

Виходить чотири рази на рік

## ЗАСНОВНИКИ

**Інститут агроекології і природокористування  
Національної академії аграрних наук України**

**Державна установа  
«Інститут охорони ґрунтів України»**

**Всеукраїнська громадська організація  
«Асоціація агроекологів 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)  
Google 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 № 10 від 26.11.2019 р.)**

**Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 23578-13418 ПР від 27.09.2018.**

---

---

Підписано до друку 7.08.2019 р. Формат 70×100/16. Друк офсетний.  
Ум. друк. арк. 11,61. Наклад 250 прим. Зам. № АЕ-04–19.

Оригінал-макет та друк ТОВ «ДІА». 03022, Київ-22, вул. Васильківська, 45

---

---

# АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ ЖУРНАЛ

---

---

4 • 2019



КИЇВ • 2019

## EDITORIAL BOARD

### Editor-in-chief

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

### Executive Secretary

**SHUMYGAI I.**, Candidate of Agricultural Science

### Output editor

**RYZHYKOVA L.**

**BOYKO A.**,

*Doctor of Biological Science, Prof. (Ukraine)*

**BORODAY V.**,

*Doctor of Agricultural Science, Prof. (Ukraine)*

**BUSHTRUK M.**,

*Candidate of Agricultural Science, Docent  
(Ukraine)*

**GUDKOV I.**,

*Doctor of Biological Science, Prof.,  
Full member of NAAS (Ukraine)*

**DEMYANYUK O.**,

*Doctor of Agricultural Science, Prof. (Ukraine)*

**DREBOT O.**,

*Doctor of Economic Science, Prof.,  
Corresponding member of NAAS (Ukraine)*

**YEHOROVA T.**,

*Doctor of Agricultural Science, Senior Researcher  
(Ukraine)*

**KONISHCHUK V.**,

*Doctor of Biological Science, Senior Researcher  
(Ukraine)*

**KOPIY L.**,

*Doctor of Agricultural Science, Prof. (Ukraine)*

**LESOVOY N.**,

*Doctor of Agricultural Science, Prof. (Ukraine)*

**MUDRAK O.**,

*Doctor of Agricultural Science, Prof. (Ukraine)*

**NAGORNIUK O.**,

*Candidate of Agricultural Science, Docent  
(Ukraine)*

**PALAPA N.**,

*Doctor of Agricultural Science,  
Senior Researcher (Ukraine)*

**PARFENYUK A.**,

*Doctor of Biological Science, Prof. (Ukraine)*

**SYMOCHKO L.**,

*Candidate of Biological Science, Docent  
(Ukraine)*

**SYCHOV M.**,

*Doctor of Agricultural Science, Prof. (Ukraine)*

**SOLOMAKHA V.**,

*Doctor of Biological Science, Prof. (Ukraine)*

**TARARIKO O.**,

*Doctor of Agricultural Science, Prof.,  
Full member of NAAS (Ukraine)*

**TKACH Y.**,

*Candidate of Biological Science,  
Senior Researcher (Ukraine)*

**CHOBOTKO G.**,

*Doctor of Biological Science, Prof. (Ukraine)*

**SHERSTOBOEVA O.**,

*Doctor of Agricultural Science, Prof. (Ukraine)*

**SHERSHUN M.**,

*Doctor of Economic Science, Senior Researcher  
(Ukraine)*

**SHKURATOV O.**,

*Doctor of Economic Science, Prof. (Ukraine)*

**YUKHNOVSKYI V.**,

*Doctor of Agricultural Science, Prof. (Ukraine)*

**WALAT W.**,

*Doctor of Humanities Science, Prof. (Poland)*

**SOBCZYK V.**,

*Doctor of Agricultural Science, Prof. (Poland)*

**URUSHADZE T.**,

*Doctor of Biological Science, Prof.  
(Georgia)*

## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Головний редактор

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

Відповідальний секретар

**ШУМИГАЙ І.В.**, канд. с.-г. наук

Відповідальний редактор

**РИЖИКОВА Л.Г.**

- |  |   |
|--|---|
| <b>БОЙКО А.Л.</b> ,<br>д-р біол. наук, проф., акад. НААН (Київ)      | <b>СИМОЧКО Л.Ю.</b> ,<br>канд. біол. наук, доцент (Ужгород)             |
| <b>БОРОДАЙ В.П.</b> ,<br>д-р с.-г. наук, проф. (Київ)                | <b>СИЧОВ М.Ю.</b> ,<br>д-р с.-г. наук, проф. (Київ)                     |
| <b>БУШТРУК М.В.</b> ,<br>канд. с.-г. наук, доцент (Біла Церква)      | <b>СОЛОМАХА В.А.</b> ,<br>д-р біол. наук, проф. (Київ)                  |
| <b>ГУДКОВ І.М.</b> ,<br>д-р біол. наук, проф., акад. НААН (Київ)     | <b>ТАРАРІКО О.Г.</b> ,<br>д-р с.-г. наук, проф., акад. НААН (Київ)      |
| <b>ДЕМ'ЯНЮК О.С.</b> ,<br>д-р с.-г. наук, проф. (Київ)               | <b>ТКАЧ Є.Д.</b> ,<br>канд. біол. наук, старш. наук. співроб.<br>(Київ) |
| <b>ДРЕБОТ О.І.</b> ,<br>д-р екон. наук, проф., чл.-кор. НААН (Київ)  | <b>ЧОБОТЬКО Г.М.</b> ,<br>д-р біол. наук, проф. (Київ)                  |
| <b>ЄГОРОВА Т.М.</b> ,<br>д-р с.-г. наук, доцент (Київ)               | <b>ШЕРСТОБОЄВА О.В.</b> ,<br>д-р с.-г. наук, проф. (Київ)               |
| <b>КОНЩУК В.В.</b> ,<br>д-р біол. наук, старш. наук. співроб. (Київ) | <b>ШЕРШУН М.Х.</b> ,<br>д-р екон. наук, доцент (Київ)                   |
| <b>КОПІЙ Л.І.</b> ,<br>д-р с.-г. наук, проф. (Львів)                 | <b>ШКУРАТОВ О.І.</b> ,<br>д-р екон. наук, проф. (Київ)                  |
| <b>ЛІСОВИЙ М.М.</b> ,<br>д-р с.-г. наук, проф. (Київ)                | <b>ЮХНОВСЬКИЙ В.Ю.</b> ,<br>д-р с.-г. наук, проф. (Київ)                |
| <b>МУДРАК О.В.</b> ,<br>д-р с.-г. наук, проф. (Вінниця)              | <b>ВАЛАТ В.</b> ,<br>д-р педаг. наук, проф. (Республіка Польща)         |
| <b>НАГОРНЮК О.М.</b> ,<br>канд. с.-г. наук, доцент (Київ)            | <b>СОБЧИК В.</b> ,<br>д-р с.-г. наук, проф. (Республіка Польща)         |
| <b>ПАЛАПА Н.В.</b> ,<br>д-р с.-г. наук, старш. наук. співроб. (Київ) | <b>УРУШАДЗЕ Т.Ф.</b> ,<br>д-р біол. наук, проф. (Грузія)                |
| <b>ПАРФЕНЮК А.І.</b> ,<br>д-р біол. наук, проф. (Київ)               |   |

**РАЦІОНАЛЬНЕ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО  
ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА**

**Фурдичко О.І., Дребот О.І.,  
Кучма Т.Л., Ільєнко Т.В.**

Оцінювання екосистемних послуг лісів за даними дистанційного зондування Землі

**АГРОЕКОЛОГІЧНИЙ  
МОНІТОРИНГ**

**Собко В.І., Малженська М.В.,  
Палійчук О.М.**

Переваги використання ГІС з відкритим програмним кодом для картування ґрунтів

**Бондар Ю.О., Дмитренко О.В.,  
Ковальова С.П., Ткаченко-Канарська С.П.**  
Значення шапкових грибів у міграції <sup>137</sup>Cs на території Чернігівської області

**РОДЮЧІСТЬ  
І ОХОРОНА ҐРУНТІВ**

**Романова С.А., Гульванський І.М.,  
Задорожна С.В., Матвієєва В.О.**

Баланс гумусу в короткоротаційний польовій сівозміні

**Хитрук О. Г., Задорожна С.В.,  
Матвієєва В.О., Боярко Ю.В.**

Динаміка кислотності ґрунтів у зоні Степу

**Черствий С.М., Шабанова І.І.**

Значення сполук Fe у фосфатному режимі торфових ґрунтів болота Замглай

**ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНІ  
АГРОТЕХНОЛОГІЇ**

**Нагорнюк О.М., Палапа Н.В.,  
Темченко В.В., Ткач І.Я.**

Значення матеріально-технічного забезпечення технологій органічного виробництва для екобезпеки агросфери України

**Федорчук С.В., Трембіцька О.І.,  
Клименко Т.В., Радко В.Х., Лісовий М.М.**

Розвиток фітопатогенних грибів *Alternaria solani* та *Phytophthora infestans* за впливу хімічних і біологічних препаратів

**Гаврилюк Л.В., Косовська Н.А.,  
Парфенюк А.І., Мостов'як І.І.**

**RATIONAL NATURAL  
MANAGEMENT  
AND PROTECTION  
OF ENVIRONMENTAL**

6 **Furdychko O., Dreboto O., Kuchma T.,  
Pienko T.**

Assessment of forest ecosystem services based on Earth remote sensing data

**AGROECOLOGICAL  
MONITORING**

17 **Sobko V., Malzhenska M.,  
Paliychuk O.**

The advantages of using open source GIS for soil mapping

22 **Bondar Yu., Dmytrenko O., Kovalova S.,  
Tkachenko-Kanarska S.**

Importance of cap mushrooms in <sup>137</sup>Cs migration in Chernihiv region

**FERTILITY AND PROTECTION  
OF SOILS**

29 **Romanova S., Hulvanskyi I.,  
Zadorozhna S., Matvieieva V.**

Humus balance in short-term crop rotation

32 **Khytruk O., Zadorozhna S.,  
Matvieieva V., Boiarko Y.**

Dynamics of soil acidity in the Steppe

36 **Cherstvyi S., Shabanova I.**

Value of iron under phosphatic mode in peat soils of Zamhlai bog

**ENVIRONMENTALLY SAFE  
AGROTECHNOLOGIES**

42 **Nagorniuk O., Palapa N.,  
Temchenko V., Tkach I.**

Importance of material and technical supply of organic production technologies for ecological safety of agro-sphere of Ukraine

50 **Fedorchuk S., Trembitska O.,  
Klymenko T., Radko B., Lisovyy M.**

Peculiarities of development of potato diseases *Alternaria solani* and *Phytophthora infestans* when applying various types of plants protection

55 **Havryliuk L., Kosovska N.,  
Parfenyuk A., Mostoviyak I.**

Вплив екзометаболітів рослин різних сортів сої на швидкість радіального росту *Fusarium graminearum*

**Романенко О.Л., Куш І.С., Агафонова А.В., Солодушко М.М., Усова Н.М.**

Водозабезпеченість та водоспоживання за вирощування пшениці озимої в посушливих умовах Степу

**Григоренко Т.В., Постоєнко Д.М., Шумигай І.В., Добрянська О.П., Базаєва А.М.**

Екологічний стан рибницьких ставів за вирощування популяції Антонінсько-Зозуленецької породи коропа

### ЕКОЛОГІЯ ТВАРИННИЦТВА

**Пінчук В.О., Бородай В.П.**

Ефективність використання азоту у промисловому тваринництві України

### БІОРИЗНОМАНІТТА ТА БІОБЕЗПЕКА ЕКОСИСТЕМ

**Симочко Л.Ю., Марійчук Р.Т., Дем'янюк О.С., Симочко В.В.**

Антибіотики в агроекосистемах: мікробіом і резистом ґрунту

**Шевчик Т.В., Фіцайло Т.В., Соломаха І.В.**

Геоботанічна та фітоіндикаційна характеристика ценопопуляції *Amorpha fruticosa* L. в умовах серійних ценозів заплави у нижньому б'єфі Канівської ГЕС

**Дерев'янюк С.В., Решотко Л.М., Васильченко А.В., Дмитрук О.О., Харчук М.С.**

Токсичність композиції наночастинок неметалів у культурі клітин нирки ембріона свині

**Якимович О.А.**

Шкодочинність бур'янів на плантаціях ехінацеї пурпурової (*Echinacea purpurea* (L.) Moench)

### ОГЛЯДОВА

**Шкапенко В.В., Мусич О.Г., Дем'янюк О.С., Благиніна А.А.**

Екологічні аспекти біокорозії бетонних конструкцій

### ЮВІЛЕЙ

Професор Світлана Василівна Піда: сторінки науково-педагогічної діяльності (до 60-річчя від дня народження)

Effect of exometabolites of plants of different varieties on radial growth speed of *Fusarium graminearum*

59 **Romanenko A., Kushch I., Agafonova A., Solodushko N., Usova N.**

Water availability and water consumption of winter wheat in the arid conditions of the Steppe

65 **Hryhorenko T., Postoienko D., Shumyhai I., Dobryanska O., Bazaieva A.**

Ecological status of fishery ponds for growing populations of Antoninsko-Zozulinetsky scaly carp

### ECOLOGY OF ANIMAL HUSBANBRY

74 **Pinchuk V., Boroday V.**

Nitrogen use efficiency in industrial livestock of Ukraine

### BIODIVERSITY AND BIOSAFETY OF ECOSYSTEMS

85 **Symochko L., Mariychuk R., Demyanyuk O., Symochko V.**

Antibiotics in agroecosystems: soil microbiome and resistome

93 **Shevchyk T., Fitsailo T., Solomakha I.**

Geobotanic and phytoindication characteristics of *Amorpha fruticosa* L. population in the serious coenosis conditions of the floodplain in the lower level Kaniv hydro power plant

107 **Derevianko S., Reshotko L., Vasylichenko A., Dmytruk O., Kharchuk M.**

Toxicity of composition of non-metal nanoparticles in pig kidney culture cell

112 **Yakimovich O.**

Weed damage on plantations of purple echinacea (*Echinacea purpurea* (L.) Moench)

### REVIEW ARTICLE

119 **Shkapenko V., Musich O., Demyanyuk O., Blaginina A.**

The current state of the problem of biocorrosion of concrete structures

### JUBILEE

129 Professor Svitlana Pyda: pages of scientific and pedagogical activity (to the 60<sup>th</sup> birthday)

---

# РАЦІОНАЛЬНЕ ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ І ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

---

УДК 001.89:378.14:330.341.1:338.23:631.15

DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2019.189436>

## ОЦІНЮВАННЯ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ ЛІСІВ ЗА ДАНИМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

О.І. Фурдичко, О.І. Дребот, Т.Л. Кучма, Т.В. Ільєнко

*Інститут агроекології і природокористування НААН*

*Обґрунтовано актуальність оцінювання екосистемних послуг як одного з пріоритетних напрямів політики ЄС зі збереження біорізноманіття та раціонального природокористування. Узагальнено досвід застосування даних дистанційного зондування Землі для прямої та непрямой оцінки структури екосистем та біофізичних процесів, що впливають на здатність екосистеми забезпечувати відповідні послуги. Укладено перелік індикаторів екосистемних функцій, які можуть бути визначені за даними аеросупутникового знімання. Здійснено оцінювання екосистемних послуг лісових екосистем на основі даних дистанційного зондування Землі на прикладі тестової території дослідження — природного заповідника «Древлянський». Зокрема, наведено результати оцінки екосистемних послуг депонування вуглецю, збереження біорізноманіття та регуляції клімату (охолодження) лісовими насадженнями природного заповідника «Древлянський». Підтверджено, що дані аеросупутникового знімання надають змогу збільшити точність та об'єктивність оцінювання і картування екосистемних послуг; мають застосовуватися як інструменти впровадження екологічної політики та збалансованого природокористування.*

**Ключові слова:** екосистемні послуги, дистанційне зондування Землі, Sentinel-2, Landsat-8, лісові екосистеми, природний заповідник «Древлянський».

---

Оцінка екосистемних послуг є одним із пріоритетних напрямів політики Європейського Союзу щодо збереження біорізноманіття. Відповідно до Стратегічного плану ЄС зі збереження і сталого використання біорізноманіття на 2011–2020 рр. та цільового завдання Аїті (Aichi Targets), до 2020 р. люди мають бути обізнані про вартісну цінність біорізноманіття та про кроки, які можна здійснювати для його збереження і збалансованого використання [1].

Екосистеми є багатofункціональними системами, що здатні продукувати корисні для людства прямі та непрямі послуги, перебуваючи у певних фізико-хімічних та кліматичних умовах навколишнього природного середовища, до яких вони

пристосовані [2]. Антропогенні та природні чинники, які призводять до змін у довкіллі, певною мірою впливають на екосистемні процеси та функції і, відповідно, здатність екосистеми забезпечувати ту чи іншу екосистемну послугу.

Екосистемні послуги є прямим та непрямим внеском екосистем у благополуччя та добробут людини. Відповідно до звіту ООН «Оцінка екосистем тисячоліття» (Millennium Ecosystem Assessment, 2005), одного з основних документів про концепцію екосистемних послуг, усі вони поділяються на чотири категорії: регулювання, забезпечення, культурні послуги та послуги підтримки [3]. Пізніше, зокрема у проектах ТЕЕВ (Економіка екосистем та біорізноманіття — The Economics of Ecosystems and Biodiversity) — міжнародної ініціативи для привернення уваги до



глобальної економічної цінності біорізноманіття, послуги підтримки були приєднані до категорії регулюючих послуг, і окремо була виділена категорія послуг середовища існування [4].

*Забезпечувальні послуги* — це послуги або товари, що прямо надаються екосистемами (такі як продукти харчування, матеріали, деревина, генетичні, декоративні чи біохімічні ресурси, прісна вода тощо).

*Регулюючі послуги* — це переваги, які отримують від регулювання екосистемних процесів, зокрема: самовідновлювальні функції екосистем і природне регулювання клімату, якості повітря, водних ресурсів та ерозії, стихійних лих і захворюваності тварин, рослин і людини; до цих послуг відносять і запилення, ґрунтоутворення, фотосинтез, надання первинної продукції та кругообіг речовин, природне очищення води і утилізацію відходів.

*Культурні послуги* — культурне розмаїття, освітні, естетичні, духовні та релігійні цінності, системи знань, емоційна цінність, прихильність людини до місця проживання, соціальні зв'язки, цінності культурної спадщини, оздоровчий відпочинок і екотуризм.

*Середовища існування* — забезпечення середовищ існування (оселищ) видів, у т.ч. мігруючих видів, та збереження життєздатності генофондів.

Оцінка вартості екосистемних послуг є важливою для порівняння різних сценаріїв використання території, адже цінність регулюючих послуг певного природного об'єкта може бути набагато вищою за вартість врожаю зернових культур або корисних копалин, отриманих на цій території. Зміст оцінки екосистемних послуг полягає в тому, щоб визначити вартість, а отже і важливість для людини різних видів, які можна отримати від природних територій, що своєю чергою дасть можливість розробити рекомендації із втілення механізмів сталого розвитку та збалансованого природокористування [5].

Водночас існує проблема недосконалості методів вартісної оцінки екосистемних послуг, оскільки часто послуги

екосистем переводять у площину економічної вартості, внаслідок чого відбувається недооцінка їх цінності [6]. Також часто оцінка екосистемних послуг здійснюється методом експертного аналізу, що значною мірою є суб'єктивною думкою, містить низку припущень та обмежується досвідом і знаннями аналітика. Тому актуальним лишається пошук шляхів удосконалення методів оцінки екосистемних послуг, а також їх картування та просторового моделювання.

Зв'язок між станом екосистеми, її функціями та екосистемними послугами може простежуватися за допомогою низки індикаторів екосистемних функцій. Такий підхід називають методом біофізичної оцінки екосистемних послуг. Дані дистанційного зондування Землі дають змогу відстежувати зміни параметрів довкілля та стану екосистем, тому можуть істотно удосконалити методики біофізичної оцінки екосистемних послуг, адже вони мають низку переваг: оперативність та повторюваність (дає змогу досліджувати певні території з визначеною періодичністю); масштабність та комплексність (можливість досліджувати великі території та аналізувати одночасно різні властивості об'єктів).

Мета дослідження полягала в узагальненні теоретико-методологічних засад з оцінювання екосистемних послуг за даними дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та їх застосування на прикладі лісових екосистем Житомирського Полісся.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для досягнення поставленої мети були визначені такі завдання:

- аналіз наукових публікацій щодо застосування даних ДЗЗ для оцінювання екосистемних послуг;
- визначення індикаторів екосистемних функцій агроландшафтів, що можуть бути отримані за даними ДЗЗ;
- застосування дистанційних індикаторів екосистемних функцій на прикладі оцінювання екосистемних послуг лісів Житомирського Полісся.



Тестовою територією для відпрацювання теоретико-методологічних підходів до оцінювання екосистемних послуг за даними ДЗЗ було обрано територію природного заповідника «Древлянський», розташованого у Народицькому р-ні Житомирської обл. Назва заповідника походить від назви східно-слов'янського племені «древляни, деревляни», що проживали на цій території, і яких пізніше стали називати поліщуками. Етимологія обох назв — дерево, ліс. Загальна площа заповідника — 30872,84 га, більшу частину території вкриває лісова рослинність (16880 га), яку формують такі породи, як сосна, дуб, вільха, береза, ясен, осика, граб. Цей заповідник створили для збереження унікальних лісових і водно-болотних угідь Українського Полісся, охорони реліктових та ендемічних рослин і тварин, у т.ч. занесених до Червоної Книги України, а також вивчення змін екосистем під впливом природних та антропогенних чинників. Значна частина лісових екосистем заповідника була забруднена радіонуклідами внаслідок аварії на Чорнобильській атомній електростанції та потрапила до зони безумовного відселення, тому вплив людини з часу катастрофи був мінімальний. З огляду на це можна припустити, що негативний тиск на лісові екосистеми здебільшого зумовлено природними чинниками, зокрема активізацією посушливих умов та поширенням шкідників, що є наслідками кліматичних змін.

Як картографічну основу було використано топографічні карти масштабу 1:100 000 та супутникові дані Sentinel-2 та Landsat-8.

Завантаження та аналіз часових серій супутникового знімання, розрахунок спектральних індексів та температурних карт здійснювали на базі програмного забезпечення Google Earth Engine, що надає змогу за допомогою програмного коду на мові програмування Java script створювати та виконувати алгоритми обробки значних обсягів супутникових даних на віддаленому сервері.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

### Узагальнення науково-методичних підходів до застосування даних ДЗЗ для оцінювання екосистемних послуг агроландшафтів.

Аналіз наукових публікацій, присвячених застосуванню ДЗЗ для оцінки екосистемних послуг, засвідчив, що більшість досліджень висвітлює використання супутникових знімків для класифікації елементів ландшафтів, наприклад, лісових екосистем, чагарникових угруповань, типів рослинності у межах водних об'єктів та розрахунок обсягу екосистемної послуги на основі визначених площ екосистем. Такий підхід детально описано зокрема у працях німецьких дослідників Букхарда та Мюлера (2012 р.) — він базується на перекласифікації дешифрованих за даними актуального супутникового знімання типів наземного покриву у відповідний показник його здатності забезпечувати ту чи іншу екосистемну послугу. Типи наземного покриву (відповідно до Європейської номенклатури CORINE Land Cover) оцінюють, наприклад, за шкалою від 0 до 5, згідно з якою «0» означає відсутність релевантної здатності забезпечувати екосистемну послугу, а «5» — її максимальну потенційну здатність [6]. Цей підхід — наочний та відносно швидкий метод для моделювання та порівняння різних типів землекористування [7–9].

Одним із недоліків цієї методики є те, що вона не відображає повною мірою зв'язок між станом наземного покриву та якістю відповідної екосистемної послуги. Наприклад, територія орних земель за цією методикою однаковою мірою надає послугу рослинництва (виробництва продуктів харчування), однак еродовані та деградовані ґрунти будуть мати меншу родючість і, відповідно, меншу вартість послуги постачання сільськогосподарської продукції. Іншими словами, родючість є функцією ґрунту, яка залежить від стану ґрунтового покриву, вмісту гумусу та/чи рівня еродованості ґрунтів. Отже, більш точною буде оцінка, яка враховує ступінь

деградації земель, а не лише загальну площу сільськогосподарських угідь.

Інша група досліджень із застосуванням ДЗЗ – використання спектральних індексів для детальнішої класифікації території в межах одного класу наземного покриву. Так, за допомогою індексу NDVI можна здійснити класифікацію лісової екосистеми за типом насаджень або за віковою структурою лісових насаджень та точніше оцінити запас деревини в межах лісництва.

Ще одним прикладом застосування даних ДЗЗ для оцінки екослуг є встановлення залежності між біофізичними показниками, які можна визначити за аеросупутниковими знімками та екосистемною функцією. Наприклад, на основі залежності між значеннями спектрального коефіцієнта яскравості у різних каналах супутника та вмістом гумусу у ґрунті у точках відбору проб визначається рівняння множинної регресії та коефіцієнти для перерахунку спектральних значень каналів супутника у карту розподілу вмісту гумусу на всій території дослідження.

Окрім того, слід зауважити на дослідженнях, які базуються на аналізі довго-

тривалих серій супутникових даних (дані місії Landsat доступні з 1972-го року), визначенні інтенсивності зміни певного біофізичного параметру та застосування інтенсивності зміни як показника для оцінки обсягу екосистемних послуг.

Загалом, можна підсумувати, що дані ДЗЗ дають змогу здійснювати моніторинг стану екосистем за такими показниками, як структура екосистеми (чи ландшафту) та інтенсивність біофізичних процесів. Ці показники, у підсумку, є основою для моделювання екосистемних функцій, що здатні забезпечувати екосистемні послуги (рис. 1).

*Пряма оцінка* забезпечує кількісне вимірювання запасу, структури чи величини потоку певного біофізичного процесу безпосередньо у фізичних одиницях. Вона є одним із найточніших методів оцінки екосистемних послуг і часто використовується як основа для інших методів оцінки. Загалом, до методів прямої оцінки екосистемних послуг належать відбір проб, наземні спостереження, анкетування та опитування, а також дані ДЗЗ.

*Непряма оцінка* базується на вимірюванні показників, які потребують певної

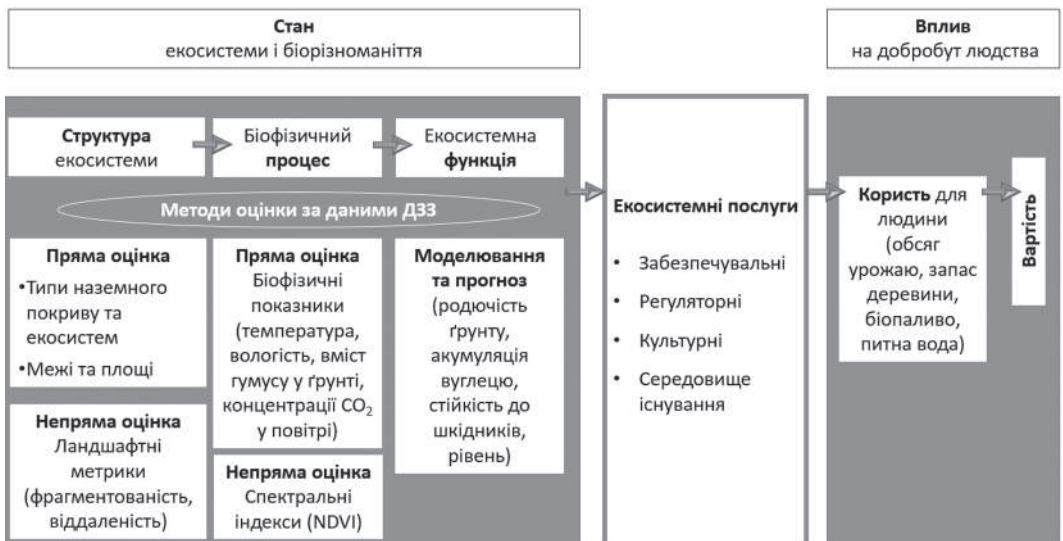


Рис. 1. Використання ДЗЗ для оцінювання екосистемних послуг на основі біофізичного підходу [10]

процедури обробки даних чи припущень перед тим, як застосовувати їх для оцінки екосистемних послуг. До методів непрямої оцінки належать геостатистичне моделювання, соціоекономічні статистичні дані, спектральні індекси, отримані за даними ДЗЗ, тощо.

**Обґрунтування індикаторів екосистемних функцій агрландшафтів, що можуть бути отримані за даними ДЗЗ.**

Індикатори, тобто кількісні та якісні показники стану екосистем, які можна визначати за супутниковими знімками, були узагальнені у таблиці 1. Для кожного індикатора визначено тип вхідних даних (на-

зву супутника, просторове розрізнення), запропоновано метод просторового аналізу для оцінювання екосистемних послуг та наведено приклад екосистемної послуги.

**Оцінювання екосистемних послуг за даними ДЗЗ на прикладі природного заповідника «Древлянський».**

На прикладі території природного заповідника «Древлянський» Народицького р-ну Житомирської обл. було протестовано запропонований підхід до оцінки екосистемних послуг на локальному рівні з використанням прямого та непрямого методів оцінки структури та біофізичних процесів у лісових екосистемах.

Таблиця 1

**Індикатори екосистемних функцій за даними ДЗЗ**

Назва групи	Назва індикатора екосистемних функцій	Вхідні дані	Метод оцінювання екосистемної послуги	Приклад екосистемної послуги
Структура екосистеми: пряма оцінка	1. Наземний покрив (динаміка площі різних типів наземного покриву чи біотопів)	Landsat 8 (15–30 м) Sentinel 1,2 (10 м) Proba-V (100 м) Planet (3–10 м) WorldView, GeoEye, Pleiades (<1 м)	Зміна кількості (обсягу) екосистемної послуги внаслідок зміни площі території, що її забезпечує	– Постачання деревини, продуктів харчування, питної води – Регуляція клімату: акумуляція CO <sub>2</sub>
	2. Індекси ландшафтної структури: фрагментованість території, ландшафтне різноманіття	Растрове класифіковане зображення (карта типів наземного покриву чи елементів ландшафту)		– Підтримка оселищ – Збереження біорізноманіття – Красвид – Рекреація
Структура екосистеми: непряма оцінка	3. Взаємозв'язок з іншими територіями	Landsat 8 (15–30 м) Sentinel 1,2 (10 м) Proba-V (100 м) Planet (3–10 м) WorldView, GeoEye, Pleiades (<1 м), Рельєф території	Картографічне накладання шарів для виявлення площ біотопів, наприклад, накладання контуру лісу та карти кутів нахилу схилу дають змогу виявити залісені яри	– Зменшення негативних наслідків дії надзвичайних ситуацій – Протидія ерозії – Стійкість до шкідників – Запилення

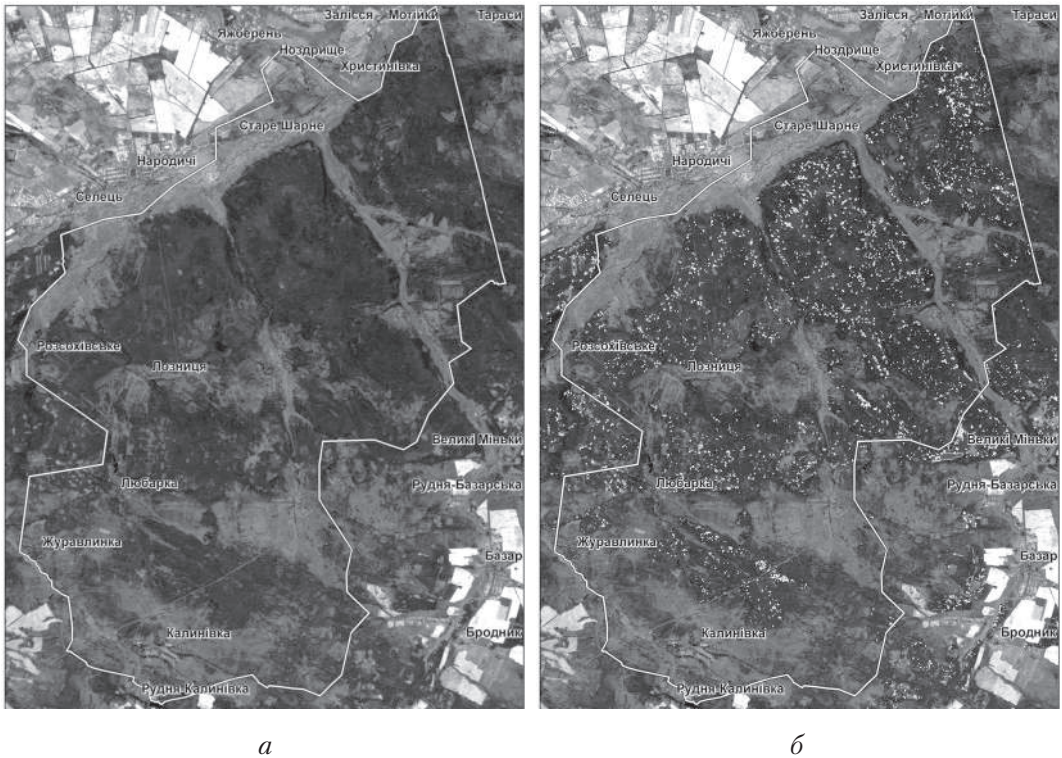
Закінчення таблиці 1

Назва групи	Назва індикатора екосистемних функцій	Вхідні дані	Метод оцінювання екосистемної послуги	Приклад екосистемної послуги
Біофізичний процес: пряма оцінка	4. Концентрації забруднювальних речовин у повітрі	Sentinel 5P (7–23 км) OMI (25 км)	Районування території за критичними значеннями біофізичних параметрів	– Очищення повітря
	5. Вміст вологи у ґрунті	SMAP (9 км) ASCAT (25 км)		– Регуляція клімату – Регуляція водного режиму – Протидія паводкам – Регуляція температурного режиму (охолодження) – Регуляція клімату – Стійкість до пожеж
	6. Температура поверхні	Landsat 8 (15–30 м) ASTER (15 м)		
	7. Концентрація хлорофілу 8. Вміст органічних речовин у воді	Sentinel 3, Modis (250–500 м)		– Рекреація – Постачання питної води – Очистка води
Біофізичний процес: непряма оцінка	9. Вегетаційні індекси	NOAA (1 км) Modis (250–500 м) Proba-V (100 м) Landsat 8 (15–30 м) Sentinel 2 (10 м)	Аналіз часових серій; регресійний аналіз супутникових даних з даними наземних спостережень	– Урожайність – Постачання продуктів харчування, деревини – Регуляція водного режиму
	10. Водні індекси			

Оцінювання екосистемної послуги депонування вуглецю методом прямої оцінки структури лісової екосистеми. Аналіз супутникових знімків Sentinel-2 засвідчив, що за останні три роки внаслідок спалаху поширення верхівкового короїда, а також пожеж, процеси висихання деревостанів

поширилися на площі 470 га (рис. 2). На серії супутникових знімків Sentinel-2 за 2017–2019 рр. були векторизовані зони усихання сосни та встановлена їх загальна площа.

Згідно із дослідженнями [11], середньорічний приріст деревини на 1 га пло-



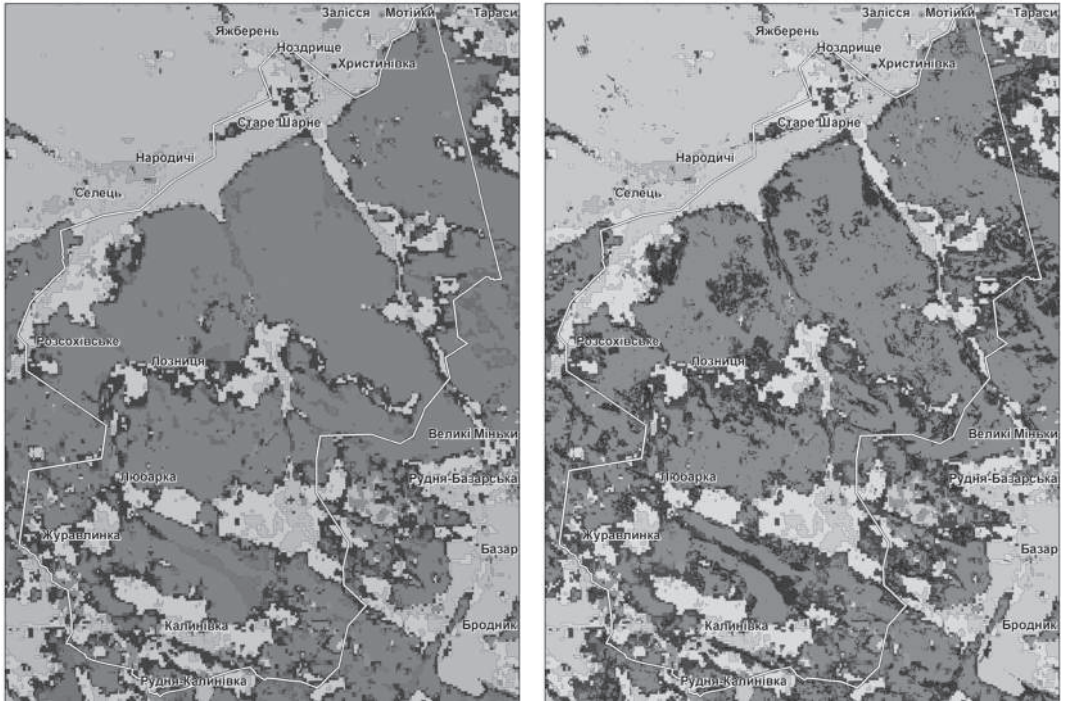
**Рис. 2.** Застосування даних ДЗЗ для оцінювання екосистемної послуги депонування вуглецю природним заповідником «Древлянський»: а) зображення території дослідження лісового масиву (темним кольором) на знімку Sentinel-2 за 03.09.2019; б) виділені за допомогою дешифрування зображення осередків всихання сосни (білим кольором)

щі, покритої сосновим лісом, дорівнює  $4,0 \text{ м}^3$ , що забезпечує депонування  $1,2 \text{ т/га}$  вуглецю на 1 рік. Ці результати дають підстави зробити висновок, що знеліснення  $470 \text{ га}$  території природного заповідника «Древлянський» унаслідок ураження верхівковим короїдом призвело до втрати послуги депонування вуглецю обсягом  $564 \text{ т/га/рік}$ . Тобто була застосована пряма оцінка структури лісових екосистем (визначена площа неушкоджених та ушкоджених деревостанів), а також визначено обсяг втрати екосистемної послуги.

