіння).

Регоплант — Радостим (жирні кислоти, олігосахариди, біологічно активні аналоги фітогормонів, хітозан, амінокислоти, хелатні і біогенні макро- (Cu, Mo, B, Mn, Zn) та мікроелементи (Mg, S, K, Ca, Fe, N) з аверсектинами [9].

ЕПАА — універсальний біологічний прилипач для використання мікробних препаратів, пестицидів і регуляторів росту рослин. Створений на основі мікробних полісахаридів та деяких безпечних хімічних компонентів [10].

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Одержання високого врожаю насіння відповідної якості — це кінцева характеристика діяльності системи агробіоценозу квасолі звичайної. За даними наших досліджень встановлено, що кількісні вихідні величини обумовлено розвитком ризобіальної системи, елементами структури врожаю і чинниками навколишнього природного середовища.

Виявлено, що в усіх варіантах із бактеризацією насіння бульбочкові бактерії на коренях у фазі бутонізації — цвітіння рослин були крупними і мали рожеве забарвлення, натомість у контрольних варіантах спостерігалось формування дрібних корневих бульбочок, інфікованих ризобіями ґрунтової популяції. Зауважимо, що інокуляція насіння квасолі звичайної різними штамми бульбочкових бактерій сприяла поліпшенню індивідуальної продуктивності культури: кількість бобів підвищилася на 0,02–0,97 од./рослину, кількість насінин — на 1,53–6,48 од./рослину порівняно з контрольним варіантом (табл. 1).

Виявлено, що за різних варіантів інокуляції маса насіння збільшилася на 0,41–1,90 г/рослину порівняно з контрольним

Таблиця 1

Структурні показники врожаю рослин квасолі звичайної залежно від інокулювання штамми *Rhizobium phaseoli* (середнє за 2014–2016 рр.)

№ варіанта	Маса насіння, г/рослину	Кількість бобів, од./рослину	Кількість насінин, од./рослину	Кількість насінин у бобі, од.
Дослід 1				
Контроль (обробка водою)	5,00+0,55	7,96+0,87	18,79+0,32	2,36+0,53
Штам-еталон <i>Rhizobium phaseoli</i> , 657a	5,41+0,66	7,98+0,59	20,32+0,62	2,54+0,32
<i>Rhizobium phaseoli</i> , 700	5,75+0,81	8,70+0,59	24,11+0,78	2,77+0,45
<i>Rhizobium phaseoli</i> , Φ-16	6,90+0,45	8,93+0,69	25,27+1,04	2,83+0,36
<i>Rhizobium phaseoli</i> , ΦК-6	5,49+0,99	7,99+0,69	20,38+0,84	2,55+0,42
И(%)*	1,61	2,07	2,44	0,45
Дослід 2				
Контроль (обробка водою)	5,00+0,55	7,96+0,87	18,79+0,32	2,36+0,53
Штам-еталон <i>Rhizobium phaseoli</i> , 657a + Регоплант + ЕПАА	5,77+0,39	8,83+0,16	23,04+0,57	2,61+0,16
<i>Rhizobium phaseoli</i> , 700 + Регоплант + ЕПАА	6,41+0,42	8,94+0,22	24,93+0,50	2,79+0,64
<i>Rhizobium phaseoli</i> , Φ-16 + Регоплант + ЕПАА	7,74+0,71	9,11+0,45	25,95+0,87	2,85+0,22
<i>Rhizobium phaseoli</i> , ΦК-6 + Регоплант + ЕПАА	6,11+0,16	8,88+0,55	23,52+0,22	2,65+0,28
V (%)	0,59	0,34	3,76	0,57

Примітка: * И — коефіцієнт варіації.

варіантом, де ці показники становили відповідно 5,0 г/рослину. Найбільша маса насіння з однієї рослини сформувалася за передпосівної обробки насінин штамом *Rhizobium phaseoli*, Φ-16 — 6,90 г/рослину в обох варіантах.

Порівнюючи структурні показники посівів квасолі звичайної за роки досліджень варіантів з інокуляцією разом із препаратом Регоплант і прилипачем ЕПАА і контролем, можна констатувати, що цей захід сприяв покращенню структурних показників урожаю культури. Обробка насіння квасолі звичайної штамми мікроорганізмів та біопрепаратами Регоплант +

ЕПАА підвищувала утворення як кількості бобів (на 0,87–1,15 г/рослину), так і кількості насіння (на 4,25–7,16 г/рослину), а також мала позитивний ефект на його масу, що сприяло приросту врожайності у межах 0,77–2,74 г/рослину.

Найсприятливіші умови для формування врожаю зерна квасолі звичайної утворюються у тих посівах, які найбільше відповідають потребам рослин.

За результатами проведених досліджень виявлено позитивний вплив передпосівної інокуляції насіння квасолі звичайної штамми мікроорганізмів та біопрепаратами на її врожайність (табл. 2).

Таблиця 2

Урожайність квасолі звичайної залежно від інокулювання штамми *Rhizobium phaseoli*, т/га

№ варіанта	Урожайність				Приріст	
	2014 р.	2015 р.	2016 р.	середнє	т/га	%
Дослід 1						
Контроль (обробка водою)	2,10	1,50	2,40	2,00	–	–
Штам-еталон <i>Rhizobium phaseoli</i> , 657a	2,18	1,58	2,49	2,08	0,08	4,00
<i>Rhizobium phaseoli</i> , 700	2,06	1,66	2,66	2,13	0,13	6,50
<i>Rhizobium phaseoli</i> , Ф-16	2,35	2,02	2,78	2,38	0,38	19,00
<i>Rhizobium phaseoli</i> , ФК-6	2,15	1,53	2,65	2,11	0,11	5,50
НІР ₀₅ : A* – 0,014; B – 0,012; C – 0,019; AB – 0,020; AC – 0,032; BC – 0,026; ABC – 0,045.						
Дослід 2						
Контроль (обробка водою)	2,10	1,50	2,40	2,00	–	–
Штам-еталон <i>Rhizobium phaseoli</i> , 657a + Регоплант + ЕПАА	2,38	1,73	2,55	2,22	0,22	11,00
<i>Rhizobium phaseoli</i> , 700 + Регоплант + ЕПАА	2,21	1,82	2,85	2,29	0,29	14,50
<i>Rhizobium phaseoli</i> , Ф-16 + Регоплант + ЕПАА	2,60	2,20	2,93	2,58	0,58	29,00
<i>Rhizobium phaseoli</i> , ФК-6 + Регоплант + ЕПАА	2,36	1,79	2,90	2,35	0,35	17,50
НІР ₀₅ : A – 0,007; B – 0,005; C – 0,009; AB – 0,009; AC – 0,015; BC – 0,012; ABC – 0,021.						

Примітка: *фактори: А – рік; В – сорт; С – інокуляція.

Порівняння врожайності зерна квасолі за роки проведення досліджень свідчать, що найвищий її рівень зафіксовано у 2016 р. за всіма варіантами дослідів – у межах 2,40–2,93 т/га. Насамперед, це обумовлено сприятливими кліматичними умовами, задовільною кількістю вологи та температурним режимом впродовж вегетаційного періоду культури.

У середньому за 2014–2016 рр. урожайність сорту Славія становила 2,00–2,58 т/га. Оцінка впливу різних штамів *Rhizobium phaseoli* дає змогу виділити серед них найефективніші. Так, у середньому за роки досліджень найвища врожайність насіння квасолі – 2,38 т/га була отримана у варіантах, де насіння обробляли перед сівбою штамом азотфіксуючих бактерій *Rhizobium phaseoli*, Ф-16.

Отже, застосування штамів мікроорганізмів для інокуляції насіння квасолі та біологічно активних речовин, що регулюють ріст та розвиток рослин є наступним кроком у біологічній системі живлення та захисту культури, а також дає змогу зберегти сприятливу агроекологічну ситуацію та збільшити врожайність та якість насіння квасолі.

ВИСНОВКИ

Передпосівна інокуляція та обробка біопрепаратами насіння квасолі позитивно впливає на врожайність та якість зерна *Phaseolus vulgaris* L. Найвищу врожайність під час досліджень було отримано за інокуляції *Rhizobium phaseoli*, Ф-16 та обробки насіння препаратом Регоплант і прилипачем ЕПАА (2,58 т/га).

ЛІТЕРАТУРА

1. Баля Л.В. Товарознавча характеристика зернової квасолі білої / Л.В. Баля // Товарознавство: історія, проблеми розвитку: матеріали Регіональної науково-практичної конференції. — Полтава: ПУЕТ, 2014. — С. 3.
2. Полянська Л. Квасоля в сучасних умовах господарювання / Л. Полянська, О. Чалий, О. Гурова // Пропозиція. — 2001. — № 11. — С. 44–45.
3. Новицька Н. Альтернативні способи передпосівної обробки насіння сої / Н. Новицька // Перспективні напрями розвитку галузей АПК і підвищення ефективності наукового забезпечення агропромислового виробництва: матеріали I Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених (Тернопіль, 23–24 вересня 2009 р.). — Тернопіль, 2009. — С. 55–59.
4. Комок М.С. Ефективність симбіозу бульбочкових бактерій з рослинами сої в залежності від виду біопрепарату / М.С. Комок, В.В. Волкогон, Л.В. Косенко // Мікробіологічний журнал. — 2010. — Вип. 11. — С. 7–19.
5. Effect of Micorrhiza and Rhizobium on *Phaseolus Vulgaris* L. / N. Bhattarai, B. Baral, G. Shrestha and K.D. Yami // Scientific World. — 2011. — Vol. 9, No. 9. — P. 66–69.
6. Іванюк С.В. Використання коефіцієнта повторності для характеристики кількісних ознак та індексів генотипів квасолі звичайної / С.В. Іванюк, А.В. Глявин // Корми і кормовиробництво. — 2012. — Вип. 73. — С. 97–101.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 350 с.
8. Методика державного сортовипробування сільськогосподарських культур. — К., 2000. — 100 с.
9. Грицаєнко З.М. Біологічно активні речовини в рослинництві / З.М. Грицаєнко, С.П. Пономаренко, В.П. Карпенко, І.Б. Леонтюк. — К.: ЗАТ «Нічлава», 2008. — 352 с.
10. ЕПАА — універсальний біологічний прилипач мікробних препаратів, пестицидів і регуляторів росту рослин: Методичні рекомендації / С.К. Водцелко, Л.А. Данкевич, В.В. Круть та ін.; за ред. В.П. Патики // Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України. — К., 2014. — 30 с.

REFERENCES

1. Balya, L.V. (2014). Tovaroznavcha kharakterystyka zernovoyi kvasoli biloyi [The commodity characteristic of the grain white beans]. Commodity: history, development problems: *Materialy Rehional'noyi naukovopraktychnoyi konferentsiyi — Of materials of the Regional scientific conference* (pp. 3). Poltava: PUET [in Ukrainian].
2. Polyans'ka, L., Chalyy, O. & Hutorova, O. (2001). Kvasolya v suchasnykh umovakh hospodaryuvannya [Beans in the current economic conditions]. *Propozytsiya — Propozition*, 11, 44–45 [in Ukrainian].
3. Novyts'ka, N. & Hrabar, L. (2009). Al'ternatyvni sposoby peredposivnoyi obrobky nasinnya soyi [Alternative methods of pre-treatment of soybean seeds]. Proceeding from The Perspective directions of development of the field of agriculture and improve the efficiency of scientific providing agricultural production '09: *I Vseukrayinska naukovej-praktychna konferentsiya molodykh vchenykh (23–24 veresnya 2009 roku) — I All-Ukrainian Scientific - Practical Conference of young scientists* (pp. 55–59). Ternopil' [in Ukrainian].
4. Komok, M.S., Volkohon, V.V. & Kosenko, L.V. (2010). Efektyvnist' symbiozu bul'bochkovykh bakteriy z roslinamy soyi v zalezhnosti vid vydu biopreparatu [The efficiency of rhizobia symbiosis with soybean plants depending on type of biological substance]. *Mikrobiolohichnyy zhurnal — Microbiological journal*, 11, 7–19 [in Ukrainian].
5. Bhattarai, N., Baral, B., Shrestha, G. & Yami K.D. (2011). Effect of Micorrhiza and Rhizobium on *Phaseolus Vulgaris* L. *Scientific World*, Vol. 9, 9, 66–69 [in English].
6. Ivanyuk, S.V. & Hlyavyn, A.V. (2012). Vykorystannya koefitsiyenta povtornosti dlya kharakterystyky kil'kysnykh oznak ta indeksiv henotypiv kvasoli zvychnoyi [Use repetition factor for quantitative traits and characteristics of indices genotypes of Beans]. *Kormy i kormovyrobnystvo — Feed and forage*, 73, 97–101 [in Ukrainian].
7. Dospheov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyita [Methodology of field experience]*. Moscow: Agropromizdat [in Russian].
8. *Metodyka derzhavnoho sortovyvprobuvannya sil'skohospodars'kykh kul'tur* [The state test method crop varieties]. Kyiv, 2000 [in Ukrainian].
9. Hrytsayenko, Z.M., Ponomarenko, S.P., Karpenko, V.P. & Leontyuk, I.B. (2008). *Biologichno aktyvni rechochyny v roslynyntsvi [Biologically active substances in plant]*. Kyiv: ZAT «Nichlava» [in Ukrainian].
10. Votseklo, S.K., Dankevych, L.A., Krut', V.V. et al. (2014). *EPAA — universal'nyy biologichnyy prylypach mikrobykh preparativ, pestytsydiv i rehulyatoriv rostu Roslyn. Metodychnei rekomendatsiyi. [EPAA — universal biological adherent microbial drugs, pesticides and plant growth regulator. Guidelines]*. V.P. Patyka (Ed.). Kyiv: Instytut mikrobiolohiyi i virusolohiyi im. D.K. Zabolotnoho NAN Ukrayiny [in Ukrainian].