*Оцінювання екосистемної послуги збереження біорізноманіття методом непрямої оцінки структури лісової екосистеми.* Одним із важливих показників значення території для збереження біорізноманіття є кількість біотопів, тобто ділянок з

однотипними умовами існування. Чим більшим різноманіттям та унікальністю біотопів характеризується територія, тим сприятливішими є умови для поширення рідкісних та ендемічних видів. До того ж біотопи не повинні бути ізольованими, тому важливою характеристикою у цьому аспекті є їх розподіл. Дані ДЗЗ надають змогу класифікувати територію дослідження за типами наземного покриву та відстежувати динаміку їх зміни. Так, наприклад, дані наземного покриву програми Copernicus, розроблені на основі супутникових даних Proba-V [12], дали можливість виявити 13 типів біотопів на території природного заповідника «Древлянський» (рис. 3-а), а також визначити частку площі кожного з них. Фактично, половину території займають хвойні





- чагарники (0,02%)
- різнотрав'я (15,3%)
- с.-г. угіддя (7,4%)
- забудова
- водні об'єкти (0,01%)
- луки та водно-болотні угіддя (3%)
- хвойні ліси, щільні (49,9%)
- широколистяні ліси, щільні (2,4%)
- мішані ліси, щільні (3%)
- некласифіковані ліси, щільні (1%)
- хвойні ліси (2,4%)
- широколистяні ліси (0,13%)
- мішані ліси (0,05%)
- некласифіковані ліси (14,5%)

*a*

- хвойні ліси, заболочені, щільні (14%)
- чагарники (0,02%)
- різнотрав'я (15,3%)
- с.-г. угіддя (7,4%)
- забудова
- водні об'єкти (0,01%)
- луки та водно-болотні угіддя (3%)
- хвойні ліси, сухі, щільні (36%)
- широколистяні ліси, щільні (2,4%)
- мішані ліси, щільні (3%)
- некласифіковані ліси, щільні (1%)
- хвойні ліси (2,4%)
- широколистяні ліси (0,13%)
- мішані ліси (0,05%)
- некласифіковані ліси (14,5%)

*б*

**Рис. 3.** Карта біотопів природного заповідника «Древлянський» на основі: *a*) карти наземного покриття Proba-V; *б*) синтезованої карти наземного покриття Proba-V з індексом вологості NDWI

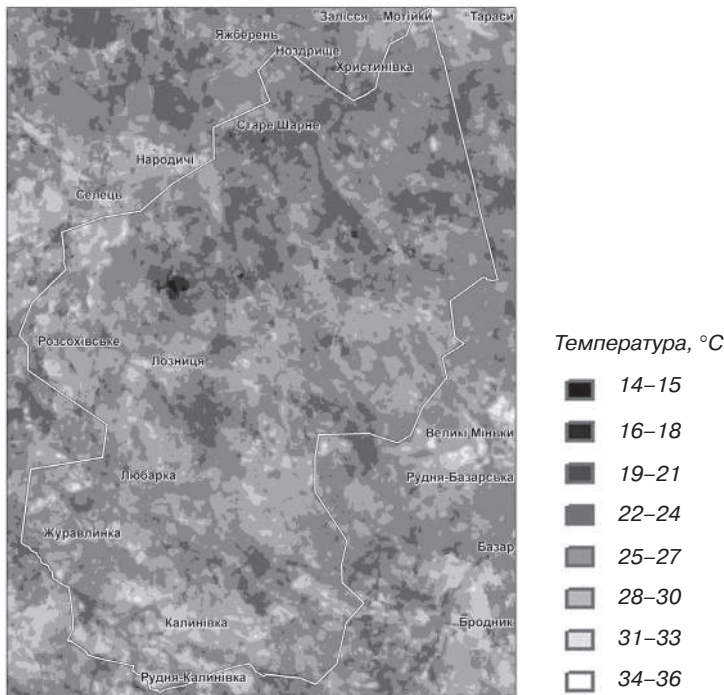
лісові насадження, які переважають у північній частині заповідника.

Поєднання карти наземного покриву Proba-V з індексом вологості NDWI, розрахованим за даними супутника Landsat-8, надало змогу додатково виокремити вологі та сухі хвойні і широколистяні лісові насадження, а також заболочені та сухі чагарники, збільшивши до 18 кількість типів біотопів на території дослідження (рис. 3-б). Також на знімку помітно, що північна територія заповідника не є однорідною за рослинним покривом та має відносно рівномірно розподілені вкраплення заболочених ділянок. Отже, поєднання карти наземного покриву та карти спектральних індексів дає змогу методом непрямої оцінки структури ландшафту виявляти екосистемні функції території.

*Оцінювання екосистемної послуги регуляції температурного режиму методом прямої оцінки біофізичного процесу.*

За супутниковими знімками Landsat-8, які мають два теплових канали і надають можливість отримувати супутникову інформацію про температуру поверхні, було створено карту розподілу температур, усереднених за сезон вегетації (травень – вересень) 2019 р. (рис. 4).

На основі цієї карти було визначено, що температура лісового покриву варіює у межах 14–23°C, тоді як на інших територіях (с.-г. угіддя, міста тощо) температура поверхні набуває значень 22–36°C. Так, лісовий покрив території природного заповідника «Древлянський» сприяє охолодженню клімату на 5–10°C. Крім того, чим щільнішим є проективне покриття території, тим нижча температура поверхні. Отже, застосування методу прямої біофізичної оцінки дає змогу кількісно оцінити екосистемну послугу регуляції клімату (охолодження) лісовими екосистемами природного заповідника «Древлянський».



**Рис. 4.** Карта розподілу температури поверхні на території природного заповідника «Древлянський»



## ВИСНОВКИ

Здійснено узагальнення науково-методичних підходів до застосування даних ДЗЗ для оцінювання екосистемних послуг.

Сформовано перелік прямих та непрямих індикаторів структури екосистем та біофізичних процесів, що протікають в екосистемах та впливають на рівень екосистемних послуг території дослідження і можуть бути визначені за аеросупутниковими знімками.

На прикладі природного заповідника «Древлянський» застосовано біофізичні індикатори, отримані за даними ДЗЗ, для оцінки екосистемних послуг депонування вуглецю, збереження біорізноманіття та регуляції клімату (охладження). Перевага застосування біофізичного підходу до оцінки екосистемних послуг порівняно з економічною оцінкою вартості екосистем полягає в одночасному оцінюванні стану, впливу, загрози та потенціалу екосистеми.

## ЛІТЕРАТУРА

1. The Strategic Plan for Biodiversity 2011-2020 and the Aichi Biodiversity Targets. COP-10 Decision X/2 (UNEP/CBD/COP/DEC/X/2) [Електронний ресурс]. — 2010. — Режим доступу: <https://www.cbd.int/decision/cop/?id=12268>
2. Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: An analytical framework for mapping and assessment of ecosystem condition in EU / J. Maes, A. Teller, M. Erhard et al. — European Commission: Publications office of the European Union, Luxembourg, 2018. — 78 p.
3. MEA (Millennium Ecosystem Assessment). Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis. — Washington: Island Press, 2005. — 155 p.
4. TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity). Ecological and Economic Foundations / Edited by P. Kumar. — London and Washington: Earthscan, 2010. — 422 p.
5. Фурдичко О.І. Збалансовані еколого-економічні та соціальні інтереси — основа якості життя і здоров'я людини / О.І. Фурдичко, О.І. Ковалів // Агроекологічний журнал. — 2013. — № 4. — С. 7–12.
6. Solutions for Sustaining Natural Capital and Ecosystem Services / V. Burkhard, R. de Groot, R. Costanza et al. // Ecological Indicators. — 2012. — No. 21. — P. 1–6.
7. Satellite agroecological monitoring within the system of sustainable environmental management / O. Tarariko, T. Iliencko, T. Kuchma, I. Novakovska // Agricultural science and practice. — 2019. — No. 6 (1). — P. 18–27. — DOI:10.15407/agrisp6.01.018
8. Агроекологічний супутниковий моніторинг: монографія / О.Г. Тараріко, О.В. Сиротенко, Т.В. Ільченко, Т.Л. Кучма. — К.: Аграрна наука, 2019. — 204 с. — DOI: 10.5281/zenodo.3492936
9. Кучма Т.Л. Оцінка екосистемних послуг водноболотних угідь за даними дистанційного зондування Землі / Т.Л. Кучма, О.В. Томченко // Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, 3–5 липня 2019 р.). — К.: ДІА, 2019. — С. 147–151.
10. Biophysical mapping and assessment methods for ecosystem services. Deliverable D3.3 EU Horizon 2020 EMERALDA Project, Grant agreement No. 642007 [Електронний ресурс]. — 2010. — Режим доступу: [http://www.esmeralda-project.eu/getatt.php?filename=EMERALDA%20D3.3\\_14966.pdf](http://www.esmeralda-project.eu/getatt.php?filename=EMERALDA%20D3.3_14966.pdf)
11. Акумуляція вуглецю лісовими екосистемами: (на прикладі модельних ділянок у заказнику «Лісники», м. Київ) / У.М. Альошкіна, А.А. Жовтенко, І.Г. Вишеньська та ін. // Наукові записки НаУКМА. — 2011. — Т. 119. — С. 52–55. — (Серія: Біологія та екологія).
12. Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: epoch 2015: Globe. Dataset of the global component of the Copernicus Land Monitoring Service 2019 / M. Buchhorn, V. Smets, L. Bertels et al. [Електронний ресурс]. — Режим доступу: DOI 10.5281/zenodo.3243509

## REFERENCES

1. The Strategic Plan for Biodiversity 2011–2020 and the Aichi Biodiversity Targets. COP-10 Decision X/2 (UNEP/CBD/COP/DEC/X/2). (2010). [www.cbd.int/decision/cop/?id=12268](https://www.cbd.int/decision/cop/?id=12268) [in English].
2. Maes, J., Teller, A., Erhard, M. et al. (2018). *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: An analytical framework for ecosystem condition. Publications office of the European Union*. Luxembourg [in English].
3. MEA (Millennium Ecosystem Assessment). (2005). *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*. Washington: Island Press [in English].
4. Kumar, P. (Ed.). (2010). *TEEB (The Economics of Ecosystems and Biodiversity). Ecological and Economic Foundations*. London and Washington: Earthscan [in English].

5. Furdychko, O.I., Kovaliv, O.I. (2013). Zbalansovani ekolo-ho-ekonomichni ta sotsialni interesy – osnova yakosti zhyttya i zdorovya lyudyny [Balanced environmental, economic and social interests are the basis of quality of life and human health]. *Ahroekolo-hichnyy zhurnal – Agroecological journal*, 4, 7–12 [in Ukrainian].
6. Burkhard, B., de Groot, R., Costanza, R., et al. (2012). Solutions for Sustaining Natural Capital and Ecosystem Services. *Ecological Indicators* 21, 1–6 [in English].
7. Tarariko, O., Ilienکو, T., Kuchma, T., Novakovska, I. (2019). Satellite agroecological monitoring within the system of sustainable environmental management. *Agricultural science and practice*, 6 (1), 18–27. DOI:10.15407/agrisp6.01.018 [in English].
8. Tarariko, O.H., Syrotenko, O.V., Ilienکو, T.V., Kuchma, T.L. (2019). *Ahroekologichnyy suputnykovyy monitoring: a monograph* [Agro-ecological satellite monitoring: a monograph]. Kyiv: Ahrarna nauka. DOI: 10.5281/zenodo.3492936 [in Ukrainian].
9. Kuchma, T.L., Tomchenko, O.V. (2019). Otsinka ekosystemnykh posluh vodno-bolotnykh uhid za danymy dystantsiynoho zonduvannya Zemli [Assessment of wetland ecosystem services based on Earth remote sensing data]. *Ecological safety and balanced nature management in agro-industrial production '19: Materialy Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi (Kyiv, 3–5 lyupnya 2019 r – Ecological safety and balanced nature management in agro-industrial production. Proceedings of the International Scientific and Practical Conference (Kyiv, July 3-5, 2019)*. (pp. 147–151). Kyiv: DIA [in Ukrainian].
10. Biophysical mapping and assessment methods for ecosystem services. Deliverable D3.3 EU Horizon 2020 ESERALDA Project, Grant agreement No. 642007. (2018). <http://www.esmeralda-project.eu>. Retrieved from [http://www.esmeralda-project.eu/getatt.php?filename=ESMERALDA%20D3.3\\_14966.pdf](http://www.esmeralda-project.eu/getatt.php?filename=ESMERALDA%20D3.3_14966.pdf) [in English].
11. Alyoshkina, U.M., Zhovtenko, A.A., Vyshenska, I.G. et al. (2011). Akumulyatsiya vuhletsyu lisovymy ekosystemamy: (na prykladi modelnykh dilyanok u zakaznyku «Lisnyky», m. Kyiv) [Carbon accumulation by forest ecosystems: (on the example of model sites in the Foresters reserve, Kyiv)]. *Naukovi zapysky NaUKMA – NaUKMA Scientific Notes*, 119, 52–55 [in Ukrainian].
12. Buchhorn, M., Smets, B., Bertels, L. et al. (2019). *Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: epoch 2015: Globe. Dataset of the global component of the Copernicus Land Monitoring Service*. DOI 10.5281/zenodo.3243509 [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 26.10.2019

---

## ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ГІС З ВІДКРИТИМ ПРОГРАМНИМ КОДОМ ДЛЯ КАРТУВАННЯ ҐРУНТІВ

В.І. Собко, М.В. Малженська, О.М. Палійчук

Чернівецька філія ДУ «Держґрунтохорона»

*Проаналізовано можливості, стан розвитку, затребуваність і розповсюдженість використання геоінформаційних систем (ГІС) з вільною ліцензією у світі та Україні зокрема. Оцінено можливості використання вільних ГІС для картування ґрунтів та окремих агровиробничих груп ґрунтів. Описано деякі унікальні факти використання геоінформаційних систем з вільною громадською ліцензією GNU GPL у світі для масштабних проектів у науці та бізнесі. Розглянуто здобутки науковців у створенні карт ґрунтів і можливості для їх оновлення за допомогою програмного забезпечення з вільним кодом.*

**Ключові слова:** геоінформаційні системи з вільним програмним кодом, ГІС, вільне програмне забезпечення, карта ґрунтів, карти агровиробничих груп ґрунтів, QGIS, ArcGis, дистанційне зондування.

Нині в Україні немає великомасштабних сучасних карт ґрунтів у вільному доступі. Тому фахівці, здебільшого, користуються паперовими матеріалами обстеження ґрунтів 1957–1961 рр. та їх редакціями до початку 90-х років. Зокрема, це картограми агровиробничих груп ґрунтів масштабу 1:10 000, що втратили актуальність 30 років тому, але й до них доступ для переважної більшості фахівців є утрудненим. Слід зауважити, в Україні накопичено значну кількість наукової інформації про ґрунтовий покрив, до того ж з розвитком техніки, геоінформаційних систем (ГІС), дистанційного супутникового сканування з'явилися значні можливості оновлення цих даних. Картограми агрогруп ґрунтів є основою нормативно-грошової оцінки земель, оцінки їх якості, обліку і обігу; використовуються для розробки заходів з екологічно безпечного використання меліорованих, малопродуктивних та деградованих земель; потрібні для роботи агрономам, лісникам, садово-парковим працівникам тощо.

Тому метою нашої роботи є розгляд можливості оцифрування і об'єднання

існуючих даних про ґрунтовий покрив України в сучасну, веб-орієнтовану Національну систему, яка буде доступною широкому загалу фахівців для ефективного виконання поставлених перед ними завдань.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Як відомо, Єврокомісією вільне програмне забезпечення регламентовано як стандарт для використання в урядових і муніципальних структурах, органах громадського управління [1].

На сьогодні багатьма розвиненими країнами визнано доцільність використання вільного програмного забезпечення в державному секторі та сфері освіти. До таких, зокрема, належать країни Західної Європи, Японія, Китай, Росія, Індія, країни Скандинавії та ін.

Програму можна вважати доступною, якщо у її користувачів є чотири свободи:

- використовувати програму у будь-який спосіб, для будь-яких цілей;
- вивчати роботу програми, мати можливість її модифікації з метою забезпечення для користувача виконання необхідних

обчислень (це передбачає доступ до початкового тексту);

- передавати копії, щоб допомогти іншим;
- передавати копії змінених версій іншим, що надасть змогу всьому співтовариству отримувати вигоду від цих змін (це передбачає доступ до початкового тексту) [2].

Доволі популярною є ГІС з відкритою ліцензією QGIS, що призначена для обробки й аналізу просторових даних та підготовки різної картографічної продукції. Вона працює на Linux, Unix, Mac OSX, Windows і Android, підтримує безліч векторних, растрових форматів, баз даних і володіє широкими можливостями. Програма за своєю функціональністю мало чим поступається відомим пропрієтарним ГІС. Пакет має гнучку систему розширень, які можна створювати мовами C++ і Python. Підтримуються різноманітні векторні і растрові формати, у т.ч. ESRI Shapefile і GeoTIFF [3]. Статті про досвід використання QGIS, починаючи з 2009 р. і до сьогодні, деякими громадськими організаціями, університетами, органами влади і компаніями в своїх проектах або повсякденній діяльності опубліковано на офіційній веб-сторінці QGIS. Як приклад, такою є стаття про те, як без витрат і з високою ефективністю Лабораторія експериментальної і прикладної географії (при Вищій школі бізнесу і готельного управління в м. Брно, Чеська Республіка (Vysoká škola obchodní hotelová, SRO)) здійснює високоякісний аналіз, картування і візуалізацію; використовуючи

QGIS та інше супутнє програмне забезпечення з відкритою ліцензією, створюються великі бази даних і проводиться подальше тестування нових функцій.

Також доволі популярною в світі, зокрема в Україні, є геоінформаційна система ArcGis, яка застосовується для земельних кадастрів, у виконанні завдань землеустрою, у системах інженерних комунікацій, для обліку об'єктів нерухомості, геодезії та надрокористування тощо. Так, ArcGis є пропрієтарною системою із закритою платною ліцензією. Вартість версії для персонального комп'ютера комерційного використання становить 245 000–490 000 грн, а серверної версії – 700 000–1 400 000 грн. До того ж вартість (на Prozorro) трьох комплектів ArcGIS for Desktop з модулями розширення у вересні 2018 р. становила 1 470 000 грн. Зрештою було укладено договір купівлі на 1 млн 464 тис. грн.

З наведеної таблиці видно, що кількість запитів «qgis» у пошуковій системі Google, починаючи з 2004 р. і до сьогодні, значно зростає; зауважимо, що рівень зацікавлення платним програмним забезпеченням ArcGIS, хоча і є значно вищим, але наразі дещо спадає; до того ж розрив між зацікавленнями двома пакетами програмного забезпечення значно зменшився.

Так, 21–22 листопада 2015 р. у м. Москві (РФ) було проведено конференцію «Відкриті ГІС», на якій представлено понад сорок доповідей щодо найрізноманітніших аспектів практичного використання вільних ГІС. Це свідчить про неабияке зацікавлення вільним програмним забезпеченням,

**Кількість запитів вільної «qgis» і платної «arcgis» з 2004 р. до сьогодні (за даними Google Trends)**

Пошуковий термін (за даними Google Trends)	Дата звернення																	
	січень 2004	січень 2005	січень 2006	січень 2007	січень 2008	січень 2009	січень 2010	січень 2011	січень 2012	січень 2013	січень 2014	січень 2015	січень 2016	січень 2017	січень 2018	січень 2019		
qgis	1	2	4	5	3	6	7	7	10	14	21	29	32	39	42	43		
arcgis	39	56	54	66	69	71	76	83	81	87	88	85	78	81	76	72		

а також про значну кількість користувачів програм. Серед доповідачів конференції були, зокрема, Джефф Маккена — президент некомерційної неурядової організації, місія якої полягає в підтримці та сприянні спільної розробки відкритих геопросторових технологій і даних OSGeo, та один з розробників QGIS — Віктор Олая Ферреро. На конференції доповідачами було представлено досвід використання ГІС із відкритим програмним кодом у різноманітних сферах, як от: супутниковому і радарному зніманні, розробці муніципальних і промислових WEB ГІС з використанням PostGis, OpenLayers і OpenGL/WebGL; розробці системи моніторингу сільського господарства, картографічних мобільних додатків тощо. Відеозаписи доповідей і майстер-класів конференції можна переглянути на каналі Giskonf в Youtube.

Співробітники лабораторії дистанційного зондування ґрунтового покриву ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» розробили алгоритми коригування архівних карт агро-виробничих груп ґрунтів великомасштабного обстеження 1957–1961 рр. на основі використання даних багатоспектрального космічного сканування (БКС) [4]. Незважаючи на очевидні переваги, такі методи потребують значних матеріальних затрат, залучення багатьох фахівців, що є нелегким завданням у сучасних економічних умовах України. Також завдяки багаторічним опрацюванням даних про ґрунти українськими науковцями в Лабораторії геоєкофізики ґрунтів вищезгаданого інституту була створена база даних «Властивості ґрунтів України», що робить можливим започаткування в майбутньому повноцінної веб-орієнтованої бази даних про ґрунтовий покрив України. Тому необхідно продовжувати роботу в аспекті гармонізації інформації про ґрунти з міжнародними проектами SOTER та SOVEUR [5], що на сьогодні вченими України значною мірою реалізовано.

Під час проведення великомасштабного обстеження ґрунтів безпосередньо в природних ландшафтних умовах у

1957–1961 рр. польові дослідження завершувались виготовленням ґрунтових карт на основі топографічних карт різного масштабу та з використанням відкритого В.В. Докучаєвим закону про константні співвідношення в реальних ландшафтах між висотою місцевості, рельєфом і розповсюдженням ґрунтів [6]. Прогнозне ґрунтове картографування (Predictive soil mapping) можна визначити як розвиток числової або статистичної моделі взаємозв'язку між екологічними змінними і властивостями ґрунту, яка потім застосовується в географічній базі даних для створення передбачуваної карти [7]. Упродовж останніх десятиліть значною мірою зростає кількість закордонних наукових досліджень, присвячених саме моделюванню просторового розташування таксономічних ґрунтових одиниць з використанням різних математичних методів прогнозування. Інструментальним забезпеченням для виконання такого виду робіт є безперечно ГІС, доволі часто з відкритим програмним кодом, а також мова статистичних розрахунків R-statistic, що поширюється з вільною ліцензією, динамічно оновлюється і дає змогу високоякісно виконувати більшість статистичних операцій, які пропонуються платними аналогами. Основною ідеєю прогнозування ґрунтового покриву є використання опорних точок ландшафтів та приурочених до них ґрунтових таксонів [8].

За результатами аналізу сучасного стану наявності і доступності карт ґрунтів та політико-економічних умов України [9] запропоновано використовувати можливий шлях розв'язання проблеми відсутності великомасштабних карт ґрунтів, суть якого полягає в корекції існуючих ґрунтових карт на основі архівних матеріалів та побудови на їх основі прогнозних математичних моделей ґрунтового покриву, в т.ч. й для локацій з відсутніми даними. Позитивними аспектами вказаного методу є можливість оновити існуючу базу карт агро-виробничих груп ґрунтів, змодельовати ґрунтовий покрив у тих місцях, дані про який були відсутні, динаміч-

но доповнювати, перевести їх у сучасну ГІС і зробити доступними для широкого кола фахівців. Також запропонований варіант оновлення карт агровиробничих груп ґрунтів порівняно з великомасштабним обстеженням має значно менші часові, виробничі та матеріальні затрати. Вільне програмне забезпечення дає змогу виконати весь комплекс робіт зі створення таких прогнозних ґрунтових карт.

Оцифровані і оновлені за допомогою прогнозних методів та ГІС з відкритим кодом архівні карти агровиробничих груп ґрунтів великомасштабного ґрунтового обстеження 1957–1961 рр. [10] можуть бути використані для створення Національної бази даних ґрунтів та її інтегрування в SOTER, SOVEUR чи аналогічні міжнародні системи.

### ВИСНОВКИ

У сучасну епоху розвинених комп'ютерних технологій, точних систем землеробства з використанням для орієнтування на місцевості системи глобального позиціонування GPS, — і поряд з тим за умов значної деградації ґрунтів унаслідок інтенсивного

антропогенного навантаження, — є потреба в оновлених і доступних для широкого загалу цифрових ґрунтових картах, що дасть змогу більш ефективно та раціонально використовувати наявний безцінний ресурс, яким є ґрунти України.

З огляду на вищесказане, постала необхідність в оновленні існуючих агровиробничих карт ґрунтів і, як варіант, створенні на їх основі цифрових ґрунтових карт. В Україні на сьогодні є розроблені нові методики для картографування ґрунтів, в основу яких покладено використання даних багатоспектрального космічного сканування, геоінформаційних систем тощо. Вартість пропрієтарних програмних засобів є доволі високою для фінансових можливостей державних установ в Україні. Тому, на нашу думку, раціонально виваженою альтернативою для них є використання ГІС, що поширюються на некомерційній основі та побудові з їх допомогою прогнозних ґрунтових карт. Такі карти можна використати для створення Національної бази даних ґрунтів та її інтегрування в SOTER, SOVEUR чи аналогічні міжнародні системи.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Москаленко О.М. Вільне програмне забезпечення в навчальних закладах та державних установах України / О.М. Москаленко, О.В. Пашенко // Новітні інформаційно-комунікаційні технології в освіті. — Полтава: ФОБ Болотін А.В., 2015. — С. 61–63.
2. Що таке вільна програма? [Електронний ресурс] // Операційна система GNU. — 2018. — Режим доступу: <https://www.gnu.org/philosophy/freesw.uk.html>
3. Ачасова А.О. Відкриті ГІС для викладачів та студентів [Електронний ресурс] / А.О. Ачасова // 50° North | GIS blog from Ukraine. — 2015. — Режим доступу: <http://www.50northspatial.org/ua/vidkryti-gis-dlya-vykladachiv-ta-studentiv/>
4. Методика кількісної оцінки структури ґрунтового покриву за даними багатоспектрального космічного зйомки / уклад.: Т.Ю. Биндич, С.Р. Трускавецький, Т.П. Тененьова; Нац. акад. аграр. наук України, Ін-т ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського. — Х., 2010. — 49 с.
5. Черлінка В.Р. Морфометричні параметри рельєфу як базис для предикативного моделювання просторового поширення ґрунтових відмін / В.Р. Черлінка // Агрохімія і ґрунтознавство. — 2017. — Вип. 86 — С. 5–16.
6. Тихоненко Д.Г. Ґрунтознавство в Україні: історія та сучасність / Д.Г. Тихоненко, В.А.Вергунов, М.О. Горін. — Х., 2016. — 300 с.
7. Predictive soil mapping: a review / P. Scull, J. Franklin, O.A. Chadwick, D. McArthur // Progress in Physical Geography. — 2003. — Vol. 4. — P. 171–197.
8. Черлінка В.Р. Варіації прогнозної ефективності ґрунтових карт залежно від способів побудови навчальних вибірок предикативних алгоритмів / В.Р. Черлінка // Ecology and Noospherology. — 2017. — No. 28. — P. 55–71.
9. Cherlinka V.R. Solving existing problems with soil maps in Ukraine / V.R. Cherlinka, Y.M. Dmytruk // Biological systems. — 2018. — Vol. 10 (1). — P. 298–308.
10. Черлінка В.Р. Адаптація великомасштабних ґрунтових карт до їх практичного використання у ГІС / В.Р. Черлінка // Агрохімія і ґрунтознавство. — 2015. — Вип. 84. — С. 20–28.



## REFERENCES

1. Moskalenko, O.M. & Pashchenko, O.V. (2015). Vilne programne zabezpechennia v navchalnykh zakladakh ta derzhavnykh ustanovah Ukrainy [Free software in educational establishments and state institutions of Ukraine]. *Novitni informacijno-komunikacijni tehnologiji v osviti* [The latest information and communication technologies in education]. Poltava: POB Bolotin A.W. [in Ukrainian].
2. Shcho take vilna prohrama? [What is a freeware program?]. *gnu.org*. Retrieved from <https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.uk.html> [in Ukrainian].
3. Vidkryti GIS dlia vykladachiv ta studentiv [Open GIS for teachers and students]. *50northspatial.org*. Retrieved from <http://www.50northspatial.org/ua/vidkryti-gis-dlya-vykladachiv-ta-studentiv> [in Ukrainian].
4. Byndych, T.Yu., Truskavetskyi, S.R. & Tenenova, T.P. (2010). *Metodyka kilkisnoi otsinky struktury gruntovoho pokryvu za danymi bagatospektralnoi kosmichnoi ziomky* [Methods of quantitative estimation of soil cover structure based on multispectral space photography]. Charkiv [in Ukrainian].
5. Cherlinka, V.R. (2017). Morfometrychni parametry reliefu yak bazys dlia predykatyvnoho modeliuвання просторового poshyrennia gruntovykh vidmin [Morphometric parameters of the relief as a basis for predictive modeling of the spatial propagation of soil differences]. *Ahrokhimiia i gruntoznavstv – Agrochemistry and soil science* 86, 5–16 [in Ukrainian].
6. Tykhonenko, D.H., Verhunov, V.A., & Horin, M.O. (2016). *Gruntoznavstvo v Ukraini: istoriia ta suchasnist* [Soil Science in Ukraine: History and Modernity]. Charkiv [in Ukrainian].
7. Scull, P., Franklin, J., Chadwick, O.A., McArthur, D. (2003). Predictive soil mapping: a review. *Progress in Physical Geography*, 27, 171–197 [in English].
8. Cherlinka, V.R. (2017). Variatsii prohnoznoi efektyvnosti gruntovykh kart zalezno vid sposobiv pobudovy navchalnykh vybirok predykatyvnykh alhorytmiv [Variations in the predictive performance of soil maps depending on the methods of constructing training samples of predicative algorithms]. *Ekolo-hiia ta noosferolohiia – Ecology and Noospherology*, 28, 55–71 [in Ukrainian].
9. Cherlinka, V.R. & Dmytruk, Y.M. (2018). Vyrishennia isnuichykh problem iz kartamy gruntiv Ukrainy [Solving existing problems with soil maps in Ukraine]. *Biological systems*, 10, 298–308 [in English].
10. Cherlinka, V.R. (2015). Adaptatsiia velykomasshtabnykh hruntovykh kart do yikh praktychnoho vykorystannia u HIS [Adaptation of large-scale soil maps to their practical use in GIS]. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo – Agrochemistry and soil science*, 84, 20–28 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 06.10.2019



## ЗНАЧЕННЯ ШАПКОВИХ ГРИБІВ У МІГРАЦІЇ $^{137}\text{Cs}$ НА ТЕРИТОРІЇ ЧЕРНІГІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Ю.О. Бондар<sup>1</sup>, О.В. Дмитренко<sup>2</sup>, С.П. Ковальова<sup>3</sup>,  
С.П. Ткаченко-Канарська<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Національний університет біоресурсів і природокористування України

<sup>2</sup> Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України»

<sup>3</sup> Житомирська філія ДУ «Держґрунтохорона»

Велике значення у перерозподілі та фіксації радіонуклідів у навколишньому природному середовищі мають лісові екосистеми. Висвітлено, що останніми десятиліттями внаслідок аварії на Чорнобильській АЕС оцінка рівня радіонуклідів у їстівних та неїстівних грибах становить особливий інтерес, оскільки деякі з них виявилися гіперакумуляторами забруднювальних речовин. Досліджено вміст  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунті, підстильці та грибах лісових екосистем Чернігівської обл. У 2018 р. питома активність ґрунтів дослідного полігона була невисокою — у межах 62–400 Бк/кг. Найвищий рівень радіаційного фону зафіксовано у місці відбору неїстівного гриба свиняка тонкого — 0,16 мкЗв/год, а найнижчий — у точці відбору їстівної зеленушки — 0,08 мкЗв/год. Питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у лісовій підстильці дослідного майданчика була у межах 627–2366 Бк/кг і на порядок перевищувала відповідний показник у зразках ґрунту. Експериментальні дослідження засвідчили, що шапкові гриби виявились найбільш радіоактивно забрудненим компонентом лісових екосистем. Виявлено перевищення допустимого рівня вмісту  $^{137}\text{Cs}$  у грибах на один-два порядки порівняно з ґрунтом, на якому росли плодové тіла, а саме: у підберезовика — у 38 разів, сирожки їстівної — у 36, бліді поганки та зеленушки — у 33 і опенька осіннього справжнього — у 30 разів. Визначено роль шапкових грибів у підвищенні міграційної здатності радіонуклідів. Наукові дослідження виявили значне збільшення біологічної доступності радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  у лісових екосистемах за допомогою грибів-макроміцетів і, ймовірно, зумовлене цим підвищення рівня захворюваності населення у районах відбору зразків.

**Ключові слова:** шапкові гриби, аварія на Чорнобильській АЕС, рівень активності, міграція,  $^{137}\text{Cs}$ .

До великих техногенних аварій часто застосовують два поняття — «аварія» і «катастрофа». Якщо поняття «аварія» вказує на незворотність її наслідків. Аварійні викиди радіоактивних речовин, які відбуваються під час експлуатації атомних енергетичних установок та радіохімічних виробництв, призводять до значного забруднення навколишнього природного середовища, наслідки якого можна охарактеризувати як катастрофу [1]. Дослідження наслідків таких аварій не втрачає своєї актуальності ще й тому, що основні дозоутворювальні радіонукліди ще три-

валий час становитимуть небезпеку для здоров'я людини і довкілля.

Особливе значення у перерозподілі та фіксації радіонуклідів у навколишньому природному середовищі мають лісові екосистеми. Ліс може відігравати роль глобального міграційного чинника. Радіонукліди, що осідають на кронах дерев, під впливом атмосферних опадів і внаслідок опадання листя переміщуються у лісову підстилку і залучаються до основних біогеологічних процесів [2], унаслідок чого відбувається вибіркова концентрація радіоактивних речовин у певних складових екосистеми, зокрема у їстівних грибах. Саме тому надзвичайно важливим є визначення ролі шапкових грибів у перерозподілі радіонуклідів між різними компонентами біогеоценозів, особливо це

стосується харчових ланцюгів, кінцевим реципієнтом яких є людина.

За даними японських дослідників [3], які вивчали міграцію  $^{137}\text{Cs}$  у кедрових лісах, забруднених унаслідок аварії на АЕС «Фукусіма-1» (Японія, 2011), у 2014–2016 рр. питома активність у надземній біомасі залишалася сталою, тоді як у підстилці вміст радіонуклідів значно зменшився (від  $20 \pm 11$  у 2014 р. до  $4,6 \pm 2,7\%$  у 2016 р.). Чинниками пониження у підстилці концентрації  $^{137}\text{Cs}$  були вимивання у ґрунт та зменшення забруднення свіжого опаду листя. Слід зауважити, що 80% радіонуклідів екосистеми містилися у верхньому 0–5 см шарі ґрунту. Порівнявши перерозподіл радіоактивного та стабільного цезію між різними компонентами екосистеми, автори дійшли висновку, що  $^{137}\text{Cs}$  поступово наближається до зрівноваженого стану з  $^{133}\text{Cs}$  у наземній біомасі.

Унаслідок аварії на ЧАЕС у Чернігівській обл. було забруднено  $^{137}\text{Cs}$  понад  $1 \text{ Ки}/\text{км}^2$  72,015 тис. га, значна частина яких припадала на ліси (19% лісового фонду). У післяаварійний період почав відбуватися процес самодезактивації поверхневого шару ґрунтів, але швидкість його є незначною. Горизонтальна міграція радіонуклідів не сприяла їх відчутному перерозподілу у лісових екосистемах. Станом на 2007 р. у верхньому 0–10 см шарі дерново-підзолистого супіщаного ґрунту відбулося зниження вмісту  $^{137}\text{Cs}$  — з 46 до 39% його загальної кількості [4]. Одним з найбільш постраждалих у Чернігівській обл. був Сосницький р-н.