ПОГЛИНАННЯ ВУГЛЕЦЮ ТА ПРОДУКУВАННЯ КИСНЮ СОСНОЮ ЗВИЧАЙНОЮ В УМОВАХ МІЖРІЧИНЬСЬКОГО РЕГІОНАЛЬНОГО ЛАНДШАФТНОГО ПАРКУ*

О.М. Руденко

Інститут агроекології і природокористування НААН

На основі рівняння степеневої множинної регресії запропоновано математичні моделі з визначення надземної фітомаси в абсолютно сухому стані сосни звичайної, що зростає в різних кліматопах. Математичні рівняння дали змогу встановити кількість поглинутого вуглецю і продукovanого кисню сосною у Міжріччинському регіональному ландшафтному парку. З'ясовано, що в умовах волого субору сосна має більшу вуглецепоглиняльну та киснетвірну здатність.

Ключові слова: сосна звичайна, ландшафтний парк, фітомаса, вуглець, кисень.

Управління лісовими насадженнями передбачає не тільки використання продукції лісу, але й збереження їх продуктивності, посилення екологічних функцій, покращення рекреаційних та естетичних цінностей. Лісові насадження є надійним стабілізатором навколишнього природного середовища, які спроможні на тривалий час депонувати у своїй фітомасі вуглець з атмосфери та генерувати кисень, чим частково запобігають глобальним змінам клімату.

Нині значна увага приділяється вдосконаленню методів обліку і вивченню екологічних функцій лісових насаджень, але вуглецепоглиняльну та киснетвірну здатності деревних порід у різних лісотипологічних умовах зростання вивчено недостатньо.

Основною лісовою породою Міжріччинського регіонального ландшафтного парку (РЛП) є сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.). У південній частині парку переважають різновікові соснові насадження, в центральній та північній — старовікові, також трапляються мішані дубово-соснові та подекуди дубово-грабові деревостани.

У 2002 р. було створено Міжріччинський РЛП. Територія парку становить 102472,95 га

і розташовується у міжріччі Дніпра й Десни. Південно-західна частина парку розташовується у Чернігівській обл. — у Козелецькому (87672,95 га) та Чернігівському (14800,0 га) районах, а східна проходить вздовж р. Десни [1].

Постійними користувачами лісового фонду у межах території Міжріччинського РЛП є: держлісгоспи — Остерський (загальна площа земель лісового фонду — 11754,1 га) та Чернігівський (46,2), військові лісгоспи — Остерський (13636,32) та Чернігівський (19757,0), сільські ради — Карпилівська (1033,57), Короп'євська (878,44), Косачівська (2034,5), Максимська (879,7), а також Остерська міська рада (8,0 га). На лісових землях сільських рад веде господарство та здійснює природокористування агролісгосп, створений у Козелецькому р-ні.

Найпоширенішими типами лісу в регіоні Міжріччинського РЛП є свіжий сосновий бір (A_2C), свіжий сосновий субір (B_2C), свіжий та вологий дубово-сосновий субір (B_2DC , B_3DC), свіжий грабово-дубовий сугрудок ($C_2ГДС$), вологий грабово-дубовий сугрудок ($C_3ГДС$), а також сирий чорно-вільховий сугрудок ($C_4Вл.ч.$), що становить майже 90% території лісового фонду парку.

Метою роботи було встановлення обсягів акумулювання вуглецю та продукування кисню насадженнями сосни звичайної

* Науковий керівник — канд. с.-г. наук В.В. Мороз.

у Міжріччинському РЛП за різних лісорослинних умов зростання.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Під час досліджень пробні площі заклали згідно з відповідною методикою [2]. У процесі досліджень на кожній пробній площі визначали висоту і діаметр дерев, вік насаджень встановлювали за існуючими лісівничо-таксаційними даними. Таксаційний опис закладених пробних площ наведено у табл. 1.

Для описання за модельними деревами залежності компонентів фітомаси дерева від його морфометричних показників застосовано рівняння степеневі множинної регресії:

$$y = a_0 \cdot x_1^{a_1} \cdot x_2^{a_2} \dots x_n^{a_n}, \quad (1)$$

де a_0, a_1, a_2 — константи, відомі в економічній як похідна функції Кобба–Дугласа [3].

У процесі математичного моделювання використано базисну щільність деревини і кори згідно із опублікованими даними [4].

Для встановлення фітомаси крони сосни звичайної нами було використано рівняння, запропоноване А.С. Аткинін [5]:

$$P_{\text{крони}} = 8,379 + 0,087 \times P_{\text{стовбура}}, \quad (2)$$

де $P_{\text{крони}}$ — фітомаса крони, кг; $P_{\text{стовбура}}$ — фітомаса стовбура, кг.

Для встановлення біомаси сосни звичайної в різних лісорослинних умовах зростання за формулою (1) розроблено рівняння степеневі множинної регресії, постійні коефіцієнти яких наведено у табл. 2.

Таблиця 1

Лісівничо-таксаційна характеристика пробних площ*

Пробна площа, №	Квартал	Склад	Вік, років	Висота, м	Діаметр, см	Бонітет	Повнота	Лісотипологічні умови зростання
1.	6	10С	50	27,9	21,8	I	0,65	B ₂
2.	6	10С	50	28,1	28,3	I	0,50	B ₂
3.	36	10С	50	26,3	24,9	II	0,60	B ₂
4.	7	9С1Кл	50	25,5	26,8	I	0,50	B ₃
5.	7	10С	50	28,1	29,7	II	0,50	B ₃
6.	40	10С	90	31,6	41,1	Ia	0,70	B ₃
7.	50	10С	60	27,2	29,0	II	0,50	A ₂
8.	57	10С	90	26,8	31,1	II	0,50	A ₂
9.	32	10С	50	19,5	21,1	II	0,80	A ₂
10.	59	10С	80	17,5	32,3	III	0,50	A ₁
11.	61	10С	65	18,2	26,8	III	0,70	A ₁
12.	58	10С	60	16,8	24,1	III	0,50	A ₁

Примітка: * Квартали: 6, 7 — ДП «Козелецьрайагролісгосп»; 36, 40, 50, 59 — ДП «Чернігівське лісове господарство»; 32, 61 — ДП «Остерське лісове господарство», Морівське лісництво; 58 — ДП «Остерський військовий лісгосп».

Таблиця 2

Числові значення коефіцієнтів регресії для фракцій фітомаси сосни звичайної

№ пор.	Лісорослинні умови зростання	Фракції фітомаси, кг	Значення коефіцієнтів			Коефіцієнт детермінації
			a_0	a_1	a_2	
1.	A ₁ (сухий бір)	стовбур	$3,6 \times 10^{-2}$	1,65	1,05	0,97
		кора	$0,6 \times 10^{-2}$	1,47	1,03	0,97
		крона	$0,25 \times 10^{-1}$	0,996	0,44	0,97
2.	A ₂ (свіжий бір)	стовбур	$4,5 \times 10^{-2}$	1,61	1,02	0,98
		кора	$0,7 \times 10^{-2}$	1,43	1,01	0,98
		крона	$1,1 \times 10^{-1}$	1,12	0,609	0,99
3.	B ₂ (свіжий субір)	стовбур	$2,2 \times 10^{-2}$	1,82	1,03	0,98
		кора	$0,4 \times 10^{-2}$	1,46	1,19	0,88
		крона	$1,2 \times 10^{-1}$	1,27	0,436	0,99
4.	B ₃ (вологій субір)	стовбур	$3,9 \times 10^{-2}$	1,47	1,20	0,98
		кора	$0,8 \times 10^{-2}$	1,34	1,09	0,99
		крона	$1,0 \times 10^{-1}$	1,19	0,568	0,99

Для наведених рівнянь типу (2) характерним є високий коефіцієнт детермінації ($R^2 = 0,88-0,99$), що підтверджує їх відповідність і точність.

Розрахунок умісту вуглецю виконано за перевірними коефіцієнтами, запозиченими з літературних джерел (Matthews, 1993), значення яких для всіх компонентів фітомаси насаджень становить 0,5, а для хвої — 0,45 [4].

За отриманими степеневими рівняннями надземної фітомаси встановлено рівень акумулювання вуглецю надземною

фітомасою в різних лісорослинних умовах зростання Міжрічинського РЛП (рис. 1).

Сосна звичайна в умовах B₃ акумулює вуглець на 52% більше порівняно з умовами A₁ і на 34% — з умовами A₂ і B₂.

Визначення киснепродуктивності со-снових лісових насаджень виконано за методикою І.Я. Лієпи [6], який на основі рівняння фотосинтезу розробив метод визначення киснепродуктивної здатності деревного ярусу лісового фітоценозу. Згідно з розробленою методикою, за кількісним та хімічним складом деревної фітомаси в

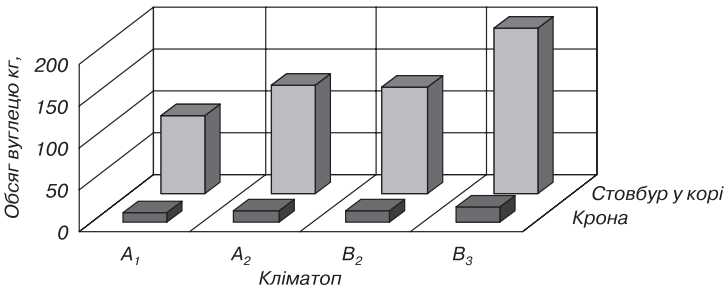


Рис. 1. Розподіл акумульованого вуглецю сосною звичайною за кліматопом

абсолютно сухому стані визначається обсяг кисню, який продукують лісові насадження за певний проміжок часу. За цією методикою до уваги не береться фітомаса хвої і листя, оскільки виділений під час її формування кисень повністю втрачається на розкладання після опадів. Киснепродуктивність у процесі акумулювання 1 т абсолютно сухої речовини різних порід досягає 1,4 т, тому коефіцієнт киснепродуктивності прийнято за 1,4.

Так, загальний обсяг продукowanego кисню в умовах В₃ становить 597 кг, а в умовах А₁ — 284 кг (рис. 2).

ВИСНОВКИ

Встановлено, що сосна звичайна в умовах В₃ акумулює вуглецю на 52% більше порівняно з кліматопом А₁ і на 34% — порівняно з А₂ і В₂.

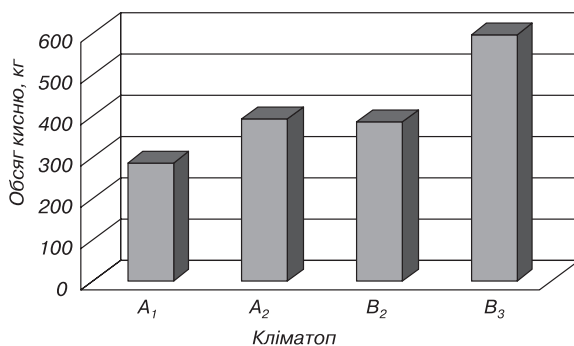


Рис. 2. Розподіл продукowanego кисню сосною звичайною за кліматопом

У кліматичних умовах В₃ загальний обсяг продукowanego кисню становить 597 кг, а в умовах А₁ — 284 кг. Отримані результати досліджень свідчать, що у Міжріччинському РЛП оптимальними для зростання сосни є умови кліматопу В₃.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рідкісні види судинних рослин Чернігівщини та їх представленість на природно-заповідних територіях / [Т.Л. Андриєнко, О.В. Лукаш, О.І. Прядко та ін.] // Заповідна справа в Україні. — 2007. — Т. 13, Вип. 1–2. — С. 33–38.
2. Інструкція з впорядкування лісового фонду України. Польові роботи / [С.Д. Неретін, І.Ф. Чигляєв, А.Д. Заремський та ін.]. — Ірпінь: Укрдержліспроєкт, 2006. — 75 с.
3. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников / А.И. Кобзарь. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. — 816 с.
4. Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение / Б.Н. Уголев. — [2-е изд.]. — М.: Издательский центр «Академия», 2006. — 272 с.
5. Аткин А.С. Фитомасса сухих сосняков Казахского мелкосопочника / А.С. Аткин // Лесоведение. — 1978. — № 5. — С. 61–66.
6. Лиена И.Я. Динамика древесных запасов: Прогнозирование и экология / И.Я. Лиена. — Рига: Зинатне, 1980. — 172 с.
7. Madgwick H.A.I. Biomass and productivity models of forest canopies / H.A.I. Madgwick // Ecological studies: Analysis and synthesis. — Heidelberg, Berlin, 1970. — No. 4. — P. 47–54.