Підвищений рівень радіоактивного забруднення у Чернігівській обл. впливає на стан здоров'я населення, що поступово погіршується [5]. Зменшується чисельність мешканців, визнаних здоровими, натомість зростає чисельність хворих. Йдеться про захворюваність крові та кровотворних органів, ендокринної системи та онкологію.

Дикорослі гриби — це традиційні харчові продукти для людини, а також важливе джерело поживних речовин для

диких тварин. Однак вони можуть бути видами особливо уразливими під час забруднення місцевості важкими металами та радіонуклідами [6]. На територіях, що постраждали внаслідок Чорнобильської катастрофи, гриби є найбільш забрудненим компонентом лісових екосистем [1].

Українське Полісся вирізняється багатовидовим складом і високою врожайністю їстівних грибів. Традиційне використання місцевим населенням грибів у їжу, без попереднього проведення дозиметричного контролю, зумовлює надходження радіонуклідів до організму людини та збільшує річну сумарну ефективну дозу опромінення.

Після аварії на ЧАЕС упродовж перших трьох років у Європі середній вміст  $^{137}\text{Cs}$  у грибах був вищим, ніж у мохах та лишайниках [7], та у 5–270 разів вищим, ніж у судинних рослинах [8]. Це співвідношення зберігається і дотепер. За даними вчених [9], забрудненість лісових грибів  $^{137}\text{Cs}$  досягає 1230 Бк/кг, що перевищує допустимий рівень на 146%.

Рівень забруднення грибів у Чернігівській обл. у 1999 р. був надзвичайно високий — 2590–118 600 Бк/кг, що у понад 40 разів перевищує допустимий (ДР-2006 — 2500 Бк/кг) [10].

Однією із основних умов, що визначають величину накопичення радіонуклідів грибами, є видова приналежність останніх. За даними В.П. Краснова [11], найінтенсивніше накопичує радіонукліди польський гриб, проте у роботах П.С. Гнатів [12] було доведено, що такі гриби, як рядовка зелена (*Tricholoma equestre* (L. ex Fr.) Kumm.) та хрящ-молочник червоно-коричневий (*Lactarius volemus* Fr.), накопичують  $^{137}\text{Cs}$  у два-три рази інтенсивніше, ніж польський гриб.

Було виявлено [6], що крім традиційних дозоутворювальних радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{40}\text{K}$ , гриби роду *Leccinum* (Болевові) активно накопичують і альфа-випромінюючі радіонукліди  $^{210}\text{Po}$  і  $^{210}\text{Pb}$  у кількостях від  $0,59 \pm 0,38$  до  $3,2 \pm 0,2$  Бк/кг та від  $0,45 \pm 0,04$  до  $3,1 \pm 0,2$  Бк/кг відповідно.

Це дає змогу використовувати гриби як самостійні індикатори радіоактивного забруднення навколишнього природного середовища.

Метою наших досліджень було визначення ролі шапкових грибів у збільшенні біологічної доступності  $^{137}\text{Cs}$  у лісових екосистемах Чернігівської обл.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Репрезентативним експериментальним полігоном для проведення досліджень обрано територію Гутянського лісництва площею 4984,9 га, що входить до складу ДП «Холминське лісове господарство» і розташовується у південно-східній його частині на території Коропського та Соницького адміністративних р-нів Чернігівської обл.

Лісові масиви лісництва розкинулися на території зони змішаних лісів Східного Полісся України. На основній частині території переважають дернові середньопідзолисті ґрунти, розвинені на вододілах, створених супіщаними відкладеннями. На території лісництва поширеними є види їстівних грибів, як-от: маслюк звичайний (*Suillus luteus* L.), польський гриб (*Boletus badius* Elias Magnus Fries), білий гриб (*Boletus edulis* Bull.), зеленушка (*Tricholoma maequestre* L.), підберезовик (*Leccinum scabrum* Bull. ex Fr.), моховик зелений (*Xerocomus subtomentosus* L.), лисичка справжня (*Cantharellus cibarius* Fr.), сиріожка їстівна (*Russula vesca* Fr.). Серед отруйних видів грибів трапляються: свиняк тонкий (*Paxillus involutus* Batch. exFr.), мухомор червоний (*Amanita muscaria* Hook.), біла поганка (*Amanita phalloides* Secr.), опеньок сірчано-жовтий несправжній (*Hypholoma fasciculare* P. Kumm.).

Вивчення динаміки перерозподілу  $^{137}\text{Cs}$  у лісових екосистемах проводили у два етапи: перший — польовий (відбір зразків, вимірювання радіаційного фону), другий — лабораторний (радіометричне визначення питомої активності  $^{137}\text{Cs}$ ).

Відбір зразків проводили за стандартною методикою [1] у тих місцях, де було виявлено плодові тіла шапкових грибів.

Крім самого плодового тіла, відбирали проби ґрунту під міцелієм з глибини 10 см та лісову підстилку навколо гриба. Після попереднього очищення та висушування питому активність  $^{137}\text{Cs}$  у лісовій підстилці, грибах і зразках ґрунту вимірювали на бета-радіометрі РУБ-01П6 [13]. Радіаційний фон у місцях відбору проб визначали радіометром-дозиметром гамма- і бета-випромінювань РКС-01 «Стора».

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За результатами польових та експериментальних досліджень нами було визначено, що у 2018 р. питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунтах дослідного полігона була невисокою — у межах 62–400 Бк/кг (табл. 1).

Найвищий рівень радіаційного фону зафіксовано у місці відбору неїстівного гриба свиняка тонкого — 0,16 мкЗв/год, а найнижчий — у точці відбору їстівної зеленушки — 0,08 мкЗв/год. Загалом, значення радіаційного фону не корелювалось з величинами питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  у грибах, підстилці чи у зразках ґрунту. Це може бути спричинено, по-перше, випромінюванням інших компонентів екосистеми, які ми не брали до уваги під час дослідження. По-друге, різний рівень радіаційного фону у місцях відбору зразків за рівнозначних величин питомої активності  $^{137}\text{Cs}$  може свідчити про збільшення біологічної доступності вказаного радіонукліда, що з'явився на поверхні ґрунту внаслідок відмирання плодових тіл грибів-макроміцетів. Проте обидва припущення потребують додаткових експериментальних досліджень.

Питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у лісовій підстилці була у межах 627–2366 Бк/кг, що на порядок перевищує відповідний показник для зразків ґрунту. Це свідчить, що деревна, кущова та трав'яна рослинність, відмерлі рештки якої складають основну частину підстилки, містить значно більше радіонуклідів, ніж ґрунт, на якому вона росла.

За результатами наших досліджень було визначено, що вміст  $^{137}\text{Cs}$  у плодо-

Таблиця 1

Радіаційний фон і питома активність <sup>137</sup>Cs у грибах, підстилці та зразках ґрунту

№ проби, вид	Вид проби	Фон, мкЗв/год	N <sub>пр</sub> , імпульс/с	А, Бк/кг
1. Маслюк звичайний ( <i>Suillus luteus</i> L.)	ґрунт	0,09	106,0	148,78
	гриб		103,0	1314,3
	підстилка		102,0	1366,7
2. Білий гриб ( <i>Boletus edulis</i> Bull.)	ґрунт	0,10	109,0	400,0
	гриб		104,0	920,0
	підстилка		100,1	1050,0
3. Білий гриб ( <i>Boletus edulis</i> Bull.)	ґрунт	0,11	110,0	188,37
	гриб		102,7	890,0
	підстилка		99,45	941,67
4. Зеленушка ( <i>Tricholo maequestre</i> Carolus Linnaeus)	ґрунт	0,08	102,25	61,68
	гриб		106,0	2033,3
	підстилка		104,0	927,27
5. Мухомор червоний ( <i>Amanita muscaria</i> Hook.)	ґрунт	0,12	02,85	64,18
	гриб		104,5	891,6
	підстилка		100,7	627,27
6. Підберезовик ( <i>Leccinum</i> <i>scabrum</i> Bull. ex Fr.)	ґрунт	0,12	102,3	101,19
	гриб		97,75	303,84
	підстилка		100,2	1280,0
7. Польський гриб ( <i>Boletus badius</i> Elias Magnus Fries)	ґрунт	0,10	106,75	161,88
	гриб		109,75	996,88
	підстилка		108,0	2366,67
8. Польський гриб ( <i>Boletus badius</i> Elias Magnus Fries)	ґрунт	0,13	110,25	112,67
	гриб		100,25	586,36
	підстилка		101,32	1505,0
9. Свиняк тонкий ( <i>Paxillus involutus</i> Batch. ex Fr.)	ґрунт	0,16	110,0	157,28
	гриб		105,75	1327,78
	підстилка		109,25	1287,5
10. Моховик зелений ( <i>Xerocomus subtomentosus</i> L.)	ґрунт	0,11	113,0	150,0
	гриб		102,75	1278,57
	підстилка		105,25	1272,2

вих тілах їстівних та неїстівних грибів не перевищує ДР-2006 і є однаковим з

відповідним показником для підстилки, проте значно вищим за вказані величини

Таблиця 2  
Коефіцієнти переходу  $^{137}\text{Cs}$  у плодові тіла грибів

№ проби	Вид гриба	Кп, кБк/м <sup>2</sup>
1	Маслюк звичайний	32,9
2	Білий гриб	8,5
3	Білий гриб	17,5
4	Зеленушка	119,6
5	Мухомор червоний	52,5
6	Підберезовик	11,3
7	Польський гриб	22,7
8	Польський гриб	19,6
9	Свиняк тонкий	30,9
10	Моховик зелений	31,2

зразків ґрунту. Порівнюючи отримані дані з даними інших досліджень [10], які були проведені у 1999 р., можна зробити висновок, що за минулі 19 років уміст  $^{137}\text{Cs}$  у лісових екосистемах Чернігівської обл. значно зменшився як унаслідок фізичного розпаду радіонукліда, так і завдяки антропогенному чиннику.

Видовий склад грибів-макроміцетів має велике значення у перерозподілі радіонуклідів у лісових екосистемах. За результатами досліджень встановлено, що за подібних рівнів радіоактивного забруднення ґрунту вміст вказаного ізотопу був вищий (до 4-х разів) у їстівних грибах: зеленушці, маслюку звичайному, моховику зеленому; та у отруйному – свиняку тонкому (табл. 2). Найнижчу активність  $^{137}\text{Cs}$  було виявлено у плодкових тілах підберезовиків, які, як відомо, відносяться до групи грибів середнього накопичення.

За 33 роки після аварії на ЧАЕС  $^{137}\text{Cs}$  значно «постарівав», тобто був зв'язаний твердою фазою ґрунту. Проте отримані результати досліджень засвідчили, що шапкові гриби у процесі свого існування вивільняють цей радіонуклід, підвищуючи його біологічну доступність. Незважаючи на незначну питому частку, макроміцети

відіграють помітне значення у перерозподілі радіонукліда у лісових екосистемах. Чинником цього є й недовговічність їхніх плодкових тіл, що швидко розкладаються, віддаючи весь вміст радіонукліда у доступній водорозчинній формі іншим ярусам рослинності, значно активуючи колообіг цезію у лісових екосистемах. Накопичений  $^{137}\text{Cs}$  гриби завдяки мікоризи передають іншим рослинам (підтвердженням цього є значний рівень забруднення лісової підстилки), сприяють міграції радіонукліда на інші території за допомогою абіотичних чинників (змив опадами, вітрове перенесення) та біотичних (поїдання плодкових тіл тваринами і вжиття у їжу людиною).

## ВИСНОВКИ

Сосницький р-он, на території якого розташовується Гутянське лісництво, відноситься до найбільш радіоактивно забруднених унаслідок аварії на ЧАЕС територій Чернігівської обл. Нині вміст  $^{137}\text{Cs}$  у ґрунті лісових екосистем порівняно з іншими компонентами є незначним і не перевищує 110 кБк/м<sup>2</sup>. Питома активність  $^{137}\text{Cs}$  у плодкових тілах їстівних та неїстівних грибів не перевищує ДР-2006 і є однаковою зі значенням відповідного показника для підстилки, проте значно вищою, ніж у зразках ґрунту. Це свідчить, що недовговічні плодові тіла швидко розкладаються, віддаючи весь вміст радіонукліда у доступній водорозчинній формі іншим ярусам рослинності, значно активізуючи колообіг цезію у лісових екосистемах, що може бути одним із чинників, які зумовлюють підвищення рівня захворюваності населення району. Така радіаційна ситуація потребує нагального вирішення великої кількості питань з охорони та поліпшення стану навколишнього природного середовища. Найголовнішою проблемою є те, що грибниця макроміцета розповсюджується на великі відстані, включається в процеси колообігу і робить  $^{137}\text{Cs}$  доступним іншим рослинам унаслідок відмирання наземних частин. Цей

процес відбувається й буде відбуватися на одному і тому самому місці тривалий час. Тому буде спостерігатися локальне накопичення доступного радіонукліда у значних кількостях, утворюючи високоактивні радіонуклідні плями. Рослини, які виростуть на цих місцях, будуть містити

значну кількість радіонуклідів, а далі харчовим ланцюгом  $^{137}\text{Cs}$  буде мігрувати на великі відстані і потрапляти до організму людини. Нині нами зафіксовано початковий етап збільшення біологічної доступності, тому вивчення особливостей цього процесу є актуальною проблемою.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Вишневский Д.А. Радиоэкологический мониторинг лесов в ситуации крупной радиационной аварии / Д.А. Вишневский, Н.Е. Зарубина, О.Л. Зарубин. — К.: ТОВ «Наш формат», 2015. — 114 с.
2. Трохимчук І. Лісорозведення на радіаційно забрудненій території / І. Трохимчук // Вісник Черкаського університету. — 2015. — № 19. — С. 121–126.
3. Radioactive and stable cesium isotope distributions and dynamics in Japanese cedar forests / V. Yoschenko, T. Takase, T. Hinton et al. // Journal of Environmental Radioactivity. — 2018. — Vol. 186. — P. 34–44.
4. Гавій В.М. Радіаційний стан Чернігівщини та його вплив на здоров'я населення / В.М. Гавій, Т.М. Шовкун // Вісник ОДЕУ. — 2007. — Вип. 4. — С. 35–40.
5. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області за 2004 рік / Міністерство охорони навколишнього природного середовища України; Державне управління екології та природних ресурсів в Чернігівській області. — Чернігів, 2005. — 204 с.
6.  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in forest mushrooms of genus *Leccinum* and topsoil from northern Poland and its contribution to the radiation dose / K. Szymańska, J. Falandyz, B. Skwarzec, D. Strumińska-Parulska // Chemosphere. — 2018. — Vol. 213. — P. 133–140.
7. Довідник для радіологічних служб Мінсільгосп-прод України / Б.С. Пристер, Ю.О. Іванов, В.Г. Гермашенко та ін. — К.: Нора-прінт, 1997. — 175 с.
8. Основы сельскохозяйственной радиологии / Б.С. Пристер, Н.А. Лоцилов, О.Ф. Немец, В.А. Поляков. — К.: Урожай, 1988. — 256 с.
9. Полінкевич В.А. Радіологічна оцінка продукції лісу в межах північних районів Житомирської області / В.А. Полінкевич, А.В. Катковський, О.А. Саук // Вісник ЖНАЕУ. — 2015. — № 1(47), Т. 1. — С. 19–27.
10. Патлай І.М. Основы лісової радіоекології / І.М. Патлай, М.М. Давидов, В.П. Ландін. — К.: Ярмарок, 1999. — 252 с.
11. Краснов В.П. Радіоекологія лісів Полісся України / В.П. Краснов. — Житомир: Волинь, 1998. — 112 с.
12. Гнатів П.С. Вивчення акумуляції цезію-137 макроміцетами в умовах Волинського Полісся у віддалений період після аварії на ЧАЕС / П.С. Гнатів, С.М. Голуб, В.О. Голуб // Природа Західного Полісся та прилеглих територій. — 2010. — № 7. — С. 169–176.
13. Практикум з радіобіології та радіоекології / В.А. Гайченко, І.М. Гудков, В.О. Кашпаров та ін. — Херсон: Олді-Плюс, 2014. — 278 с.

## REFERENCES

1. Vishnevskiy, D.A., Zarubina, N.E., Zarubin, O.L. (2015). *Radioekologicheskii monitoring lesov v situatsii krupnoy radiatsionnoy avarii [Radioecological monitoring of forests in a situation of a major radiation accident]*. Kyiv: Nash format [in Russian].
2. Trokhymchuk, I. (2015). *Lisorozvedennia na radiatsiino zabrudnenii terytorii [Deforestation in radiation contaminated territory]*. *Visnyk Cherkaskoho universytetu — Bulletin of Cherkasy University*, 19, 121–126 [in Ukrainian].
3. Yoschenko, V., Takase, T., Hinton, T. et al. (2018). *Radioactive and stable cesium isotope distributions and dynamics in Japanese cedar forests*. *Journal of Environmental Radioactivity*, 186, 34–44 [in English].
4. Havii, V.M., Shovkun, T.M. (2007). *Radiatsiinyi stan Chernihivshchyny ta yoho vplyv na zdorov'ia naselennia [Radiation status of Chernihiv region and its impact on public health]*. *Visnyk ODEU — Bulletin of the Odessa State Environmental University*, 4, 35–40 [in Ukrainian].
5. *Dopovid pro stan navkolishmoho pryrodnoho sere-dovyshcha v Chernihivskii oblasti za 2004 rik [Report on the Environment in Chernihiv oblast for 2004]*. Chernihiv [in Ukrainian].
6. Szymańska, K., Falandyz, J., Skwarzec, B., Strumińska-Parulska, D. (2018).  $^{210}\text{Po}$  and  $^{210}\text{Pb}$  in forest mushrooms of genus *Leccinum* and topsoil from northern Poland and its contribution to the radiation dose. *Chemosphere*, 213, 133–140 [in English].
7. Prister, B.S., Ivanov, Yu.O., Hermashenko, V.H., Bondar, P.F., Kashparov, V.O., Kalshenko, L.V., Lazarev, M.M., Lundin, S.M., Perepeliatnikova, L.V.,



- Romanov, L.M., Semeniutin, O.M., Dolhyi, M.L., Zahorulko, O.V. (1997). *Dovidnyk dlia radiolohichnykh sluzhb Minsilhospprod Ukrainy [Handbook for Radiological Services of the Ministry of Agriculture and Food of Ukraine]*. Kyiv: Nora-print [in Ukrainian].
8. Prister, B.S., Loshchilov, N.A., Nemets, O.F., Poyarkov, V.A. (1988). *Osnovy selskokhozyaystvennoy radiologii [Fundamentals of Agricultural Radiology]*. Kyiv: Urozhay [in Russian].
  9. Polinkevych, V.A., Katkovskiy, A.V., Sauk, O.A. (2015). Radiolohichna otsinka produktsii lisu v mezhakh pivnichnykh raioniv Zhytomyrskoi oblasti [Radiological evaluation of forest production within the northern regions of Zhytomyr region]. *Visnyk ZhNAEU – Bulletin of Zhytomyr National Agroecological University*, 1(47), 19–27 [in Ukrainian].
  10. Patlai, I.M., Davydov, M.M., Landin V.P. (1999). *Osnovy lisovoi radioekolohii [Fundamentals of forest radioecology]*. Kyiv: Yarmarok [in Ukrainian].
  11. Krasnov, V.P. (1998). *Radioekolohiia lisiv Polissia Ukrainy [Radioecology of forests of Polesie of Ukraine]*. Zhytomyr: Volyn [in Ukrainian].
  12. Hnativ, P.S., Holub, S.M., Holub, V.O. (2010). Vyvchennia akumulatsii tseziiu-137 makromitsetamy v umovakh Volynskoho Polissia y viddalenyi period pislia avarii na ChAES [Studying of cesium-137 accumulation by macromycetes in the conditions of Volyn Polissya in the remote period after the Chernobyl accident]. *Pryroda Zakhidnoho Polissia ta prylehlykh terytorii – Nature West Polesie and adjacent areas* 7(2), 169–176 [in Ukrainian].
  13. Haichenko, V.A., Hudkov, I.M., Kashparov, V.O., Kitsno, V.O., Lazariev, M.M. (2014). *Praktykum z radiobiolohii ta radioekolohii [Workshop on radiobiology and radioecology]*. Kherson: Oldi-Plius [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 09.10.2019



# РОДЮЧІСТЬ І ОХОРОНА ҐРУНТІВ

УДК 631.417

DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2019.189442>

## БАЛАНС ГУМУСУ В КОРОТКОРОТАЦІЙНІЙ ПОЛЬОВІЙ СІВОЗМІНІ

С.А. Романова<sup>1</sup>, І.М. Гульванський<sup>2</sup>, С.В. Задорожна<sup>2</sup>, В.О. Матвєєва<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України»

<sup>2</sup> Кіровоградська філія ДУ «Держґрунтохорона»

*Наведено результати досліджень динаміки балансу гумусу п'ятипільної польової сівозміни (2013–2017 рр.). Досліджено, що із чотирьох культур сівозміни бездефіцитний баланс гумусу за ротацію забезпечили лише пшениця озима і кукурудза у всіх трьох варіантах системи удобрення. Дефіцитний баланс гумусу спостерігався на тлі всіх варіантів удобрення за вирощування сої та соняшнику. Найвищі втрати гумусу (–2,0 т/га) зафіксовано у варіанті без внесення добрив на паровому полі.*

**Ключові слова:** ґрунт, баланс гумусу, мінеральні добрива, побічна продукція, короткоротаційна польова сівозміна.

Головним критерієм, що визначає рівень родючості ґрунту, поряд з іншими агрохімічними показниками є вміст органічної речовини — гумусу. Для досягнення оптимального вмісту гумусу слід щорічно поповнювати ґрунти необхідною кількістю органічної речовини, а за вмісту близького до оптимального забезпечувати його бездефіцитний баланс [1].

Для одержання стабільних урожаїв сільськогосподарських культур у сівозмінах без втрат родючості ґрунту необхідно застосовувати таку систему удобрення, яка зможе забезпечити відшкодування (компенсацію) виносу з урожаєм азоту і калію не нижче 70–80%, а фосфору — 100–110% [2].

За сучасних умов сільськогосподарського виробництва на зміну традиційній десятипільній сівозміні колективних господарств дедалі ширше впроваджуються короткоротаційні сівозміни різнопрофільного напрямку. Тому певний інтерес як у науковому, так і практичному аспектах викликають ті зміни, що відбуваються з органічною частиною ґрунту в корот-

коротаційній сівозміні з вирощуванням зернових і технічних культур.

Баланс гумусу в ґрунтах України впродовж останніх років був гостродефіцитним і варіював у межах 0,4–0,8 т/га [3]. Спричинено це недостатнім внесенням органічних добрив.

Надходження органічної речовини для її подальшої гуміфікації забезпечується побічною продукцією, що залишається в полі, пожнивними і кореневими рештками сільськогосподарських культур, органічними добривами, посівним і посадковим матеріалом тощо.

Втрати відбуваються через мінералізацію органічної речовини за інтенсивного механічного обробітку, вимивання внутрішньоґрунтовим та вертикальним стоком, а також через водну ерозію та дефляцію ґрунту.

Мета досліджень — вивчити вплив добрив та побічної продукції сільськогосподарських культур на баланс гумусу в чорноземі звичайному середньогумусному глибокому важкосуглинковому у короткоротаційній сівозміні.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослід проводили у співпраці з Кіровоградським ІСґС НААН. Досліджували

© С.А. Романова, І.М. Гульванський, С.В. Задорожна, В.О. Матвєєва, 2019

п'ятипільну польову сівозміну з вирощуванням пшениці озимої, сої, кукурудзи на зерно, соняшнику, а також введенням чорного пару впродовж 2013–2017 рр.

Повторність дослідів — триразова. Схеми наведено у таблиці 1.

Баланс гумусу розраховували згідно з відповідними методиками [4, 5].

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Останніми роками наукова спільнота приділяє значну увагу дослідженню балансу гумусу [6–8].

Результати досліджень свідчать, що із чотирьох культур сівозміни бездефіцитний баланс гумусу в середньому за ротацию забезпечили лише пшениця озима і кукурудза на зерно у всіх трьох варіантах системи удобрення.

У досліді і озима пшениця, і кукурудза на зерно сформували задовільну масу рослинних решток і побічної продукції, що забезпечило перевагу дохідної частини гумусу над його втратами. Так, у варіанті вирощування пшениці озимої без добрив нагромадилось 7,27 т/га поверхнево-коре-

Таблиця 1

#### Баланс гумусу у короткоротацийній сівозміні за одну ротацию (середнє за 2013–2017 рр.)

Сільсько-господарська культура	Система удобрення	Надходження гумусу, т/га			Втрати гумусу, т/га	Баланс +/-, т/га
		побічна продукція	поверхнево-кореневі рештки	всього		
Чорний пар	без добрив	0	0	0	2,0	-2,0
	без добрив	0	0	0	2,0	-2,0
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + зелена маса кукурудзи	0,74	0,11	0,85	1,47	-0,62
Пшениця озима	без добрив	0	1,45	1,45	1,25	+0,20
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0	1,57	1,57	1,25	+0,32
	N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + побічна продукція	1,66	1,63	3,29	1,25	+2,04
Соя	без добрив	0	0,68	0,68	1,50	-0,82
	N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	0	0,75	0,75	1,50	-0,75
	N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub> + побічна продукція	0,66	0,78	1,44	1,50	-0,06
Кукурудза на зерно	без добрив	0	1,68	1,68	1,60	+0,08
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	0	1,74	1,74	1,60	+0,14
	N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub> + побічна продукція	2,38	1,76	4,14	1,60	+2,54
Соняшник	без добрив	0	0,54	0,54	1,60	-1,06
	N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub>	0	0,60	0,60	1,60	-1,00
	N <sub>40</sub> P <sub>40</sub> K <sub>40</sub> + побічна продукція	0,94	0,64	1,58	1,60	-0,02

невих решток, які у процесі гуміфікації забезпечили надходження у ґрунт 1,45 т/га гумусу. Отже, надходження гумусу перевищило втрати на 0,20 т/га. У варіанті з внесенням лише мінеральних добрив ( $N_{90}P_{60}K_{60}$ ) перевищення дохідної частини гумусу над втратами становить 0,32 т/га, а за додаткового внесення побічної продукції – 2,04 т/га (табл. 1).

Аналогічні результати одержано і за вирощування кукурудзи на зерно. Слід також зауважити, що у варіантах досліду без внесення добрив та з мінеральною системою удобрення за позитивного балансу гумусу переваги надходження над витратами були незначними.

Втрати гумусу у варіанті з паровим полем у середньому становили (–2,0 т/га), а за внесення сидеральної культури (кукурудзи у фазу молочно-воскової стиглості) вони зменшились до –0,62 т/га (табл. 1).

Дефіцитний баланс гумусу спостерігався у всіх варіантах удобрення як за вирощування сої, так і соняшнику. Найвищі втрати гумусу (–0,82 т/га) за вирощування сої і соняшнику (–1,06 т/га) зафіксовано у варіанті без внесення добрив. Внесення мінеральних добрив сприяло незначному зменшенню втрат гумусу обома культурами, тоді як за додавання побічної продукції втрати гумусу були на рівні похибки.

Загалом, у короткоротаційній сівозміні баланс гумусу у варіантах без добрив та з внесенням лише мінеральних добрив

був дефіцитним (–1,0 і – 0,32 т/га відповідно).

За поєднання мінеральної системи удобрення з внесенням побічної продукції порівняно з двома іншими варіантами обсяг органічних решток, що підлягає гуміфікації, збільшився більш ніж у 2,5 раза. Внаслідок цього у вказаному варіанті зафіксовано позитивний баланс гумусу – перевищення надходження над втратами становило 0,73 т/га.

Розрахунок балансу гумусу у досліджуваній короткоротаційній сівозміні узгоджується з результатами аналітичних досліджень щодо умісту гумусу в ґрунті. Так, на початку вегетації у короткоротаційній сівозміні вміст гумусу становив: у варіанті без добрив 3,82%, на тлі мінеральної системи удобрення – 3,92%; за поєднання мінеральної системи з внесенням побічної продукції – 3,94%.

Наприкінці ротації на тому самому полі в зразках ґрунту, відібраних на початку вегетації, вміст гумусу становив 3,79, 3,90, і 3,97% відповідно.

## ВИСНОВКИ

У короткоротаційній польовій сівозміні з вирощуванням пшениці озимої, сої кукурудзи на зерно, соняшнику та з введенням парового поля бездефіцитний баланс гумусу досягається лише за внесення оптимальних доз добрив під кожен культуру в поєднанні із заорюванням побічної продукції кожної культури.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Довідник з агрохімічного та агроекологічного стану ґрунтів України / за ред. Б.С. Носка, Б.С. Пристера, М.В. Лободи. – К.: Урожай, 1994. – 333 с.
2. *Прянишников Д.Н.* Избранные труды / Д.Н. Прянишников. – М.: Наука, 1976. – 521 с.
3. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України / [С.А. Балюк, В.В. Медведєв, О.Г. Тараріко та ін.]. – К., 2010. – 112 с.
4. 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., 2011. – 6 с.
5. Методичні вказівки з охорони ґрунтів / [В.О. Греков, Л.В. Дацько, В.А. Жилкін, М.І. Майстренко]. – К., 2011. – 94 с.
6. *Шукайло С.П.* Баланс гумусу в ґрунтах Херсонської області / С.П. Шукайло // Агроекологічний журнал. – 2010. – № 3. – С. 39–43.
7. *Коваленко С.А.* Зміни показників балансу гумусу у ґрунтах сільськогосподарських угідь Чернігівської області / С.А. Коваленко, Ю.Д. Матухно, М.П. Мукосій // Агроекологічний журнал. – 2010. – № 3. – С. 52–56.
8. Екологічна оцінка різних сівозмін за балансом гумусу / О.В. Харченко, І.М. Масик, Ю.Г. Міщенко [та ін.] // Вісник Сумського національного аграрного університету. – 2015. – № 3. – С. 126–129.

## REFERENCES

1. Nosko, B.S., Prister, B.S., & Loboda, M.V. (1994). *Dovidnyk z ahrokhimichnogo ta ahroekologichnogo stanu gruntiv Ukrainy [Reference book on agrochemical and agro-ecological soil condition of Ukraine]*. Kyiv: Urozhai [in Ukrainian].
2. Prianishnikov, D.N. (1976). *Izbrannyie trudy [Selected works]*. Moscow: Nauka [in Russian].
3. Baliuk, S.A., Miedviediev, V.V., & Tarariko, O.H. (2010). *Natsionalna dopovid pro stan rodiuchosti gruntiv Ukrainy [National report of soil fertility in Ukraine]*. Kyiv [in Ukrainian].
4. Baliuk, S.A., Hrekov, V.O., Lisovyi, A.V., & Komarysta, A.V. (2011). *Rozrakhunok balansu humusu i pozhyvnykh rechozyn y zemlerobstvi Ukrainy na riznykh rivniakh upravlinnia [Calculation of humus and nutrient balance in Ukrainian agriculture at different levels of management]*. Kharkiv [in Ukrainian].
5. Hrekov, V.O., Datsko, L.V., Zhylykin, V.A., & Maistrenko, M.I. (2011). *Metodychni vkazivky z okhorony gruntiv [Guidelines for soil protection]*. Kyiv [in Ukrainian].
6. Shukailo, S.P. (2010). Balans humusu v gruntakh Khersonskoi oblasti [Balance of humus in soils of Kherson region]. *Ahroekologichnyi zhurnal – Agroecological journal*, 3, 39–43 [in Ukrainian].
7. Kovalenko, S.A., Matukhno, Y.D., & Mukosii, M.P. (2010). Zminy pokaznykiv balansu humusu u gruntakh silskohospodarskykh uhid Chernihivskoi oblasti [Changes in humus balance indicators in soils of agricultural lands of Chernihiv region]. *Ahroekologichnyi zhurnal – Agroecological journal*, 3, 52–56 [in Ukrainian].
8. Kharchenko, O.V., Masyk, I.M., Mishchenko Yu.H., & Davydenko, A.H. (2015). Ekologichna otsinka riznykh sivozmin za balansom humusu [Ecological assessment of different rotations by humus balance]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu – Bulletin of Sumy National Agrarian University*, 3, 126–129 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 04.10.2019

УДК 631.415.1

DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2019.189446>

## ДИНАМІКА КИСЛОТНОСТІ ҐРУНТІВ У ЗОНІ СТЕПУ

О.Г. Хитрук, С.В. Задоржна, В.О. Матвєєва, Ю.В. Боярко

Кіровоградська філія ДУ «Держґрунтохорона»

Досліджено динаміку реакції ґрунтового розчину земель сільськогосподарського призначення Кіровоградської обл. упродовж п'яти турів агрохімічного обстеження. Виявлено, що частка ґрунтів, які мають слабокислу реакцію ґрунтового розчину (рН 5,1–5,5), зменшилася на 11,0%. Значно збільшилася частка ґрунтів класу близьких до нейтральних (рН 5,6–6,0) з 41,0 у 1995 р. (VI тур) до 55,1% у 2015 р. (X тур). У перерозподілі ґрунтів з нейтральною реакцією (рН 6,1–7,0) відбулися незначні зміни — з 36,6 у 2000 р. до 31,3% у 2015 р. Для зменшення частки кислих ґрунтів за сучасних умов ведення землеробства необхідно вживати меліоративних заходів із використанням місцевої сировинної бази.

**Ключові слова:** кислотність ґрунту, агрохімічне обстеження, хімічна меліорація.

Кіровоградська обл. розташовується у центрі України між річками Дніпром та Південним Бугом, у південній частині Придніпровської височини. Ґрунти області мають високу потенційну родючість, що значною мірою залежить від реакції ґрунтового розчину. Її величина безпосе-

редньо впливає на доступність і засвоюваність рослинами поживних речовин, їх мінералізацію, життєдіяльність мікроорганізмів, коагуляцію і пептизацію колоїдів [1]. Ґрунти з кислою реакцією ґрунтового розчину відрізняються здебільшого низькою буферністю [2].

На величину кислотності більше, ніж на інші показники, впливають способи

сільськогосподарського виробництва. Систематичне застосування незбалансованих за поживними речовинами мінеральних добрив, винос кальцію і магнію з урожаєм і вимивання їх з кореневого шару, випадання кислих атмосферних опадів зумовлюють підкислення ґрунтового розчину. Ці чинники формують несприятливі умови для росту та розвитку рослин, знижують ефективність мінеральних добрив, стримують підвищення родючості ґрунтів [3].

Одним з пріоритетних завдань нинішнього сільськогосподарського виробництва є розробка та впровадження заходів з хімічної меліорації орних земель для відтворення їх родючості.

Мета дослідження — вивчити динаміку реакції ґрунтового розчину земель сільськогосподарського призначення Кіровоградської обл. упродовж п'яти турів агрохімічного обстеження.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Використовували матеріали агрохімічного обстеження ґрунтів сільськогосподарського призначення (VI–X тури). Під час проведення дослідження керувались відповідною методикою [4]. Обсяги застосування органічних і мінеральних добрив визначали за статистичною звітністю (ф. № 9-б-сг).

Аналітичні дослідження ґрунту проводили згідно з ДСТУ [5].

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Проблему збільшення кислотності ґрунтів та шляхів її розв'язання розглянуто у низці публікацій [6–8].

Покращанню кислотно-основної функції ґрунтів за допомогою хімічної меліорації також були присвячені праці провідних науковців [3, 9, 10].

За результатами останніх п'яти турів обстеження встановлено, що за 35 років у Кіровоградській обл. зросла частка близьких до нейтральних і слаболужних ґрунтів і — зменшилась кислих та нейтральних. Упродовж VIII–X турів обсяги внесення мінеральних добрив значно збільшились.

Але дефіцит кальцію та магнію, відчужених з урожаєм, на тлі вказаних процесів поступово зростає, що своєю чергою негативно позначилося на агрохімічних показниках ґрунту [1]. Для відтворення родючості і підвищення ефективності засобів хімізації необхідно щорічно вносити в ґрунт 150–200 кг/га добрив у діючій речовині (у д.р.). Порівняно із світовими, щорічне внесення мінеральних добрив в Україні є значно меншим.

Ґрунтовий покрив Кіровоградської обл. відрізняється значною строкатістю. Але в його складі переважають ґрунти чорноземного типу. Натомість ґрунти, які за своїм генезисом відносяться до кислих, налічують лише 76 тис. га, тобто 4% площ [1]. З огляду на інтенсивну хімізацію сільськогосподарського виробництва, в 70–80-і рр. минулого століття до розряду кислих ґрунтів перейшло 248,3 тис. га чорноземів глибоких і звичайних.

Нині частка площ кислих ґрунтів зменшилась, і в 2015 р. становила 105,8 тис. га, хоча це, насамперед, обумовлено не покращенням кислотно-основних властивостей, а зменшенням площ обстеження земель сільськогосподарського призначення.

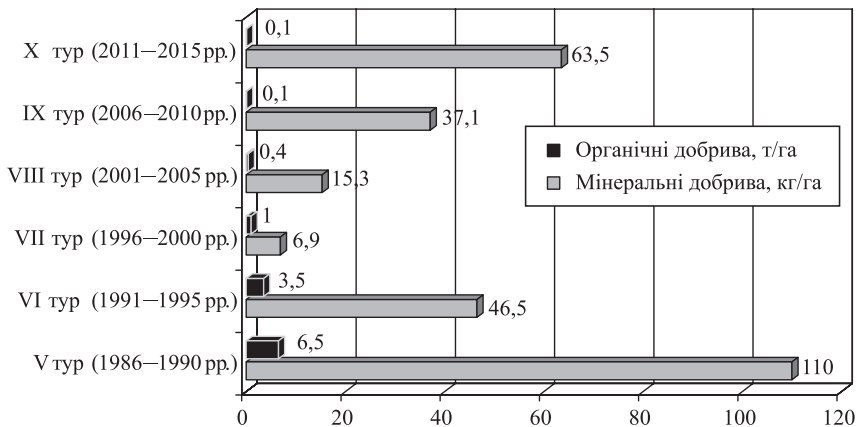
Через різке скорочення поголів'я сільськогосподарських тварин внесення органічних добрив зменшилося до мінімальних обсягів — 0,1 т/га (IX–X тур). Обсяги внесення мінеральних добрив стрімко зменшувались до 2000 р., натомість поступово почали зростати за останні 17 років. Так, внесення мінеральних добрив у області збільшилося з 6,9 до 63,5 кг/га у д.р. (рис. 1). Саме завдяки збільшенню внесення мінеральних добрив частка ґрунтів, які мають середньо- та слабокислу реакції ґрунтового розчину, зменшилась на 0,78 та 11,0% відповідно. Значно збільшилась й частка близьких до нейтральних ґрунтів (рН 5,6–6,0) з 41,0 у 1995 р. до 55,1% у 2015 р. Незначні зміни відбулися у перерозподілі ґрунтів з нейтральною реакцією (рН 6,1–7,0) з 37,6 у 2000 р. до 31,3% у 2015 р.

У Кіровоградській обл. тривалий час не надавали належного значення хіміч-

Таблиця 1

**Динаміка площ за реакцією ґрунтового розчину**

Градация ґрунту	Частка ґрунтів за реакцією ґрунтового розчину, %				
	VI тур (1991–1995 рр.)	VII тур (1996–2000 рр.)	VIII тур (2001–2005 рр.)	IX тур (2006–2010 рр.)	X тур (2011–2015 рр.)
Середньокислі (4,6–5,0)	0,8	0,6	0,8	0,1	0,02
Слабокислі (5,1–5,5)	20,6	16,7	19,8	10	9,6
Близькі до нейтральних (5,6–6,0)	41	39,4	41,6	52,5	55,1
Нейтральні (6,1–7,0)	37,6	43,3	36,6	36	31,3
Слаболужні (7,1–7,5)	–	–	1,2	1,4	4



**Рис. 1.** Динаміка внесення мінеральних і органічних добрив упродовж V–X турів агрохімічного обстеження ґрунтів Кіровоградської обл.

ній меліорації ґрунтів. Упродовж останніх 25 років було проведено вапнування лише на 3,3% площ ґрунтів, що потребують вапнування. На сьогодні існують думки щодо вапнування не з метою хімічної меліорації, а для покращення агрохімічних властивостей ґрунтового розчину. Тобто слід вносити вапно як звичайний елемент живлення рослин, необхідний так само, як і мінеральні та органічні добрива [10]. Усі ці чинники, поряд із зростаючим дефіцитом активних форм кальцію та магнію внаслідок відчуження їх з урожаєм сільськогосподарських культур та вимивання у лісостеповій зоні вниз профілем,

формують умови для підкислення ґрунтового розчину. Також спостерігається чітка тенденція до зменшення й інших агрохімічних показників.

Отже, результати агрохімічних спостережень за останні 35 років свідчать, що в сільському господарстві відбуваються взаємно обумовлені процеси. З одного боку, доволі повільно збільшуються обсяги внесення мінеральних добрив, а з іншого — змінюється асортимент добрив. Так, на зміну звичайному суперфосфату почали надходити подвійний і потрійний суперфосфати, які містили набагато більше фосфору, натомість на таку саму



кількість менше кальцію. Внаслідок цього погіршилась потенційна родючість земель, що зумовило зниження врожайності сільськогосподарських культур.

Традиційним способом покращення агрохімічних, фізико-хімічних, фізичних і мікробіологічних властивостей кислих ґрунтів є вапнування. Цей захід на сьогодні не є основним у формуванні високих і сталих урожаїв сільськогосподарських культур. Однак його дія є доволі значущою за застосування фізіологічно кислих мінеральних добрив. Крім того, вапнування є невід'ємним чинником у складі природоохоронних заходів.

Одним із пріоритетних напрямів проведення хімічної меліорації та зменшення частки кислих ґрунтів повинно стати використання місцевої сировинної бази. Зауважимо, запаси дефекату в Кіровоградській обл. налічують близько 600 тис. т. Також на території Капітанівської і Липовенської сільських рад Голованіського р-ну є значні запаси серпентиніту, а в процесі виробництва на Побузькому феронікелевому комбінаті накопичуються відходи з високим умістом кальцію та магнію.

Як меліорант дефекат є значно якіснішим порівняно із звичайним вапном. Так, окрім 40–80% карбонатів кальцію, він містить ще й 9,4–13,7 – органічної речовини; 0,27–0,35 – азоту, 0,35–0,46% загального і 4,3–7,0 мг/100 г засвоюваного фосфору, 0,6–0,9% загального і 47–75 мг/100 г засвоюваного калію [1]. Дефекат сприяє поліпшенню водного режиму, покращує водно-фізичні і фізико-хімічні показники ґрунту. Але, найголовніше, він обмежує надходження до рослин радіонуклідів, що є важливим чинником за вирощування екологічно безпечної продукції.

## ВИСНОВКИ

Для зменшення частки кислих ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення в Кіровоградській обл. за сучасних умов ведення землеробства необхідно: зменшити частку фізіологічно кислих мінеральних добрив; використовувати для хімічної меліорації місцеві агрохімікати, такі як дефекат, серпентиніт і кальцієвмісні металургійні шлаки; використовувати меліорант у комплексі з мінеральними та органічними добривами.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Зміна кислотного стану ґрунтів Кіровоградської області та шляхи його оптимізації / С.Л. Синицький та ін. // Вісник Степу. – 2009. – Вип. 6. – С. 84–87.
2. Цапко Ю.Л. Зміна фосфатної і калійної функцій кислого ґрунту залежно від удобрення та вапнування / Ю.Л. Цапко, Н.Ф. Чешко, Г.Й. Габріель // Агроекологічний журнал. – 2011. – № 2. – С. 67–71.
3. Ковда В.А. Биохимические циклы в природе и их нарушение человеком / В.А. Ковда. – М.: Наука, 1975. – 74 с.
4. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / за ред. І.П. Яцука, С.А. Балука. – К., 2013. – 104 с.
5. Якість ґрунту. Визначення рН (ISO 10390:2005, IDT): ДСТУ ISO 10390:2007. – [Чинний від 2009-10-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2012. – 4 с.
6. Третяк А.М. Наукові основи економіки землекористування та землевпорядкування / А.М. Третяк, В.М. Другак. – К.: ЦЗРУ, 2003. – 337 с.
7. Балука С.А. Ґрунтові ресурси України: стан і заходи їх поліпшення / С.А. Балука // Вісник аграрної науки. – 2010. – № 6. – С. 6–7.
8. Греков В.А. Кислотность и известкование пахотных почв Украины / В.А. Греков, А.И. Мельник // Плодородие. – 2011. – № 1. – С. 4–6.
9. Надточій П.П. Кислотнo-основна буферність і проблеми вапнування кислих ґрунтів Полісся: актуальні питання агроекології / П.П. Надточій, В.А. Трембцький // Вісник ДАУ. – 2003. – Т. 2. – С. 3–17.
10. Гелевера О.Ф. Кислотність і родючість ґрунтів / О.Ф. Гелевера, Ф.П. Топольний // Аграрна наука – селу: наук. зб. – 1998. – Вип. 6. – С. 6–8.

## REFERENCES

1. Synytskyi, S.L. et. al. (2009). Zmina kyslotnoho stanu gruntiv Kirovohradskoi oblasti ta shliakhy yoho optymizatsii [Changes in the acid state of soils in the Kirovohrad region and ways of it's optimization]. *Visnyk stepu – Bulletin of steppe*, 6, 84–87 [in Ukrainian].



2. Tsapko, Yu.L., Cheshko, N.F., & Habriel, H.Y. (2011). Zmina fosfatu i kaliinoy funktsii kysloho grntu zalezho vidodobrennia ta vapnuvannia [Change of phosphate and potassium functions of acidic soil depending on fertilizer and liming]. *Ahroekolohichniy zhurnal – Agroecological journal*, 2, 67–71 [in Ukrainian].
3. Kovda, V.A. (1975). *Biokhimeskie tsykly v prirode i ikh narusheniie chelovekom* [Biochemical cycles in nature and their violation by people]. Moskva: Nauka [in Russian].
4. Yatsuk, I.P., & Baliuk, S.A. (2013). *Metodyka provedennia ahrokhimichnoy pasportyzatsii zemel silskohospodarskoho pryznachennia* [Methods of agrochemical certification of agricultural lands]. Kyiv [in Ukrainian].
5. Yakist hruntu. Vyznachennia pH (ISO 10390:2005, IDT) [Soil quality. Determination of pH (ISO 10390:2005, IDT)]. (2012). *DSTU ISO 10390:2007 from the 1<sup>st</sup> January 2009*. Kyiv: Derzhspozhyvstandart Ukrainy [in Ukrainian].
6. Tretiak, A.M., & Druhak, V.M. (2003). *Naukovi osnovy ekonomiky zemlekorystuvannia ta zemlevporiadkuvannia* [Scientific bases of economics of land use and land management]. Kyiv: TZRU [in Ukrainian].
7. Baliuk, S.A. (2010). Gruntovi resursy Ukrainy: stan i zakhody yikh polipshennia [Soil resources of Ukraine: state and measures for their improvement]. *Visnyk ahramoi nauky – Bulletin of agrarian science*, 6, 6–7 [in Ukrainian].
8. Hrekov, V.A., & Melnyk A.I. (2011). Kislotnost i izvestkovaniiepakhptnykh pochv Ukrainy [Acidity and liming of arable soils of Ukraine]. *Plodorodiie – Fertility*, 1, 4–6 [in Russian].
9. Nadtochii, P.P., & Trmbitskyi, V.A. (2003). Kyslотноosnovna bufernist i problemy vapnuvannia kyslykh gruntiv Polissia: aktualni pytannia ahroekolohii [Acid-basic buffering and problems of acidic soil liming of Polesie: topical issues of agroecology]. *Visnyk DAU – Bulletin of SAU*, 2, 3–17 [in Ukrainian].
10. Helevera, O.F., & Topolnyi, F.P. (1998). Kyslотноisti rodiuchist gruntiv [Soil acidity and fertility]. *Ahrama nauka – selu – Agrarian science – for vil-lage*, 6, 6–8 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 05.10.2019

УДК 631.42:631.878 (477.51)

DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2019.189450>

## ЗНАЧЕННЯ СПОЛУК Fe У ФОСФАТНОМУ РЕЖИМІ ТОРФОВИХ ҐРУНТІВ БОЛОТА ЗАМГЛАЙ

С.М. Черствий<sup>1</sup>, І.І. Шабанова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Чернігівський національний технологічний університет

<sup>2</sup> Чернігівська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»

Дослідженнями впливу заліза на фосфатний режим торфових ґрунтів болота Замглай встановлено, що серед фракційного складу фосфатів переважають органічні алюмо- і залізофосфати над мінеральними. Кількість фосфатів кальцію є значно вищою на осушеній ділянці внаслідок вапнування ґрунту. Серед відновно-розчинних переважають фосфати окисного заліза, що обумовлено його більшою гідратованістю. За результатами модельного лабораторного дослідження з вивчення значення сполук заліза у фосфатному режимі торфових ґрунтів встановлено, що за додаткового внесення підвищених доз заліза і фосфору кількість залізофосфатів зростає із зменшенням кількості вільного заліза і фосфору в залишку. За додавання тільки фосфору або заліза кількість залізофосфатів у ґрунті майже не змінюється.

**Ключові слова:** торфові ґрунти, фосфор, залізо-, алюмо-, кальційфосфати, утворення.

Інтерес виробників та вчених до фосфорних сполук та їх зв'язку з мінеральними і органічними компонентами ґрунту викликано збільшенням застосування фос-

форних добрив і здатністю елемента легко закріплюватися в ґрунті у важкодоступних для рослин формах.

На сьогодні режиму фосфатів у різних ґрунтах присвячено низку робіт, зокрема Д.Л. Аскіназі [1], Л.В. Степанової [2],

Л.В. Сало [3], в яких наголошено, що фосфат тісно пов'язаний із складом і властивостями ґрунтів. У кислих, ненасичених кальцієм ґрунтах поглинання фосфору визначається присутністю полутораоксидів заліза і алюмінію, у нейтральних або слаболужних — взаємодією з кальцієм [1].

Важливу роль у поглинанні фосфору відіграє органічна речовина. На думку Н.І. Горбунова, Т.Н. Щуріної [4], органічна речовина, що насичена багатовалентними основами, поглинає фосфор так само, як і глинисті мінерали.

Згідно з дослідженнями І.Н. Донських [5], мінеральні фосфати у торфових ґрунтах становлять 15–20% від загальної кількості. Основними формами мінеральних сполук у низинних торфах є фосфати кальцію, а у верхових і перехідних — фосфати заліза і алюмінію. Так, С.Т. Вознюком і В.В. Фалюшем [6] було виявлено у низинних торфах однакову кількість фосфатів заліза, алюмінію і кальцію.

Якщо мінеральні фосфати основних солей можуть бути легкодоступними рослинам, то органічні набувають такої можливості внаслідок поступової мінералізації органічної речовини.

Метою наших досліджень було виявити зміни фосфатного режиму торфових ґрунтів болота Замглай, зумовлені як їх осушенням і використанням, так і впливом окисного і закисного заліза, кальцію та алюмінію на фракційний склад фосфатів.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Як об'єкт досліджень використовували евтрофні ґрунти болота Замглай у межах Бурівського дослідного поля. Потужність торфових покладів становить 180–240 см.

Болото Замглай відноситься до поліської частини Чернігівської обл., розміщується в унікальній за своєю геологічною будовою улоговині [6].

На сьогодні вказане торфовище є рівнинним рельєфом. Має загальний ухил у південно-східному напрямі до р. Десни.

Роботи з осушення болота Замглай були розпочаті у 1897 р., коли інженер Є.В. Оппоков провів дослідження, роз-

робив карту болота та намітив осушувальну мережу для всього масиву. Однак проект не було здійснено. У подальшому осушували лише окремі ділянки з метою видобування торфу на паливо.

У 1956–1964 рр. було запроєктовано і побудовано осушувальну мережу на площі 3122 га, із яких 360 га — гончарним дренажем.

Перші етапи наукових досліджень ми проводили впродовж трьох років на стаціонарних ділянках площею 36 м<sup>2</sup>, закладених у 1974 р. на осушених і цілинних масивах. У 2007 р. було проведено повторні польові і лабораторні дослідження з метою виявлення можливих змін морфологічних ознак торфу та його фізико-хімічних властивостей, обумовлених тривалим осушенням та використанням.

У рамках тематики наукових досліджень кафедри аграрних технологій Чернігівського національного технологічного університету в 2012 р. були відібрані зразки торфу на вказаних ділянках з метою проведення досліджень фосфатного режиму торфових ґрунтів у співпраці з Чернігівською філією ДУ «Інститут охорони ґрунтів України».

Зразки торфу відбирали на осушених і цілинних ділянках із трьох розрізів на кожній ділянці з глибини 0–20, 40–60, 80–100 см для одержання усередненого зразка в межах його однотипових генетичних шарів.

У відібраних зразках торфу визначали валовий фосфор методом Гінсбург, Щеглової, Вульфюс та різні форми фосфатів методом Чанга і Джексона в модифікації Аскіназі, Гінсбург і Лебедевої [8].

Для проведення модельного лабораторного дослідження використовували торф верхнього шару з осушеної ділянки з природною вологістю (69,8%). Після ретельного подрібнення, видалення коренів та інших домішок брали наважки торфу вагою 700 г, змішували з добривами і поміщали у лабораторні склянки із рівномірним ущільненням. Склянки накривали фільтрувальним папером і витримували в лабораторії впродовж 4-х місяців за по-

стійної вологи при температурі 18–22°C. Після завершення терміну експозиції у вологих зразках визначали рухомі форми заліза методом В.А. Козаринової-Окниної в модифікації З.Ф. Коптевої із застосуванням альфа-альфадипіридилу, у повітряно-сухих зразках – фракційний склад фосфатів методом Чанга і Джексона в модифікації Аскіназі, Гінсбург і Лебедевої [8].

Схема лабораторного модельного досліджу:

1. Торф без добрив;
2. Торф + 6,0 г суперфосфату;
3. Торф + 9,0 г суперфосфату;
4. Торф + 20 г солі  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
5. Торф + 20 г солі  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  + 6,0 г суперфосфату;
6. Торф + 20 г солі  $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  + 9,0 г суперфосфату;
7. Торф + 20 г солі  $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ;
8. Торф + 20 г солі  $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  + 6,0 г суперфосфату;
9. Торф + 20 г солі  $\text{Fe}_2\text{SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  + 9,0 г суперфосфату.

Повторність досліджу – триразова.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Результати досліджень свідчать про відносно високий уміст валового фосфору в торфових ґрунтах болота Замглай (табл. 1). Його кількість варіює у межах 234,4–718,8 мг на 100 г ґрунту, вищі показники вмісту є характерними для осушених ділянок. Розподіл валового фосфору профілем – нерівномірний. Найбільша його частина нагромадилась у верхньому шарі. З глибиною прослідковується поступове зменшення. Так, твердження науковців [9], що після осушення фосфатні мінеральні новоутворення у торфовому ґрунті дещо переміщуються у верхні шари, є правдивим і для досліджуваних нами ґрунтів, але у більш вираженій формі.

Серед окремих фракцій фосфатів найбільше їх було виділено із алюмінієвих (фторамонійна витяжка).

З огляду на вміст алюмінію у валовому складі торфу (0,21–0,76%), можна допустити присутність у торфі такої самої кількості

ті алюмофосфатів, але необхідно зважати на частковий перехід фосфатів кальцію у фторамонійну витяжку. Останнє підтверджується даними, одержаними у модельному лабораторному досліді, що за внесення суперфосфату різко збільшується фракція, яка вилучається фтористим амонієм, незважаючи на значно меншу кількість у ній алюмінію (табл. 2).

Також слід наголосити, що за підвищених значень рН в осаджуваній комплекс більше надходить алюмінію, і що цей елемент має подвійну природу – він частково входить у внутрішню сферу ґрунтового-вбирного комплексу, зберігаючи здатність до обмінних реакцій, що не властиво залізу.

В усіх витяжках органічні форми фосфатів здебільшого переважають мінеральні. Максимальна кількість алюмофосфатів нагромаджується у верхньому шарі ґрунту (0–20 см), з глибиною спостерігається їх поступове зменшення. Кількість фосфатів, що переходить у лужну витяжку, дещо поступається кількості фосфатів алюмінію і кальцію, які переходять у розчин фтористого амонію. Однак максимальна різниця не перевищує 4–5% і концентрується у верхньому шарі ґрунту.

Результати визначення різних форм заліза засвідчують високий уміст у верхньому шарі торфу аморфного заліза (49,0–50,5% від валового), яке активно вступає у взаємозв'язок із фосфором, органічною речовиною та іншими компонентами торфу. У складі залізофосфатної фракції переважають органічні фосфати, утворення яких залежить від наявності у гумусних речовинах півтораоксидів [10]. Така взаємодія між півтораоксидами і фосфором є фактом існування між ними глибокого генетичного зв'язку, що дає можливість не тільки їх сумісній акумуляції, але і міграції. Сумісна присутність у молекулах гумусових речовин робить ці сполуки стійкими.

Уміст мінеральних фосфатів заліза варіює у межах 4,3–9,7% від валового. На осушеній ділянці торфовища фосфатів заліза у верхньому шарі на 2,3% менше, ніж

Таблиця 1

Склад фракції фосфатів торфових ґрунтів болота Замглай

Ділянка	Глибина відбору зразка, см	Валовий фосфор, мг/100 г	Фракції фосфатів, % від валового						фосфор у залишку	
			Al-P		Fe-P		Ca-P			
			мінеральні	органічні	мінеральні	органічні	мінеральні	органічні		
Осушена	0-20	718,8	4,9	21,2	4,9	13,7	16,1	9,2	265	28,6
	40-60	457,6	12,0	8,5	9,7	9,9	18,6	9,0	175	32,3
	80-100	312,5	9,5	10,5	7,9	11,2	15,0	9,2	110	36,6
Цілинна	0-20	512,6	4,1	30,6	7,2	23,5	6,0	7,8	218	20,6
	40-60	234,4	5,9	15,5	6,3	12,2	3,5	11,9	173	44,7
	80-100	318,8	5,7	15,9	4,3	13,9	0,3	5,1	123	51,9

Таблиця 2

Склад фосфатів за варіантами модельного дослідження

Варіанти дослідження	Залізо (0,1 н H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ), мг/100 г		Валовий фосфор, мг/100г	Склад фракції фосфатів, % від валового				фосфор у залишку	
	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>		Al-P		Ca-P			
	мінеральні	органічні		мінеральні	органічні	мінеральні	органічні		
Торф, без добрив	14,5	37,3	718,8	2,8	6,8	3,0	3,6	9,0	73,7
Торф + 6,0 г P <sub>c</sub> *	15,8	28,2		13,7	21,1	0,3	0,5	7,6	56,8
Торф + 9,0 г P <sub>c</sub>	9,4	35,1		16,3	28,9	0,6	0,3	9,3	44,6
Торф + 20 г Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O	51,4	471,3		2,5	6,2	4,6	4,7	3,0	78,9
Торф + 20 г Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O + 6 г P <sub>c</sub>	70	441,8		15,6	24,5	13,3	12,5	9,0	25,1
Торф + 20 г Fe <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O + 9 г P <sub>c</sub>	35,8	436,4		18,1	39,3	16,5	16,9	9,9	11,7
Торф + 20 г Fe <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	50,4	526,1		1,4	5,6	4,8	2,8	3,1	82,0
Торф + 20 г Fe <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O + 6 г P <sub>c</sub>	41,8	479,0		9,3	4,6	6,5	3,4	11,3	64,8
Торф + 20 г Fe <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O + 9 г P <sub>c</sub>	30	464,2		10,6	14,6	13,3	0,5	16,4	50,0

Примітка: \* P<sub>c</sub> – суперфосфат простий.

на цілинній, що обумовлено вапнуванням ґрунтів, зміною реакції ґрунтового розчину до нейтральної, не зовсім сприятливої для утворення залізофосфатів. Натомість кількість фосфатів кальцію у цьому разі збільшилась порівняно з цілинною майже втричі.

Для детальнішого вивчення значення заліза у фосфатному режимі торфових ґрунтів нами був проведений модельний лабораторний дослід із значно вищими концентраціями заліза і фосфору.

За однакової дози окисного і закисного заліза (20 г) утворення залізофосфатів збільшилось на тлі внесення суперфосфату. Більше залізофосфатів утворилось з окисним залізом завдяки його вищій гідратованості. Уміст вільного рухомого заліза зменшується із збільшенням залізофосфатів. Водночас зростає кількість кальцій- і алюмофосфатів.

Так, Я.В. Пейве [11] вважає, що алюміній є головним чинником зв'язування фосфорної кислоти в ґрунті. Цей процес може відбуватися при рН від 3,5 до 9,0. У разі одночасної присутності в ґрунті іонів кальцію і алюмінію фосфорна кислота з'єднуються переважно з алюмінієм, а не з кальцієм.

За додавання тільки суперфосфату утворення залізофосфатів не перевищує 0,6–0,9% від валового; лише заліза — вміст залізофосфатів залишається майже на рівні контрольного варіанта. Також помітно зменшується кількість фосфатів алюмінію і кальцію, а вміст рухомого заліза, особливо окисного, різко збільшується. Щодо закисного заліза, то за нормальних умов вологості й аерації його кількість зростає незначно і повільно.

У варіантах із внесенням підвищеної кількості суперфосфату (9,0 г) та додатковим внесенням заліза (20 г) уміст фосфору у залишку виявився незначним, що має позитивне значення, оскільки значна частина фосфору мобілізується із важкорозчинних оклюдованих форм у більш розчинні

алюмо-, залізо- та кальційфосфати і стає доступнішою для рослин.

## ВИСНОВКИ

У фосфатному фонді торфових низинних ґрунтів болота Замглай встановлено різний уміст валового фосфору. Так, у верхньому шарі (0–20 см) на осушеній ділянці його рівень становить 718,8 мг на 100 г ґрунту, що у 1,4 раза вище, ніж у цілинному. Зменшення вмісту валового фосфору на осушеній ділянці вниз за профілем ґрунту є більш плавним, ніж на цілинній ділянці, де проявляється його різкіше зменшення (приблизно вдвічі) у шарі 40–60 см. Серед алюмофосфатів переважають органічні, до того ж їх уміст у зразках ділянки цілини є вищим. Аналогічна ситуація спостерігалася і з залізофосфатами. Вміст кальційфосфатів у зразках ґрунту осушеної ділянки, зокрема в шарі 80–100 см, є значно вищим (у 50 разів).

В умовах модельного лабораторного дослідження із застосуванням підвищених доз заліза і фосфору встановлено, що зниження гідратації заліза (з 9 H<sub>2</sub>O до 7 H<sub>2</sub>O) призводило до зменшення вмісту мінеральних та органічних алюмо- та залізофосфатів, зокрема спостерігалось різке зменшення органічних залізофосфатів та значне зростання фосфору у залишку. Порівнюючи зразки торфу за застосування лише фосфорних добрив у дозі 9,0 г модельного лабораторного дослідження встановлено зменшення вмісту мінеральних та органічних форм залізофосфатів у 27,5 та 56 разів відповідно та — збільшення фосфору у залишку у 3,8 раза порівняно з сумісним внесенням заліза та фосфору.

Це підтверджує вплив чинників, зокрема осушення, різних форм заліза, кальцію та алюмінію на фракційний склад торфових ґрунтів і, відповідно, необхідність диференційованого підходу до вибору оптимальних доз та поєднань добрив, вапнування в практиці їх застосування на торфових ґрунтах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Аскинази Д.Л. Фосфатный режим и известкование почв с кислой реакцией / Д.Л. Аскинази. — М.: АН СССР, 1949. — 215 с.
2. Степанцова Л.В. К характеристике фосфатного состояния черноземовидных почв замкнутых депрессий водоразделов / Л.В. Степанцова, С.Б. Сафронов, В.Н. Красин // Достижение науки и техники АПК. — 2008. — № 8. — С.10–12.
3. Сало Л.В. Вміст рухомого фосфору та ступінь його рухомості залежно від застосування фосфорних добрив на торфових низинних ґрунтах / Л.В. Сало // Агрохімія і ґрунтознавство. — 2009. — Вип. 70. — С. 179–183.
4. Горбунов Н.И. Значение химического состава, дисперсности и структуры минералов для поглощения фосфатов / Н.И. Горбунов, Г.Н. Щурина // Почвоведение. — 1970. — № 152. — С. 142–152.
5. Донских И.Н. Формы аккумуляции фосфора в торфяных почвах Северо-Запада / И.Н. Донских // Записки Ленинградского СХИ. — 1968. — Т. 117. — С. 87–95.
6. Вознюк С.Т. Динамика подвижных форм фосфатов в торфяных почвах Западного Полесья при окультуривании / С.Т. Вознюк, В.В. Фалюш / Труды Харьков. СХИ. — 1967. — Т. 67. — С. 129–138.
7. Вернандер Н.Б. Природа Украинской ССР. Почвы / Н. Б. Вернандер, И.Н. Гоголев, Д.И. Ковалишин. — К.: Наук. думка, 1986. — 216 с.
8. Хейфец Д.М. Определение различных форм минеральных фосфатов по методу Чанга и Джексона. Вариант Аскинази, Гинсбург, Лебедевой (1953) / Д.М. Хейфец // Агрохимические методы исследования почв. — М.: 1965. — С. 116–120.
9. Ковалев В.А. Фосфор в болотной среде / В.А. Ковалев, А.Л. Жуховицкая. — Минск: Наука и техника, 1976. — 83 с.
10. Фокин А.Д. Связывание фосфата гумусовыми веществами / А.Д. Фокин, М.К. Синха / Известия ТСХА. — 1969. — № 4. — С. 175–180.
11. Пейве Я.В. Биохимия почв / Я.В. Пейве. — М.: Сельхозстандарт, 1961. — 422 с.

REFERENCES

1. Askinazi, D.L. (1949). *Fosfatnyi rezhim i izvestkovanie pochv s kisloj reaktsiei [Phosphate regime and liming of soils with acidic reaction]*. Moskva: AN SSSR [in Russian].
2. Stepanцова, L.V., Safronov, S.B., & Krasin, V.N. (2008). K kharakteristike fosfatnoho sostoianniia chernozemnovidnykh pochv zamknutykh depressii vodorazdelov [To the characterization of phosphate condition of chernozem-like soils of enclosed depressions of watersheds]. *Dostizheniia nauki i tekhniki APK — Achievements of Science and Technology of Agro-Industrial Complex*, 8, 10–12 [in Russian].
3. Salo, L.V. (2009). Vmist rukhomoho fosforu ta stupin yoho rukhomosti zalezno vid zastosuvannia fosfornykh dobryv na torfovykh nyzynnykh gruntakh [The content of labile phosphorus and degree of its lability depending on the use of phosphoric fertilizers on peat fen soils]. *Agrokhimiiia i gruntoznavstvo — Agrochemistry and Soil Science*, 70, 179–183 [in Ukrainian].
4. Gorbunov, N.I., & Schurina, G.N. (1970). Znachenie khimicheskogo sostava, dispersnosti i struktury mineralov dlia pogloscheniia fosfatov [Importance of the chemical composition, dispersion and mineral structure for the absorption of phosphates]. *Pochvovedenie — Soil Science*, 152, 142–152 [in Russian].
5. Donskikh, I.N. (1968). Formy akumulatsii fosfora v torfiannykh pochvakh Severo-Zapada [Forms of accumulation of phosphorous in peat soils of the North-West]. *Zapiski Leningradskogo SKhI — Transactions of Leningrad Agricultural Institute*, 117, 87–95 [in Russian].
6. Wozniuk, S.T., & Faliush, V.V. (1967). Dinamika podviznykh form fosfatov v torfiannykh pochvakh Zapadnoho Polesia pri okulturivanii [The dynamics of labile phosphate forms in peat soils of Western Polesie during cultivation]. *Trudy Kharkovskogo SHI — Transactions of Kharkov Agricultural Institute*, 67, 129–138 [in Russian].
7. Vernander, N.B., Gogolev, I.N., & Kovalishin, D.I. (1986). *Priroda Ukrainskoi SSR [The nature of the Ukrainian SSR]*. Kiev: Naukova dumka [in Russian].
8. Kheifets, D.M. (1965). Opreделение razlichnykh form mineralnykh fosfatov po metodu Changa i Dzheksona Variant Askinazi, Ginsburg, Lebedevoi (1953) [Determination of various forms of mineral phosphates by method of Chang and Jackson. Variation of Askinazi, Hinsburgh, Lebedeva (1953)]. *Agrokhimicheskie metody issledovaniia pochv [Agrochemical methods of soil investigation]*. Moskva [in Russian].
9. Kovalev, V.A., & Zhukhovitskaia, A.L. (1976). *Fosfor v bolotnoi srede [Phosphorus in a swamp environment]*. Minsk: Nauka i tekhnika [in Russian].
10. Fokin, A.D., & Sinkha, M.K. (1969). Sviazuvanie fosfata humusovymi veshchestvami [The binding of phosphate with humic substances]. *Izvestiia Timiri-azevskoi Selskokhoziaistvennoi Akademii — Proceedings of the Timiriachev Agricultural Academy*, 4, 175–180 [in Russian].
11. Peyve, Ya.V. (1961). *Biokhimiiia Pochv [Soils biochemistry]* Moskva: Selkhozstandart [in Russian].

Стаття надійшла до редакції журналу 05.10.2019



## ЗНАЧЕННЯ МАТЕРІАЛЬНО-ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ОРГАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА ДЛЯ ЕКОБЕЗПЕКИ АГРОСФЕРИ УКРАЇНИ

О.М. Нагорнюк<sup>1</sup>, Н.В. Палапа<sup>1</sup>, В.В. Темченко<sup>2</sup>, І.Я. Ткач<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Інститут агроекології і природокористування НААН

<sup>2</sup> Управління організації виробництва продукції рослинництва та технічної політики  
Департаменту агропромислового розвитку, екології та природних ресурсів  
Вінницької облдержадміністрації

<sup>3</sup> Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова

*Висвітлено, що інтенсивна хімізація призвела до деградації гумусного (родючого) горизонту ґрунту, що спричиняє загибель корисної біоти і розвиток хвороботворної фауни. Антропогенне втручання зумовило утворення на планеті гігантського «поясу» пустель, що розширюється у напрямі полюсів і поглинає рослинність, а також унеможлиблює повноцінне органічне виробництво. Встановлено, що більша частина сходу втрапила біосферу через інтенсивне необґрунтоване видобування природних ресурсів з надр землі, яке зазвичай супроводжується тотальною виробкою лісів. Наголошено, що ця діяльність продовжується донині, хоч людство давно винайшло альтернативні джерела енергії, які в разі є менш затратними за видобувну промисловість. Запропоновано оцінювати біологічну якість продуктів харчування не за привабливим зовнішнім виглядом і розміром, а за здатністю підтримувати здоров'я людини, життєзабезпечення. Наголошується, що нині традиційне землеробство не надає достатнього значення цьому важливому питанню.*

**Ключові слова:** агроекологія, екологічна безпека агросфери, органічне виробництво, технології органічного виробництва, матеріально-технічне забезпечення органічного сільського господарства.

Унаслідок впливу на природу через надмірне використання земель, у т.ч. цілинних, вирубування лісів, застосування хімічних засобів удобрення впродовж доволі короткого історичного періоду (150–200 років), нині ми мусимо констатувати про глобальне порушення екологічної рівноваги агроєкосистем, зокрема — найвища колись на планеті родючість українських ґрунтів знизилась до критичного рівня.

Крім того, інтенсивні системи землеробства на базі хімізації («хім» у санскриті — «отрута») призвели до значного погіршення якості питної води, сільськогосподарської продукції, забруднення її важкими металами (переважно радіону-

клідами), канцерогенами, пестицидами, іншими хімічними речовинами, і водночас боротьба з природними біоагентами (бактеріями і вірусами) спровокувала зворотний процес. Вони не зникають, а навпаки — дедалі більше розмножуються, зумовлюючи нові захворювання рослин. Те саме стосується корисних і шкідливих комах: корисні — гинуть, шкідливі пристосовуються і активно розмножуються.

Нині вчені-біотехнологи і агроєкологи ІАП НААН [1–6] досліджують наслідки антропогенного впливу на біоту ґрунтів України. Вченими доведено, що людська діяльність впродовж короткострокового періоду призвела до такого жахливого явища як «екологічний СНІД», тобто до руйнування імунної системи Природи,

втрачання її основних функцій — саморозвитку і самовідновлення.

Хижацьке використання земель на рівнинах Північної Америки в 30-х роках ХХ ст. призвело до того, що водна і вітрова ерозії повністю спустошили деякі штати. Загальна площа еродованих земель досягла 427 млн га, або 55,6% усіх орних земель (рис. 1).

Згідно з аналізом сучасного та історичного зображень поверхні земної кулі можна зробити висновки, що людство за останні 300 років приклало чимало зусиль для знищення середовища власного існування (рис. 2).

Ще у 30-х роках минулого століття вчені чітко усвідомили, що вплив людини на біосферу не залишається без серйозних наслідків. Погіршились водно-фізичні властивості ґрунтів під впливом швидкісних і вантажних машин; зменшився вміст гумусу — найважливішого комплексу органічних сполук, що забезпечує родючість землі; змінився катіонний склад поглинаючого комплексу. Особливе занепокоєння викликають темпи зниження органічної речовини. Було визначено, що за 80 років радянської системи гомподарювання українські землі втратили майже 50% своєї родючості. Сучасні дослідження засвідчують, що і надалі темпи падіння родючості землі збільшуються, і кожні наступні 10 років (1980–2020 рр.) цей по-

казник відповідає втратам на рівні 0,1%, яку можна відновити тільки впродовж 100 років за умови раціонального і ефективного використання земель [3].

Більша частина суходолу через інтенсивне бездумне видобування природних ресурсів з надр землі, що зазвичай супроводжується тотальною вирубкою лісів, майже на 70% позбавило планету біосфери. Ця діяльність продовжується донині, хоч людство і винайшло альтернативні джерела енергії, які в разі є менш затратними порівняно з видобувною промисловістю. На жаль, в Україні ці показники є набагато гіршими (рис. 3, 4.).

Мета роботи — дослідити рівень і стан матеріально-технічного забезпечення технологій органічного виробництва і його значення для екологічно безпечного функціонування агросфери.

#### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для реалізації досягнення поставленої мети використовували такі методи дослідження: аналітичний, статистичний, монографічний, вибірковий, порівняльний, абстрактно-логічний, моделювання.

#### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Погіршення стану довкілля, в основному, пояснюють активним розвитком промисловості. Проте використання ґрунтів у землеробстві, що є найдавнішою галуззю



Рис. 1. Схематичні карти поширення лісів у США: а — первісне поширення лісів, б — залісення станом на 1980 р. [7]

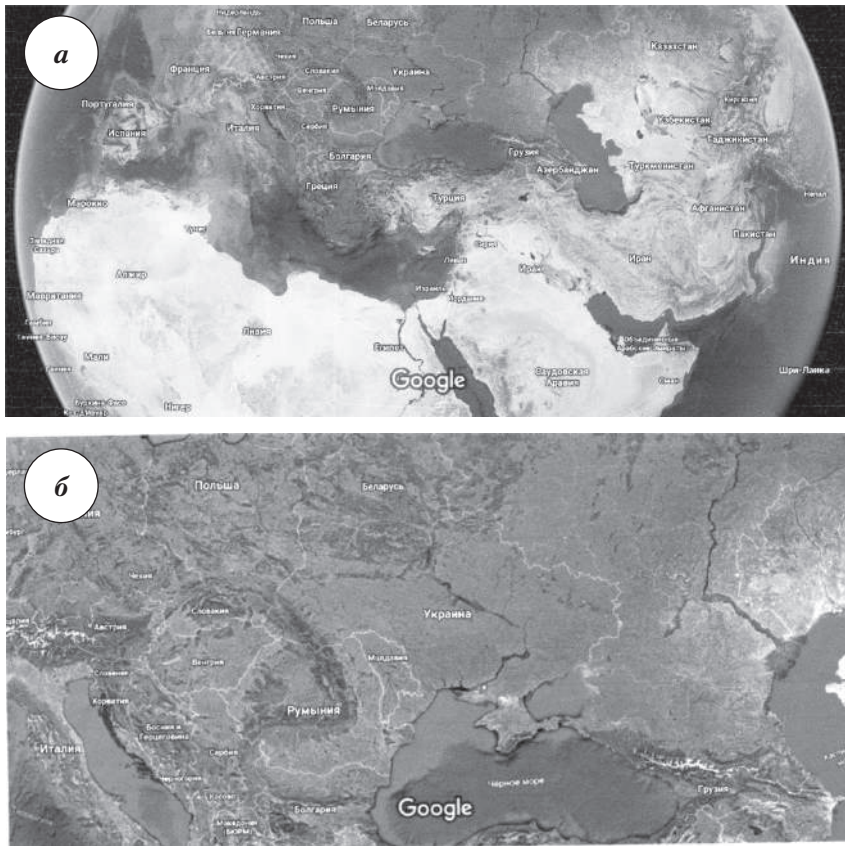


Рис. 2. Зображення земної поверхні із супутника: а — 500 км, б — 200 км [8, 9]

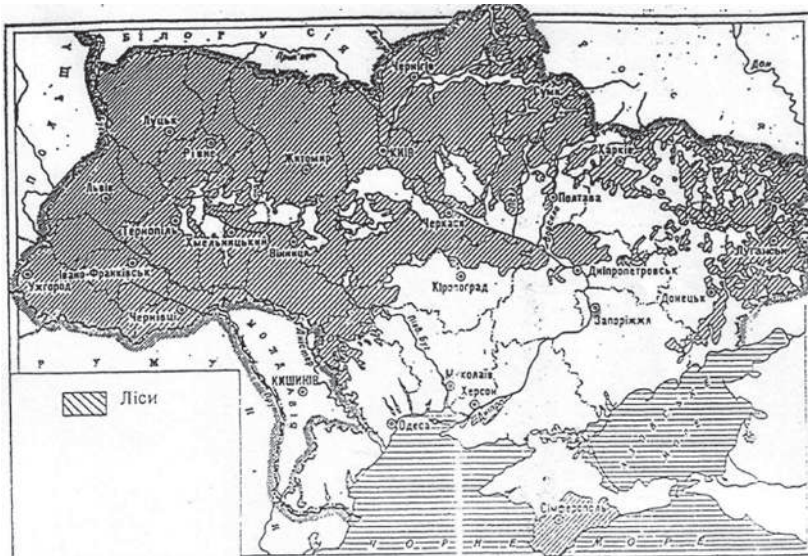


Рис. 3. Карта заліснення України понад 1000 років тому [1]





Рис. 4. Карта заліснення України станом на 2019 р. [1]

діяльності людства, не менш агресивно впливає на природу.

Ґрунтовий покрив і рослинність з мікро- і макробіотою формують гумус (родючість ґрунту) та мають найважливіше значення у виробництві найціннішої, життєво необхідної різноманітної біологічної продукції. Вони акумулюють і розповсюджують космічну енергію за допомогою фотосинтезу, забезпечують оптимальний баланс кисню і вуглекислоти в атмосфері, слугують захистом, який утримує в біосфері найважливіші ліофільні елементи від геохімічного стікання у Світовий океан. Ґрунтовий покрив — найважливіша ланка механізму утворення біомаси, врожаю. Його стан потужно впливає на режим біосфери, як-от: концентрацію  $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$  в атмосфері, термодинаміку клімату, озоносферу, склад поживних речовин і енергії у природі, хімічний склад води тощо [10].

За дослідженнями В.А.Ковди [3], кожен сантиметр змитого гумусного горизонту знижує врожайність тільки зернових на 2 ц/га, а кожна втрачена тонна гумусу зменшує запаси корисної енергії у ґрунті до  $5 \times 10^6$  ккал/га.

Знищення природної рослинності безпосередньо впливає на прогресивність ерозійних процесів, які впродовж одного року виносять близько 40 т/га орного шару ґрунту, що в подальшому порушує роль ґрунтів у природному кругообігу речовин у біосфері (води, поживних речовин, інших фізико-хімічних властивостей).

Світовий і європейський досвід засвідчує, що надалі розвиток будь-якого виробництва є можливим лише за умови максимального збереження параметрів навколишнього природного середовища, наближеного до первинних умов життя на Землі.

Ще з 50-х років ХХ ст. в Україні розроблялися і удосконалювалися ґрунтозахисні системи землеробства, які базувалися на обробітку ґрунту без повороту пластів з мульчуванням поверхні поля стернею та поживними рештками. Найбільш розповсюдженим воно було у східних районах України, досвід яких засвідчив, що обробіток ґрунту — це творча діяльність, яка має враховувати рельєф, культури і їх сівозміни, погодні умови, агрофізичні властивості ґрунтів, ступінь

небезпеки ерозійних процесів, наявність спеціальної техніки тощо.

Так, концепцією еколого-економічного і соціально-технологічного гармонійного розвитку агросфери є органічне землеробство.

Органічне сільськогосподарське виробництво — цілісна багатофункціональна модель господарювання та виробництва органічної продукції, що забезпечує збалансовану динамічну рівновагу між компонентами інтегрованої соціо-еколого-економічної системи впродовж визначеного проміжку часу з метою об'єднання економічного зростання та підвищення життєвого рівня з одночасним поліпшенням стану навколишнього природного середовища. Органічне землеробство належить до природного землеробства, що налічує низку різновидів (агроекосистем), між якими не завжди можна провести чіткі межі [11].

Органічне землеробство не вважається «кроком назад». Його метою є одержання продукції, яка не містить залишків пестицидів (основного чинника втрати здоров'я людини), збереження родючості ґрунтів, охорона довкілля. Фермери, які дотримуються методів органічного землеробства, насамперед, вживають ґрунтозахисних заходів, використовують сучасні легкі машини, обладнання, знаряддя, а також високоякісне насіння згідно із сучасними системами органічного насінництва. Важливо також здійснювати переробку органічних відходів сучасними методами, яких в Україні накопичилась значна кількість. Вони забруднюють навколишнє природне середовище, адже в процесі деградації утворюються шкідливі рідкі і газоподібні речовини, у т.ч. аміак, метан, кислоти, хвороботворні бактерії тощо. Поряд із тим Україна потерпає від нестачі енергоносіїв, імпорт яких останніми роками значно ускладнився внаслідок подорожчання палива. Практичний досвід переробки відходів в Україні засвідчує відсутність універсального методу промислової переробки відходів. Актуальним є аналіз відомих методів їх переробки з виробництвом енергоносіїв та вибір найефективнішого

з них для агропромислового комплексу з огляду на досягнення економічної, екологічної та енергетичної ефективності. Методи переробки відходів повинні обиратися диференційовано з урахуванням особливостей регіону, населеного пункту та місцевих умов. Насамперед слід зважати на склад та властивості відходів, їх зміни за порами року; річні норми накопичення відходів; кліматичні умови; потреби у ресурсах та сировині, а також економічні чинники [12].

Знання життєвих циклів бур'янів, збудників хвороб і шкідників дає можливість розробляти оптимальні сівозміни. Сівозміна з ощадним режимом насичення одними культурами і застосування сидератів — важлива опора біологічного землеробства.

Матеріально-технічне забезпечення технологій органічного виробництва — це головний процес забезпечення агропідприємств матеріалами, необхідними для виробничого і невиробничого споживання, та сировиною. Правильно налагоджена система матеріально-технічного забезпечення є основою використання видів ресурсів на засадах наукової організації сільськогосподарського виробництва.

Планування матеріально-технічного забезпечення технологій органічного виробництва є найбільш матеріально затратним, але його головною метою є визначення оптимальної потреби у матеріальних ресурсах для забезпечення виробничо-господарської та комерційної діяльності, створення оптимальних запасів товарно-матеріальних цінностей. В основі планування матеріально-технічного забезпечення лежить план матеріально-технічного постачання, який формується у чотири етапи [13].

На першому підготовчому етапі формування плану матеріально-технічного забезпечення визначаються такі дані:

- виробнича програма і обсяг реалізації продукції у плановому періоді;
- норми витрат матеріалів тощо;
- заявки та розрахунки потреб внутрішніх підрозділів на допоміжні матеріали

(органічну сировину, доставку, переробку, техніку тощо);

- відомості про залишки сировини у незавершеному виробництві на початок та наприкінці планового періоду;
- стандарти, прейскуранти гуртових цін, тарифи на перевезення, особливі умови постачання продукції та інші нормативні документи;
- відомості про фактичні залишки сировини на складах, про витрати їх у минулому періоді та на майбутнє тощо.

На другому етапі проводиться розрахунок потреби у матеріально-технічних ресурсах. Цей етап визначає обсяг матеріалів, необхідних підприємству для виконання плану виробництва і реалізації продукції та інших робіт у відповідності з виробничою програмою, вжиття заходів з підвищення ефективності виробництва, забезпечення господарств сировиною, транспортом, обладнанням, а також для ремонтно-експлуатаційних потреб тощо. Важливо заохочувати до співпраці власників приватних господарств і маєтків.

На третьому етапі проводиться розробка очікуваних залишків наприкінці поточного року та перехідних запасів на початок наступного року.

На четвертому етапі визначаються потреби додаткового заову сировини на основі балансу матеріально-технічного постачання.

Баланс матеріально-технічного забезпечення відображається формулою:

$$\begin{aligned} R_{вп} + R_{нв} + R_{тр} + R_{ре} + R_{кб} + \\ + R_{з} + R_{ін} = \Delta Q_{оч} + \Delta Q_{нв} + Q_{вр} + \\ + Q_{ст} + Q_{ін}, \end{aligned} \quad (1)$$

де  $R_{вп}$  — потреба у матеріалах на виконання виробничої програми;  $R_{нв}$  — потреба у матеріалах на поповнення незавершеного виробництва;  $R_{тр}$  — потреба у матеріалах для забезпечення вжиття заходів, що вдосконалюють технологічні процеси;  $R_{ре}$  — потреба у матеріалах для виконання ремонтно-експлуатаційних робіт;  $R_{кб}$  — потреба у матеріалах для капітального будівництва;  $R_{з}$  — потреба у матеріалах на утворення виробничих запасів;  $R_{ін}$  — по-

треба у матеріалах для забезпечення інших потреб;  $\Delta Q_{оч}$  — очікуваний залишок матеріалів на початок планового періоду;  $\Delta Q_{нв}$  — залишок матеріалу у незавершеному виробництві на початок планового періоду;  $Q_{вр}$  — кількість матеріалів, утворених завдяки мобілізації внутрішніх ресурсів;  $Q_{ст}$  — кількість матеріалів, що постачаються за контрактами;  $Q_{ін}$  — кількість матеріалів з інших джерел постачання [13].

Отже, баланс матеріально-технічного забезпечення складається з двох частин (формула 1). Ліва частина балансу відображає потреби у ресурсах, а права — джерела покриття цих потреб. До того ж ліва і права частини балансу повинні бути однаковими.

За даними Департаменту агропромислового розвитку, екології та природних ресурсів Вінницької облдержадміністрації, у 2005 р. регіон експортував органічну продукцію на 200 тис. євро. Нині цей показник становить понад 30 млн євро.

Наразі Євросоюз є значно зацікавленим у розвитку органічного землеробства. Зокрема, Норвегія надала на підтримку органічного землеробства в Україні 50 млн євро, а Євросоюз виділив 13 млрд євро на розвиток дрібних сільгоспвиробників у рамках східного партнерства [14].

## ВИСНОВКИ

Органічне землеробство у країнах ЄС і США має офіційне визнання, і державні органи та громадськість здійснюють екологічний контроль (аудит) за дотриманням фермерами вимог щодо вирощування органічної продукції. Сучасний екологічний стан біосфери і статистичні показники якості здоров'я громадян України викликають занепокоєння і необхідність організації руху у підтримку органічного землеробства.

Енергію для життя на нашій планеті ми беремо винятково з живих, екологічно безпечних продуктів, води, повітря. Забруднена вода і повітря, мертва їжа (яка пройшла термічну обробку понад 40°C, а тим більше хімізована) для людського організму не



тільки не корисна, а й небезпечна, адже позначається на тривалості і якості життя людей.

Біологічну якість продуктів харчування слід оцінювати не за привабливим зовнішнім виглядом і обсягом, а за здатністю підтримувати здоров'я людини, життєзабезпечення. Традиційне землеробство, на жаль, ніколи не надавало належного значення такому важливому питанню.

Органічне землеробство — це концепція новітнього підходу до обробітку ґрунту, ін-

новаційних технологій та, насамперед, екологічної етики ставлення людини до землі і до власного здоров'я. Сутність його полягає у повній відмові від синтетичних добрив, пестицидів, регуляторів росту рослин, кормових добавок. Натомість, усі агротехнічні заходи мають ґрунтуватись на чіткому дотриманні сівозмін, уведенні до їх складу бобових культур, збереженні рослинних решток, застосуванні гною, компостів, сидератів, проведенні механічних культивувацій, захисті рослин біологічними методами.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Агролісівництво: еколого-збалансований розвиток: навч. посіб. рекомендовано МОНУ / О.Т. Урушадзе, Т.Ф. Урушадзе, О.М. Нагорніюк та ін.; за наук. ред. акад. НААН О.І. Фурдичка. — Тбілісі; Київ; Херсон: видав. дім «Гельветика», 2019. — 482 с.
2. Екологія агросфери / О.І. Фурдичко, О.С. Дем'янюк, О.М. Нагорніюк, О.І. Дребот. — К.: ДІА, 2019. — 750 с.
3. *Моргун Ф.Г.* Ґрунтозахисне землеробство / Ф.Г. Моргун, М.К. Шикіла, О.Г. Тараріко. — К.: Урожай, 1983. — 240 с.
4. Порушення екологічної рівноваги мікробіоценозу на радіаційно забруднених ґрунтах Полісся України [Електронний ресурс] / О.Г. Мусич, В.П. Ландін, А.І. Парфенюк, О.С. Дем'янюк // Агроекологічний журнал. — 2018. — № 3. — С. 70–76.
5. *Фурдичко О.І.* Екологічна безпека агропромислового виробництва / О.І. Фурдичко, А.Л. Бойко. — К.: ДІА, 2013. — 416 с.
6. *Фурдичко О.І.* Методика формування економічного механізму екобезпечного сільськогосподарського землекористування / О.І. Фурдичко, О.І. Шкуратов, М.Х. Шершун. — К.: ДІА, 2012. — 28 с.
7. *Ревель П.* Среда нашего обитания: в 4-х кн. / П. Ревель, Ч. Ревель; перев. с англ. С.В. Ан, Т.В. Никитиной. — Книга 4: Здоровье и среда, в которой мы живем. — М.: Мир, 1995. — 192 с.
8. Зображення земної поверхні з супутника 500 км [Зображення ©Landsat / Copernicus, DataSIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO/JCSAO, 2019]; Зображення земної поверхні з супутника 200 км [Зображення ©TertraMetrics, 2019 (Картографические данные ©Google, ORION-ME, 2019)] [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://pingvin.pro/gadgets/news-gadgets/google-earth-vymiryaty-vidstan-ploshhu.html>
9. Планета Земля [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://v-kosmose.com/planeta-zemlya/>
10. *Стецишин П.О.* Основи органічного виробництва / П.О. Стецишин, В.В. Рекуненко, В.В. Пиндус. — Вінниця: Нова книга, 2008. — 528 с.
11. *Sobczyk W.* Rolnictwo i srodowisko / W. Sobczyk. — Krakow: wydawnictwa AGH, 2013. — 355 s.
12. *Степанов Д.В.* Енергоэффективные системы утилизации органических отходов [Електронний ресурс] / Д.В. Степанов, В.О. Богомаз. — Вінниця: ВНТУ, 2016. — Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2016/paper/viewFile/1573/1276>
13. Матеріально-технічне забезпечення підприємства [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://sites.google.com/site/kostia03061992/materialno-tehnicne-zabezpecenna-pidpriemstva>
14. «Органічну продукцію з України залюбки замовляють за кордоном» — керівник «Агроекології» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://vlasno.info/ekonomika/3/biznes/item/30517-orhanichnu-produktsiiu-z-ukrainy-zal>

## REFERENCES

1. Urushadze, O.T., Urushadze, T.F., Nagorniuk, O.M. et. al. (2019). *Agroli'si'vnicztvo: ekologo-zbalansovaniy rozvitok [Agroforestry: eco-balanced development]*. O.I. Furdychko (Ed.). Tbilisi; Kyiv; Kherson: Vidav. di m «Gel'vetika» [in Ukrainian].
2. Furdychko, O.I., Demyanyuk, O.S., Nagorniuk, O.M., Drobot, O.I. (2019). *Ekologiya agrosferi [Ecology of the agrosphere]*. Kyiv: DIA [in Ukrainian].
3. Morgun, F.G., Shykula, M.K., Tarariko, O.G. (1983). *G`runtozakhisne zemlerobstvo [Soil-protection agriculture]*. Kiev.: Urozhai [in Russian].
4. Musych, O.G., Landin, V.P., Parfenyuk, A.I., Demyanyuk, O.S. (2018). Porushennya ekologichnoyi ri`vnovagi mi`krobiocenozu na radi`acii`chnoyi dnenikh g`runtakh Poli`s'sya Ukrainyi [Disturbance

- of ecological equilibrium of microbiocenosis on radiation contaminated soils of Polesie of Ukraine]. *Ahroekologichnyi zhurnal – Agroecological journal*, 3, 70–76 [in Ukrainian].
5. Furdychko, O.I. Boiko, A.L. (2013). *Ekologi`chna bezpeka agropromislovogo virobnictva [Environmental safety of agro-industrial production]*. Kyiv: DIA [in Ukrainian].
  6. Furdychko, O.I., Shkuratov, O.I., Shershun, M.H. (2012). *Metodika formuvannya ekonomichnogo mekhanizmu ekobezpechnogo sil`s`kogospodars`kogo zemlekoristuvannya [Methods of formation of the economic mechanism of ecologically safe agricultural land use]*. Kyiv: DIA [in Ukrainian].
  7. Revell, P., Revell, C. (1995). Sreda nashogo obitaniya [The environment of our habitation]. *Zdorov`e i sreda, v kotoroy my` zhivem [Health and environment, in which we live]*. (T.V. Nikitina, Trans). (Vols. 1–4; Vol. 4). Moskva: Mir [in Russian].
  8. Zobrazhennya zemnoyi poverkhni` z suputnika [Image of the Earth's surface from the satellite] (2019). *pingvin.pro*. Retrieved from: <https://pingvin.pro/gadgets/news-gadgets/google-earth-vymiryaty-vidstan-ploshhu.html> [in Russian].
  9. Planeta Zemlya [Planet Earth]. (2019). *v-kosmose.com*. Retrieved from: <https://v-kosmose.com/planeta-zemlya/> [in Russian].
  10. Stetsyshyn, P.O., Recunenکو, V.V., Pindus, V.V. (2008). *Osnovi organi`chnogo virobnictva [Fundamentals of Organic Production]*. Vinnytsia: Nova kniga [in Ukrainian].
  11. Sobczyk, W. (2013). *Rolnictwo i srodowisko [Agriculture and the environment]*. Krakow: wydawnictwa AGH [in Polish].
  12. Stepanov, D.V., Bogomaz, V.O. (2016). Energo-efektivni` sistemi utili`zaczi`yi organi`chnikh vi`dkhodi`v [Energy efficient organic waste disposal systems]. Vinnytsia: Vinnitsa National Technical University. *conferences.vntu.edu.ua*. Retrieved from: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/itb/itb2016/paper/viewFile/1573/1276> [in Ukrainian].
  13. Materi`al`no-tekhni`chne zabezpechennya pi`dpriyemstva [Logistical support of the enterprise]. *sites.google.com*. Retrieved from: <https://sites.google.com/site/kostia03061992/materialno-tehnicne-zabezpechenna-pidpriemstva> [in Ukrainian].
  14. «Organi`chnu produkci`yu z Ukraini zaluybki zamovlyayut` za kordonom» [«Organic products from Ukraine are ordered abroad»]. *vlasno.info*. Retrieved from: <http://vlasno.info/ekonomika/3/biznes/item/30517-orhanichnu-produktsiiu-z-ukrainy-zal> [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 26.10.2019

## PECULIARITIES OF DEVELOPMENT OF POTATO DISEASES *ALTERNARIA SOLANI* AND *PHYTOPHTHORA INFESTANS* WHEN APPLYING VARIOUS TYPES OF PLANTS PROTECTION

S. Fedorchuk<sup>1</sup>, O. Trembitska<sup>1</sup>, T. Klymenko<sup>1</sup>, B. Radko<sup>1</sup>, M. Lisovyy<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Житомирський національний агроекологічний університет

<sup>2</sup> Національний університет біоресурсів і природокористування України

Розглянуто головні особливості розвитку збудників хвороб картоплі *Alternaria solani* та *Phytophthora infestans* за використання хімічних, біологічних препаратів та регуляторів росту рослин у лабораторних умовах. За застосування хімічних препаратів Консенто 450 SC, к.с., Акробат МЦ в.г., Антракол 70 WP, з.п. у відповідних концентраціях у лабораторних умовах було зафіксовано їх високу токсичну дію щодо збудників хвороб. В усіх варіантах досліді фунгіциди зумовлювали повне призупинення розвитку гриба. Лише у варіанті із застосуванням Консенто 450 SC на 14-у добу експерименту діаметр колонії гриба *Phytophthora infestans* збільшився на 0,5 мм і становив 1,5 мм. Біопрепарати Псевдобактерин-2, в.р., Трихофіт, р., Фітоспорин — М, п. також проявили несапівну дію на збудників *Alternaria solani* та *Phytophthora infestans*. За ефективністю дії щодо *Alternaria solani* оптимальним був Фітоспорин — М, п. — діаметр колонії гриба становив 17,1 мм, а на контролі (без препарату) — 39,9 мм. Вплив Фітоспорину — М, п. на розвиток гриба *Phytophthora infestans* також був доволі ефективним. Діаметр колоній у цьому варіанті досягав 19,3 мм на 14-у добу експозиції. Під час вивчення взаємодії регуляторів росту рослин і *Alternaria solani* в лабораторних умовах встановлено зменшення інтенсивності росту гриба порівняно з контролем. Ефективнішими були Гумісол, р. та Потейтін, в.р. — на 14-у добу експозиції діаметр колонії був у межах 33,4 та 34,6 мм відповідно. Найсильнішу дію щодо пригнічення розвитку гриба *Phytophthora infestans* проявив препарат Гумісол, р., діаметр колонії становив 43,0 мм на 14-у добу експозиції.

**Ключові слова:** *Alternaria solani*, *Phytophthora infestans*, збудники, препарати, живильне середовище, картопля.

Due to high content of starch, protein and potato bulbs, potatoes are important food for people and feeding animals. It is rightly called the second bread. In European cuisine, over 300 dishes from potatoes are known [8].

Currently, more than 95 percent of potatoes are grown in farms and in private home-steads, where yields averaged 13 tons per hectare, while in Europe 30 tons per hectare. One of the reasons for this low yield is the spread of diseases. At present, there are about 30 disease agents, with annual crop losses between 10 and 60% [2].

Widespread potato diseases are alternaria and phytophthora. Pathogens of *Alternaria* — *Alternaria* fungi, of which the most dangerous is *Alternaria* molds. The disease most mani-

fest itself in the phase of plant budding and develops throughout the summer. First, dry, brown spots appear on the lower, and then on the upper leaves, which violate the conditions of photosynthesis of plants and can lead to their death. Fungus, besides leaves, also affects stems and rarely bulb [3].

Most potato plants are affected by latex, the causative agent of which is the *Phytophthora infestans* fungus. The disease leads to loss of crop due to defeat during vegetation of plants, premature death of the peduncle during the formation of tubers, as well as during their harvesting and storage [6].

Despite some differences in the nature of the development of these diseases, which have much in common in the spread of infection, and therefore, to suppress their spread and development, the same chemical and biologi-

© S. Fedorchuk, O. Trembitska, T. Klymenko, B. Radko, M. Lisovyy, 2019

cal measures are used to protect against the agents of these diseases [7].

Measures to combat alternatives and potato lizards require research, namely, the study of effective and long-lasting action of plant protection products against these diseases. It deserves attention to the study of the use of new agents of chemical and, in particular, agents of biological origin and plant growth regulators, which contribute to obtaining an environmentally safe potato harvest [4].

However, it is advisable to admit that in Ukraine, the alternative potato has been insufficiently investigated. The availability of experimental data in this area is significantly inferior to the study of potato late blight, although the spread and harmfulness of these two diseases are quite similar, which is probably due to the underestimation of the harmfulness of these diseases.

Therefore, the purpose of the work was to conduct research on the use of chemical and biological preparations and PPP against pathogens of potato diseases *Alternaria solani* and *Phytophthora infestans*.

## MATERIALS AND METHODS OF RESEARCH

The experiments were carried out in laboratory conditions at School of Selection and Biotechnology of Zhytomyr National Agroecological University in 2013–2015. For the identification of fungi, standard techniques of V.I. Bilai (1982) [1] were used. The object of the research was the pathogens of alternaria and potato phytophagous diseases — *Alternaria solani* and *Phytophthora infestans* on the leafy surface of plants. Sowing of pathogens into the nutrient medium was carried out in sterile Petri dishes on potato-glucose agar (KGA) of the following composition: 20 g of agar and 20 g of glucose were added to 1 l of potato broth (1 l of water + 200 grams of potatoes). One of the fungicides, biopreparations and PPP was introduced into the nutrient medium in the concentrations recommended by the manufacturer and the same doses [5]. Control was the cups with the environment without adding drugs. The resulting mixture was poured into sterile Petri dishes, which were kept in an incubation chamber for three

days to check their purity. On the surface of the nutrient medium a purifying needle was applied to a pure culture of pathogens of alternaria and phyllotrophy. In control, pathogens were sown on a clean nutrient medium. Soaked in such a way Petri dishes were kept at a temperature of +24°C. The records of the diameter of the colonies of *Alternaria solani* and *Phytophthora infestans* were carried out on the 7th and 14th day. The repetition of the experiment is fivefold.

Among the chemical agents we studied Consento 450 SS (0.1 mg/25 ml medium), Acrobat MC (0.1 g/25 ml medium), Anthracol 70 WP (0.075 g/25 ml medium); of biological — Pseudobacterin-2 (0.005 ml/25 ml of medium), Trihofit (15 ml/25 ml of medium), Phytosporin — M. p. (0.004 ml/25 ml of medium); PPP was used by Poteitin, (at a concentration of 0.001 ml/25 ml of medium), Gumysol (at a concentration of 5 g/25 ml of medium), Biolan (at a concentration of 0.003 ml/25 ml of medium).

## RESULTS AND DISCUSSIONS

When testing chemical preparations Consent 450 SC, Acrobat MC, Anthracol 70 WP in laboratory conditions, we noted their high toxicity in relation to the pathogens *Alternaria solani* and *Phytophthora infestans* on the leafy surface of plants (Table 1).

In all variants of the experiment, fungicides completely stopped the development of *Alternaria solani* fungus. Only in the version with the use of Consento 450 SC on the fourteenth day of the experiment, the diameter of the mycelium of *Phytophthora infestans* fungus was 1.5 mm, which is 0.5 mm more compared to other variants of the experiment.

Consequently, all fungicides of chemical origin such as Consento 450 SC, Acrobat MC, Antracol 70 WP in concentration in accordance with the recommended standard have shown a high efficiency in limiting the development of pathogens in leafy potatoes.

The study on the effects of biologically active drugs such as Pseudobacterin-2, Trihofit, Phytosporin-M, on the development of *Alternaria solani* and *Phytophthora infestans* in concentrations according to the recom-

Table 1

**Influence of chemical origin agents on the development of molds *Alternaria solani* and *Phytophthora infestans* in feeding environment**

Fungicides	Diameter of colony, mm			
	<i>Alternaria solani</i>		<i>Phytophthora infestans</i>	
	exposition		exposition	
	7 days	14 days	7 days	14 days
Control	21.8	39.9	18.2	48.2
Consento 450 SC	1.0	1.0	1.0	1.5
Acrobat MC	1.0	1.0	1.0	1.0
Anthracol	1.0	1.0	1.0	1.0
HIP <sub>05</sub> , mm		0.1		0.1

mended norms also revealed a negative effect on pathogens potato leaves.

As to the effectiveness of the action against the pathogen *Alternaria solani* Phytosporin-M was the best, the diameter of the colony of the fungus at 14 days of studies was 17.1 mm, while in the control (without the agent) this figure was 39.9 mm (Table. 2).

Somewhat less effective were Pseudobacterium-2, And Trihofit, the diameter of *Alternaria solani* fungus colonies at the 14th day of the study was 20.0 mm and 25.7 mm.

In our studies, biopreparations also showed the effectiveness of inhibition in the deve-

lopment of mycelium fungus *Phytophthora infestans*. Adding to the nutritional medium of the drug Phytosporin – M, p. was the most effective in comparison with other drugs. The diameter of the colonies in this variant reached 19.3 mm on the 14th day of the experiment.

When using Pseudobacterium-2 and Trichophyta the diameter of the *Phytophthora infestans* micelles colonies increased to 25.2 mm and 31.7 mm, respectively.

Consequently, the use of biological agents suppresses the development of mycelium of pathogens alternaria and latex, which indicates their significant efficiency.

Table 2

**Influence of biologics on the development of fungi *Alternaria solani* and *Phytophthora infestans* in feeding environment**

Agents	Diameter of colony, mm			
	<i>Alternaria solani</i>		<i>Phytophthora infestans</i>	
	exposition		exposition	
	7 days	14 days	7 days	14 days
Control	21.8	39.9	18.2	48.2
Pseudobacterin-2	11.8	20.0	7.4	25.2
Trihofit	15.5	25.7	8.7	31.7
Phytosporin-M	9.7	17.1	5.1	19.3
HIP <sub>05</sub> , mm		2.7		3.0

Table 3

**The influence of PGR on the development of *Alternaria solani* and *Phytophthora infestans* fungi in feeding environment**

PGR	Diameter of colony, mm			
	<i>Alternaria solani</i>		<i>Phytophthora infestans</i>	
	exposition		exposition	
	7 days	14 days	7 days	14 days
Control (no agent)	21.8	39.9	18.2	48.2
Poteitin	15.8	34.6	16.4	45.0
Gumysol	17.8	33.4	15.2	43.0
Biolan	19.7	38.2	18.0	47.5
HIP <sub>05</sub> , мм		1.4		1.8

Results of research on the influence of growth regulators: Gumysol, Poteitin, v.r., Biolan, v.s.r. on the development of *Alternaria solani* and *Phytophthora infestans* in the nutrient medium are presented in the table 3.

Studies have shown that the effect of growth regulators on the development of *Alternaria solani* and *Phytophthora infestans* fungi was different.

In the study of PGR with respect to the restriction of the development of the *Alternaria solani* in the laboratory, a decrease in the intensity of growth of mycelial fungus in comparison with the control was found.

Gumisol and Poteitin agents were more effective. where on the 14th day of our research the diameter of the colony was within the limits of 33.4 mm and 34.6 mm, respectively. In the application of Biolan the diameter of *Alternaria solani* mycelium reached 38.2 mm, which was, practically, at the control level (without the agents) – 39.9 mm.

The best effect in suppressing the development of *Phytophthora infestans* was shown by Gumisol: the diameter of the colony was 43.0 mm on the 14th day of exposure. Somewhat less effective were discovered by Poteitin, in. (diameter of the colony 45.0 mm) and Biolan (diameter of the colony 47.5 mm). In

the control version (without the preparation) during this time the diameter of mycelium was the largest and amounted to 48.2 mm.

Thus, among growth regulators, the most effective against the suppression of the development of *Phytophthora infestans* was Gumysol, and in relation to *Alternaria solani* – Gumysol and Poteitin.

Despite the fact that the investigational drugs have different active substances, each of the groups – chemical, biological and PPP, practically, have the same effect on pathogens *Alternaria solani* and *Phytophthora infestans*.

**CONCLUSIONS**

All fungicides of chemical origin such as Consento 450 SC, Acrobat MC, Anthracol 70 WP for efficiency were equivalent and showed high efficacy (100%) in laboratory conditions in terms of limiting the development of pathogens of leaf diseases potatoes

The use of biological agents also inhibited the development of fungal pathogens, indicating their effectiveness. The best effect was shown by Phytosporin.

Among PGR, the most effective as to development of *Phytophthora infestans* was Gumysol, and in relation to *Alternaria solani* – Gumisol and Poteitin.



## ЛІТЕРАТУРА

1. Биопрепараты для защиты картофеля от болезней / Л.И. Пусенкова, В.М. Глез, В.Н. Зейрук и др. // Защита и карантин растений. — 2010. — № 10. — С. 26–28.
2. Ганнибал Ф.Б. Видовой состав, таксономия и номенклатура возбудителей альтернариоза листьев картофеля / Ф.Б. Ганнибал; под ред. А.П. Дмитриева // Лаборатория микологии и фитопатологии им. А.А. Ячевского ВИЗР. История и современность. — СПб.: ВИЗР, 2007. — С. 142–148.
3. Фітопатологія : навч. посіб. / І.Л. Марков та ін. — К.: Ліра-К, 2017. — 320 с.
4. Сергієнко В.Г. Вплив сортових особливостей на розвиток сухої плямистості картоплі В.Г. / Сергієнко, С.В. Богданович // Захист і карантин рослин. — 2012. — Вип. 58. — С. 192–200.
5. Кузнецова М.А. Фитофтороз и альтернариоз карто-  
феля: программа защитных действий / М.А. Кузнецова, Б.Е. Козловский, А.Н. Рогожин // Картофель и овощи: науч.-произв. и попул. журн. — 2010. — № 3. — С. 27–30.
6. Шевелуха В.С. Состояние и перспективы исследований и применения фиторегуляторов в растениеводстве / В.С. Шевелуха, И.К. Блиновский // Регуляторы роста растений. — М.: Агропромиздат, 2004. — С. 10–35.
7. Бородай В.В. Поширеність та розвиток хвороб картоплі (*Solanum tuberosum*) в Україні / В.В. Бородай, А.І. Парфенюк // Агроекологічний журнал. — 2018. — № 4. — С. 82–87.
8. Иванюк В.Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В.Г. Иванюк, С.А. Банадыев, Г.К. Журомский. — Минск: Белпринт, 2005. — 696 с.

## REFERENCES

1. Pusenkov, L.I. et al. (2010). Biopreparaty dlya zashity kartofelya ot boleznej [Biopreparats for protection of potato from diseases]. *Zashita i karantin rastenij — Protection and plant quarantine*, 10, 26–28 [in Russian].
2. Gannibal, F.B. (2007). Vidovoy sostav, taksonomiya i nomenklatura vzbuditelej alternarioza listev kartofelya [Species composition, taxonomy and nomenclature of pathogens alternatives to potato leaves]. *Laboratoriya mikologii i fitopatologii im. A.A. Yachevskogo VIZR. Istoriya i sovremennost*. A.P. Dmitrieva (Ed.). Sankt-Peterburg: VIZR [in Russian].
3. Markov, I.L., Bashta, O.V., Hentosh, D.T. et al. (2017). *Fitopatolohiia: navch. pidruchnyk [Phytopathology: teach. textbook]*. Kyiv: Lira-K [in Ukrainian].
4. Serhiienko, V.H., Bohdanovych, S.V. (2013). Shkidlyvist sukhoi pliamystosti kartopli [Purity of dry potato spot]. *Zakhyst i karantyn roslyn. — Plant protection and quarantine*, 59, 231–237 [in Ukrainian].
5. Kuznecova, M.A. et al. (2010). Fitofloroz i alternarioz kartofelya: programma zashitnyh dejstvij [Phytophthora and alternaria of potato: a program of protective actions]. *Kartofel i ovoshi — Potatoes and vegetables*, 3, 27–30 [in Russian].
6. Sheveluha, V.C., Blinovskij, I.K. (2004). Sostoyanie i perspektivy issledovaniy i primeniya fitoregulyatorov v rastenievodstve [The state and prospects of research and application of phyto regulators in plant growing]. *Regulatory rosta rastenij*. Moskva: Agropromizdat [in Russian].
7. Borodai, V.V., Parfeniuk, A.I. (2018). Poshyrenist ta rozvytok khvorob kartopli (*Solanum tuberosum*) v Ukrainy [Prevalence and development of *Solanum tuberosum* potato diseases in Ukraine]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Agroecological journal*, 4, 82–87 [in Ukrainian].
8. Yvaniuk, V.H., Banadysev, S.A., Zhuromskiy, H.K. (2005). *Zashchyta kartofelia ot boleznei, vredytelei y sorniakov [Protecting potatoes from diseases, pests and weeds]*. Mynsk: Belprynt [in Russian].