REFERENCES

1. Andrienko, T.L., Lucas, O.V., Pryadko, O.I. et al. (2007). Ridkisni vydy sudynnykh roslin Chernihivshchyny ta yikh predstavlenist' na pryrodno-zapovidnykh terytoriyakh [Rare species of vascular plants Chernihiv and their representation in protected areas]. *Zapovidna sprava v Ukraini — Reserve business in Ukraine*, Vol. 13, 1–2, 33–38 [in Ukrainian].
2. Neretin, S.D., Chyhylyayev, I.F., Zarems'kyi, A.D. et al. (2006). *Instruktsiya z vporядkuvannya lisovoho fondu Ukrainy. Pol'ovi roboty* [Instructions for ordering of forest fund of Ukraine. Field work]. Irpin': Ukrderzhlisproekt [in Ukrainian].
3. Kobzar, A.Y. (2006). *Prykladnaya matematycheskaya statystyka. Dlya ynzheneryv y nauchnykh rabotnykov* [Applied mathematical statistics. For engineers and scientists]. Moskva: FYZMATLYT [in Russian].
4. Ugolov, B.N. (2006). *Drevesinovedenie i lesnoe tovarovedenie* [Wood Science and Forest Goods Science]. (2d ed.). Moskva: «Akademya» [in Russian].
5. Atkyn, A.S. (1978). Fytomassa sukhyykh sosnyakov Kazakhskoho melkosopochnyka [Phytomass of dry pine forests of the Kazakh melkosopochnik]. *Lesovedenye — Forest science*, 5, 61–66 [in Russian].
6. Lyepa, Y.Ya. (1980). *Dynamyka drevesnykh zasposov: Prohnozirovaniye y ekologiya* [Dynamics of wood reserves: Forecasting and ecology]. Ryha: Zynatne [in Russian].
7. Madgwick, H.A.I. (1970). Biomass and productivity models of forest canopies. *Ecological studies: Analysis and synthesis*. Heidelberg, Berlin: Springer Verlag [in English].



ВІТАЄМО З ЮВІЛЕЄМ!

ОЛЕНУ ВОЛОДИМИРІВНУ ШЕРСТОБОЄВУ,

доктора сільськогосподарських наук, професора,
визнаного вченого у галузі екології мікроорганізмів

КРИМСЬКИЙ ЕСТАМП

*Долини смарагдовий келих
Запінив бісерний туман.
Хтось розмотав на шії скелі
Чагарника легкий султан.
Збігають квіти з темних схилів
І грають в піжмурки в траві.
І чайки, ніби тіні білі,
Ковзять невтомно по кривій.
В'юнкі стежини на осонні
Шнурують виступи хребтів.
Дзвенять цикади передзвонно,
Мов епігони солов'їв.
Думкам у море шлях відкрито,
Де в глибині, як в тайні...
Немов тонкий сірник, вітрило
Повільно гасне вдалині.
А день верта до виднокраю
Знов по місцевині курній,
Де перепел крилом зрізає
Пропакхлий степом деревій.*

Валерій Гончаренко.

Зичимо ювілярці міцного здоров'я, оптимізму, творчого натхнення
на науковій ниві. Нехай доля буде прихильною до Вас у всіх починаннях!

*Колектив Інституту агроекології
і природокористування НААН,
Редколегія і редакція «Агроекологічного журналу».*



АННОТАЦИИ

Фурдычко О.И. Роль агроэкологии в формировании сбалансированной агросферы // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 2. — С. 7–14.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: agroecology_naana@ukr.net

Раскрыто значение науки агроэкологии как фундаментальной основы формирования сбалансированной агросферы, охраны окружающей среды, рационального использования и воспроизводства природных ресурсов, а также обеспечения экологической безопасности. Обосновано, что агроэкология в нынешних сложных экологических и экономических условиях должна определять стратегию развития аграрного производства с обязательным учетом экологических, социальных и экономических факторов. Управление агросферой требует разработки новых научно обоснованных подходов, базирующихся на основных принципах Концепции устойчивого развития. Определен ряд приоритетных задач агроэкологии на современном этапе развития аграрной науки и производства Украины.

К л ю ч е в ы е с л о в а: агроэкология, агросфера, сбалансированное развитие, окружающая природная среда, природные ресурсы.

Тарарико Ю.А., Ковальчук В.П., Войтович А.П. Перспективы межотраслевой оптимизации современных агроэкосистем // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 2. — С. 14–20.

Институт водных проблем и мелиорации НААН

e-mail: agroresurs@bigmir.net

Обоснована необходимость повышения почвенного плодородия как основы экологически устойчивой аграрной системы. По результатам стационарных опытов и теоретических исследований приведены коэффициенты полезного действия фотосинтетически активной радиации для различных почвенно-климатических условий. Среди проблем управления аграрными производственными системами особое внимание уделено отсутствию комплексных планов развития производства. Предложены этапы решения этой проблемы на основе оптимизации соотношения отраслей растениеводства и животноводства с использованием информационно-аналитической системы.

К л ю ч е в ы е с л о в а: растениеводство, животноводство, межотраслевая оптимизация, почвенное плодородие, модели развития хозяйства, информационно-аналитическая система.

Мусиенко Н.Н., Бацманова Л.М., Войцеховская Е.В. Глобальные изменения климата и концептуальные основы устойчивого развития агро-

экосистем // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 2. — С. 21–30.

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко

e-mail: n_musienko@ukr.net

Рассмотрен риск возникновения деградиционных процессов и возможные адаптационные меры по смягчению их влияния на производительность агроэкосистем. Обоснованы главные принципы устойчивого развития агроэкосистем в Украине, где природа приобрела признаки типичной антропогенной среды. Воплощение их в жизнь обеспечит не только стабильность аграрной сферы производства, но и оптимальные условия существования всего биоразнообразия. Предложен экологически безопасный и эффективный способ регуляции адаптационного потенциала растений в условиях комплексного воздействия природно-климатических факторов. Показано, что активация эндогенных защитных механизмов оптимизирует метаболические процессы растений пшеницы озимой в соответствии с конкретными условиями, складывающимися на протяжении онтогенеза.

К л ю ч е в ы е с л о в а: агроэкосистема, устойчивое развитие, биоразнообразие, пероксид водорода, адаптационные реакции.

Яцук И.П. Сбалансированное развитие агроэкосистем как основа стратегии «зеленого роста» сельского хозяйства // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 2. — С. 31–37.

ГУ «Институт охраны почв Украины»

e-mail: info@iogu.gov.ua

Осуществлен анализ и сравнение традиционных моделей экономического развития сельского хозяйства, согласно которым охрана окружающей среды рассматривается как бремя, замедляющее прогресс, с моделью «зеленого роста», олицетворяющую смену в парадигме подхода к экономическому прогрессу, основанную на экологически сбалансированном развитии. Обосновано, что в модели «зеленого роста» на передний план выходят меры по защите и сохранению природных ресурсов, которые позволяют ускорить национальный и глобальный экономический прогресс. Определено, что «зеленый рост» сельскохозяйственного производства невозможен без сбалансированного развития агроэкосистем. Освещено, что стратегия «зеленого роста» — это стратегия экономической системы, в которой инвестиции в экологические ресурсы и услуги становятся движущей силой экономического развития. В этой стратегии охрана окружающей среды рассматривается как фактор прогресса. Определена роль эколого-агрохимиче-

ского мониторинга в переходе к «зеленому росту» сельского хозяйства.

К л ю ч е в ы е с л о в а: агроэкосистема, почва, «зеленый рост», сбалансированное развитие, мониторинг.

Ковалив А.И. Новая парадигма свершения земельной реформы в Украине // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 2. — С. 37–43.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: okovaliv@ukr.net

Оценены причинно-следственные аспекты трансформационных процессов осуществления земельных преобразований в современной Украине. Обоснована теоретическая и практическая сущность новой парадигмы свершения земельной реформы в Украине, которая базируется на комплексной институционализации конституционной нормы права собственности Украинского народа, а не только крестьян, на землю и ее природные ресурсы — основное национальное богатство. Обобщены собственные научные подходы к поиску путей желаемого дальнейшего развития экономики природопользования в процессе свершения земельной реформы.

К л ю ч е в ы е с л о в а: земельная реформа, земельные отношения, интересы, экономика природопользования, местное самоуправление, природные ресурсы, рента.

Бородай В.П., Пинчук В.А., Тертычная О.В. Перспективные направления экологических исследований в области животноводства // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 2. — С. 44–48.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: agroecology_naana@ukr.net

Проведен аналитический обзор результатов исследований ученых Института агроэкологии и природопользования НААН по экологическим проблемам в области животноводства. Исследовано современное состояние и тенденции развития отрасли животноводства Украины. Освещен уровень эффективности использования биогенных элементов, выбросов парниковых газов и аммиака в процессе производства сельскохозяйственной продукции в странах ЕС и Украине. Доказаны научные основы биологической безопасности производства в зоне животноводческих предприятий. Предложены меры по минимизации негативного влияния побочной продукции животноводства на окружающую среду.

К л ю ч е в ы е с л о в а: сельское хозяйство, животноводство, Конвенция ООН, биобезопасность, эффективность использования азота, побочная продукция, парниковые газы.

Конищук В.В. Онтология становления экосозологического и инвайронментологического направлений // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 2. — С. 49–58.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: konishchuk_vasyl@ukr.net

Рассмотрена история и современные тенденции научных подходов к охране окружающей среды, мониторинга окружающей среды. Сделана попытка унификации общепринятых европейских взглядов в концепции сбалансированного (устойчивого) развития биосферы. С целью эффективного выполнения прикладных и фундаментальных исследований, проблемных задач этих научных направлений с 1.01.2014 г. в Институте агроэкологии и природопользования НААН создан научный отдел охраны ландшафтов, сохранения биоразнообразия и природоохраны. Отдел входит в Отделение экономики природопользования. Услуги и направления исследований отдела: обоснование сбалансированного развития агросферы и эффективной охраны окружающей природной среды; подготовка предложений развития агропромышленного комплекса с учетом критериев экобезопасности; методологические основы оптимального функционирования автохтонных экосистем, агроландшафтов; концептуальные положения сбалансированного развития, природопользования, охраны водноболотных, торфяных, луговых, лесных экосистем, а также сельских территорий; природно-заповедное дело, формирование экосети, фоновый мониторинг и сохранение биоразнообразия.

К л ю ч е в ы е с л о в а: экосозология, инвайронментология, фундаментальные и прикладные исследования, история науки.

Гудков И.Н. Становление сельскохозяйственной радиоэкологии в Украине: этапы развития, достижения, проблемы, перспективы // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 2. — С. 58–66.

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

e-mail: ingudkov@ukr.net

Рассмотрены этапы становления и развития радиоэкологии, а также ее отрасли — сельскохозяйственной радиоэкологии. Сформулированы проблемы, возникшие в радиоэкологии после аварии на Чернобыльской АЭС, в частности в настоящее, удаленное от нее время.

К л ю ч е в ы е с л о в а: радиоэкология, сельскохозяйственная радиоэкология, авария на Чернобыльской АЭС, проблемы, задачи.

Ландин В.П., Чоботько Г.М., Кучма Н.Д., Райчук Л.А. Преодоление последствий Чернобыльской катастрофы в агросфере Украины //

Агроэкологический журнал. — 2017. — № 2. — С. 67–75.

*Институт агроэкологии и природопользования
НААН*

e-mail: vlad_land@ukr.net

Освещено участие ученых Института агроэкологии и природопользования НААН в преодолении и минимизации последствий Чернобыльской катастрофы. Показано, что история развития радиоэкологических исследований в Институте берет свое начало с первых дней после аварии на Чернобыльской АЭС. Анализ результатов научной деятельности сотрудников учреждения свидетельствует, что за послеаварийный период коллектив радиоэкологов собрал и систематизировал значительные объемы информации, которая трансформировалась в различные базы данных, картографические материалы, математические модели, методические рекомендации, регламенты, проекты нормативных документов и т.п. Приведена информация о вкладе сотрудников Института в развитие радиоэкологии, восстановление сельскохозяйственного производства на радиоактивно загрязненных землях и реабилитацию пострадавших от аварии на Чернобыльской АЭС территорий.

К л ю ч е в ы е с л о в а: радиоэкология, модели миграции радионуклидов, реабилитация пострадавших территорий.

Краснов В.П.¹, Ландин В.П.², Захарчук В.А.² Становление радиоэкологии лесных экосистем в Украине // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 2. — С. 76–82.

¹ *Житомирский государственный технологический университет*

² *Институт агроэкологии и природопользования
НААН*

e-mail: vlad_land@ukr.net

Осуществлено обобщение научных исследований, проведенных в лесных экосистемах Украины после аварии на Чернобыльской АЭС. Определены основные направления научных исследований и технологических разработок за 30 лет с целью регламентирования лесопользования и проведения лесохозяйственных мероприятий на территориях, загрязненных радионуклидами. Установлено, что проведенные исследования позволили ученым обосновать новое направление в лесоводстве — радиоэкология лесных экосистем. Приведены основные обобщающие научные труды и нормативные документы по различным аспектам ведения лесного хозяйства в условиях радиоактивного загрязнения.

К л ю ч е в ы е с л о в а: радиоактивное загрязнение, лесные экосистемы, лесопользование, радионуклиды, удельная активность радионуклидов, реабилитация лесов.

Чертко Н.К., Карпиченко А.А., Жумарь П.В. Ландшафтно-геохимическое состояние выработанных торфяных месторождений Белорусского Полесья, их оптимизация и рациональное использование // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 2. — С. 83–88.