Стаття надійшла до редакції журналу 04.10.2019

## ВПЛИВ ЕКЗОМЕТАБОЛІТІВ РОСЛИН РІЗНИХ СОРТІВ СОЇ НА ШВИДКІСТЬ РАДІАЛЬНОГО РОСТУ *FUSARIUM GRAMINEARUM*

Л.В. Гаврилук, Н.А. Косовська, А.І. Парфенюк, І.І.Мостов'як

*Інститут агроекології і природокористування НААН*

*Наведено результати впливу екзометаболітів рослин сої сортів Сузір'я і Кент та технологій їх вирощування на швидкість радіального росту міцелію ізолятів гриба *Fusarium graminearum*. Досліджено, що найвищою антифунгальною дією щодо швидкості радіального росту колоній гриба *F. graminearum* характеризуються екзометаболіти, виділені із рослин сої сорту Сузір'я, вирощених за дії препаратів Протегер і Роколта. Виявлено, що найвищою антифунгальною дією серед екзометаболітів рослин сої сорту Кент щодо швидкості радіального росту міцелію гриба *F. graminearum* характеризуються екзометаболіти, вирощені за технологією «БТУ-Центр». Встановлено, що екзометаболіти рослин різних сортів сої та технології їх вирощування істотно впливають на фізіолого-біохімічні властивості фітопатогенного та мікотоксичного гриба *F. graminearum*.*

**Ключові слова:** соя, швидкість радіального росту, фітопатогенні мікроміцети, біологічні технології, екзометаболіти.

Нині в Україні відбувається динамічне зростання посівних площ сої. За даними Української асоціації виробників і переробників сої площі, відведені під виробництво цієї культури, за 12 років (упродовж 2003–2015) збільшилися з 189,6 тис. до 2,1 млн га. Наразі йдеться про можливе зростання площ до 2,4 млн га в 2020 р. Відповідно, частка цієї культури у сівозмінах збільшується. Водночас в агроценозах сої відбувається нагромадження інфекційного матеріалу фітопатогенних мікроміцетів, серед яких переважають види роду *Fusarium* [1]. Вони можуть спричиняти спалахи багатьох хвороб рослин, як-от: коренева гниль, фузаріози. Загибель рослин у деякі роки від ураження цими хворобами може сягати 30%. Ураження сходів на рівні 37–43% призводить до погіршення якісних показників, знижуючи вміст білка на 4–18%, жиру — на 1,6–5,6%. Своєю чергою це знижує якість рослинної продукції [1].

В умовах антропогенного навантаження внаслідок нераціонального застосування пестицидів зростають темпи поши-

рення патогенних мікроміцетів, утворюються їх резистентні форми з посиленою агресивністю, які можуть призводити до втрати стійкості сортів рослин сої до хвороб. Тому у світі дедалі більше уваги приділяють органічному виробництву сої та інших культур, що базується на регуляції фітопатогенних мікроорганізмів у агроценозах [2].

Значну теоретичну і практичну цінність має розкриття механізмів і чинників, що обумовлюють швидкість формування природних екотипів грибів-паразитів. Спрощення багатьох екосистем перешкоджає їх оптимальному функціонуванню та стабільності, що призводить до погіршення екологічного стану агроценозів. Слід також зважати на можливість стимулювання фенологічної мінливості патогенів унаслідок контакту зі стійкими сортами [3]. Отже, розуміння механізму взаємодії «рослина — живитель — патоген» розкриває шляхи створення бази знань з динаміки накопичення інфекційного матеріалу в агроценозах культурних рослин, у т.ч. сої.

На особливу увагу заслуговують фітотоксичні метаболіти некротрофних фітопатогенних грибів, які здатні нако-

пичуватись у ґрунті, насінні та рослинних рештках. Адже мікотоксини можуть спричинити отруєння людини та тварин [4]. Найбільш розповсюдженими видами мікроміцетів у рослинах сої та їх рештках є представники роду *Fusarium*, а саме *F. oxysporum*, *F. culmorum* та *F. graminearum* [3]. Значна кількість представників роду *Fusarium* має здатність до синтезу мікотоксинів, які призводять до зниження врожайності та якості зерна, а також якості продуктів харчування, що негативно впливає на їх екологічну безпечність [5]. Представники роду *Fusarium* поступово знижують експресію генів, які кодують білки для синтезу крохмалю і сахарози в клітинах зерна. Під час гліколізу глюкоза, що накопичується в зерні, перетворюється на прості компоненти, які є джерелом енергії для фітопатогенів і можуть спричинити поширення інфекції в рослині [6, 7].

Мета роботи – визначення впливу екзацетаболітів рослин сої сортів Кент та Сузір'я, вирощених за різних технологій в умовах органічного виробництва, на швидкість радіального росту міцелію ізолятів *F. graminearum*.

#### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили в лабораторії ІАП НААН у 2018–2019 рр. Аналізували ізоляти, виділені із рослин сої сортів Кент

та Сузір'я. Вказані сорти були вирощені в умовах органічного виробництва в Центральному Лісостепі України (Сквирська дослідна станція органічного виробництва ІАП НААН).

Сорт сої Сузір'я – селекція ННЦ «Інститут землеробства» НААН; сорт сої Кент – компанії SAATBAULINZ (Австрія).

Для ідентифікації видів мікроміцетів використовували он-лайн базу даних MucorBank. Швидкість радіального росту міцелію ізолятів грибів за впливу екзетаболітів рослин сої визначали загально-відомими методами [8].

Радіальну швидкість росту культур гриба обчислювали за формулою:

$$K_r = (r_1 - r_0) / (t_1 - t_0),$$

де  $K_r$  – радіальна швидкість росту колоній;  $r_0$  – радіус колоній у момент  $t_0$ ;  $r_1$  – радіус колоній у момент  $t_1$  [2].

Ізоляти виділено із рослин сої сортів Кент та Сузір'я, вирощених за технологіями, які передбачають обробку насіння та у період вегетації рослин інокулянтами для сої (табл. 1).

#### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За результатами досліджень встановлено, що найвищою антифунгальною дією щодо швидкості радіального росту колоній гриба *F. graminearum* характеризуються

Таблиця 1

Технології вирощування сої сортів Кент та Сузір'я у досліді

№ пор.	Назва технології	Препарати	Обробка
	Контроль (без обробки)	–	–
1	«Філазоніт Україна»	Філазоніт	насіння
2	«БТУ-Центр»	Міко-Хелп Граундфікс Енпосам	ґрунт перед посівом
		Фіто хелп Хелпрост Різо Лайн	насіння
3	«Сучасні аграрні технології»	Протегер Роколта	насіння
4	«А-Райс»	Стимулакс ВЕГ	насіння

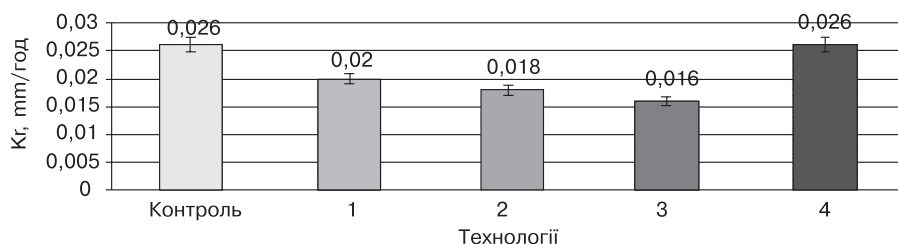
екзометаболіти, виділені із досліджуваних сортів сої, вирощених за дії препаратів, що використовуються «Сучасними аграрними технологіями» (№ 3) і передбачають обробку насіння препаратами Протегер і Роклта (рис. 1).

Так, екзометаболіти сої сортів Сузір'я та Кент, вирощених за вказаною технологією, істотно пригнічували швидкість радіального росту міцелію гриба, що в середньому становила 0,017–0,20 мм/год відповідно та була істотно нижчою порівняно із контролем. Поряд із тим екзометаболіти рослин сої сорту Сузір'я, що були вирощені як за попередньою (№ 3), так і «БТУ-Центр» технологією (№ 2) характеризувались істотною антифунгальною дією щодо гриба *F. graminearum* та в 1,6 і 1,4 раза пригнічували швидкість радіального росту міцелію порівняно із контролем відповідно.

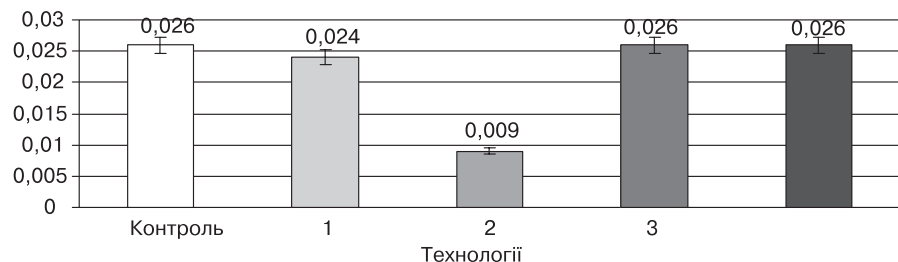
Водночас екзометаболіти рослин сої сорту Сузір'я, вирощені за технологією «А-Райс» (№ 4), істотно підвищували швидкість радіального росту міцелію гриба порівняно із екзометаболітами рослин,

вирощених за іншими технологіями досліджу. Швидкість радіального росту міцелію за впливу досліджуваних екзометаболітів рослин становить у середньому 0,026 мм/год, як і в контрольному варіанті. Коефіцієнт швидкості радіального росту міцелію за дії вказаного препарату статистично обраховано за критерієм Ньюма-Кейлса. Оскільки емпіричні значення критерію для досліджуваних екзометаболітів були значно вищими за критичні значення на рівні значущості 0,05, отриману різницю вважали достовірною. Це свідчить про відсутність антифунгальної дії екзометаболітів рослин сорту Сузір'я, вирощених за технологією № 4.

Слід зауважити, що серед екзометаболітів рослин сої сорту Кент, що були вирощені за різних технологій досліджу, найвищою антифунгальною активністю характеризувались екзометаболіти рослин, вирощених за технологією № 2 (рис. 2). За їх впливу швидкість радіального росту міцелію гриба *F. graminearum* становить 0,009 мм/год, що в 2,8 раза менше порівняно із контролем.



**Рис. 1.** Вплив екзометаболітів рослин сої сорту Сузір'я, вирощених за різних технологій, на швидкість радіального росту міцелію ізоляту *F. graminearum*



**Рис. 2.** Вплив екзометаболітів рослин сої сорту Кент, вирощених за різних технологій, на швидкість радіального росту міцелію ізоляту *F. graminearum*

Поряд із тим антифунгальна дія екзо-метаболітів рослин сої сорту Кент, вирощених за технологіями «Філазоніт Україна» (№ 1), № 3 та 4, була незначною.

За результатами досліджень (рис. 2) екзо-метаболіти рослин сої сорту Кент, які були вирощені за традиційної технології (0,021 мм/год), пригнічували швидкість радіального росту міцелію гриба лише у 1,2 раза інтенсивніше порівняно із контрольним варіантом (0,026 мм/год). Коефіцієнт швидкості радіального росту міцелію у цьому варіанті відповідав коефіцієнту росту гриба на контролі.

Отже, результати проведених досліджень свідчать, що антифунгальні властивості екзо-метаболітів рослин сої щодо гриба *F. graminearum* значною мірою обумовлено технологіями вирощування рослин та їх сортовими відмінностями.

## ВИСНОВКИ

Найвищою антифунгальною дією щодо швидкості радіального росту колоній гри-

ба *F. graminearum* характеризуються екзо-метаболіти, що були виділені із рослин сої сорту Сузір'я, вирощених за дії препаратів Протегер і Роколта, якими обробляють насіння за «Сучасними аграрними технологіями».

Екзо-метаболіти сої сорту Кент щодо швидкості радіального росту міцелію гриба *F. graminearum* характеризуються найвищою антифунгальною дією за вирощування рослин в умовах технології «БТУ-Центр», яка передбачає обробки: ґрунту перед посівом; насіння; рослин у процесі вегетації біопрепаратами Філазоніт, Граундфікс Мікохелц, Хелп, Енпосам, Різо Лайн, Протегер.

Результати досліджень свідчать про істотний вплив екзо-метаболітів рослин різних сортів сої та технологій їх вирощування на фізіолого-біохімічні властивості фітопатогенного та мікотоксичного гриба *F. graminearum*.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Лукомец В.М. Болезни бобовых / В.М. Лукомец, В.Т. Пивень, Н.М. Тишков. –М.: Агрорус, 2011. – 210 с.
2. Парфенюк А.І. Інтенсивність спорування фітопатогенних грибів на сортах та гібридах перцю солодкого / А.І. Парфенюк, І.В. Безноска // Вісник Харківського національного аграрного університету. – 2012. – Вип. 3. – С. 104–108.
3. Preventive measures reducing superficial mycobiotic contamination of grain / D. Steponavičius, A. Raila, A. Steponavičienė [et al.] // Annals of Agricultural and Environmental Medicine. – 2012. – Vol. 19(2). – P. 193–201.
4. Петренко В.П. Стійкість соняшнику до некро-трофних патогенів / В.П. Петренко, І.Ю. Боровська, В.В. Кириченко. – Х., 2012. – 67 с.
5. Парфенюк А.І. Сорти сільськогосподарських культур, як фактор біоконтролю фітопатогенних мікроорганізмів в агрофітоценозах / А.І. Парфенюк // Агро-екологічний журнал. – 2009. – № 3. – С. 248–250.
6. Early activation of wheat polyamine biosynthesis during *Fusarium* head blight implicates putrescine as an inducer of trichothecene mycotoxin production / D.M. Gardiner, K. Kazan, S. Praud [et al.] // BMC Plant Biol. – 2010. – Vol. 10. – P. 289.
7. Transcriptome dynamics of a susceptible wheat upon *Fusarium* head blight reveals that molecular responses to *Fusarium graminearum* infection fit over the grain development processes/ C. Chetouhi, L. Bonhomme, P. Lasserre-Zuber [et al.] // Functional & Integrative Genomics. – 2016. – Vol. 16. – P. 183–201.
8. Билай В.И. Методы экспериментальной микологии / В.И. Билай. – К: Наук. думка, 1982. – 548 с.

## REFERENCES

1. Lukomets, V.M., Piven, V.T. & Tishkov, N.M. (2011). *Bolezni bobovykh [Legume diseases]*. Moskva: Agrorus [in Russian].
2. Parfenyuk, A.I. & Beznosko, I.V. (2012). Intensity of sporulation of phytopathogenic fungi on varieties and hybrids of sweet pepper. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu. Seriya Bolharyia* – Bulletin of Kharkiv National Agrarian University, 3, 104–108 [in Ukrainian].
3. Steponavičius, D., Raila, A., & Steponavičienė, A. [et al.] (2012). Preventive measures reducing superficial mycobiotic contamination of grain. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine*, 19 (2), 193–201 [in English].

4. Petrenkova, V.P., Borovska, I.Yu. & Kirichenko, V.V. (2012). *Stiikist soniashnyku do nekrotrofnykh patogeniv [Resistance of sunflower to necrotrophic pathogens]*. Kharkiv [in Ukrainian].
5. Parfenyuk, A.I. (2009). Sorty silskohospodarskykh kultur, yak faktor biokontroliu fitopatohennykh mikroorganizmiv v ahrofitotsenozakh [Crop varieties as a factor in biocontrol of phytopathogenic microorganisms in agrophytocenoses]. *Ahroekolohichnyi zhurnal — Ahroekolohichnyi zhurnal*, 3, 248–250 [in Ukrainian].
6. Gardiner, D.M., Kazan, K., & Praud, S. (2010). Early activation of wheat polyamine biosynthesis during Fusarium head blight implicates putrescine as an inducer of trichothecene mycotoxin production. *BMC Plant Biol.*, 10, 289 [in English].
7. Chetouhi, C., Bonhomme, L., & Lasserre-Zuber, P. (2016). Transcriptome dynamics of a susceptible wheat upon Fusarium head blight reveals that molecular responses to *Fusarium graminearum* infection fit over the grain development processes. *Functional & Integrative Genomics*, 16, 183–201 [in English].
8. Bilay, V.I. (1982). *Metody eksperimentalnoy mikologii [Methods of experimental mycology]*. Kyiv: Nauk. dumka [in Russian].

Стаття надійшла до редакції журналу 18.10.2019

УДК 633.11:631.5

DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2019.189455>

## ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕНІСТЬ ТА ВОДОСПОЖИВАННЯ ЗА ВИРОЩУВАННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ В ПОСУШЛИВИХ УМОВАХ СТЕПУ

О.Л. Романенко<sup>1</sup>, І.С. Куц<sup>1</sup>, А.В. Агафонова<sup>1</sup>, М.М. Солодушко<sup>2</sup>, Н.М. Усова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Запорізька філія ДУ «Держгрунтохорона»

<sup>2</sup> Інститут зернових культур НААН

<sup>3</sup> Інститут олійних культур НААН

*Наведено результати багаторічних досліджень щодо водозабезпеченості та водоспоживання в посівах пшениці озимої за посушливих умов Степу на чорноземах звичайних важкосуглинкових. Встановлено, що зміни клімату істотно вплинули на загальні втрати води впродовж вегетації, а також на коефіцієнт водоспоживання. За останні 25 років ці показники знизились порівняно з попереднім циклом. Через підвищення посушливості погіршилась вологозабезпеченість ґрунту. Доведено, що кращі умови вологозабезпеченості та водоспоживання для сівби пшениці озимої змістились до пізніших строків. Встановлено зміни щодо обсягів водоспоживання рослинами пшениці озимої за періодами вегетації. За 21 рік по чорному пару найвищу врожайність сорт Альбатрос одеський забезпечив за сівби 25 вересня — 6,08 т/га, а коефіцієнт водоспоживання мав найнижче значення — 428 м<sup>3</sup>/т.*

**Ключові слова:** строки сівби, пшениця озима, запаси продуктивної вологи в ґрунті, урожайність, коефіцієнт водоспоживання, водоспоживання.

У зоні Степу пшениця озима за врожайністю та збором зерна посідає перше місце. Ця культура є доволі вимогливою до вологи, але, водночас, — посухостійкою.

За даними науковців різних сфер діяльності у світі відбуваються значні зміни клімату, що істотно впливають на врожайність сільськогосподарських культур [1–4].

У зоні Південного Степу на ріст і розвиток рослин пшениці озимої істотно впливають кліматичні й погодні умови. Варіювання врожайності за роками на 50–60% обумовлено метеорологічними чинниками. Південний Степ характеризується найбільшою посушливістю і значними тепловими ресурсами.

В умовах Південного Степу майже щороку спостерігаються посухи різної інтенсивності та тривалості під час першо-

© О.Л. Романенко, І.С. Куц, А.В. Агафонова, М.М. Солодушко, Н.М. Усова, 2019



го, другого або впродовж усього періоду вегетації рослин озимих культур. Подібні явища призводять до постійного дефіциту вологи, що є основним обмежувальним чинником життєдіяльності рослин. Саме невідповідність між потребою рослин у воді та її надходженням з ґрунту є першочерговим критерієм прояву посухи. Її вплив на рослини залежить від тривалості бездошового періоду, температури повітря, відносної його вологості тощо. Найбільше потерпають від посухи посіви озимих, які розміщуються після непарових попередників.

У південному Степу, де зосереджено близько 3 млн га озимих зернових культур, питання водного режиму ґрунту та рівень водоспоживання рослинами є найбільш актуальним. Збільшення або хоча б стабілізація запасів вологи в ґрунті та ефективніше їх використання залежить від багатьох чинників: погодних умов, попередників, обробітку ґрунту, добрив, густоти посіву, сортових особливостей (скоростиглість, висота рослин).

Звичайно, на водоспоживання посівів найбільше впливають погодні умови [5–6]. Сумарне випаровування посівів залежить від дефіциту вологості повітря ( $r = 0,67$ ). Чим сухіше повітря і вища його температура, тим інтенсивніше витрачається на посівах волога.

Мета досліджень — визначити рівень водоспоживання різновіковими рослинами пшениці озимої в різні періоди вегетації по чорному пару за умов глобального потепління.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У 1990/91–2012/13 рр. дослідження проводили на Запорізькій державній сільськогосподарській дослідній станції (ЗДСДС) та в Інституті олійних культур НААН за методикою Б.А. Доспехова [7]. Застосовували загальнонаукові та спеціальні методи досліджень: польовий, кількісно-ваговий, математичної статистики. Врожайність вираховували для кожної ділянки з усієї залікової ділянки суцільним методом.

Дослідження проводили у семипільній сівозміні з таким чергуванням: чорний пар, пшениця озима, кукурудза на зерно, ячмінь ярий, горох, пшениця озима, соняшник. Клімат — помірно континентальний, ґрунт — чорнозем звичайний малогумусний, важкосуглинковий. Уміст гумусу (за Тюрнімом) в орному шарі ґрунту становить 2,7% (середній), гідролізованого азоту (за Корнфільдом) — 96 мг/кг (дуже низький), рухомих сполук фосфору — 139 (підвищений) і рухомих сполук калію (за Чиріковим) — 140 мг/кг ґрунту (високий).

Реакція ґрунтового розчину — нейтральна. Розмір посівної ділянки — 20 м<sup>2</sup>, повторність — чотириразова. Попередник — чорний пар. Висівали пшеницю озиму сорту Альбатрос одеський 5, 15, 25 вересня і 5 жовтня з нормою висіву 3,5; 4,0; 4,5 і 5,0 млн/га схожих насінин відповідно. Норма внесення добрив та агротехніка — рекомендовані для степової зони.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

За даними Всесвітньої метеорологічної організації впродовж останніх 25 років зафіксовано найбільше підвищення середньої температури повітря, яка з початку минулого століття в степовій зоні України збільшилась на 0,2–0,3°C. На ЗДСДС упродовж 1963–2013 рр. середня річна температура повітря становила 10,3°C, 1991–2013 рр. — 11,1, 1963–1990 рр. — 9,6°C; опадів випало: 1957–1990 рр. — 456,1 мм, 1991–2013 рр. — 376,4, 1957–2013 рр. — 416,0 мм. Так, за 1991–2013 рр. кількість опадів зменшилась на 79,7 мм, середня річна температура повітря підвищилась на 1,5°C, гідротермічний коефіцієнт за березень — червень понизився з 0,9 до 0,6.

Слід наголосити, що за умов зміни клімату водний баланс ґрунту по чистому і зайнятому парах значно менше залежить від опадів другої половини літа і вересня, але вони істотно впливають на нагромадження і збереження продуктивної вологи в орному шарі ґрунту.

Аналіз багаторічних даних Інституту зрошувального землеробства НААН (Південний Степ) засвідчив, що загальна динаміка

вологості ґрунту на посівах пшениці озимої в усі роки має однакову закономірність. В осінньо-зимовий період відбувається накопичення вологи в ґрунті, і до весни її запаси досягають максимуму, після чого витрачаються посівами та знижуються наприкінці вегетації [8].

У зоні Південного Степу для появи сходів та подальшого розвитку рослин пшениці вирішальне значення має водний режим ґрунту на початок сівби та впродовж вегетації восени. У середньому за 21 рік істотної різниці в запасах вологи між посівами чотирьох строків сівби не спостерігалось. На момент сівби в шарі ґрунту 0–100 см цей показник становив 91,5–100,3 мм, а на момент припинення вегетації підвищився до 106,4–118,1 мм (табл. 1). Посіви 25 вересня і 5 жовтня дещо інтенсивніше накопичували вологу порівняно з ранніми строками (5 і 15 вересня) — приріст становив 44 і 13,6 м<sup>3</sup>/га відповідно.

У посушливих умовах Степу кількість опадів у післяпосівний період, як правило, є задовільною для зволоження верхнього (0–15 см) шару ґрунту, а більш глибокі шари — вологі. Проблемними залишаються непарові попередники (стерньові, соняшник, рапс), — за цих умов верхній (50–100 см) шар є майже сухим, доволі часто спостерігається ярусність (на глибині 1 м зафіксовано кілька сухих та вологих шарів).

Проведені дослідження свідчать, що основна кількість вологи в посівах озимих накопичується впродовж осінньо-зимового періоду, а найбільші запаси вологи в ґрунті — ранньої весни. На момент відновлення вегетації рівень запасів доступної вологи в метровому шарі ґрунту в посівах різновікових рослин вирівнявся і становив 149,5–155,0 мм. Їх обсяг має вирішальне значення для росту та розвитку пшениці озимої, формування елементів структури врожаю. За осінньо-зимовий період (припинення — відновлення вегетації) упродовж 1990/91–2012/13 рр. випало 113,6 мм опадів, і незважаючи на доволі низьку вбирну здатність (28%) у метровому шарі ґрунту накопичилось близько 155,0 мм

доступної рослинам вологи. Зведення до мінімуму втрат води на полях та повніше вбирання осінньо-зимових опадів — найбільший резерв покращення забезпечення посівів пшениці водою.

Високу врожайність зерна пшениця озима формує за умови накопичення на початку весни 150–200 мм доступної вологи в метровому шарі ґрунту, задовільний — у межах 130–140, низький — 100 мм і менше. Для нормального розвитку рослин пшениці озимої у літні місяці, крім високих запасів вологи у ґрунті з настанням весни, мають бути добре розвинені посіви з осені.

Основні витрати вологи з ґрунту відбуваються в період весняно-літньої вегетації на фоні підвищення температури повітря та росту рослин. На початку трубкування запаси вологи у шарі ґрунту 0–100 см становили 94,4–101,1 мм, у фазу колосіння — 57,4–64,2 мм. Після виходу рослин у трубку спостерігається інтенсивний ріст вегетативної маси, і втрати вологи з ґрунту значно збільшуються. За нашими даними наявність запасів вологи на початку колосіння у межах 60 мм та опадів за період від колосіння до повної стиглості у кількості 45–55 мм забезпечує по чорному пару добрий розвиток рослин та формування врожаю на рівні 5,5–6,0 т/га.

За посушливої погоди у другій половині весни або у червні, навіть в посівах пшениці по чорному пару, було зафіксовано повне споживання продуктивної вологи. Так, у повну стиглість посівів запаси вологи у метровому шарі ґрунту за різних строків сівби були такими: 2012 р. — відсутні, 2007 р. — 0–7,2 мм, 1999 р. — 0,4–6,3, 2013 р. — 0–3,3, 2002 р. — 2,0–8,5 мм; на початку колосіння: 0–10,1; 12,1–28,4; 65,1–77,0; 31,3–37,9; 49,7–66,0 мм відповідно. Екстремальним виявився сезон 2011/12 рр., коли спостерігалась різка посуха впродовж двох вегетаційних періодів. Тоді було відзначено найнижчу врожайність пшениці озимої за всі роки досліджень — 3,44–3,72 т/га.

У 2007 р. за низьких запасів вологи від початку колосіння до повної стиглості було зафіксовано дещо вищу врожайність —

**Запаси продуктивної вологи у посівах пшениці озимої залежно від строків сівби по чорному пару, 1990/91–2012/13 рр. (середнє за 21 рік)\***

Фенофаза, строк відбирання	Строк сівби	Шар ґрунту, см			
		0–10	0–30	0–50	0–100
Під час сівби	5.09	8,2	28,8	48,6	95,8
	15.09	8,8	29,0	47,9	91,5
	25.09	10,1	32,0	53,3	100,3
	5.10	10,1	32,4	53,3	100,3
Вхід у зиму	5.09	12,6	36,1	58,2	106,4
	15.09	13,0	37,7	61,3	113,7
	25.09	13,8	39,4	64,0	118,1
	5.10	13,2	39,4	65,4	120,0
Відновлення весняної вегетації	5.09	15,5	45,6	78,1	149,5
	15.09	16,0	48,2	81,0	153,4
	25.09	15,1	46,1	78,4	150,3
	5.10	15,5	47,5	80,6	155,0
Вихід у трубку	5.09	7,1	23,3	42,5	94,4
	15.09	7,3	22,7	43,4	95,0
	25.09	7,3	24,1	43,0	94,4
	5.10	8,1	26,6	47,1	101,1
Колосіння	5.09	6,4	18,9	30,2	57,4
	15.09	7,0	19,5	31,0	60,4
	25.09	7,1	20,5	31,4	60,2
	5.10	7,4	21,7	33,9	64,2
Повна стиглість	5.09	6,3	16,5	23,6	35,6
	15.09	6,0	16,6	22,3	31,6
	25.09	5,3	15,1	21,2	29,8
	5.10	5,4	15,3	22,2	33,3

*Примітка (до табл. 1–3):* \* за сезони 1993/94 рр. (низькі температури) та 2002/03 рр. (льодова кірка) дані відсутні, посіви загинули.

4,58–5,30 т/га. В інші несприятливі роки (1999, 2002) завдяки середнім запасам вологи на момент колосіння (49,7–77,0 мм) урожайність становила 4,41–6,32 т/га.

Величина водоспоживання пшениці озимої залежить від забезпеченості посівів водою. Витрати води завжди є більшими по

чорному пару і на удобрених фонах у посівах ранніх строків сівби, а за посушливих умов після всіх попередників – менші.

На водоспоживання пшениці істотно впливають і строки сівби (табл. 2).

Восени найбільшу кількість продуктивної вологи потребували посіви ранніх

Таблиця 2

**Водоспоживання пшениці озимої з шару ґрунту 0–100 см за фазами розвитку залежно від строків сівби по чорному пару, за 1990/91–2012/13 рр. (середнє за 21 рік) \***

Період, фенофаза	Строки сівби							
	5 вересня		15 вересня		25 вересня		5 жовтня	
	м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%	м <sup>3</sup> /га	%
Осіnnий період	539	19,2	353	13,2	281	10,8	203	8,0
Початок вегетації – вихід у трубку	797	28,3	828	30,9	802	30,8	783	30,9
Вихід у трубку – колосіння	633	22,5	591	22,1	593	22,8	615	24,2
Колосіння – повна стиглість	842	30,0	906	33,8	929	35,6	935	36,9
Відновлення весняної вегетації – повна стиглість	2272	80,8	2325	86,8	2324	89,2	2333	92,0
Всього за вегетацію (сівба – повна стиглість)	2811	100,0	2678	100,0	2605	100,0	2536	100,0

строків: 5 та 15 вересня (539 та 353 м<sup>3</sup>/га відповідно), найменше – 25 вересня і 5 жовтня (281 і 203 м<sup>3</sup>/га відповідно); за період відновлення весняної вегетації – повна стиглість: 2272, 2325, 2324, і 2333 м<sup>3</sup>/га; за всю вегетацію: 2811, 2678, 2605, 2536 м<sup>3</sup>/га відповідно.

Упродовж вегетації споживання вологи відбувається нерівномірно. За осінній період, залежно від строків сівби, рослини потребували 203–539 м<sup>3</sup>/га, що становить 8,0–19,2% від загальних витрат. Від початку весняної вегетації до виходу в трубку рівень водоспоживання рослинами становив 783–828 м<sup>3</sup>/га (28,3–30,9%), у період виходу в трубку – колосіння – 591–633 м<sup>3</sup>/га (22,1–24,2%). Від початку колосіння до повної стиглості підвищувалась інтенсивність накопичення вегетативної маси рослин, що спричинило збільшення споживання вологи до 842–935 м<sup>3</sup>/га (30,0–36,9%).

Найбільше водоспоживання впродовж вегетації спостерігалось за період колосіння – повна стиглість: від 30,0% (посів 5 вересня) до 36,9% (5 жовтня).

Розрахунки добових витрат води для різних вікових рослин засвідчили, що цей показник залежить від тривалості фенофаз. Наприклад, для посіву 15 вересня добові витрати у різні фенофази розвитку рослин становили: початок трубкування – початок колосіння – 24,6 м<sup>3</sup>/га, відновлення весняної вегетації – початок трубкування – 23,0, початок колосіння – повна стиглість – 19,7, сівба – припинення вегетації – 5,3 м<sup>3</sup>/га. Тривалість цих фенофаз – 24, 36, 46 і 47 діб відповідно. Подібна закономірність спостерігалася і за інших строків сівби.

Порівнюючи дані ЗДСДС і Інституту зрошуваного землеробства НААН слід наголосити, що загальні потреби води за вегетацію в посівах 15 вересня по чорному пару за 21 рік становили 2678 м<sup>3</sup>/га (100%), а питома вага за фазами розвитку рослин є такою: осінній період – 13,2%, відновлення весняної вегетації – вихід у трубку – 30,9, вихід у трубку – колосіння – 22,1, колосіння – повна стиглість – 33,8%; за 42 роки у Херсонській обл. [8] рівень загального водоспожи-

**Сумарне водоспоживання посівами пшениці озимої з шару ґрунту 0–100 см за різних строків сівби по чорному пару, м<sup>3</sup>/га**

Сезон*	Строк сівби	Вегетація			Урожайність, т/га	Коефіцієнт водоспоживання, м <sup>3</sup> /т
		Осінь	Весняно-літня	Загальна		
1990/91–2012/13 рр. (21 рік)	5.09	539	2272	2811	5,38	522
	15.09	353	2325	2678	5,75	466
	25.09	281	2324	2605	6,08	428
	5.10	203	2333	2536	5,43	467

вання був вищим – 3439 м<sup>3</sup>/га, за фазами – 21,3, 14,7; 30,3; 33,7% відповідно.

Дослідженнями встановлено, що ефективне використання рослинами пшениці озимої вологи більшою мірою залежить від урожайності, а меншою – від водоспоживання (табл. 3). Найбільш економним було споживання вологи впродовж вегетації посівами 25 вересня, про що свідчить найнижчий коефіцієнт водоспоживання – 428 м<sup>3</sup>/т, вищим цей показник був у посівах 15 вересня (466) і 5 жовтня (467), найвищим – 5 вересня (522). Це обумовлено максимальними витратами води за вегетацію (2811 м<sup>3</sup>/га) та мінімальною врожайністю (5,38 т/га).

### ВИСНОВКИ

Упродовж останніх 30 років відбулися значні зміни клімату, підвищилась посушливість, погіршилась вологозабезпеченість ґрунту. За таких умов у Південному Степу вирішальне значення для стабілізації виробництва зерна матиме накопичення

продуктивної вологи та її ефективне використання культурами.

Посіви раннього строку (5 вересня) впродовж вегетації споживали найбільше вологи – 2811 м<sup>3</sup>/га, що на 133–206 м<sup>3</sup>/га більше, ніж за інших строків. Потреби у волозі різновіковими рослинами у фазі розвитку були різними: восени – 8,0–19,2% від загальної кількості, відновлення весняної вегетації – вихід у трубку – 28,3–30,9, вихід у трубку – колосіння – 22,1–24,2, колосіння – повна стиглість – 30,0–36,9%.

Багаторічними дослідженнями встановлено, що оптимальні умови щодо вологозабезпеченості та водоспоживання для сівби пшениці озимої змістились до пізніших строків. Так, по чорному пару найвища продуктивність рослин пшениці озимої формується за сівби 25 вересня. У середньому за 21 рік по чорному пару найвищу врожайність рослини пшениці сорту Альбатрос одеський продемонстрували у посівах 25 вересня (6,08 т/га), а коефіцієнт водоспоживання у цьому варіанті був найнижчим (428 м<sup>3</sup>/т).

### ЛІТЕРАТУРА

1. Особливості формування посух в Україні та засоби боротьби з ними / [П.І. Коваленко, Л.А. Філіпенко, О.І. Живтоног та ін.] // Вісник аграрної науки. – 2002. – № 12. – С. 49–54.
2. Савчук Д.П. Посуха та посухозахисні заходи в Україні / Д.П. Савчук // Вісник аграрної науки. – 2009. – № 9. – С. 64–67.
3. Морфология, биология, хозяйственная ценность пшеницы / В.В. Шелепов, В.М. Маласай, А.Ф. Пензев и др. – Мироновка, 2004. – 524 с.
4. Нетіс І.Т. Посухи та їх вплив на посіви озимої пшениці / І.Т. Нетіс. – Херсон: Айлант, 2008. – 252 с.
5. Алпатьев С.М. Влагообороты в природе и их преобразование / С.М. Алпатьев. – Л.: Гидрометеиздат, 1960. – 323 с.
6. Мостіпан М.І. Водовитрачання посівами озимої пшениці по чорному пару в північному Степу України / М.І. Мостіпан // Бюлетень ІЗГ. – 2005. – № 26–27. – С. 109–113.