Белорусский государственный университет

e-mail: karpichenka@gmail.com

Исследованы выработанные торфяные месторождения в пределах Полесской провинции озерно-аллювиальных, аллювиально-террасированных и озерно-болотных ландшафтов с хвойными, широколиственно-хвойными и дубовыми лесами на дерново-подзолистых и дерновых, в основном заболоченных почвах, с частым включением торфоболотных почв. Установлено, что торф подстилается преимущественно песчано-супесчаными породами с преобладанием неглубоких и средне-глубоких залежей торфа. По результатам проведенных исследований разработаны рекомендации по геохимической оптимизации выработанных торфяных участков. Приведена оценка содержания отдельных химических элементов (Ti, Mn, Cu, Cr, Ni, Sn, Pb) в остаточном торфе месторождений относительно фона. Для каждого объекта исследования приведена характеристика торфа, геохимический индекс, включающий коэффициент концентрации.

К л ю ч е в ы е с л о в а: ландшафты, выработанные торфяники, геохимический индекс, оценка, оптимизация, использование.

Палапа Н.В.¹, Устименко А.В.¹, Сигалова И.А.² Экологическая оценка сельских селитебных территорий // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 2. — С. 89–95.

¹ *Институт агроэкологии и природопользования
НААН*

² *Украинский институт экспертизы сортов растений*

e-mail: agroecology_naana@ukr.net

Рассмотрены основные факторы загрязнения сельских территорий. Исследовано влияние антропогенной нагрузки на атмосферный воздух. Представлены результаты исследований состояния почв, качества питьевой воды и продукции растениеводства. Приведены основные составляющие мониторинга селитебных территорий, позволяющие определить соответствующие меры с целью улучшения их агроэкологического состояния.

К л ю ч е в ы е с л о в а: антропогенное загрязнение, селитебные территории, деградация, мониторинг земель, санитарные нормы, источники водоснабжения.

Аристархова Э.А. Биотестирование токсичности питьевой воды // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 2. — С. 96–101.

*Институт агроэкологии и природопользования
НААН*

e-mail: agroecology_naan@ukr.net

Проанализирована проблема оценки токсичности питьевой воды в системе водоснабжения г. Житомир. Обоснована целесообразность проведения биомониторинговых исследований качества воды. Доказано, что для выявления токсического действия компонентов воды следует применять наборы тест-объектов, состоящих из представителей разных уровней биологической организации, в частности растительных и животных форм. Обоснованы преимущества таких биотестов по сравнению с единичным биотестом. Предложено для проведения тестирования качества питьевой воды использовать *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg и *Allium cepa* L. На основе реакций каждого из тест-организмов рассчитаны индексы токсичности питьевой воды. Отмечено вредное воздействие вторичного загрязнения воды на живые организмы. Выявлена специфичность чувствительности лука и цериодафний к хроническому эффекту компонентов питьевой воды.

К л ю ч е в ы е с л о в а: качество питьевой воды, токсичность, биотестирование, *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg, *Allium cepa* L., индекс токсичности, хронический эффект.

Пичура В.И.¹, Пилипенко Ю.В.¹, Домарацкий Е.А.¹, Гадзало А.Я.² Экологическая оценка состояния трансграничного водосборного бассейна реки Днепр // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 2. — С. 102–116.

¹ *Херсонский государственный аграрный университет*

² *Институт агроэкологии и природопользования НААН*

e-mail: pichuravitalii@gmail.com

Стратегическая экологическая оценка (СЭО) является надежным инструментом в обеспечении устойчивости окружающей среды стран трансграничных бассейнов. Директива 2001/42/ЕС определяет обязательства органов государственного управления (или частных организаций, предоставляющих публичные услуги) по определению и оценке потенциально значимых экологических последствий предлагаемых планов и программ (не политики), в т.ч. в сфере трансграничного сотрудничества, с целью ослабления или предотвращения потенциально значимого негативного влияния на окружающую среду еще до принятия такого плана или программы. Река Днепр является одной из крупнейших рек Европы, бассейн которой имеет 511 тыс. км² и расположен в пределах трех государств — Российской Федерации (19,8% от общей площади бассейна), Республики Беларусь (22,9%) и Украины (57,3%). Учитывая социально-экономическое положение трансграничных стран, эко-

логическая ситуация в бассейне Днепра остается стабильно неустойчивой. Установлено, что для решения экологических проблем трансграничной реки наиболее перспективным является практическое научно обоснованное внедрение бассейновых принципов природопользования, которое предусматривает использование комплексного подхода к организации земле- и водоохраных мероприятий, с учетом системности исследований. В основу задачи исследования положено осуществление СЭО пространственно-временной трансформации ландшафтных экосистем водосборной территории р. Днепр на основе принципов бассейнового подхода. Стратегическая экологическая оценка и пространственная группировка осуществлены по шести показателям агрогенной трансформации структурно-функционального состояния ландшафтных экосистем бассейна Днепра: лесистость, распахка, площадь склонов более 1°, площадь склонов южной экспозиции, площадь распаханых склонов, площадь эродированных пахотных земель. По результатам СЭО и геомоделирования определено, что более 50% территории бассейна Днепра имеет высокую агрогенную трансформацию структурно-функционального состояния ландшафтных экосистем. Главным критерием дестабилизации агроландшафтов является высокая распахка, для решения вопроса эффективным инструментом улучшения экологического баланса территории трансграничного бассейна является сокращение пахотных земель в пользу других угодий или экологического фонда в пределах 470 суббассейнов с общей площадью ~ 346,3 тыс. км² (~ 67,8). Рациональное землепользование в соответствии с СЭО должно учитывать свойства и особенности ландшафта, способствовать охране и восстановлению почвенного, растительного покрова и других природных компонентов в согласовании между государствами трансграничного бассейна.

К л ю ч е в ы е с л о в а: стратегическая экологическая оценка, сельскохозяйственная освоенность, лесистость, эрозийный потенциал, речные бассейны, река Днепр, геомоделирование, ГИС-технологии.

Тарарико А.Г.¹, Изюмова О.Г.² Достижение нейтрального уровня деградации почв в эрозионно опасных агроландшафтах Украины // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 2. — С. 117–126.

¹ *Институт агроэкологии и природопользования НААН*

² *Житомирский государственный технологический университет*

e-mail: agrokosmos@gmail.com

Рассмотрено состояние эрозионной деградации земель сельскохозяйственного назначения. Предложено решение проблемы по достижению нейтрального уровня деградации почв в эрозионно опасных агроландшафтах путем внедрения

принципов контурно-мелиоративной организации территории водосборных бассейнов малых рек. Для оптимизации формирования, координации и реализации государственной политики в сфере рационального использования, охраны и достижения нейтрального уровня деградации почв предложено на базе существующих профильных учреждений различных ведомств создать полномочный национальный орган по мониторингу, землеустройству и охране почв.

К л ю ч е в ы е с л о в а: почва, климат, осадки, эрозия, агроландшафт, нейтральный уровень, деградация, водосборный бассейн.

Медведев В.В.¹, Булыгин С.Ю.², Булыгина М.Е.² Современные системы земледелия и проблема обработки почвы // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 2. — С. 127–134.

¹ ННЦ «Институт почвоведения и агрохимии им. А.Н. Соколовского НААН»

² Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
e-mail: s.bulygin@rambler.ru

Установлено, что внедрение новых подходов к обработке почвы обуславливает возникновение трудностей финансового, организационного и научного характера. Обосновано, что новые технологии требуют разработки и принятия комплекса соответствующих мероприятий по получению стабильных экономически рентабельных урожаев, охраны почв и восстановления их плодородия. То есть оценка землепользования должна проводиться не только по уровню урожайности культур, но и по качеству земли после завершения сельскохозяйственного цикла. Приведены примеры применения в Украине нулевых и минимальных технологий, их эффективность, что требует дальнейших исследований.

К л ю ч е в ы е с л о в а: охрана почв, минимизация обработки, районирование.

Моклячук Л.И., Городиская И.М., Лищук А.И. Природоохранные технологии восстановления деградированных почв в органическом земледелии // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 2. — С. 134–141.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: moklyachuk@ukr.net

Проанализированы и обобщены литературные источники и результаты собственных исследований по взаимозависимости экологического состояния почв и систем земледелия. Освещено, что для получения высоких урожаев экологически безопасной сельскохозяйственной продукции и сырья в условиях органического земледелия, прежде всего, необходимо разработать научно-методические основы сохранения плодородия почв и надлежа-

щего управления их эксплуатацией, акцентируя внимание на их восстановлении и охране с помощью экологически сбалансированных методов. Определено, что фиторемедиация и фитомелиорация являются экологическими инструментами устойчивого развития агроэкосистем.

К л ю ч е в ы е с л о в а: агроэкосистема, органическое земледелие, фиторемедиация, фитомелиорация.

Шерстобоева Е.В., Демьянюк Е.С., Чабанюк Я.В. Биодиагностика и биобезопасность почв агроэкосистем // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 2. — С. 142–148.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: agroecology_naana@ukr.net

Рассмотрен научный опыт по разработке методов и критериев комплексной биодиагностики почв агроэкосистем и созданию информативной, репрезентативной и объективной системы оценки их состояния. Разработанные методы и система показателей позволяют проводить экологическую оценку элементов агротехнологий, осуществлять раннюю диагностику и предотвращать развитие в почвах нежелательных процессов вследствие антропогенного воздействия. Оценка природного состояния и уровня антропогенного повреждения почв по ряду биодиагностических критериев может способствовать безопасности аграрного производства, а именно — сохранению плодородия почв и получению качественной сельскохозяйственной продукции.

К л ю ч е в ы е с л о в а: агроэкосистема, экологическое состояние почвы, биодиагностика.

Иутинская Г.А. Микробные биотехнологии для реализации новой глобальной программы обеспечения устойчивого развития агросферы Украины // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 2. — С. 149–155.

Институт микробиологии и вирусологии им. Д.К. Заболотного НАН Украины

e-mail: galyna.iutynska@gmail.com

Рассмотрены цели, необходимые для реализации новой глобальной программы обеспечения устойчивого будущего. Систематизированы биотехнологические разработки в свете решения новых вопросов устойчивого развития. Обосновано, что современные биотехнологии должны занять важное место в природоохранной, сельскохозяйственной, пищевой отраслях и в возобновляемой энергетике. Внедрение биотехнологических разработок имеет инвестиционную привлекательность, экологическую и экономическую эффективность и отвечает векторным задачам «Стратегии устойчивого развития «Украина–2020».

К л ю ч е в ы е с л о в а: устойчивое развитие, биотехнология, биоразнообразие, биопрепараты комплексного действия, переработка отходов.

Парфенюк А.И. Сорт растений как фактор биологической безопасности в агроценозах Украины // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 2. — С. 155–163.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: vereskar@bigmir.net

Установлены пути контроля грибного фитопатогенного фона в агроценозах с помощью сорта растений — мощного биотического экологического фактора. Освещен механизм влияния сорта на численность инфекционных структур грибов, формирующие уровень безопасности выращивания растительной продукции. Доказана необходимость активизации биоценологических методов по регуляции численности популяций фитопатогенных грибов в агроценозах.

К л ю ч е в ы е с л о в а: грибной фитопатогенный фон, сорт растений, агроценозы, биологическая безопасность, микромицеты.

Копылов Е.П., Надкерничная Е.В. Почвенные грибы как биотический фактор влияния на растения // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 2. — С. 163–175.

Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН

e-mail: evgenk2013@gmail.com

Представлены современные взгляды на роль почвенных грибов в микробно-растительном взаимодействии. Определение взаимоотношений грибов с растениями может служить научным фундаментом для разработки основ оптимизации функционирования симбиозов и ассоциаций микроорганизмов с растениями, которые открывают путь как к созданию новых экологически безопасных микробных препаратов, так и для их практического использования в растениеводстве.

К л ю ч е в ы е с л о в а: почвенные грибы, симбиоз, эндوفитная ассоциация, микориза, фитогормоны, фитотоксичные вещества.

Бойко А.Л. Убиквитарность, структура и функция вирусов при различных экологических условиях // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 2. — С. 176–182.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: olga_bojko@ukr.net

Представлены результаты исследований вирусологического многообразия уникальных планетарных возбудителей болезней, наделенных возможностью разноплановых функций на основе

взаимодействия с биологическими системами на разных уровнях организации жизни. Сосредоточено значительное внимание на вредоносности вирусов различных организмов. Основой статьи являются результаты исследований, которые автор вместе со своими учениками и коллегами на протяжении многих лет выполнял на вирусах разных таксономических групп. Главное внимание этих исследований было сосредоточено на структуре и функции РНК- и ДНК-содержащих вирусов при воздействии на них радиационной нагрузки, магнитных полей, микрогравитации, биотических и абиотических факторов окружающей среды биоценозов. Проведены также специализированные опыты на основе комплекса вирусных компонентов в условиях *in vitro*, анализов ГМО, использования РНК изолятов СТМ для трансфекции с клетками млекопитающих. В разноплановых биотехнологиях разработаны и использованы методы диагностики, профилактики фитовирусов на растениях полей и лесных массивов. В многолетних исследованиях формировались новые научные идеи, планы сочетания фундаментальных и прикладных работ в области вирусологии, экологии и биотехнологии. Статья посвящена юбилейным датам — созданию Института агроэкологии и природопользования НААН и открытию кафедры вирусологии в Киевском национальном университете имени Тараса Шевченко, которые на протяжении долгого времени работают в тесном «симбиозе» над экологическими проблемами в области вирусологии.

К л ю ч е в ы е с л о в а: вирусы, экология, биотехнология, биоценоз.

Бурда Р.И. Актуальные номенклатурные и таксономические изменения видового состава полевых сорняков Украины // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 2. — С. 182–187.

ГУ «Институт эволюционной экологии НАН Украины»

e-mail: riburda@ukr.net

Осуществлен обзор номенклатурных и таксономических изменений в перечни полевых сорняков Украины, что обусловлено мировым развитием ботаники. Эта потребность является следствием номенклатурно-таксономических ревизий, проведенных за последнее десятилетие. Выяснено, что среди 950 видовых названий сорняков, которые обычно в научном обороте считались как приемлемые, по меньшей мере 450 подлежат изменениям и по трактовке категорий их номенклатурных комбинаций (приемлемые, альтернативные, синонимичные, сомнительные), и в части написаний родов, видовых эпитетов, авторов видов. Около 50 видовых названий признаны сомнительными. Перечень приемлемых названий полевых сорняков обогатился и содержит более 1050 приемлемых номенклатурных комбинаций. Для иллюстрации

характера и сути изменений, а также дополнений приведен перечень видовых номенклатурных комбинаций полевых сорняков для двух семей — *Poaceae* и *Asteraceae*.

К л ю ч е в ы е с л о в а: покрытосеменные, сорняки, номенклатура, флора, Украина.

Лесовой Н.М., Чайка В.Н. Концептуальные подходы исследований энтомологического разнообразия агроценозов Украины // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 2. — С. 188–194.

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины

e-mail: lisova106@ukr.net

На территории Украины, 55% которой составляют пахотные земли, подавляющая часть природной энтомофауны под влиянием антропогенного фактора была вытеснена представителями агроландшафтов, в основном насекомыми. С усилением этого давления на агроландшафты следует ожидать значительных изменений состава биоты, но в научной литературе имеется мало сведений относительно нынешнего состояния биоразнообразия агроэкосистем. Предложено осуществлять оценку состояния биоразнообразия энтомофауны агроценозов с помощью индикаторной группы видов, которые доминировали в посевах и посадках сельскохозяйственных культур в первой половине XX в., были хорошо изучены, систематизированы и описаны в научной литературе советского периода. Концептуальное решение проблемы позволяет экспериментально установить, что видовое энтомологическое разнообразие агроценозов Лесостепи на протяжении последних 60 лет обеднело на 49,6%. Уменьшение видового биоразнообразия, преимущественно, имеет место среди насекомых-геофилов (геобионтов и герпетобионтов), что свидетельствует о существенных экологических нарушениях педосферы.

К л ю ч е в ы е с л о в а: энтомологическое разнообразие, агроценоз, жизненные формы, константно-доминантные виды.

Демидов А.А.¹, Васильковский С.П.^{1,2}, Гудзенко В.Н.¹ Эколого-генетические аспекты селекции ячменя озимого относительно роста его продуктивного и адаптивного потенциала в Лесостепи Украины // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 2. — С. 194–200.

e-mail: mwehats@ukr.net

¹ *Мироновский институт пшеницы имени В.М. Ремесла НААН*

² *Белоцерковский национальный аграрный университет*

В результате многолетних экспериментальных исследований обосновано эколого-генетические аспекты селекции ячменя озимого для повышения его производительного и адаптивного потен-

циала в Мироновском институте пшеницы имени В.М. Ремесла НААН. Внедрен в практическую селекцию системный подход к оценке и отбору генотипов по производительности и устойчивости (толерантности) к абиотическим и биотическим факторам в Лесостепи Украины. Сформирована коллекция ячменя озимого, насчитывающая 568 образцов разного эколого-географического происхождения. На основе адаптированных сортов, селекционных линий и выделенных источников ценных признаков создан новый генетический материал во всех звеньях селекционного процесса. Выведены и переданы на государственное сортоиспытание Украины на протяжении 2012–2016 гг. семь сортов ячменя озимого: МИП Гладиатор, МИП Ясон, МИП Оскар, МИП Корсар, МИП Дарий, МИП ЛИДЕР, МИП Статус.

К л ю ч е в ы е с л о в а: ячмень озимый, производительность, адаптивность, эколого-генетические аспекты, абиотические и биотические факторы, генетические источники, сорт, селекция.

Симочко Л.Ю. Антибиотикорезистентные микроорганизмы в агроэкосистемах как фактор риска для здоровья человека // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 2. — С. 201–204.

ГВУЗ «Ужгородский национальный университет»

e-mail: lyudmilassem@gmail.com

Приведены результаты исследований почвы агроэкосистем, где культивировались лекарственные растения *Mentha piperita*, *Inula helenium*, *Thymus serpyllum*, *Rosa odorata*, *Calendula officinalis*. Осуществлена верификация и идентификация антибиотикорезистентных микроорганизмов. Выявлены патогенные и условно патогенные микроорганизмы: *Serratia marcescens*, *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Serratia odorifera* biogroup 1, *Pantoea agglomerans*, *Yersinia pestis*, которые обладают антибиотикорезистентностью и являются фактором риска для здоровья человека.

К л ю ч е в ы е с л о в а: агроэкосистема, микроорганизмы, почва, антибиотикорезистентность, здоровье.

Душко П.Н. Оценка удобрений сои в технологии ее выращивания по адаптивному потенциалу // *Агроэкологический журнал*. — 2017. — № 2. — С. 205–210.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: agroecology_naan@ukr.net

Проведена оценка уровня антропогенной нагрузки в агроценозах при различных системах удобрений сои в Правобережной Лесостепи, а именно: запахивания соломы предшественника, зеленой массы сидерата, минеральных удобрений на фоне применения инокуляции семян клубеньковыми

бактериями и без нее. Установлено, что применение в интенсивной технологии органо-минеральной системы удобрения и инокуляции семян сои позволяет значительно снизить антропогенную нагрузку со стороны химически синтезированных загрязняющих веществ в агроэкосистеме сои.

К л ю ч е в ы е с л о в а: соя, система удобрения, инокуляция семян, урожайность, растительная биомасса, энергетическая эффективность, антропогенная нагрузка.

Краевская Л.С. Влияние предпосевной обработки семян на урожайность фасоли обыкновенной (*Phaseolus vulgaris* L.) // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 2. — С. 211–215.

Винницкий национальный аграрный университет

e-mail: liubasha91@gmail.com

Приведены результаты инокуляции семян фасоли штаммами микроорганизмов на урожайность ее зерна. Обработку сорта фасоли обыкновенной Славия осуществляли стимулятором роста Регоплант и биологическим липкогеном ЭПАА. Установлено, что урожайность семян фасоли обыкновенной зависит от использования биопрепаратов. Эти меры влияют на развитие растений фасоли, семенную продуктивность культуры, однако достоверный прирост урожая зерна зафиксирован в

вариантах при обработке семян фасоли штаммами микроорганизмов Ф-16 и биологическими препаратами Регоплант + ЭПАА.

К л ю ч е в ы е с л о в а: фасоль, штаммы микроорганизмов, сорт, инокуляция, стимуляторы роста, урожайность.

Руденко А.Н. Поглощение углерода и продуцирование кислорода сосной обыкновенной в условиях Межреченского регионального ландшафтного парка // Агроэкологический журнал. — 2017. — № 2. — С. 216–219.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: agroecology_naan@ukr.net

На основе уравнения степенной множественной регрессии предложены математические модели по определению надземной фитомассы в абсолютно сухом состоянии сосны обыкновенной, что растет в разных климатоплах. Математические уравнения позволили установить количество поглощенного углерода и производимого кислорода сосной в Междуреченском региональном ландшафтном парке. Установлено, что в условиях влажного суббора сосна имеет большую способность поглощать углерод и продуцировать кислород.

К л ю ч е в ы е с л о в а: сосна обыкновенная, ландшафтный парк, фитомасса, углерод, кислород.

ABSTRACT

Furdychko O. Significance of agroecology in the process of well-balanced agrosphere formation // Agroecological journal. — 2017. — No. 2. — P. 7–14.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: agroecology_naan@ukr.net

The realities of today's show that there are real signs of environmental crisis in agrosphere, that is considered not only as a result of technogenic pressure on its components, but also impoverishment of public morals, short views toward future consequences of collisions of standing life level. In view of this, in the foreground of environmental problems negotiation in agrarian sphere become main directions of agroecology science. The article reveals the significance of agroecology science as a fundamental basis of well-balanced agrosphere formation, environmental protection, rational use and reproduction of natural resources and ecological safety ensuring.

It has been substantiated that agroecology science in today's complex environmental and economic conditions should determine the development in strategy of agricultural production with obligatory account of environmental, social and economic factors. The place of agroecology science in the system of agrarian sciences and a number of priority tasks of agroecology at present time of agricultural science development and production in Ukraine are defined. The main aim of agroecology is to ensure sustainable production of quality and safe products, storage and reproduction of natural resource potential of the agricultural sector; it means that ecological safety of all branches of agricultural production for economic feasibility. Agrosphere management calls for urgent development of new scientifically grounded approaches that are based on the basic principles of Sustainable Development Concept. Thoughtful management of environmental processes in agrosphere, balanced needs of economic development and opportunities for reproduction of

natural resources, comprehensive realization of environmental measures and technologies in AIC are the basis of the state sustainable development, life duration, strong health and well-being of present and future generations

K e y w o r d s: agroecology, agrosphere, sustainable development, environment, natural resources.

Tarariko Y., Kovalchuk V., Voytovych O. Prospects for the inter-branch optimization of modern agroecosystems // Agroecological journal. — 2017. — No. 2. — P. 14–20.

Institute of Water Problems and Land Reclamation of NAAS

e-mail: agrosurs@bigmir.net

The article substantiates the necessity of increasing soil fertility as the basis of an ecologically sustainable agrarian system. Based on the results of stationary experiments and theoretical studies, the efficiency factors of photosynthetically active radiation for different soil-climatic conditions are presented. Theoretical studies were carried out based on the results of stationary experiments of scientific and research institutions of the National Academy of Agrarian Sciences, laid down in different soil and climatic conditions with the aim of determining the doses of traditional and alternative organic and mineral fertilizers that ensure the reproduction of soil fertility and high productivity of crops. Among the problems of managing agrarian production systems, the special attention is paid to the lack of integrated production development plans. The stages of solving this problem are proposed on the basis of optimizing the ratio of crop and livestock sectors using the information-analytical system. The possibilities for improving land use applying the «AIS.AGRO» complex are demonstrated using the example of an agricultural enterprise located in the northern part of the Poltava region. The structure of the agrolandscape and land use there is typical for the left-bank Forest-Steppe of Ukraine. The dominant soil is typical low-humus black soil with mean content of available phosphorus and potassium. Three variants of a business model, namely retrospective, modern and perspective (productivity of crop production at the level of 50 hundredweight fodder units per hectare, livestock - 1 basic cattle unit per hectare) were simulated. The increase in the total productivity of one hectare up to 52.9 hundredweight fodder units per hectare in the perspective model compared with the current model (32.3 hundredweight fodder units per hectare) is shown. At the same time, the need for mineral fertilizers to achieve a deficit-free balance of nutrients only increases by 8.6%. That is due to the increase in recirculation of nutrients from 51 to 60%, as well as the increase in the use of biological nitrogen from 23 to 65 kg per 1 hectare of arable land.

K e y w o r d s: plant growing, livestock, interindustry optimization, soil fertility, models of economic development, information-analytical system.

Musijenko M., Bacmanova L., Vojcekhijsjka O. Global climate changes and conceptual foundations of sustainable development of agro-ecosystems // Agroecological journal. — 2017. — No. 2. — P. 21–30.

Taras Shevchenko National University of Kyiv

e-mail: n_musienko@ukr.net

The risks of degradation processes and adaptive measures to mitigate their impact on the agroecosystems productivity were considered. The basic principles of agroecosystems sustainable development in Ukraine, where the nature acquired the typical characteristics of the built environment, were justified. Their implementation will provide not only the stability of agricultural production sector, but also the optimal conditions for the entire biodiversity. Basic principles of plant cultivation of the adaptive agroecosystems for natural resources conservation and energy costs were given. The measures for transformation of modern agroecosystems in adaptive, sustainable and stable ones were analyzed. The main autecological strategy of exogenous induction the plant adaptive responses under adverse factors influence of the transformed environment were allocated. Physiological and biochemical changes that determine plant resistance to the oxide stress effect are the objective tests for early diagnosis of stability of created forms and varieties, their selection in the laboratory conditions and for biochemical monitoring of transformed agrocenoses. Ecologically safe and effective methods of the adaptive capacity of plants regulation in a complex influence of climatic factors conditions were proposed. The results of the use of a hydrogen peroxide at physiological concentrations solution ($1 \cdot 10^{-6}$ – $1 \cdot 10^{-2}$ M) to protect the winter wheat plants in the field of steppe and forest-steppe ecotypes were shown. The hydrogen peroxide treatment of plants had a positive effect on the 1000 grains weight and increased the yield by 15–18%. It was shown that the use of hydrogen peroxide by the scheme contributed to activation of endogenous defense mechanisms, optimization of metabolic processes of winter wheat plants under conditions that are actually formed during ontogeny.

K e y w o r d s: agroecosystem, sustainable development, biodiversity, hydrogen peroxide, adaptive responses.

Yatsuk I. Balanced development of agro-ecosystems as the basis for the strategy of «green» agricultural growth // Agroecological journal. — 2017. — No. 2. — P. 31–37.