7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.

8. Hemic I.T. Пшениця озима на півдні України / I.T. Hemic. — Херсон: Олді — плюс, 2011. — 460 с.

REFERENCES

1. Kovalenko, P.I., Filipenko, L.A., & Zhivtonog, O.I. et al. (2002). Osoblyvosti formuvannya posukh v Ukraini ta zasoby borot'by z nymy [Features of drought formation in Ukraine and means of combating them]. *Visnyk ahraryoi nauky — Bulletin of Agrarian Science*, 12, 49–54 [in Ukrainian].

2. Savchuk, D.P. (2009). Posukha ta posukhozakhysni zakhody v Ukraini [Drought and drought protective measures in Ukraine]. *Visnyk ahraryoi nauky — Bulletin of Agrarian Science*, 9, 64–67 [in Ukrainian].

3. Shelepov, V.V., Malasay, V.M., Penzev, A.F., Kochmarsky, V.S., & Shelepov, A.V. (2004). *Morfologiya, biologiya, khozyaystvennaya tsennost' pshenitsy [Morphology, biology, economic value of wheat]*. Mironovka [in Russian].

4. Netis, I.T. (2008). *Posukhy ta yikh vplyv na posivy ozymoyi pshenitsy [Droughts and their effect on*

*winter wheat crops]*. Kherson: Aylant [in Ukrainian].

5. Alpatiev, A.M. (1960). *Vlagooboroty v prirode i ikh preobrazovaniye [Moisture in nature and their transformations]*. Leningrad: Gidrometeoizdat [in Russian].

6. Mostipan, M.I. (2005). Vodovytrachannya posivamy ozymoyi pshenitsy po chornomu paru v pivnichnomu Stepu Ukrainy [Water yield of winter wheat on black steam in the northern steppe of Ukraine]. *Byuletyn' IZH — Bulletin IZH*, 26–27, 109–113 [in Ukrainian].

7. Dospikhov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta [Methodology of field experience]*. Moskva: Agropromizdat [in Russian].

8. Netis, I.T. (2011). *Pshenitsya ozyma na pivdni Ukrainy [Winter wheat in the south of Ukraine]*. Kherson: Oldi-plus [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 04.10.2019

УДК 639.371.52:502.51

DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2019.189460>

**ЕКОЛОГІЧНИЙ СТАН РИБНИЦЬКИХ СТАВІВ ЗА ВИРОЩУВАННЯ ПОПУЛЯЦІЇ АНТОНІНСЬКО-ЗОЗУЛЕНЕЦЬКОЇ ПОРОДИ КОРОПА**

**Т.В. Григоренко<sup>1</sup>, Д.М. Постоєнко<sup>2</sup>, І.В. Шумигай<sup>2</sup>,  
О.П. Добрянська<sup>1</sup>, А.М. Базасєва<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Інститут рибного господарства НААН

<sup>2</sup> Інститут агроекології і природокористування НААН

*Наведено результати досліджень екологічних умов за вирощування популяції Антонінсько-Зозуленецьких різновікових груп коропа в умовах рибного господарства «Стара Синява» ПАТ «Хмельницькрибгосп». Здійснено узагальнення хімічного складу води. Встановлено, що екологічні умови вирощувальних та нагульного ставів рибгоспу «Стара Синява» були задовільними, зокрема гідрохімічний режим рибницьких ставів був придатним для вирощування риби. Стан природної кормової бази рибницьких ставів за інтенсивністю розвитку фітопланктону (0,96–4,23 мг/дм<sup>3</sup>) був низьким, а за інтенсивністю розвитку зоопланктону (3,22–20,29 г/м<sup>3</sup>) та зообентосу (2,45–7,98 г/м<sup>2</sup>) — задовільним для забезпечення харчових потреб молоді та старших вікових груп коропа.*

**Ключові слова:** екологічні умови, рибницькі стави, гідрохімічний режим, природна кормова база, фітопланктон, зоопланктон, зообентос, короп, популяція Антонінсько-Зозуленецького типу.

У вирощуванні селекційно-племінного матеріалу риб важливе значення має за-

безпечення умов, що дає змогу реалізувати їх продуктивний потенціал. Першочергове значення у цьому мають абіотичні та біотичні умови середовища вирощування [1]. Серед основних абіотичних чинників

© Т.В. Григоренко, Д.М. Постоєнко, І.В. Шумигай, О.П. Добрянська, А.М. Базасєва, 2019



навколишнього природного середовища, які обумовлюють ефективність вирощування риби, є температурний, кисневий, хімічний режими ставів тощо.

Хімічний режим води відіграє важливу роль у життєдіяльності гідробіонтів і є одним із основних чинників, що впливають на розвиток природної кормової бази та рибопродуктивності ставів. Формування його залежить від кліматичних, ґрунтово-геологічних чинників, джерела водопостачання, замуленості, засобів інтенсифікації тощо [2, 3].

Відомо, що хімічний склад води постійно змінюється — на це впливають води джерел водопостачання, опади, стічні води, підтік води з прилеглих територій, фільтрація підземних вод, перемішування води з різних глибин, нерівномірність прогрівання сонцем плеса води, випаровування тощо. Атмосферні та річкові води також впливають на якість води в ставах, а також на біохімічні процеси.

Біогенні та розчинені органічні речовини відносяться до низки важливих показників якості води та стану водної екосистеми. Вони визначають рівень розвитку гідробіонтів, трофність водойм та ступінь їх забруднення [4]. Розчинні органічні речовини з різноманітними властивостями та будовою можуть бути як безпосереднім джерелом біогенних елементів, так і потенційним резервом значної кількості поживних речовин, необхідних для розвитку біоти. Своєю чергою, процеси утворення, трансформації, мінералізації розчинених органічних речовин супроводжуються істотними змінами хімічного складу природних вод. Зміни вмісту біогенних і органічних речовин у водному середовищі відбуваються у різний спосіб і тісно переплітаються з життєдіяльністю водних організмів, які в процесі свого розвитку можуть споживати їх (процес самоочищення), виділяти у воду [4]. Тому дані про вміст цих речовин, їх компонентний склад та сезонні зміни мають важливе значення у вирощуванні риби.

Не менш важливим біотичним чинником за вирощування риби є розвиток

кормових організмів у ставах, оскільки особливе значення має забезпечення їх племінного матеріалу повноцінними кормами. Відомо, що харчова цінність живих природних кормів за вмістом у них поживних речовин і амінокислотним складом білка значно перевищує харчову цінність штучних кормів [1, 5]. Основними кормовими організмами для коропових риб у рибницьких ставах є фіто-, зоопланктон та зообентос. До того ж стави вважаються продуктивнішими, якщо в складі фітопланктону переважають зелені (хлорококові) водорості, зоопланктону — гіллястовусі та веслоногі ракоподібні, а зообентосу — личинки хірономід [5].

Мета роботи — дослідити екологічні умови вирощувальних та нагульних ставів рибгоспу «Стара Синява» ПАТ «Хмельницькрибгосп» за вирощування популяції різновікових груп Антонінсько-Зозуленецької породи коропа.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Вивчення екологічних умов вирощування популяції різновікових груп Антонінсько-Зозуленецького коропа здійснювали на рибницьких ставах площею 50–98 га з середньою глибиною 1–2 м рибгоспу «Стара Синява» ПАТ «Хмельницькрибгосп» у 2018 р.

Відбір проб води для хімічного аналізу та їх обробку в лабораторії екологічних досліджень Інституту рибного господарства НААН проводили за загальноприйнятими методиками [6]. Отримані значення порівнювали з чинними рибницькими нормативами [7].

Гідробіологічні проби (фіто-, зоопланктон та зообентос) відбирали, як правило, у першій половині дня, оскільки дані відбору проб у цей період відповідають середньодобовим [8].

Збір та камеральне опрацювання альгологічного матеріалу здійснювали згідно із методиками [9]. Проби фітопланктону фіксували 40%-им розчином формальдегіду. Камеральне опрацювання альгологічних проб проводили за допомогою мікроскопа марки *Micros Austria MC-300*.

Видову і надвидову таксономічну приналежність планктонних водоростей визначали за відповідними правилами [10]. Біомасу фітопланктону визначали стандартним розрахунково-об'ємним методом, суть якого полягає у вимірюванні об'єму клітин водоростей за порівняння їх форми з різноманітними геометричними тілами (куля, циліндр, еліпс, конус тощо) та розрахунку за загальноприйнятими геометричними формулами. Обчислений об'єм кожного виду множили на його чисельність та наводили у мг/дм<sup>3</sup>.

Відбір та обробку проб зоопланктону проводили загальноприйнятими методами [9]. Проби зоопланктону відбирали з різних ділянок ставу за допомогою малої моделі планктонної сітки Апштейна (капронове сито № 76), крізь яку фільтрували 50 л води. Відібраний матеріал та підрахунок організмів зоопланктону проводили у такий самий спосіб, як і для фітапланктону. Для визначення видового складу використовували визначники планктонних тварин [11, 12, 14].

Для відбору проб зообентосу використовували циліндричний дночерпач системи Ланга з площею захоплення 1/100 м<sup>2</sup>. До складу однієї проби входив ґрунт трьох дночерпачів з різних точок ставу [13]. Відібрані проби промивали через сито із газу № 18, потім вибирали бентосні організми і фіксували їх 40%-им розчином формальдегіду. У лабораторних умовах за камеральної обробки організми розподіляли за систематичними групами, підраховували і зважували на торсійних вагах, а потім здійснювали перерахунок чисельності та біомаси організмів 1 м<sup>2</sup> (екз./м<sup>2</sup>; г/м<sup>2</sup>). Для визначення видового складу організмів послуговувалися визначниками [14].

Загалом, за період дослідження було відібрано, опрацьовано та проаналізовано 7 гідрохімічних та 27 гідробіологічних (фіто-, зоопланктон, зообентос) проб.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

На момент проведення досліджень температура води в ставах була на рівні 24,0–27,0°C.

Слід зауважити, що досліджувані стави є схильними до заростання вищою водною рослинністю як жорсткою надводною: рогіз широколистий (*Typha latifolia*) та вузьколистий (*T. angustifolia* L.), очерет звичайний (*Phragmites communis*), осока струнка (*Carex gracilis* L.), так і м'якою підводною рослинністю: рдесник гребінчастий (*Potamogeton pectinatus*), кучерявий (*P. crispus*) та блискучий (*P. lucens*), кушир занурений (*Ceratophyllum demersum*).

Основна маса жорсткої надводної рослинності концентрується у верхній частині та вздовж берегів дослідних ставів, становлячи 10–40% площі. Розвиток м'якої підводної рослинності становить 20–80% площі ставів.

Якість води, що визначається її хімічним складом, дає змогу детальніше проаналізувати біохімічні процеси, які відбуваються у водоймі. Джерелом живлення досліджуваних вирощувальних ставів рибгоспу «Стара Синява» є водопостачальний обвідний канал з р. Іква.

Загалом, кисневий режим рибницьких ставів є задовільним, уміст розчиненого у воді кисню перебував у межах допустимих норм (5,4–6,2 мг·О<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup>).

Результати проведеного хімічного аналізу води наведено у таблиці 1.

Концентрація іонів водню (рН) є одним із найважливіших показників якості води, що впливає на хімічну рівновагу багатьох елементів і має велике значення для хімічних і біологічних процесів. Згідно з отриманими результатами досліджень середовище в усіх відібраних пробах води господарства було слаболужним (рН = 7,3–8,2), що є оптимальним для біохімічних процесів у ставах та вирощування риби.

Уміст легкоокиснюваних органічних сполук у воді, що визначається показником перманганатної окиснюваності у воді, утримувався на рівні 4,5 мг·О/дм<sup>3</sup> каналу та 9,3 мг·О/дм<sup>3</sup> — в обох ставах. Це свідчить про відсутність органічного забруднення ставів.

Концентрація біогенних елементів у воді є невисокою, але саме ці елементи ви-

Таблиця 1

## Гідрохімічні показники вирощувальних ставів рибгоспу «Стара Синява», ПАТ «Хмельницькрибгосп», 2018 р.

№ пор.	Показники	Канал (р. Іква)	Стави		ГДК для води ставу
			Теліженці	№ 6	
1	Водневий показник, рН	7,5	8,2	7,3	6,5–8,5
2	Перманганатна окиснюваність, мг·О/дм <sup>3</sup>	4,5	9,3	9,3	до 15,0
3	Лужність, мг-екв/дм <sup>3</sup>	5,1	3,9	3,6	3,0–6,0
4	Амонійний азот (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ), мгN/дм <sup>3</sup>	0,10	0,08	0,07	до 2,0
5	Нітрити (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ), мгN/дм <sup>3</sup>	0,030	0,000	0,000	до 0,1
6	Нітрати (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), мгN/дм <sup>3</sup>	0,00	0,00	0,00	до 2,0
7	Мінеральний фосфор (PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> ), мгP/дм <sup>3</sup>	0,10	0,33	0,32	до 0,7
8	Загальне залізо (Fe <sup>2+</sup> + Fe <sup>3+</sup> ), мгFe/дм <sup>3</sup>	1,23	0,51	0,50	до 1,0
9	Кальцій (Ca <sup>2+</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	42,0	36,0	36,0	до 70,0
10	Магній (Mg <sup>2+</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	24,3	28,5	24,1	до 30,0
11	Натрій + Калій (Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	74,8	62,8	74,0	до 50,0
12	Гідрокарбонати (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	311,1	241,0	222,0	до 300,0
13	Хлориди (Cl <sup>-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	11,2	14,3	6,4	до 70,0
14	Сульфати (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	128,0	112,0	140,0	до 60,0
15	Загальна твердість, мг-екв/дм <sup>3</sup>	4,1	4,1	3,8	5,0–7,0
16	Мінералізація, мг/дм <sup>3</sup>	616,4	494,6	502,5	до 1000

значають рівень біопродуктивності водних об'єктів, що і обумовлює якість води.

До біогенних належать мінеральні речовини, що найактивніше беруть участь у життєдіяльності водних організмів, як от: сполуки азоту (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), фосфору (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), заліза (Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>).

Нітритів та нітратів у досліджуваних пробах не зафіксовано. Іон амонію з'являється у воді внаслідок розчинення в ній аміаку – продукту розкладу органічних азотовмісних речовин. Іон NH<sub>4</sub><sup>+</sup> є нестійким, він швидко окиснюється до нітритів та нітратів. Так, вода ставу досліджуваного

рибного господарства не має забруднень амонійним азотом.

Величина вмісту фосфору у воді має сезонний характер і залежить від співвідношення інтенсивності процесів фотосинтезу та біохімічного розкладу органічних речовин.

Мінеральний фосфор, як один із важливих біогенних елементів, зафіксовано в усіх пробах із максимальним показником у ставі Теліженці – 0,33 мгP/дм<sup>3</sup> та мінімальним – 0,10 мгP/дм<sup>3</sup> у каналі.

Уміст заліза в каналі є задовільним (1,23 мгFe/дм<sup>3</sup>), а у воді ставу його

кількість у 2,5 раза знижується — до 0,5 мгFe/дм<sup>3</sup>.

Слід зауважити, що вода в ставах досліджуваного господарства відповідає помірній твердості — у межах 3,8–4,1 мг-екв/дм<sup>3</sup>. Подібна динаміка спостерігалася щодо вмісту кальцію у воді ставів — його значення зафіксовано на рівні 36,0 мг/дм<sup>3</sup>. Для води досліджуваних ставів характерним є невисокий вміст хлоридів, проте вміст сульфатів як у воді каналу, так і безпосередньо у рибницьких ставах є високим, але це не має токсичного впливу на вирощування риби.

Згідно із класифікацією О. Альокіна [6], вода рибницьких ставів належить до гідрокарбонатного класу групи натрію, оскільки серед аніонів переважали гідрокарбонати, а серед катіонів — іони натрію та калію. Вода має середній рівень мінералізації з сумою іонів на рівні 616,4 мг/дм<sup>3</sup> у каналі та 494,6–502,5 мг/дм<sup>3</sup> — у ставах (табл. 1).

За результатами проведених гідробіологічних досліджень встановлено, що фі-

топланктон рибницьких ставів на момент відбору проб був представлений 77 видами та внутрішньовидовими таксонами, що належать до п'яти систематичних відділів водоростей: синьо-зелених (*Cyanophyta*), евгленових (*Euglenophyta*), діатомових (*Bacillariophyta*), дінофітових (*Dinophyta*) та зелених (*Chlorophyta*). Основу видового складу фітопланктону ставів становили зелені, переважно хлорококові водорості (близько 62%), значно їм поступалися діатомові (близько 20) та евгленові (близько 15%). Частка представників синьо-зелених водоростей не перевищувала 3% від загальної кількості виявлених видів фітопланктону.

Кількісний розвиток рослинного планктону у вирощувальних ставах був на рівні 1706,7–4220,0 тис. кл./дм<sup>3</sup> за чисельністю та 0,96–2,67 мг/дм<sup>3</sup> за біомасою; у нагульному — 3297,3 тис. кл./дм<sup>3</sup> та 4,23 мг/дм<sup>3</sup> відповідно (табл. 2).

До того ж у вирощувальних ставах основну частину (42,6–60,9%) фітопланктону становили зелені, а біомаси

Таблиця 2

**Кількісний розвиток фітопланктону в рибницьких ставах рибгоспу «Стара Синява» ПАТ «Хмельницькрибгосп», 2018 р.**

Систематичні відділи водоростей	Нагульний		Вирощувальні			
	№ 5		№ 6		Теліженці	
	тис. кл./дм <sup>3</sup> * мг/дм <sup>3</sup>	%	тис. кл./дм <sup>3</sup> мг/дм <sup>3</sup>	%	тис. кл./дм <sup>3</sup> мг/дм <sup>3</sup>	%
<i>Cyanophyta</i>	<u>1100,0</u> 0,05	<u>33,4</u> 1,2	<u>320,0</u> 0,01	<u>18,7</u> 1,0	<u>120,0</u> 0,005	<u>2,8</u> 0,2
<i>Euglenophyta</i>	<u>80,0</u> 0,10	<u>2,4</u> 2,4	<u>80,0</u> 0,10	<u>4,7</u> 10,4	<u>350,0</u> 0,795	<u>8,3</u> 29,8
<i>Dinophyta</i>	<u>117,3</u> 0,28	<u>3,6</u> 6,6	—	—	—	—
<i>Bacillariophyta</i>	<u>684,0</u> 0,50	<u>20,7</u> 11,8	<u>580,0</u> 0,51	<u>34,0</u> 53,1	<u>1180,0</u> 1,10	<u>28,0</u> 41,2
<i>Chlorophyta</i>	<u>1316,0</u> 3,30	<u>39,9</u> 78,0	<u>726,7</u> 0,34	<u>42,6</u> 35,4	<u>2570,0</u> 0,77	<u>60,9</u> 28,8
Всього	<u>3297,3</u> 4,23	<u>100</u> 100	<u>1706,7</u> 0,96	<u>100</u> 100	<u>4220,0</u> 2,67	<u>100</u> 100

Примітка: \* кл. — клітина.

(41,2–53,1%) діатомові водорості. Тобто для досліджуваних ставів був характерний розвиток великих форм діатомових водоростей, які за значно нижчими показниками чисельності продукували більшу біомасу. У нагульному ставі № 5 основну частку як кількісно (39,9%), так і біомаси (78,0%) становили цінні у кормовому значенні зелені водорості (табл. 2).

Основними домінуючими в ставах були види родів: *Navicula*, *Nitzschia*, *Scenedesmus*, *Dictyosphaerium*, *Chlamydomonas*.

Загалом, кількісний розвиток рослинного планктону як у вирощувальних, так і в нагульному ставах характеризувався низькими показниками. Одним із чинників низького розвитку фітопланктону у досліджуваних ставах є заростання їх вищою водною рослинністю. Відомо, що вища водна рослинність є основним конкурентом фітопланктону в споживанні біогенних елементів, пригнічує розвиток останніх унаслідок виділення метаболітів, змінює умови вегетації фітопланктерів тощо.

Зоопланктон вирощувальних ставів був представлений доволі розповсюдженими формами. Видове різноманіття зоопланктону було незначним — усього в ставах виявлено 18 таксонів гідробіонтів, що належать до трьох основних груп: *Rotifera*, *Cladocera*, *Copepoda*. Ключове положення в таксономічному спектрі (співвідношення основних таксономічних груп за кількістю видів) займали: гіллястовусі ракоподібні — 50,0% та коловертки — 38,9%. Частка веслоногих ракоподібних не перевищувала 11,1%. Тобто видовий спектр зоопланктону мав кладоцерно-ротаторний характер.

Серед групи інших організмів у зоопланктонних пробах були зафіксовані планктонні форми личинок хірономід, одноподенок, черепашкові рачки, статобласти моховаток та ефіпії ракоподібних.

Серед основних видів коловерток, що траплялися в усіх ставах, були: *Asplanchna priodonta* (Gosse, 1850), *Brachionus diversicornis* (Daday, 1883), *Brachionus quadridentatus* (Daday, 1885), *Euchlanis*

*dilatata* (Ehrenberg, 1832); із гіллястовусих ракоподібних — *Bosmina longirostris* (O.F. Muller, 1785), *Moina rectirostris* (Leydig, 1860), *Daphnia longispina* (O.F. Muller, 1785), *Chydorus sphaericus* (O.F. Muller, 1785), *Scapholeberis mucronata* (O.F. Muller, 1776), *Diaphanosom abrachyurum* (Lievin, 1848); із веслоногих раків — *Cyclops sp.*, *Diaptomus sp.*, а також їх наупліальні та копеодитні стадії розвитку.

Розвиток тваринного планктону у рибиницьких ставах рибгоспу «Стара Синява» характеризувався оптимальними (вирощувальний став Теліженці, нагульний № 5) та високими (вирощувальний № 6) показниками. Так, у вирощувальному ставу № 6 загальна чисельність зоопланктону сягала 200,7 тис. екз./м<sup>3</sup>, а біомаса — 20,29 г/м<sup>3</sup> (табл. 3).

Високі рівні біомаси зоопланктону на 88,9% у цьому ставу утворювалися внаслідок розвитку великих форм гіллястовусих ракоподібних — *Daphnia magna*, *D. longispina*.

У ставу Теліженці кількісні показники розвитку зоопланктону були значно нижчими, проте у межах оптимальних величин: для вирощувальних ставів — 135,0 тис. екз./м<sup>3</sup> за чисельністю та 3,75 г/м<sup>3</sup> за біомасою (табл. 3). У вказаному ставу біомаса (45,1%) формувалася внаслідок розвитку дрібніших форм гіллястовусих ракоподібних — *Moinasp.*, *Chydorussphaericus*.

У нагульному ставу № 5 загальна чисельність зоопланктону була на рівні 120,0 тис. екз./м<sup>3</sup> за біомаси — 3,22 г/м<sup>3</sup>, що на 64,3% формувалася із цінних у кормовому значенні гіллястовусих ракоподібних. Першочергове значення у формуванні чисельності зоопланктону в усіх ставах належало веслоногим ракоподібним (47,5–55,6%), переважно завдяки розвитку дорослих особин *Diaptomus* (табл. 3).

Зообентос вирощувальних ставів був представлений личинками двокрилих із родини *Chironomidae* та малоштитковими червами (*Oligochaeta*).

У вирощувальному ставу № 6 чисельність зообентосу на різних ділянках во-

Таблиця 3

**Кількісний розвиток зоопланктону в рибницьких ставах рибгоспу «Стара Синява» ПАТ «Хмельницькрибгосп», 2018 р.**

Основні групи організмів	Нагульний		Вирощувальні			
	№ 5		№ 6		Теліженці	
	тис. екз./м <sup>3</sup> г/м <sup>3</sup>	%	тис. екз./м <sup>3</sup> г/м <sup>3</sup>	%	тис. екз./м <sup>3</sup> г/м <sup>3</sup>	%
<i>Rotifera</i>	<u>9,0</u> 0,04	<u>7,5</u> 1,2	<u>2,0</u> 0,007	<u>1,0</u> 0,03	<u>16,0</u> 0,045	<u>11,9</u> 1,2
<i>Cladocera</i>	<u>44,0</u> 2,07	<u>36,7</u> 64,3	<u>94,7</u> 18,03	<u>47,2</u> 88,9	<u>35,0</u> 1,69	<u>25,9</u> 45,1
<i>Copepoda</i>	<u>57,0</u> 0,84	<u>47,5</u> 26,1	<u>100,7</u> 2,14	<u>50,2</u> 10,5	<u>75,0</u> 1,57	<u>55,6</u> 41,9
Інші	<u>10,0</u> 0,27	<u>8,3</u> 8,4	<u>3,3</u> 0,11	<u>1,6</u> 0,5	<u>9,0</u> 0,44	<u>6,6</u> 11,7
Всього	<u>120,0</u> 3,22	<u>100</u> 100	<u>200,7</u> 20,287	<u>100</u> 100	<u>135,0</u> 3,745	<u>100</u> 100

дойми була у межах 166,7–566,7 екз./м<sup>2</sup>, а біомаса — у межах 4,63–13,17 г/м<sup>2</sup>, що в середньому становило 300,0 екз./м<sup>2</sup> та 7,98 г/м<sup>2</sup> відповідно. У ставу Теліженці показники чисельності зообентосу на різних ділянках були у межах 266,7–333,3 екз./м<sup>2</sup>, а біомаси — 4,83–6,67 г/м<sup>2</sup>, що в середньому становило 300,0 екз./м<sup>2</sup> та 5,75 г/м<sup>2</sup> відповідно (табл. 4).

У нагульному ставі № 5 показники розвитку зообентосу були значно нижчими,

ніж у вирощувальних, а саме: 180,0 екз./м<sup>2</sup> за чисельністю та 2,45 г/м<sup>2</sup> за біомасою, що вказує на активне споживання цієї кормової ніші старшими віковими групами коропа. До того ж як у вирощувальних, так і у нагульному ставах показники чисельності (55,6–100%) та біомаси (93,9–100%) донної фауни формувалися завдяки розвитку цінних у кормовому значенні личинок хірономід, переважно великих форм *Chironomus plumosus*. Своєю чергою, це характеризує

Таблиця 4

**Кількісний розвиток зообентосу у рибницьких ставах рибгоспу «Стара Синява» ПАТ «Хмельницькрибгосп», 2018 р.**

Основні групи організмів	Нагульний		Вирощувальні			
	№ 5		№ 6		Теліженці	
	екз./м <sup>2</sup> г/м <sup>2</sup>	%	екз./м <sup>2</sup> г/м <sup>2</sup>	%	екз./м <sup>2</sup> г/м <sup>2</sup>	%
<i>Chironomidae larvae</i> (Личинки хірономід)	<u>100,0</u> 2,30	<u>55,6</u> 93,9	<u>300,0</u> 7,98	<u>100</u> 100	<u>300,0</u> 5,75	<u>100</u> 100
<i>Oligochaeta</i> (Малощетинкові черви)	<u>80,0</u> 0,15	<u>44,4</u> 6,1	–	–	–	–
Всього	<u>180,0</u> 2,45	<u>100</u> 100	<u>300,0</u> 7,98	<u>100</u> 100	<u>300,0</u> 5,75	<u>100</u> 100



досліджувані рибницькі стави як стави з хорошими та високими показниками розвитку зообентосу.

### ВИСНОВКИ

Проведені дослідження засвідчили, що екологічний стан рибницьких ставів рибгоспу «Стара Синява» за вирощування популяції Антонінсько-Зозуленецьких різновікових груп коропа, загалом, був задовільним. Температура води на момент проведення дослідження становила 24,0–27,0°C і була сприятливою для росту та розвитку різновікових груп коропа. Гідрохімічний режим рибницьких ставів був у межах нормативних значень, тобто сприятливим для вирощування риби. Згідно із класифікацією О.О. Альокіна, вода рибницьких ставів належить до гідрокарбонатного класу групи натрію. Ве-

личина водневого показника (рН) була на рівні 7,3–8,2, вміст органічних речовин не перевищував 9,3 мг·О/дм<sup>3</sup>, що вказує на відсутність органічного забруднення ставів.

Стан природної кормової бази за інтенсивністю розвитку фітопланктону (0,96–4,23 мг/дм<sup>3</sup>) в усіх ставах був низьким, що вірогідно зумовлено схильністю ставів до заростання вищою водною рослинністю, яка є конкурентом фітопланктону у споживанні біогенних елементів. За інтенсивністю розвитку зоопланктону (3,22–20,29 г/м<sup>3</sup>) та зообентосу (2,45–7,98 г/м<sup>2</sup>) рибницькі стави характеризувалися оптимальними та високими показниками стану природної кормової бази, що є задовільним для забезпечення харчових потреб молоді та старших вікових груп коропа.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Шмакова З.И. Влияние уровня развития естественной кормовой базы на результаты выращивания племенных сеголетков карпа / З.И. Шмакова, Н.А. Тагирова, И.Ю. Бадаева // Рыбное хозяйство. — 2009. — № 1. — С. 70–73.
2. Андрущенко А.І. Методи підвищення природної рибопродуктивності ставів / А.І. Андрущенко; за ред. М.В. Гринжевського. — К., 1998. — 124 с.
3. Харитонова Н.Н. Биологические основы интенсификации прудового рыбоводства / Н.Н. Харитонова. — К.: Наукова думка, 1984. — 173 с.
4. Васильчук Т.А. Роль биогенных и органических веществ в формировании качества воды некоторых притоков Днепра / Т.А. Васильчук, П.Д. Ключенко, О.В. Бусыгина // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. — 2001. — № 2. — С. 30–34.
5. Кражан С.А. Природна кормова база ставів / С.А. Кражан, М.І. Хижняк. — Херсон: Олді-Плюс, 2009. — 328 с.
6. Алёкин О.А. Руководство по химическому анализу вод суши / О.А. Алёкин, А.Д. Семенов, Б.А. Скопинцев. — Л.: Гидрометеиздат, 1973. — 262 с.
7. Вода рибогосподарських підприємств. Загальні вимоги та норми: СОУ-05.01-37-385:2006. — К.: Міністерство аграрної політики України, 2006. — С. 7. — (Стандарт Мінагрополітики України).
8. Харитонова Н.Н. Суточные изменения в вертикальном распределении планктона рыбоводных прудов / Н.Н. Харитонова // Гидробиологический журнал. — 1975. — Т. XI. — № 5. — С. 85–88.
9. Кражан С.А. Естественная кормовая база водоемов и методы ее определения при интенсивном ведении рыбного хозяйства / С.А. Кражан, Л.И. Лупачёва. — Львов, 1991. — 105 с.
10. Топачевский А.В. Пресноводные водоросли Украинской ССР / А.В. Топачевский, Н.П. Масюк; под ред. М.Ф. Макаревич. — К.: Вища школа, 1984. — 336 с.
11. Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР / Л.А. Кутикова. — Л.: Наука, 1970. — 744 с.
12. Мануйлова Е.Ф. Ветвистоусые рачки (*Cladocera*) фауны СССР / Е.Ф. Мануйлова. — М., Л.: Наука, 1964. — 328 с.
13. Жадин В.И. Методика изучения донной фауны водоемов и экологии донных беспозвоночных / В.И. Жадин // Жизнь пресноводных вод СССР. — М., Л.: Изд-во АН СССР, 1956. — Т. 4. — С. 279–382.
14. Определитель пресноводных беспозвоночных Европейской части ССР (Планктон, бентос). — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — 512 с.

### REFERENCES

1. Shmakova, Z.I., Tagirova, N.A., & Badaeva, I.Yu. (2009). Vliyaniye urovnya razvitiya estestvennoy kormovoy bazy na rezul'taty vyrashchivaniya plemennykh segetkov karpa [The influence of the level of development of the natural forage base on the results of the cultivation of breeding carp yearlings]. *Rybnoye khozyaystvo — Fish farming*, 1, 70–73 [in Russian].

2. Andriushchenko, A.I. (1998). *Metody pidvyshchennia pryrodnoi ryboproduktyvnosti staviv [Methods of enhancing the natural fish productivity of the ponds]*. M.V. Hrynzhhevskoho [Ed.]. Kyiv [in Ukrainian].
3. Kharitonova, N.N. (1984). *Biologicheskie osnovy intensifikatsii prudovogo rybovodstva [Biological basis for the intensification of pond fish farming]*. Kyiv: Naukova dumka [in Russian].
4. Vasil'chuk, T.A., Klochenko, P.D., & Busygina, O.V. (2001). Rol' biogenykh i organicheskikh veshchestv v formirovanii kachestva vody nekotorykh pritokov Dnepra [The role of nutrients and organic substances in the formation of water quality of some tributaries of the Dnieper]. *Gidrologiya, gidrokimiya i gidroekologiya – Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, 2, 30–34 [in Russian].
5. Krazhan S.A., & Khyzhniak, M.I. (2009). *Pryrodna kormova baza staviv [Natural feed base ponds]*. Kherson: Oldi-Plius [in Ukrainian].
6. Alekin, O.A., Semenov, A.F., & Skopintsev, V.A. (1973). *Rukovodstvo po khimicheskomu analizu vod sushi [Land-based Chemical Analysis Guide]*. Leninhhrad: Hidrometeoizdat [in Russian].
7. Voda rybohospodarskykh pidpriemstv. Zahalni vymohy ta normy [Water of fishery enterprises. General requirements and standards]. (2006). *SOU-05.01.-37-385:2006*. Kyiv: Ministerstvo ahrarnoi polityky Ukrainy [in Ukrainian].
8. Kharitonova, N.N. (1975). Sutochnye izmeneniya v vertikal'nom raspredelenii planktona rybovodnykh prudov [Daily changes in the vertical distribution of plankton of fish ponds]. *Gidrobiologicheskii zhurnal – Hydrobiological journal*, Vol. XI, 5, 85–88 [in Russian].
9. Krazhan, S.A., & Lupacheva L.I. (1991). *Estestvennaya kormovaya baza vodoemov i metody ee opredeleniya pri intensivnom vedenii rybnogo khozyaystva [Natural forage base of reservoirs and methods for its determination in intensive fisheries]*. Lviv [in Russian].
10. Topachevskiy, A.V., & Masyuk, N.P. (1984). *Presnovodnye vodorosli Ukrainской SSR [Freshwater Algae of the Ukrainian SSR]* M.F. Makarevich (Ed.). Kyiv: Vyshcha shkola [in Russian].
11. Kutikova, L.A. (1970). *Kolovratki fauny SSSR [Rotifers of the fauna of the USSR]*. Leninhhrad: Nauka [in Russian].
12. Manuylova, E.F. (1964). *Vetvistousye rachki (Cladocera) fauny SSSR [Cladocera (Cladocera) of the fauna of the USSR]*. Moskva/Leninhhrad: Nauka [in Russian].
13. Zhadin, V.I. (1956). *Metodika izucheniya donnoy fauny vodoemov I ekologii donnykh bespozvonochnykh [Methods of studying the bottom fauna of water bodies and the ecology of bottom invertebrates]*. Moskva/Leninhhrad: Yzdatelstvo AN SSSR [in Russian].
14. *Opredelitel' presnovodnykh bespozvonochnykh Evropeyskoy chasti SSR (Plankton, bentos) [Key to freshwater invertebrates of the European part of the SSR (Plankton, benthos)]*. (1977). Leninhhrad: Hidrometeoizdat [in Russian].

Стаття надійшла до редакції журналу 28.10.2019

## ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АЗОТУ У ПРОМИСЛОВОМУ ТВАРИННИЦТВІ УКРАЇНИ

В.О. Пінчук, В.П. Бородай

*Інститут агроекології і природокористування НААН*

*Досліджено сучасний стан потоків азоту у процесі промислового виробництва продукції тваринництва на рівні адміністративних областей України, як от: надходження азоту з кормами, депонування у молоці, м'ясі та яйцях, виділення з гноєм і емісія азоту з аміаком. Встановлено, що в 2016 р. найбільше азоту у складі кормів надійшло на годівлю: ВРХ — 45%, птиці — 29 і свиней — 26% від загальних витрат у галузі тваринництва. Загалом, у 2016 р. у складі продукції тваринництва депонувалося 45,73 тис. т N/рік, у т.ч.: продукції птахівництва — 22,51, скотарства — 15,38 і свинарства — 7,84. Розраховано, що з послідом птиці в Україні виділилося 43,3 тис. т N/рік, що становить 41,8% від азоту кормів. З гноєм ВРХ виділилося 67,0 тис. т N/рік, або 41,6% від азоту кормів, з гноєм свиней — 27,4 тис. т/рік, або 30,0% відповідно. З урахуванням розповсюджених в Україні систем зберігання та використання гною в тваринницьких підприємствах різної спеціалізації встановлено, що найбільше аміаку виділяється на одиницю приросту живої маси ВРХ — 150,1 кг NH<sub>3</sub>/т/рік, свиней — 26,0 і виробництво яєць — 55,8, а найменше — на виробництво молока ВРХ — 8,6 і на одиницю приросту живої маси птиці — 18,9 кг NH<sub>3</sub>/т/рік. Загалом, в Україні на тваринницьких сільськогосподарських підприємствах (2016 р.) гній є джерелом викидів 63,1 тис. т аміаку, або втрат 52,1 тис. т азоту, у т.ч.: від птахівництва — 39,2%, скотарства — 36,9 і свинарства — 23,9%. Встановлено, що залежно від виду сільськогосподарських тварин у промисловому тваринництві лише 8,6–21,7% азоту кормів депонується у продуктах харчування, а решта азоту виділяється з побічною продукцією у навколишнє природне середовище. Для порівняння, ефективність використання азоту у тваринництві ЄС становить 21–27%. Упродовж останніх років в Україні спостерігається тенденція до інтенсивного збільшення чисельності птиці, яка має вищий показник засвоєння поживних речовин корму, ніж ВРХ чи свині.*

**Ключові слова:** промислове тваринництво, потоки азоту, ефективність використання азоту, продукція тваринництва, гній, аміак.