State Institution «Institute of soil protection of Ukraine»

e-mail: info@iogu.gov.ua

The analysis and comparison of traditional economic models of the economic development of agriculture, where the environment is seen as an economic burden that slows the progress, with the model of «green growth», that marks a paradigm shift in the

approach to economic progress and based on environmentally sustainable development, is given. Model of «green growth» at the forefront puts measures for the protection and conservation of natural resources that can accelerate national and global economic progress was grounded. It was determined that «green agricultural growth» is not possible without the sustainable development of agro-ecosystems. It was shown that «green growth» strategy is a strategy for the economic system in which investment in environmental resources and services are the driving force of economic development. Environmental protection is seen as a factor of progress. The role of environmental and agrochemical monitoring the transition to «green growth» in agriculture was investigated.

Key words: agroecosystem, soil, «green growth», sustainable development, monitoring.

Kovaliv O. A new paradigm of the accomplishment of land reform in Ukraine // *Agroecological journal*. — 2017. — No. 2. — P. 37–43.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: okovaliv@ukr.net

The cause-and-effect aspects of transformation processes concerning the land reformations implementation in modern-day Ukraine are highlighted, based on my own experience. Theoretical and practical essence of the new paradigm of land reform achievement in Ukraine is substantiated, which is based on a comprehensive institutionalization of the constitutional law of the Ukrainian people on the land possession and its natural resources — main national wealth, not just for rural people. A range of the author's scientific views regarding ways of further of economy of nature management in the accomplishment of the land reform was also generalized.

Key words: land reform, land relations, interests, environmental economics, local governance, natural resources, rent.

Borodai V., Pinchuk V., Tertychna O. Promising areas of environmental research in livestock // *Agroecological journal*. — 2017. — No. 2. — P. 44–48.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: agroecology_naas@ukr.net

An analytical review of the research results of the scientists of Institute of Agroecology and Environmental management of National Academy of Agrarian Sciences regarding environmental problems in the livestock sector has been carried out. The current status and trends in the development of the livestock sector in Ukraine have been studied. The level of efficiency of nutrient use, greenhouse gas and ammonia emissions in the process of agricultural production in the EU and Ukraine is shown. The scientific basis of the biological safety of production of livestock

enterprises is substantiated. Measures are proposed to minimize the negative impact of by-products of livestock production on the environment.

Key words: agriculture, livestock, the UN Convention, biosafety, nitrogen efficiency, by-products, and greenhouse gases.

Konishchuk V. Ontology of formation the directions of ecosozology and environmentology in the department of landscape, biodiversity and nature reserve // *Agroecological journal*. — 2017. — No. 2. — P. 49–58.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: konishchuk_vasyi@ukr.net

The history and current trends of scientific approaches to environmental protection, environmental monitoring are given. An attempt to unify European conventional views on the concept of sustainable development of the biosphere is done. The effective implementation of basic and applied research, problematic tasks of scientific fields from 01.01.2014 Institute of Agroecology and Environmental Management NAAS created Department protection of landscapes, biodiversity and nature reserve. The department is part of the Division of Environmental Economics. Services and research directions of the department: agrosphere study sustainable development and effective environmental protection; prepare proposals of agriculture with regard to environmental safety criteria; methodological basis of optimal functioning indigenous biogeocenosis, agricultural landscapes; conceptual provisions of sustainable development, natural resources, protection of wetlands, peat, meadow, forest ecosystems and rural areas; natural reserves, the formation of ecological network, background monitoring and conservation of biodiversity.

Key words: ecosozology, environmentology, fundamental and applied research, the history of science.

Ghudkov I. Formation of Agricultural Radiology in Ukraine: milestones, achievements, problems and prospects // *Agroecological journal*. — 2017. — No. 2. — P. 58–66.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

e-mail: ingudkov@ukr.net

The stages of formation and development of radioecology and separate section agricultural radioecology in Ukraine are considered. The problems arisen to radioecology after accident at Chernobyl NPP including their interaction nowadays are formulated.

Key words: radioecology, agricultural radioecology, accident at Chernobyl NPP, problems, tasks.

Landin V., Chobotko G., Kuchma M., Raychuk L. Overcoming the consequences of the accident at the Chernobyl nuclear power plant in the Ukrainian

agrosphere // Agroecological journal. — 2017. — No. 2. — P. 67–75.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: vlad_land@ukr.net

The contribution of scientists of the Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS in overcoming and minimizing the consequences of the Chernobyl disaster has been elucidated. It was shown that the history of Radioecology Research Institute dates back from the first days after the Chernobyl accident. Analysis of the institution employees research activities shows that during the post accident period the radioecologists team has collected and systematized a lot of information. It has been transformed into various databases, cartographic materials, mathematical models, guidelines, regulations, draft regulations etc. Information on the Institute employees' contribution to radiology development, restoration of agricultural production at the radioactively contaminated lands and rehabilitation of territories affected by Chernobyl NPP accident has been presented.

Keywords: radioecology, radionuclide migration models, rehabilitation of affected areas.

Krasnov V.¹, Landin V.², Zakharchuk V.² Formation of Radiology of forest ecosystems in Ukraine // Agroecological journal. — 2017. — No. 2. — P. 76–82.

¹ *Zhytomyr State Technological University*

² *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

e-mail: vlad_land@ukr.net

The accident at Chernobyl NPP led to a radical change in the radiation situation in forests of Ukraine and caused the need to develop scientific fundamentals of forestry and forest management in the territories contaminated with radionuclides. The study of the migration of radioactive elements in forest ecosystems and their redistribution between the components in time became the basis for solving the above noted problems. The study data helped researchers to develop conceptual schemes of ¹³⁷Cs migration in forest ecosystems on the basis of forest typology. Years-long research allowed revealing and helped to characterize quantitatively the direction and speed of radionuclide migration in forest biogeocenosis, which in turn provided scientific justification of forest management in the contaminated territories. The obtained results not only enabled researchers to solve applied problems of forest management in conditions of radioactive contamination, but made a significant contribution to the knowledge of the migration of chemical elements in the biosphere.

Keywords: radiation contamination, forest ecosystems, forest management, radionuclides, radionuclide specific activity, forests rehabilitation.

Chartko M., Karpichenka A., Zhoomar P. Landscape-geochemical state of depleted peat deposits of Belarusian Polissya, their optimization and rational use // Agroecological journal. — 2017. — No. 2. — P. 83–88.

Belarusian State University

e-mail: karpichenka@gmail.com

Case study areas are situated within Polissya province of lacustrine-alluvial, alluvial terraced and boggy lacustrine landscapes with coniferous, mixed broad-leaved and oak forests on soddypodzolic and soddy waterlogged soils with the vast inclusion of peat boggy soils. Peat is predominantly underlain by sandy and baggy sediments. Low and average thick peat deposits are prevailed. Recommendations on the geochemical optimization of depleted peat fields were developed by the results of fulfilled researches. The assessment of the concentration of some chemical elements (Ti, Mn, Cu, Cr, Ni, Sn, Pb) in the residual peat of deposits in reference to the background is given. The characterization of peat, geochemical index, including a concentration ratio, is added for every case of studied area.

Keywords: landscape, depleted peat, geochemical index, content, optimization, rational use.

Palapa N.¹, Ustymenko O.¹, Sihalova I.² Environmental assessment of rural residential areas // Agroecological journal. — 2017. — No. 2. — P. 89–95.

¹ *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

² *Ukrainian Institute for Plant Variety Examination*

e-mail: agroecology_naas@ukr.net

The negative environmental effects of extensive period is excessive plowing land (57.5% and in some regions of Ukraine up to 92% at a rate of 30%), the occurrence of dust storms, water erosion, decreased soil fertility, siltation of rivers and reservoirs, arid areas. Research was conducted on individual farms in the northern, southern, eastern, western and central regions of Ukraine. In the villages personal farms were chosen so that they covered all the estate settlement. The objects of study were soil, plant products (vegetables) and drinking water. The results of the study of the ecological condition of rural areas showed that its performance often do not meet health standards and regulations. First of all, it is caused by small areas of individual farms, congestion area domestic animals and poultry, non-compliance with sanitary and hygienic requirements of rural settlements. The most harmful chemicals are polluting heavy metals. A particular danger is soil contamination with radionuclides, which due to the Chernobyl accident is extremely important for Ukraine. Failure to comply with health standards, sanitary and building regulations significantly increase the risk of bacteriological contamination of wells public and private use. Along

with nitrate contamination of drinking water in rural areas there is contamination with chlorides. The main factor influencing solid waste on the environment in Ukraine is their placement in landfills causing pollution of land, water, air, and affect plant and animal life and human health. We propose to monitor the quality of plant products grown on the following parameters: nitrates, heavy metals, pesticides and radionuclides.

K e y w o r d s: anthropogenic pollution, residential areas, degradation, land monitoring, sanitary norms, water supply sources.

Arystarkhova E. Biotesting the toxicity of drinking water // Agroecological journal. — 2017. — No. 2. — P. 96–101.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: agroecology_naas@ukr.net

The article analyzes the problem of the determination of drinking water toxicity in the system of water supply in Zhytomyr. An increase of reliability of control of drinking water quality is especially important in the conditions of tense ecological situation. That's why it is expediently to apply so-called sets of test-organisms in which the representatives of vegetable and animal forms have to become as obligatory components for determination of water ecotoxicological potential. The results of such a biological testing enable to estimate influence of contaminants on living creatures more fully. It was suggested during the carrying out the testing of drinking water quality to use *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg and *Allium cepa* L. in the presented researches. On the basis of test-objects reactions the index of drinking water toxicity was calculated. The harmful influence of water secondary pollution on the living organisms is noted. We found out the specificity of sensitiveness of *A. cepa* (on 8 day) and *C. affinis* (on 8 and 15 day) to chronic effect of drinking water components.

K e y w o r d s: drinking water, secondary pollution, ecotoxicological potential, biotesting, *C. affinis*, *A. cepa* index of toxicity, chronic effect.

Pichura V.¹, Pilipenko Y.¹, Domaratsky E.¹, Gdzalo A.² Environmental assessment of the state of transboundary watersheds of the Dnieper // Agroecological journal. — 2017. — No. 2. — P. 102–116.

¹ *Kherson state agricultural university*

² *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

e-mail: pichuravitalii@gmail.com

Strategic Environmental Assessment (SEA) is a reliable tool in ensuring the environmental sustainability of trans-boundary basins. Directive 2001/42/EU defines the obligations of the government (or those of private organizations that provide public services) to identify and assess potentially significant environmental effects of the proposed plans and programs

(not politicians), including cross-border cooperation, view to easing or avoiding a potentially significant negative impact on the environment prior to approval of such a plan or program. The Dnieper river is one of the largest rivers of Europe, the swimming pool of which is 511 thousand km² and is located within three states — the Russian Federation (19.8% of the total area of the pool), Belarus (22.9%), and Ukraine (57.3%). Taking into account the socio-economic situation of cross-border the environmental situation in the Dnieper basin is constantly unstable. Therefore, to solve the environmental problems of trans-boundary River, the most promising is a practical evidence-based implementation of basin principle of nature, which involves the use of an integrated approach to land-and water conservation measures on the basis of the systematic research. The basis of the research objectives is entrusted with the implementation of SEA of space-time transformation of landscape of the ecosystems of the Dnieper river catchment area on the basis of river basin approach. Strategic environmental assessment and spatial clustering was carried out on six indicators of agrogenic transformation of structural and functional state of landscape ecosystems of the Dnieper river basin: forest cover, plowing, squares slopes more 1°, squares slopes of southern exposure, the area cultivated slopes, eroded areas of arable land. As a result, SEA and geo-modeling determined that more than 50% of the Dnieper basin has high agrogenic transformation of the structural and functional status of the landscape ecosystems. The main criterion for the destabilization of agricultural landscapes is a high level of tillage, in this case the most effective tool for improving the ecological balance of the territory of the trans-boundary basin study is the reduction of arable land for other land or environmental fund 470 sub-basin boundaries with a total area of ~ 346.3 thousand km (~ 67.8). Rational land use in accordance with the strategic environmental assessment should take into account the characteristics and features of the landscape, promote the protection and reproduction of soil, vegetation and other natural components in a single agreement between the countries of trans-boundary basin.

K e y w o r d s: strategic environmental assessment, agricultural development, forest area, erosion potential, river basins, Dnieper river, geo-modeling, GIS-technologies.

Tarariko O.¹, Iziumova O.² Achievement of a neutral level of soil degradation in the erosion-hazardous agrolandscapes of Ukraine // Agroecological journal. — 2017. — No. 2. — P. 117–126.

¹ *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

² *Zhytomyr State Technological University*

e-mail: agrokosmos@gmail.com

The state of erosion degradation of lands under conditions of increasing the extremes of climate, incl.

stormy nature of precipitation as well as existing land relations: increase in the structure of sown areas of corn and sunflower, reduction of the resistance to corrosion of soils as a result of their dehumification is analyzed. There is proposed the solution of the problem of achieving a neutral level of soil degradation in agricultural landscapes of catchments of small rivers on the territory of which agricultural activities are conducted through the use of the principles of contour-meliorative organization of land use. In order to formulate, implement and coordinate the state policy in the field of rational use and protection of soils, and to achieve a neutral level of their degradation, it was proposed to establish a national monitoring, land management and soil protection authority on the basis of existing specialized organizations.

Key words: land resources, climate, precipitation, erosion, agricultural landscape, neutral level, soil degradation, contour-meliorative land use system, catchment basin.

Medvediev V.¹, Bulyhin S.², Bulyhina M.² Modern farming systems and the problem of cultivation // *Agroecological journal*. — 2017. — No. 2. — P. 127–134.

¹ *National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky»*

² *National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

e-mail: s.bulygin@rambler.ru

It has been found that the implementation of new approaches to soil cultivation causes financial, organizational and scientific difficulties. We proved that new technologies need developing complex that includes appropriate measures' use to obtain stable economically profitable yields, soil protection and restoration of soil fertility. The assessment of land use should not only be based on the level of crop yield, but on the soil quality after the agricultural cycle. The examples of use in Ukraine zero and minimum technologies, their efficiency were shown, which require further research.

Key words: soil, minimizing soil, zoning.

Moklyachuk L., Gorodyska I., Lishchuk A. Environmental protection technologies of contaminated and degraded soils in organic farming // *Agroecological journal*. — 2017. — No. 2. — P. 134–141.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: moklyachuk@ukr.net

Literary sources and the results of our own research on the interdependence of the ecological state of soils and systems of agriculture are analyzed and summarized. It is shown that in order to obtain high yields of ecologically safe agricultural products and raw materials in conditions of organic farming, it is first and foremost necessary to develop scientific and

methodological bases for the conservation and proper management of soils, emphasizing the restoration and conservation of soils using environmentally balanced methods. It is determined that phytoremediation and phytomelioration are ecological tools for sustainable development of soils.

Key words: Agroecosystem, organic farming, phytoremediation, phytomelioration.

Sherstoboeva O., Demyanyuk O., Chabanyuk Ya. Biodiagnostics and bio-security of soils of agroecosystems // *Agroecological journal*. — 2017. — No. 2. — P. 142–148.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: e-mail: agroecology_naam@ukr.net

The scientific experience in the development of methods for complex biological diagnostics of soils in agroecosystems and creation of an informative, representative and objective system for assessing their state are presented. The developed system allows to conduct an environmental assessment of the applied elements of agrotechnology, to carry out early diagnostics and prevention of development in the soil of undesirable processes as a result of anthropogenic impact. An assessment of the natural state and the degree of anthropogenic damage to soils on a number of biodiagnostic criteria can ensure the safety of agricultural production, namely the conservation of soil fertility and the production of high-quality agricultural products.

Key words: agroecosystems, ecological condition of soil, biological diagnostics.

Iutynska G. Microbial biotechnology for implementation of the new global program for sustainable development of agrosphere in Ukraine // *Agroecological journal*. — 2017. — No. 2. — P. 149–155.

D.K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the National Academy of Sciences of Ukraine

e-mail: galyna.iutynska@gmail.com

The objectives needed to implement the new global program for sustainable future are considered. Biotechnologies in the light for solution new problems of the sustainable development are systematized. Modern high-tech biotechnology plays an important role in implementation the strategic objectives formulated in the new global program for sustainable future, including: the environmental aspect, improving the adaptation of natural and modified by anthropogenic pressures ecosystems, biodiversity conservation, improve of food quality by producing the safe and healthy products for functional purpose. The application of environmentally friendly biopreparations makes it possible to increase crop resistance to biotic and abiotic stress, increase productivity and improve the quality of the resulting product, reduce pesticide

load on the ecosystem, to achieve bioremediation of contaminated land. Biotechnology for recovery and recycling of resources, utilization of hazardous wastes with renewable energy production favors to sustainable development and expanding of the resource base. Modern biotechnologies should take an important role in environmental protection, agriculture, food industries and renewable energy. The use of microbial biotechnologies is attractive for investors, environmental and economic effective and responsible to vector tasks of «Sustainable Development Strategy «Ukraine-2020».

Key words: sustainable development, biotechnology, biodiversity, biopreparation with complex actions, waste recycling.

Parfeniuk A. Plant varieties as a factor in biosafety agrocenoses Ukraine // Agroecological journal. — 2017. — No. 2. — P. 155–163.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: vereskar@bigmir.net

Article reveals the ways to control phytopathogenic fungal background in agrocenoses of the variety of plants — a powerful biotic environmental factor. Mechanism of the effect of varieties on the number of infectious structures of fungi, which form the level of security of the cultivation of plant products, is shown. The necessity of biocenotic methods activation of regulation populations of phytopathogenic fungi in agrocenoses is proved. As a result, the variety of plants on interaction with phytopathogenic fungi, can be a powerful factor in a significant increase in biological pollution in agricultural lands and its significant reduction. This is due to the significant influence on the intensity propagation fungi a plant variety, due to its physiologically active substances, particularly ascorbic acid, glutathione, volatile, cockram, knees, macro- and microelements, as well as endophytic microbiota associated with plants. These physiological and biochemical characteristics of the plant variety determine the differential influence of cultivars on the intensity of phytopathogenic fungi sporulation. On the basis of this plants varieties divided into two groups: «environmental safety» and «environmental risk.» Biological peculiarities of cultivated plants varieties of «environmentally friendly» group in contrast to group «ecological risk», is able not only to restrain the intensity of phytopathogenic fungi sporulation in agricultural lands, but also to reduce their phytotoxic activity.

Key words: phytopathogenic background, crops, agrocenoses, biosecurity.

Kopylov E., Nadkernichna O. Soil fungi as a biotic factor affecting on the plants // Agroecological journal. — 2017. — No. 2. — P. 163–175.

Institute of agricultural microbiology and agricultural production of NAAS

e-mail: evgenk2013@gmail.com

The article renders the current point of view according to the role of soil molds in plant-microbe interactions. Elucidation of relationship between molds and plants can be a scientific basic for elaboration the principles of symbiosis and plant-microbe associations functioning. Thus it opens the way both for creation new environmentally friendly microbe preparations and their usage in crop production.

Key words: soil fungi, endophyte association, mycorrhiza, phytohormones, phytotoxic substances.

Boyko A. Ubiquity, structure and function of viruses under different environmental conditions // Agroecological journal. — 2017. — No. 2. — P. 176–182.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: olga_bojko@ukr.net

Further materials highlight the results of research relating to virological variety — the unique planetary messengers capable to function differently based on interactions with biological systems at different stages of life. The objectives of the article are the researches which the author together with his students and colleagues has carried out on viruses of different taxonomic groups for many years. The main attention of these studies focused on the structure and function of RNA and DNA-containing viruses under the influence of radiation load, magnetic fields, microgravity, biotic and abiotic environmental factors of biocenosis. It was also carried out specialised experiments on the basis of the assembly of viral components in vitro, tests of GMOs, and the use of TMV isolates for transfection with mammalian cells. In various biotechnologies methods of diagnosis and prevention of phyto viruses in plants of agricultural lands, and woodlands were developed and used. For many years of research, new scientific ideas, plans a combination of fundamental and applied research in virology, ecology and biotechnology were formed.

Key words: viruses, ecology, biotechnology, biocenosis.

Burda R. Inevitable nomenclatural and taxonomical changes in the List of the field weeds of Ukraine // Agroecological journal. — 2017. — No. 2. — P. 182–187.

Institute for Evolutionary Ecology, National Academy of Sciences of Ukraine

e-mail: riburda@ukr.net

The necessity of bringing substantial changes and adding into the list the names of the field weeds of Ukraine comes into question in the article. Changes are the consequences of nomenclatural and taxonomical revisions, conducted in the last decade. Among about 950 species names of weeds, existing in science

tific circulation, over 450 need changes, as in relation to interpretation of categories of name combinations (accepted, alternative, synonym, unresolved or erroneous), so in part of their writing (genera, species epithet, author of species). About 50 names were recognized as «unresolved». The list of names of the field weeds consists of over 1050 species. For illustration of changes and additions the list of the scientific names of the field weeds of two families — *Poaceae* and *Asteraceae* are given.

Key words: Angiospermas, weeds, plant name, flora of Ukraine.

Lisovyy M., Chayka V. Conceptual approaches to entomological research of agroecosystem diversity in Ukraine // Agroecological journal. — 2017. — No. 2. — P. 188–194.

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

e-mail: lisova106@ukr.net

On the ploughed 55% territory of Ukraine vast biodiversity was forceful to transformate into biodiversity in agricultural landscapes, which represented mostly insects. It was given the strong pressure on agricultural landscapes, we should expect major changes in the state of biota in the scientific literature but it is little information about the state of biodiversity of agricultural ecosystems. This is due to the complexity of the conceptual solution evaluative research that led to the goal of our work. We have proposed to assess the state of diversity entomofauna agroecosystem using indicator species groups that dominated the crops and planting crops in the first half of the twentieth century, have been well studied, systematized and described in the scientific literature of the Soviet period. The conceptual solution to the problem allowed to establish experimentally that species diversity of agroecosystem entomological forest-steppe in 60 years impoverished by 49.6%. Reducing biodiversity to a greater extent was due to insect-geophils (geobionts and gerpetobionts), which reflects the significant environmental violations in pedosphere.

Key words: entomological diversity, agroecosystem, life forms, constant and dominant species.

Demydov O.¹, Vasylyukivskyi S.^{1,2}, Hudzenko V.¹ Ecological and genetic aspects of winter barley breeding under increasing of productive and adaptive capacity in the Forest-Steppe of Ukraine // Agroecological journal. — 2017. — No. 2. — P. 194–200.

¹ *The V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS*

² *Bila Tserkva National Agrarian University of MES*

e-mail: mwehats@ukr.net

Resulted from long-term experimental research of ecological and genetic aspects of winter barley breeding for increase of productive and adaptive capacity

at the V.M. Remeslo Myronivka Institute of Wheat of NAAS are substantiated. System approach to evaluation and selection of genotypes for productivity and resistance (tolerance) to abiotic and biotic factors in the Forest-Steppe of Ukraine has been implemented in practical breeding. Collection of winter barley which includes 568 accessions of different ecological and geographical origin has been formed. Based on adapted varieties, breeding lines, and identified source of valuable traits novel genetic material has been created at all links of breeding process. Seven winter barley varieties, namely MIP Hladiator, MIP Yason, MIP Oskar, MIP Korsar, MIP Darii, MIP LIDER, MIP Status have been created and submitted to the State Strain Testing for 2012–2016.

Key words: winter barley, productivity, adaptability, ecological and genetic aspects, abiotic and biotic factors, genetic sources, variety, breeding

Symochko L. Antibiotic resistant microorganisms in agroecosystems as a factor of risk for human health // Agroecological journal. — 2017. — No. 2. — P. 201–204.

SHEI «Uzhhorod National University»

e-mail: lyudmilassem@gmail.com

The article presents results of soil research from agroecosystems where cultivated medicinal plants: *Mentha piperita*, *Inula helenium*, *Thymus serpyllum*, *Rosa odorata*, *Calendula officinalis*. Verification and identification of antibiotic-resistant microorganisms were done. A total of 106 isolates from soil of agroecosystem with medicinal plants were examined for resistance to 9 antibiotics. Two bacteria *Serratia marcescens* and *Yersinia enterocolitica* isolated from soil with cultivated *Thymus serpyllum* have displayed the moderate resistance to most of tested antibiotics. From the rhizosphere of *Inula helenium* was isolated one of the most antibiotics resistant bacteria among of others tested — *Pantoea agglomerans*. *Serratia odorifera* biogroup 1 was isolated from agroecosystem of *Mentha piperita* and used for tests. Strain was resistant to vancomycin, lincomycin, ampicillin and moderately resistant to cefepime. From agroecosystems of *Calendula officinalis* and *Rosa odorata*, where used organic manure, high level of antibiotic resistance was detected for *Enterococcus faecalis* and *Bacillus cereus*. Isolated pathogenic and opportunistic pathogenic microorganisms: *Serratia marcescens*, *Bacillus cereus*, *Enterococcus faecalis*, *Serratia odorifera* biogroup 1, *Pantoea agglomerans*, *Yersinia pestis*, possess antibiotic resistance and are the risk factors for human health.

Key words: agroecosystem, microorganisms, soil, antibiotic resistance, health.

Dushko P. Evaluation fertilizers in soybean cultivation technology according to its adaptive capacity // Agroecological journal. — 2017. — No. 2. — P. 205–210.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: agroecology_naan@ukr.net

The estimation of anthropogenic load in agrocenoses at different fertilizing systems of soybeans in right-bank steppe that included ploughing down the predecessor straw, green mass of green manure, fertilizers during treatment nodule bacteria inoculated seed and without it was carried out. Application in intensive technologies of organic-mineral fertilizer system allows reducing considerably the anthropogenic load from the chemically synthesized pollutants in agroecosystems of soybean.

Key words: soya, fertilizer system, inoculation seed yield, plant biomass, energy efficiency, human pressure.

Kraievskaya L. Effect of seed pre-treatment on Kidney Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) yield // Agroecological journal. — 2017. — No. 2. — P. 211–215.

Vinnytsia National Agrarian University

e-mail: liubasha91@gmail.com

The article presents the results of the impact the application of seed inoculation bean with strains of microorganisms, treatment common bean varieties Slavia with growth and biological adhesive Rego-plant EPAA. In experiments rhizobia strains from the collection of the Institute of Microbiology and Virology NAN of Ukraine were used. Most favorable conditions for the formation of grain yield kidney beans were produced in those crops that best meet the needs of plants. It has been revealed that all versions of inoculation of nodules on the roots of bacteria in

the phase of budding, flowering plants were pink and large in comparison with the control options, which were observed in the formation of small root nodules that formed when soil rhizobia population was infected. It was found that the yield of common bean seed depends on biologics. These measures affect the biological development of bean plants and seed production of culture, but a reliable grain yield increase was observed in cases where the bean seeds were treated with microbial strains F-16 and biological agents Rego-plant + EPAA.

Key words: beans, strains, cultivar, inoculation, growth, productivity.

Rudenko O. The absorption of carbon and production of oxygen by a pine in terms of Mizhrichynskyi Regional Landscape Park // Agroecological journal. — 2017. — No. 2. — P. 216–219.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS

e-mail: agroecology_naan@ukr.net

By means of an equation of multiple-level regression, mathematical models were proposed for determination of the aboveground fitomass in a completely dry pine in various climatopes. The mathematical equations helped to establish the quantity of absorbed carbon and produced oxygen by a pine at the Mizhrichynskyi Regional Landscape Park (RLP). It was found, that in wet conditions a pine has higher carbon absorption and oxygen production capacity.

Key words: pine, landscape park, fitomass, carbon, oxygen.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Аристархова Елла Олександрівна, кандидат біологічних наук, докторант, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: earistarchowa@yahoo.de

Бацманова Людмила Михайлівна, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, м. Київ, e-mail: l.batsmanova@gmail.com

Бойко Анатолій Леонідович, доктор біологічних наук, професор, академік НААН, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: olga_bojko@ukr.net

Бородай Віталій Петрович, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік АНВО України, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: boroday_vp@ukr.net

Булигін Сергій Юрійович, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, e-mail: s.bulygin@rambler.ru

Булигіна Марина Євгенівна, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, e-mail: s.bulygin@rambler.ru

Бурда Раїса Іванівна, доктор біологічних наук, професор, ДУ «Інститут еволюційної екології НАН України», м. Київ, e-mail: rayburda@mail.ru

Васильківський Станіслав Петрович, доктор сільськогосподарських наук, професор, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН, с. Центральне, Миронівський р-н, Київська обл., e-mail: vasilsp@gmail.com

Войтович Олександр Петрович, аспірант, Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ, e-mail: aleks@krakow.in

Войцехівська Олена Василівна, кандидат біологічних наук, доцент, ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, м. Київ, e-mail: matushka@i.ua

Гадзало Андрій Ярославович, кандидат економічних наук, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: agroecology_naan@ukr.net

Городиська Інна Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: anni0479@gmail.com

Гудзенко Володимир Миколайович, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН, с. Центральне, Миронівський р-н, Київська обл., e-mail: barley22@ukr.net

Гудков Ігор Миколайович, доктор біологічних наук, професор, академік НААН, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, e-mail: ingudkov@ukr.net

Демидов Олександр Анатолійович, доктор сільськогосподарських наук, доцент, член-кореспондент НААН, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН, с. Центральне, Миронівський р-н, Київська обл., e-mail: mwheats@ukr.net

Дем'янюк Олена Сергіївна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: demolena@ukr.net

Домарацький Євгеній Олександрович, кандидат сільськогосподарських наук, Херсонський державний аграрний університет, м. Херсон, e-mail: rastenievodstvo@mail.ua

Душко Павло Миколайович, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: agroecology_naan@ukr.net

Жумар Павло Володимирович, кандидат географічних наук, Білоруський державний університет, м. Мінськ, e-mail: pavloszhoomar@gmail.com

Захарчук Володимир Андрійович, здобувач, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: agroecology_naan@ukr.net

Ізюмова Оксана Григорівна, кандидат біологічних наук, доцент, Житомирський державний технологічний університет, м. Житомир, e-mail: oksanaas1@rambler.ru

Іутинська Галина Олександрівна, доктор біологічних наук, професор, Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К.Заболотного НАН України, м. Київ, e-mail: galyna.iutynska@gmail.com

Карпиченко Олександр Олександрович, кандидат географічних наук, доцент, Білоруський державний університет, м. Мінськ, e-mail: karpi@bsu.by

Ковалів Олександр Іванович, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: okovaliv@ukr.net

Ковальчук Володимир Павлович, доктор технічних наук, Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ, e-mail: kovalchukvp@mail.ru

Коніщук Василь Васильович, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: konishchuk_vasyl@ukr.net

Копилов Євгеній Павлович, доктор біологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, м. Чернівці, e-mail: evgenk2013@gmail.com

Краєвська Любов Сергіївна, Вінницький національний аграрний університет, м. Вінниця, e-mail: liubasha91@gmail.com

Краснов Володимир Павлович, доктор сільськогосподарських наук, професор, Житомирський державний технологічний університет, м. Житомир, e-mail: krasnov_vp@mail.ru

Кучма Микола Дмитрович, доктор сільськогосподарських наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: agroecology_naan@ukr.net

Ландін Володимир Петрович, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: vlad_land@ukr.net

Лісовий Микола Михайлович, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, e-mail: lisova106@ukr.net

Ліщук Алла Миколаївна, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: lishchuk.alla.n@gmail.com

Медведєв Віталій Володимирович, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», м. Харків, e-mail: s.bulygin@rambler.ru

Моклячук Лідія Іванівна, доктор сільськогосподарських наук, професор, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: moklyachuk@ukr.net

Мусієнко Микола Миколайович, доктор біологічних наук, професор, академік НАН України, ННЦ «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка, м. Київ, e-mail: n_musienko@ukr.net

Надкєрнична Олена Володимирівна, доктор біологічних наук, професор, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, м. Чернівці, e-mail: krutilod@mail.ru

Палапа Надія Василівна, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: agroecology_naan@ukr.net

Парфєнюк Алла Іванівна, доктор біологічних наук, професор, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: vereskpar@bigmir.net

Пилипенко Юрій Володимирович, доктор сільськогосподарських наук, професор, Херсонський державний аграрний університет, м. Херсон, e-mail: pilipenko_eco@mail.ru

Пінчук Валерій Олександрович, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: pinchuk_vo@ukr.net

Пічуря Віталій Іванович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Херсонський державний

аграрний університет, м. Херсон, e-mail: pichuravitalii@gmail.com

Райчук Людмила Анатоліївна, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: agroecology_naan@ukr.net

Руденко Олексій Миколайович, аспірант, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: agroecology_naan@ukr.net

Симочко Людмила Юріївна, кандидат біологічних наук, доцент, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, e-mail: lyudmilassem@gmail.com

Сігалова Ірина Олександрівна, кандидат сільськогосподарських наук, Український інститут експертизи сортів рослин, м. Київ, e-mail: irs2006@ukr.net

Тараріко Олександр Григорович, доктор сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, Інститут агроєкології та природокористування НААН, м. Київ, e-mail: tarariko@ukr.net

Тараріко Юрій Олександрович, доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент НААН, Інститут водних проблем і меліорації НААН, м. Київ, e-mail: agrosurs@bigmir.net

Тєртічна Ольга Василівна, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: olyater@ukr.net

Устименко Олексій Васильович, Дослідна станція лікарських рослин Інституту агроєкології і природокористування НААН, с. Березоточа, Лубенський р-н, Полтавська обл., e-mail: ukrvilar@ukr.net

Фурдичко Орест Іванович, доктор економічних і сільськогосподарських наук, професор, академік НААН, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: agroecology_naan@ukr.net

Чабанюк Ярослав Васильович, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: nauka25@ukr.net

Чайка Володимир Миколайович, доктор сільськогосподарських наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, e-mail: V_chayka@mail.ru

Чертко Микола Костянтинович, доктор географічних наук, професор, Білоруський державний університет, м. Мінськ, e-mail: tchertko@yandex.by

Чоботько Григорій Михайлович, доктор біологічних наук, професор, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: chobotko@ukr.net

Шєрстєбєєва Олена Володимирівна, доктор сільськогосподарських наук, професор, Інститут агроєкології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: ovsher@ukr.net

Яцук Ігор Петрович, кандидат наук з державного управління, ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, e-mail: info@iogu.gov.ua

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ

Редакція «Агроекологічного журналу» приймає до розгляду статті з різних аспектів агроекології до рубрик: «Актуальні проблеми екології», «Раціональне природокористування і охорона навколишнього природного середовища», «Агроекологічний моніторинг», «Родючість і охорона ґрунтів», «Біорізноманіття та біобезпека екосистем», «Екологічно безпечні агротехнології», «Оглядові статті», «Сторінка молодого вченого», «Ювілей», «Рецензії».

Подані статті мають бути структуровані відповідно до вимог ВАК України щодо наукових статей (Постанова Президії ВАК України від 15.01.2003 р. № 7–05/1), а саме:

- постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями;
- аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання визначеної проблеми і на які спирається автор;
- виділення нерозв'язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття;
- викладення основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів;
- висновки з дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі.

Статті подають українською, російською або англійською мовами. До статті додають резюме українською, російською мовами обсягом до 10 рядків (до 1,2 тис. знаків) та розгорнуте (200–250 слів) резюме англійською. Анотації мають містити: прізвища, ініціали авторів, назву статті, місце їх роботи або навчання.

Обсяг статей — до 10 сторінок (до 20 тис. знаків), включаючи всі матеріали (таблиці — не більше 3, рисунки — не більше 3); оглядових — до 15 (до 30 тис. знаків). Список використаних літературних джерел (до 10) складається в порядку цитування і оформлюється відповідно до вимог чинного Національного стандарту України (ДСТУ 8302:2015), з дублюванням (References) відповідно до вимог міжнародних систем транслітерації.

У тексті статті мають бути виділені розділи «Вступ», «Матеріали та методи досліджень», «Результати та їх обговорення», «Висновки». Повторення одних і тих самих даних у тексті, таблицях, графіках неприпустимо. В описі методики досліджень слід наводити лише назви стандартних методів із посиланням на відповідні джерела, в іншому разі слід обмежитись описом оригінальної частини. Якщо в тексті є аббревіатура, подавати її в дужках при першому згадуванні. Автори мають дотримуватися правильної галузевої термінології (див. ДСТУ, СОУ), терміни мають бути уніфікованими.

Викладення результатів досліджень має зводитися не до переказу змісту таблиць і рисунків, а до визначення закономірностей, що з них випливають. В обговоренні результатів слід показати причинно-наслідкові зв'язки між одержаними ефектами, порівняти одержані дані та показати їх новизну.

Посилання на літературне джерело в тексті подається у квадратних дужках із його порядковим номером у списку.

Макет сторінки:

Для оригінал-макета використовується формат А4 з такими полями: верхнє та нижнє — 2 см, ліве — 2,5 см, праве — 1,5 см.

Гарнітури, розміри шрифтів та начертання:

- для заголовка статті: Times New Roman — 14 пт, напівжирний, прописні;
- для основного тексту, УДК, авторів, місця роботи/навчання, виносок, посилань, підписів до рисунків та назв таблиць: Times New Roman — 14 пт;

Типографські погодження та стилі:

Індекс УДК набирається в першому рядку сторінки і вирівнюється за лівим краєм. Заголовок статті набирається в наступному за УДК рядку і вирівнюється посередині. Потім вказують: прізвища, ініціали авторів, нижче — місце роботи (курсивом). Якщо автори з різних установ, після прізвища авторів та назв установ, у яких працюють автори, слід проставити один і той самий верхній цифровий індекс. Далі розташовують анотацію українською мовою.

Таблиці і рисунки роздруковують на окремому аркуші. На полях рукопису слід проставити номери таблиць та рисунків проти тих місць, де їх треба заверстати.

Таблиці мають бути виконані в Microsoft Office Word; формули — у редакторі формул MS Equation; графіки — у Microsoft Office Excel, фотографії — у форматі .jpg, .tif або надавати оригінали. Всі ілюстрації треба подавати у чорно-білому варіанті або у градаціях сірого кольору.

Для опублікування статті автору необхідно подати:

- Текст статті — на паперовому (у двох примірниках) і електронному носіях. Стаття має бути підписана авторами на останній сторінці.
- Лист-направлення від установи, де виконано роботу.
- Експертний висновок про можливість публікації матеріалів.
- Дві рецензії докторів наук або доктора і кандидата наук.
- Відомості про авторів — адреси і контактні телефони, електронну адресу (e-mail) першого або відповідального автора.

Відповідальність за зміст статті несе автор. Рукописів редакція не повертає.

Адреса редакції: Інститут агроєкології і природокористування НААН,
вул. Метрологічна, 12, Київ-143, 03143

Довідки за телефонами: (044) 522-60-62.

E-mail: agroecojournal@ukr.net

ДО УВАГИ ПЕРЕДПЛАТНИКІВ!

Триває передплата

«АГРОЕКОЛОГІЧНОГО ЖУРНАЛУ»

на 2017 рік

«Агроекологічний журнал» — щоквартальний науково-теоретичний часопис, засновниками якого є Інститут агроекології і природокористування Національної академії аграрних наук України, Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України».

«Агроекологічний журнал» публікує:

- *статті, присвячені актуальним дослідженням у галузі агроекології;*
- *науково-методичні праці;*
- *теоретичні розробки з викладенням нових гіпотез, принципів, підходів до розв'язання агроекологічних проблем;*
- *оглядові статті з найактуальніших проблем аграрної науки;*
- *позачергово статті молодих вчених та здобувачів.*

«Агроекологічний журнал» внесено до переліку наукових фахових видань ДАК України, що публікують результати дисертаційних досліджень із сільськогосподарських та біологічних наук, і до міжнародних інформаційних та наукометричних баз Research Bib Journal Database (Японія), РІНЦ (Російська Федерація), Index Copernicus (Республіка Польща), Googl Scholar (США), Ulrich's Periodicals Directory (США).

Передплатити «Агроекологічний журнал» можна в усіх пунктах передплати та відділеннях зв'язку

Передплатний індекс журналу 23828