Інтенсивне тваринництво характеризується значними обсягами виробництва продукції і утворення відходів на одиницю площі сільськогосподарських угідь, намаганням з найменшими затратами отримати найбільшу кількість продукції. У звіті ФАО наголошується: «Баланс між людськими потребами і природними ресурсами значною мірою залежатиме від того, що ми будемо робити з продукцією тваринництва» [1].

Згідно з Директивою ЄС 2010/75/ЄС «Про промислові викиди (інтегроване за-

побігання та контроль забруднення)» в країнах Європейського Союзу промисловими вважаються ферми з чисельністю понад 40 тис. голів птиці, 2 тис. голів свиней (живою масою понад 30 кг) або 750 голів свиноматок. Ферми такої потужності прирівнюються до промислових підприємств через їх численні екологічні проблеми для довкілля та здоров'я людей [2].

За даними Державного комітету статистики України станом на 1.01.2019 р. 55,1% сільськогосподарських тварин різних видів утримується на промислових фермах з поголів'ям у тисячі, сотні тисяч або мільйони голів. Вирощування такої

кількості тварин потребує значних природних і енергетичних ресурсів та налагодженої системи утилізації відходів виробництва.

Розглядаючи вплив галузі тваринництва на навколишнє природне середовище, мусимо констатувати, що сільськогосподарські підприємства щорічно виділяють значні обсяги побічних продуктів виробництва. Ефективність використання у землеробстві побічних продуктів, як-от гній, залежить від технологій його подальшого перероблення і внесення у ґрунт [3].

Тому актуальним завданням для промислового тваринництва є ефективне використання поживних речовин кормів та мінімізація емісії сполук хімічно активного азоту з гною у процесі виробництва продукції тваринництва для зниження антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище.

Метою досліджень є екологічна оцінка сучасного стану використання азоту кормів у процесі виробництва основної і побічної продукції промислового тваринництва та його антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище від емісії аміаку на рівні адміністративних областей України.

## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Використовували рівняння і коефіцієнти з відповідних методологій та довідників [4, 5], європейських та національних керівних документів [6–10] і рекомендації з годівлі сільськогосподарських тварин [11–13].

Вихідними даними для розрахунків емісії аміаку з гною сільськогосподарських тварин на одиницю виробленої основної продукції тваринництва на рівні адміністративних областей України були статистичні матеріали Державної служби статистики України стосовно поголів'я сільськогосподарських тварин різних видів (ВРХ, свині, птиця) і статеві-вікових груп, виробництва продукції тваринництва, витрат кормів сільськогосподарських підприємств упродовж 2015–2016 рр. [14]. Обсяги використання азоту кормів на ви-

робництво продукції тваринництва ( $N_{intake}$ ) розраховували за рівнянням:

$$N_{intake} = AFI \times N_{feed}, \quad (1)$$

де  $N_{intake}$  — загальна кількість використання азоту кормів на виробництво продукції тваринництва, тис. т/рік;  $AFI$  — витрати кормів різних видів на годівлю сільськогосподарських тварин, тис. т/рік;  $N_{feed}$  — вміст азоту у кормах різного виду, %.

Обсяги азоту у виробленій продукції тваринного походження ( $NUTR_{AP}$ ) розраховували за рівнянням:

$$NUTR_{AP} = NS_{AP} \times AP, \quad (2)$$

де  $NUTR_{AP}$  — загальна кількість азоту у виробленій продукції тваринного походження (м'ясо, молоко і яйця), тис. т/рік;  $NS_{AP}$  — вміст азоту у продуктах тваринного походження (м'ясо, молоко і яйця), %;  $AP$  — кількість виробленої продукції тваринного походження (м'ясо, молоко і яйця), тис. т/рік.

Екскрецію азоту з гном тварин розраховували за рівнянням:

$$N_{excretion} = \sum_i (AAP_i \times N_{excretion\ coefficient_i}), \quad (3)$$

де  $N_{excretion}$  — екскреція азоту з гною сільськогосподарських тварин, тис. т/рік;  $AAP_i$  — середньорічне поголів'я  $i$ -го виду/категорій тварин, тис. голів;  $N_{excretion\ coefficient}$  — коефіцієнт екскреції  $i$ -го виду/категорій тварин, кг N/гол./рік).

Втрати азоту від емісії аміаку ( $NH_3$ ) у процесі прибирання, зберігання та використання гною розраховували за рівнянням:

$$N_{emission-MMS} = \sum_s \left[ \sum_T \left[ \left( N_{(T)} \times N_{ex(T)} \times MS_{(T,S)} \right) \times \left( \frac{Frac_{GasMS}}{100} \right) \right] \right], \quad (4)$$

де  $N_{emission-MMS}$  — кількість азоту, що втрачається з гною від емісії  $NH_3$  і  $NO_x$ , тис. т N/рік;  $N_{(T)}$  — середньорічне поголів'я  $T$ -го виду/категорій тварин;  $N_{ex(T)}$  — се-

редньорічне виділення азоту на 1 голову  $T$ -го виду/категорій тварин, кг N/гол./рік;  $MS_{(T,S)}$  – частка сумарного виділення азоту для  $T$ -го виду/категорій тварин, що обробляється у межах  $S$ -системи прибирання, зберігання та використання гною, без розмірності;  $Frac_{I_{азMS}}$  – частка емісії N у обробленому гної  $T$ -го виду/категорій тварин у межах  $S$ -системи прибирання, зберігання та використання гною, %;  $S$  – система прибирання, зберігання та використання гною;  $T$  – вид/категорія тварин.

Викиди  $NH_3$  у процесі прибирання, зберігання та використання гною розраховували за рівнянням:

$$NH_{3manure} = N_{emission-MMS} \times \frac{17}{14} \quad (5)$$

де  $NH_{3manure}$  – викиди  $NH_3$  у процесі прибирання, зберігання та використання гною, тис. т  $NH_3$ /рік;  $17/14$  – коефіцієнт перетворення викидів  $N-NH_3$  у викиди  $NH_3$ .

Ефективність використання азоту розраховували за рівнянням:

$$NUE = \frac{\sum(N_{outputs})}{\sum(N_{inputs})} \times 100, \quad (6)$$

де  $NUE$  – ефективність використання азоту, %;  $N_{outputs}$  – вихідні потоки азоту (м'ясо, молоко і яйця), тис. т;  $N_{inputs}$  – вхідні потоки азоту (фураж), тис. т.

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Відомо, що азот надходить в організм тварини лише у складі сирого протеїну корму, а виділяється з гноєм і продукцією (м'ясо, молоко і яйця) і є складовою

частиною приросту живої маси її тіла. Оцінювали вхід N з фуражем та вихід N з продукцією та гноєм (рис. 1).

Встановлено, що у 2016 р. найбільше N кормів надійшло на годівлю ВРХ – 45%, птиці – 29 і свиней – 26% від загальних витрат у галузі тваринництва. Зауважимо, що кури становлять 98,1% у виробничій структурі птахівничих сільськогосподарських підприємств.

Депонування N кормів у складі виробленої продукції тваринництва наведено на рис. 2.

Загалом, у 2016 р. у складі продукції тваринництва депонувалося 45,73 тис. т N/рік, у т.ч.: продукції птахівництва – 22,51, скотарства – 15,38 і свинарства – 7,84.

Слід відзначити, що тваринництво розповсюджено в усіх регіонах України. За найвищим рівнем використання азоту для виробництва молока в 2016 р. адміністративні області можна навести у такому ранжируваному порядку (тис. т N/рік): Полтавська (2,14), Черкаська (1,48), Харківська (1,19) і Чернігівська (1,14); для виробництва яловичини і телятини – Полтавська (0,23), Черкаська (0,23), Чернігівська (0,18) і Вінницька (0,15) (рис. 3 – а, б).

За найвищим рівнем використання азоту для виробництва свинини в 2016 р. адміністративні області можна навести у такому ранжируваному порядку (тис. т N/рік): Донецька (1,07), Полтавська

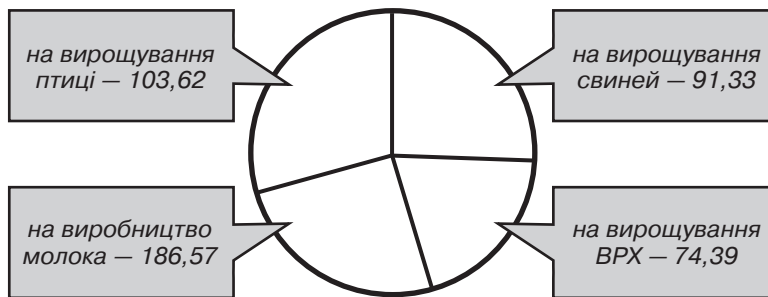
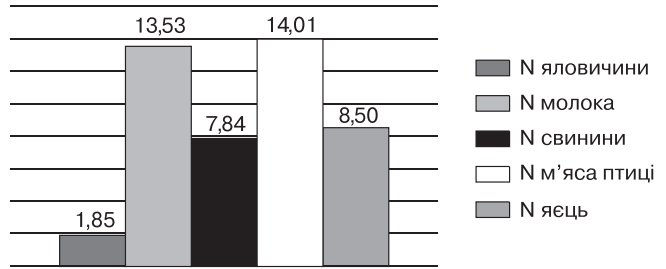


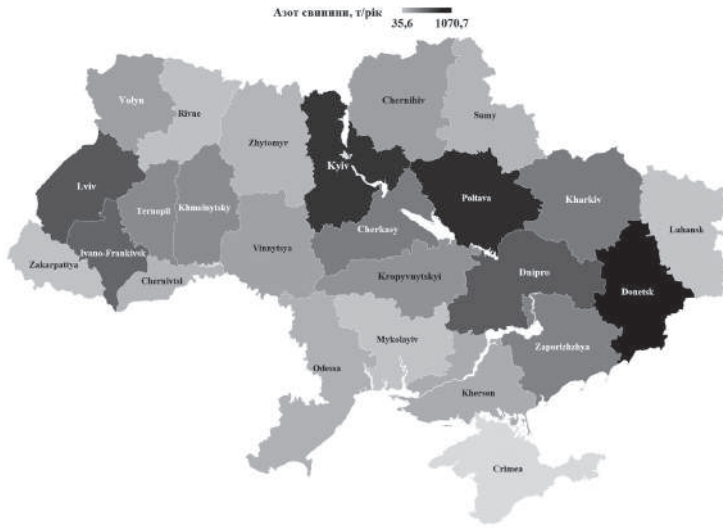
Рис. 1. Витрати азоту кормів на виробництво продукції тваринництва у сільськогосподарських підприємствах України (2016 р.), тис. т



**Рис. 2.** Використання азоту на виробництво продукції тваринництва у сільськогосподарських підприємствах України (2016 р.), тис. т



**Рис. 3.** Використання азоту: на виробництво молока (а), яловичини та телятини (б) у сільськогосподарських підприємствах, за регіонами України (2016 р.)



**Рис. 4.** Використання азоту на виробництво свинини у сільськогосподарських підприємствах, за регіонами України (2016 р.)

(0,79), Київська (0,76) і Львівська (0,59) (рис. 4).

За найвищим рівнем використання азоту для виробництва м'яса птиці в 2016 р. адміністративні області можна відтворити у такому ранжируваному порядку (тис. т N/рік): Вінницька (3,81), Черкаська (3,65), Дніпропетровська (2,51) та Київ-

ська (1,46); для виробництва яєць – Київська (2,49), Хмельницька (0,91) і Херсонська (0,89) (рис. 5, 6).

Сталий розвиток галузі тваринництва потребує раціонального використання поживних речовин ґною у рослинництві пасовищних та змішаних систем тваринництва з мінімізацією забруднення



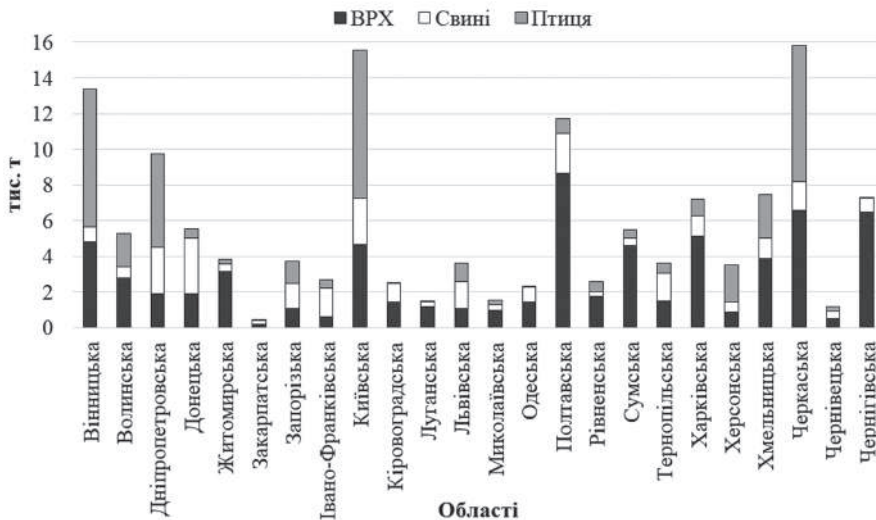
**Рис. 5.** Використання азоту на виробництво м'яса птиці у сільськогосподарських підприємствах, за регіонами України (2016 р.)



**Рис. 6.** Використання азоту на виробництво яєць у сільськогосподарських підприємствах, за регіонами України (2016 р.)

навколишнього природного середовища побічною продукцією. Розраховано, що з послідом птиці в Україні виділилося 43,3 тис. т N/рік, що становить 41,8% від N кормів; з гноєм ВРХ – 67,0, або 41,6; з гноєм свиней – 27,4 тис. т/рік, або 30,0% відповідно (рис. 7).

Гній, що не використовується як органічне добриво або не належним чином зберігається, стає джерелом втрат амонійного і протейного азоту та забруднення навколишнього природного середовища від емісії NH<sub>3</sub>. Встановлено, що в 2016 р. на 1 т виробленого молока ВРХ на рівні країни з



**Рис. 7.** Виділення азоту з гною сільськогосподарських тварин у сільськогосподарських підприємствах, за регіонами України (2016 р.)

гною у повітря викидається 8,6 кг  $\text{NH}_3$ . За регіонами – 7,0–15,8 кг  $\text{NH}_3$ /рік (рис. 8).

На 1 т приросту живої маси ВРХ на рівні країни з гною у повітря викидається 150,1 кг  $\text{NH}_3$ /рік. За регіонами – 129,7–199,8 кг  $\text{NH}_3$ /рік (рис. 9).

На 1 т приросту живої маси свиней на рівні країни з гною у повітря викидається 26,0 кг  $\text{NH}_3$ /рік. За регіонами – 19,2–43,1 кг  $\text{NH}_3$ /рік (рис. 10).

На 1 т приросту живої маси птиці на рівні країни викидається з посліду у пові-



**Рис. 8.** Відносні викиди  $\text{NH}_3$  з гною ВРХ на одиницю виробленого молока у сільськогосподарських підприємствах, за регіонами України (2016 р.)



**Рис. 9.** Відносні викиди  $\text{NH}_3$  з гною ВРХ на одиницю приросту живої маси тварин у сільськогосподарських підприємствах, за регіонами України (2016 р.)



**Рис. 10.** Відносні викиди  $\text{NH}_3$  з гною свиней на одиницю приросту живої маси тварин у сільськогосподарських підприємствах, за регіонами України (2016 р.)

тря 18,9 кг  $\text{NH}_3$ /рік. Найбільше у Кіровоградській (460,7 кг  $\text{NH}_3$ /рік) і Херсонській (390,5 кг  $\text{NH}_3$ /рік) областях, де переважає птиця яєчного напрямку продуктивності. Для сільськогосподарських підприємств м'ясного напрямку виробництва найменші викиди  $\text{NH}_3$  на 1 т приросту живої маси пти-

ці спостерігаються у Вінницькій – 12,1 кг  $\text{NH}_3$ /рік, Черкаській – 12,5 і Волинській областях – 13,1 кг  $\text{NH}_3$ /рік (рис. 11).

На 1 т вироблених яєць на рівні країни викидається з посліду птиці у повітря 55,8 кг  $\text{NH}_3$ /рік. Найбільше у Закарпатській (748,5 кг  $\text{NH}_3$ /рік) і Волинській



**Рис. 11.** Відносні викиди  $\text{NH}_3$  з посліду птиці на одиницю приросту живої маси птиці в сільськогосподарських підприємствах, за регіонами України (2016 р.)



(642,4 кг NH<sub>3</sub>/рік) областях, де переважає птиця м'ясного напрямку продуктивності. Для сільськогосподарських підприємств яєчного напрямку виробництва найменші викиди NH<sub>3</sub> на 1 т вироблених яєць спостерігаються у Чернігівській (17,4 кг NH<sub>3</sub>/рік), Тернопільській (21,2) і Донецькій (22,0 кг NH<sub>3</sub>/рік) областях (рис. 12).

Загалом, в Україні у тваринницьких сільськогосподарських підприємствах (2016 р.) гній є джерелом викидів 63,1 тис. т NH<sub>3</sub>, або втрат 52,1 тис. т N, у т.ч. проду-

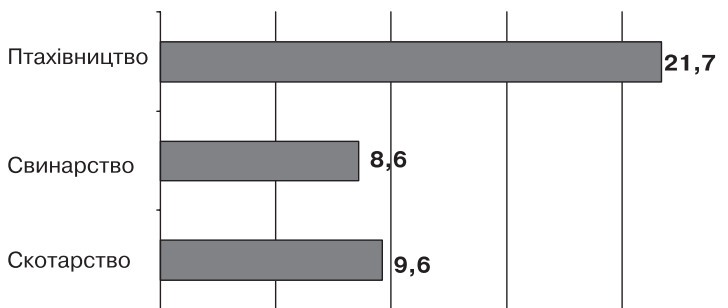
кованого: птахівництвом – 39,2%, скотарством – 36,9 і свинарством – 23,9%.

За результатами розрахунку, ефективність використання азоту (ЕВА) у промислового тваринництві України становить 8,6–21,7% (рис. 13), що узгоджується з міжнародними даними на основі відповідної прогнозованої моделі в країнах СНД на 2000–2050 рр. (15–19%) [15].

Для порівняння, ЕВА у тваринництві країн ЄС за даними прогнозованої моделі на 2000–2050 рр. становить 21–27%. У процесі виробництва продукції тварин-



**Рис. 12.** Відносні викиди NH<sub>3</sub> з посліду птиці на одиницю вироблених яєць в сільськогосподарських підприємствах, за регіонами України (2016 р.)



**Рис. 13.** Ефективність використання азоту у виробництві продукції промислового тваринництва України, %

ництва ЕВА у більшості регіонів світу збільшується з роками завдяки поліпшенню умов утримання, оптимізації годівлі та селекції тварин. У Європі та Північній Америці це також обумовлено переходом від розведення тварин з низькою ЕВА (ВРХ і вівці) до тварин з вищою ЕВА (свині і птиця) [15].

За статистичними даними [14] впродовж останніх років в Україні спостерігається тенденція до інтенсивного збільшення чисельності птиці, яка має вищий показник засвоєння поживних речовин корму, ніж ВРХ чи свині.

### ВИСНОВКИ

На основі розрахунку ефективності використання азоту кількісно визначено відносний рівень витрат природних ресурсів і забруднення навколишнього природного середовища у процесі промислового виробництва продукції тваринництва в Україні.

Встановлено, що залежно від виду сільськогосподарських тварин у промисловому тваринництві лише 8,6–21,7% азоту кормів депонується у продуктах харчування, а решта азоту виділяється з побічною продукцією у навколишнє природне середовище. Для порівняння, ЕВА у тваринництві ЄС становить 21–27%.

З урахуванням розповсюджених в Україні систем зберігання і використання гною в тваринницьких підприємствах різної спеціалізації встановлено, що найбільше  $\text{NH}_3$  виділяється на одиницю приросту живої маси ВРХ та свиней і на виробництво яєць, а найменше — на виробництво молока ВРХ і на одиницю приросту живої маси птиці.

Наведені вище результати доцільно використовувати для екологічної оцінки існуючих та впровадження нових технологій у галузі тваринництва для раціонального використання поживних речовин та мінімізації антропогенного навантаження на навколишнє природне середовище.

### ЛІТЕРАТУРА

1. *Steinfeld H.* Livestock – Environment interactions: issues and options [Електронний ресурс] / Н. Steinfeld, С. de Naan, Н. Blackburn. – FAO, 1996. – 85 p. – Режим доступу: <http://www.fao.org/3/x5305e/x5305e00.htm#Contents>
2. *Палана Н.В.* Промислове тваринництво: еколого-економічні наслідки / Н.В. Палана, Н.Б. Пронь, О.В. Устименко // Збалансоване природокористування. – 2016. – № 3. – С. 64–67.
3. *Бородай В.П.* Перспективні напрями екологічних досліджень у галузі тваринництва / В.П. Бородай, В.О. Пінчук, О.В. Тертична // Агроекологічний журнал. – 2017. – № 2. – С. 44–48.
4. *Methodology and Handbook Eurostat. Nutrient Budgets* [Електронний ресурс] / Organisation for Economic Co-operation and Development, 2013. – Режим доступу: [http://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/Annexes/aei\\_pr\\_gnb\\_esms\\_an1.pdf](http://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/Annexes/aei_pr_gnb_esms_an1.pdf)
5. *Methodological studies in the field of Agro-Environmental Indicators. Guidelines for a common methodology* [Електронний ресурс] / О. Oenema, L. Sebek, Н. Kros et al. – Wageningen, 2014. – 100 p. – Режим доступу: [https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2393397/8259002/LiveDate\\_2014\\_Task5.pdf/cbd88f09-55f7-401f-af21-54169bac0690](https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2393397/8259002/LiveDate_2014_Task5.pdf/cbd88f09-55f7-401f-af21-54169bac0690)
6. *Guidance document for the prevention and abate of ammonia emissions from agricultural sources. ECE/EB.AIR/120* [Електронний ресурс]. – United Nations, 2014. – 100 p. – Режим доступу: [https://www.unepce.org/fileadmin/DAM/env/documents/2012/EB/ECE\\_EB.AIR\\_120\\_ENG.pdf](https://www.unepce.org/fileadmin/DAM/env/documents/2012/EB/ECE_EB.AIR_120_ENG.pdf)
7. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories* [Електронний ресурс]. – Intergovernmental Panel on Climate Change, 2006. – Режим доступу: <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>
8. *Ukraine's Greenhouse gas inventory 1990–2016* [Електронний ресурс] / The Ministry of Environment and Natural Resources of Ukraine. – Kyiv, 2018. – 519 p. – Режим доступу: [https://menr.gov.ua/files/docs/Zmina\\_klimaty/kadastr2016/ukr-2018-nir-23may18.zip](https://menr.gov.ua/files/docs/Zmina_klimaty/kadastr2016/ukr-2018-nir-23may18.zip)
9. *Национальный кадастр антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов в Украине за 1990–2012 / Министерство экологии и природных ресурсов Украины.* – К., 2014. – 577 с.
10. *Guidelines for environmental quantification of nutrient flows and impact assessment in livestock supply chains* [Електронний ресурс] / Food and Agriculture Organization of the United Nations and Livestock Environmental Assessment and Performance Partnership. – Rome, 2017. – 208 p. – Режим доступу: <http://www.fao.org/3/a-bu312e.pdf>
11. *Практикум з годівлі сільськогосподарських тварин: навчальний посібник / І.І. Ібатулін, Ю.Ф. Мельник, В.В. Отченашко та ін.* – К., 2015. – 422 с.

12. Рекомендації з нормування годівлі сільськогосподарської птиці / Н.І. Братишко, А.І. Горобець, О.В. Прутуленко та ін. — Бірки, 2005. — 102 с.
13. Рекомендації з використання в годівлі птиці комбікормів з частковою та повною заміною протеїну тваринного походження / Т.Є. Клименко, Н.І. Братишко, А.І. Горобець та ін. — Бірки, 2008. — 24 с.
14. Тваринництво України: статистичний збірник / Державний комітет статистики України. — К., 2017. — 141 с.
15. Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900–2050 period [Електронний ресурс] / L. Bouwman, K. Goldewijk, K. Van Der Hoek et al. // Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. — 2013. — Vol. 110, No. 52. — P. 20882–20887. — Режим доступу: <https://doi.org/10.1073/pnas.1012878108>

## REFERENCES

1. Steinfeld, H., Haan de, C., Blackburn, H. (1996). Livestock – Environment interactions: issues and options. *fao.org*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/x5305e/x5305e00.htm#Contents> [in English].
2. Palapa, N.V., Pron, N.B., Ustimenko, O.V. (2016). Promyslove tvarynystvo: ekolohe-ekonomichni naslidky [Industrial livestock: ecological and economic implications]. *Zbalansovane pryrodokorystuvannya – The balanced nature*, 3, 64–67 [in Ukrainian].
3. Boroday, V.P., Pinchuk, V.O., Tertychna, O.V. (2017). Perspektyvni napryamy ekolohichnykh doslidzhen u haluzi tvarynystva [Promising areas of environmental research in livestock]. *Ahroekolohichnyy zhurnal – Agroecological journal*, 2, 44–48 [in Ukrainian].
4. Methodology and Handbook Eurostat. Nutrient Budgets. (2013). *oecd.org*. Retrieved from [http://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/Annexes/aei\\_pr\\_gnb\\_esms\\_an1.pdf](http://ec.europa.eu/eurostat/cache/metadata/Annexes/aei_pr_gnb_esms_an1.pdf) [in English].
5. Oenema, O., Sebek, L., Kros, H., Lesschen, J.P., Van Krimpen, M, Bikker, P. et al. (2014). Methodological studies in the field of Agro-Environmental Indicators. Guidelines for a common methodology. Wageningen. *ec.europa.eu*. Retrieved from [https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2393397/8259002/LiveDate\\_2014\\_Task5.pdf/cbd88f09-55f7-401f-af21-54169bac0690](https://ec.europa.eu/eurostat/documents/2393397/8259002/LiveDate_2014_Task5.pdf/cbd88f09-55f7-401f-af21-54169bac0690) [in English].
6. Guidance document for the prevention and abate of ammonia emissions from agricultural sources. ECE/EB.AIR/120. (2014). *unece.org*. Retrieved from [https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2012/EB/ECE\\_EB.AIR\\_120\\_ENG.pdf](https://www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2012/EB/ECE_EB.AIR_120_ENG.pdf) [in English].
7. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. (2006). *www.ipcc-nggip.iges.or.jp*. Retrieved from <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html> [in English].
8. Ukraine's Greenhouse gas inventory 1990–2016. (2018). *menr.gov.ua*. Retrieved from [https://menr.gov.ua/files/docs/Zmina\\_klimaty/kadastr2016/ukr-2018-nir-23may18.zip](https://menr.gov.ua/files/docs/Zmina_klimaty/kadastr2016/ukr-2018-nir-23may18.zip) [in English].
9. *Natsionalnyy kadastr antropogenykh vybrosov iz istochnikov i absorbtii poglotitelyami parnikovykh gazov v Ukraine za 1990–2012 [Ukraine's Greenhouse gas inventory 1990–2012]*. (2014). Kyiv [in Russian].
10. Guidelines for environmental quantification of nutrient flows and impact assessment in livestock supply chains. (2017). *fao.org*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-bu312e.pdf> [in English].
11. Ibatullin, I.I., Melnyk, Yu.F., Otchenashko, V.V., Sychov, M.Yu., Kryvenok, M.Ya, Chyhryn, A.I. et. al. (2015). *Praktykum z hodivli silskohospodarskykh tvaryn: nauchalnyy posibnyk [Workshop on Feeding Farm Animals: A Handbook]*. Kyiv [in Ukrainian].
12. Bratyshko, N.O., Horobets, A.I., Prytulenko, O.V., Gordienko, V.M., Klymenko, T.E., Kotyk, A.M. et. al. (2005). *Rekomendatsiyi z normuvannya hodivli silskohospodarskoyi ptytsi [Rationing guidelines for poultry feeding]*. Birky [in Ukrainian].
13. Klymenko, T.E., Bratyshko, N.I., Horobets, A.I. et. al. (2008). *Rekomendatsiyi z vykorystannya v hodivli ptytsi kombikormiv z chastkovoyu ta poznoyu zaminoyu proteyinu tvarynnoho pokhodzhennya [Recommendations for the use in the feeding of poultry compound feeds with partial and complete replacement of animal protein]*. Birky [in Ukrainian].
14. *Tvarynystvo Ukrainy 2016: statystychnyy zbirnyk [Animal Production of Ukraine in 2016: Statistical Yearbook]*. (2016). Kyiv: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy [in Ukrainian].
15. Bouwman, L., Goldewijk, K.K., Van der Hoek, K.W., Beusen, A., Van Vuuren, D.P., Willemset, J. et al. (2013). Exploring global changes in nitrogen and phosphorus cycles in agriculture induced by livestock production over the 1900–2050 period. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, Vol. 110, 52, 20882–20887. Retrieved from <https://doi.org/10.1073/pnas.1012878108> in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 06.10.2019

---

# БІОРИЗНОМАНІТТЯ ТА БІОБЕЗПЕКА ЕКОСИСТЕМ

---

UDC 579.26

DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2019.189463>

## ANTIBIOTICS IN AGROECOSYSTEMS: SOIL MICROBIOME AND RESISTOME

L. Symochko<sup>1,3</sup>, R. Mariychuk<sup>2</sup>, O. Demyanyuk<sup>3</sup>, V. Symochko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Ужгородський національний університет

<sup>2</sup> Пряшівський університет, Словаччина

<sup>3</sup> Інститут агроєкології і природокористування НААН

Відомо, що забруднення агроєкоосистем антибіотиками є актуальною проблемою сьогодення. Вплив забруднення антибіотиками на навколишнє природне середовище, здоров'я людини і тварин є мало вивченим. Антибіотики відіграють ключову роль у боротьбі з інфекційними захворюваннями у людей, тварин та аквакультури в усьому світі. Надходження дедалі більшої кількості антибіотиків у води та ґрунти зумовлює потенційну загрозу для всіх мікроорганізмів у цих середовищах. Забруднення навколишнього природного середовища антибіотиками є одним із чинників, що визначають формування бактеріальної резистентності. Фторхінолони — один з найбільш розповсюджених класів антибіотиків. Енрофлоксацин належить до класу антибіотиків фторхінолону, який інтенсивно використовують для лікування бактеріальних інфекцій у ветеринарії. У навколишньому природному середовищі енрофлоксацин піддається деградації за різних умов, у т.ч. шляхом фотолізу, біодеградації та окислення мінеральними оксидами, але він не є чутливим до гідролізу. Незважаючи на ці механізми деградації, час напіврозкладу енрофлоксацину в навколишньому природному середовищі є доволі довгим. Було оцінено вплив енрофлоксацину на активність та структуру мікробіому ґрунту. У модельних екосистемах з різною концентрацією енрофлоксацину культивували: *Lactuca sativa* var. *crispa*, *Anethum graveolens*, *Thymus serpyllum*, *Mentha piperita*, *Calendula officinalis*. Найактивніше енрофлоксацин із ґрунту поглинали сільськогосподарські рослини, як-от: *Lactuca sativa* var. *crispa* та *Calendula officinalis*. Ґрунт з високою концентрацією антибіотика характеризувався низьким умістом мікроорганізмів, що фіксують азот, і значною кількістю оліготрофної та спороутворювальної мікробіоти. Забруднення антибіотиками також є важливим чинником формування резистому ґрунту — сукупності ґрунтових мікроорганізмів із високим рівнем стійкості до антибіотиків. З ґрунту модельних агроєкоосистем було виділено 37 стійких до антибіотиків бактеріальних ізолятів. Встановлено, що всі ізоляти є стійкими до антибактеріальних препаратів, з яких понад 64% були резистентними до 12 антибіотиків (майже всіх класів). В експерименті було виділено п'ять бактерій, стійких до всіх тестованих антибіотиків — анаеробні бактерії: *Clostridium difficile*, *Clostridium perfringens* та аеробні бактерії: *Enterococcus faecalis*, *Yersinia enterocolitica*, *Enterobacter cloacae*. Усі вони є стійкими до антибіотиків, а також збудниками інфекційних хвороб, що спричиняють загрозу для здоров'я людини. Забруднення ґрунту антибіотиками спричиняє негативні зміни у мікробних угрупованнях і є одним із важливих чинників формування резистому ґрунту.

**Ключові слова:** ґрунт, мікробіом, резистом, антибіотик, забруднення.

---

Global use of antibiotics increased steadily over the past decades, both due to an augmentation of antibiotic use in human medicine

and in other sectors of commercial activity [1]. For example, antibiotic consumption in livestock reached 63.151 tons in 2010 and is predicted to increase by another 67% by 2030. Antibiotic use is also rising in aquaculture, the fastest-growing food sector world-

© L. Symochko, R. Mariychuk, O. Demyanyuk,  
V. Symochko, 2019

wide due to intensive farming [2, 3]. For this reason, antibiotics of pharmaceutical origin are now found in large quantities in human-made environments such as sewage and waste water treatment plants [4]. Moreover, because antibiotic pollution is poorly regulated on a local and global scale, antibiotic molecules are increasingly found in terrestrial, freshwater, and marine environments [5]. The fluoroquinolones are one of the most used classes of antibiotics. Enrofloxacin belongs to the class of fluoroquinolone antibiotics that have been intensively used for the treatment of bacterial infections in veterinary medicine. Once antibiotics enter the ecosystems, they can be treated as an ecological factor, driving the evolution of the community structure [6, 7]. Accordingly, the change of community structure influences the ecological function of soil and water ecosystems such as biomass production and nutrient transformation. Indirect effects from the antibiotic disturbance to the micro-ecosystem are largely unknown, and it is expected that such disturbance might have significant and long-term effects on the rate and stability of ecosystem functioning [8–10]. In the environment, enrofloxacin can undergo degradations by different processes including photolysis, biodegradation and oxidation by mineral oxides but it is not sensitive to hydrolysis. Despite these degradation mechanisms, environmental half life time of enrofloxacin is very long. This long environmental persistence of enrofloxacin can affect the growing of plant and the activity of the soil microbial communities. As final products of metabolism, enrofloxacin and its metabolite ciprofloxacin end up in excrement [11, 12]. Livestock manure is commonly used as organic fertilizer. One of its uses is on the fields where food plants are grown. The manure includes the residue of fluoroquinolones in addition to other drug residue. Plants can also intake fluoroquinolones along with minerals. The intake of drugs in small amounts can lead to drug resistance in pathogenic microbes and cause allergies and liver damage. Raw materials of animal origin are subject to strict state controls. There are no limits concerning raw materials of plant origin from agroecosystems.

In the case of raw materials of plant origin, only pesticide residue, nitrates, heavy metals are controlled at state level, but not antibiotics. One of its uses is on the fields where food plants are grown. The manure includes the residue of fluoroquinolones in addition to other drug residue. Plants can also intake fluoroquinolones along with minerals. The intake of drugs in small amounts can lead to drug resistance in pathogenic microbes and cause allergies and liver damage. Manure is often contaminated with veterinary antibiotics which enter the soil together with antibiotic resistant bacteria. However, little information is available regarding the main responders of bacterial communities in soil affected by repeated inputs of antibiotics via manure [13–15] (Cavigelli, M. A., & Robertson, G.P., 2000; Hammesfahr U., Heuer H., Manzke B., Smalla K., Thiele-Bruhn S., 2008; Heuer H., Smalla K., 2007; Heuer H., Schmitt H., Smalla K., 2011; Torsvik 2002). Nevertheless, some investigators have commented that antibiotic resistance transfer via vegetables represents a risk to human health. The aim of this work has been to evaluate enrofloxacin effect on soil microbiome and uptake in crop plants by a multiple concentration test, controlling after fixed times (90 days) the effects of different concentrations.

## MATERIALS AND METHODS OF RESEARCH

A feature of this work was the study of the sorption of enrofloxacin by crop plants. For this, we used the following plants as test objects: *Lactuca sativa var. crispata*, *Anethum graveolens*, *Thymus serpyllum*, *Mentha piperita*, and *Calendula officinalis*. Based on the literature data, we selected three model concentrations of enrofloxacin for our studies: 1000 mg·kg<sup>-1</sup>; 100 mg·kg<sup>-1</sup>; 10 mg·kg<sup>-1</sup> in model agroecosystems. Studies were conducted *in vivo* and *in vitro*. Spiked soil was placed into nonporous plastic plant pots to give a total of 60 pots. This gave 3 replicates per compound with different concentration for assessing uptake by crop plants plus control. Each pot received 20 seeds. The plants were grown under controlled conditions in



phyto-chamber: light intensity, 10000 lx with a 16/8 h light/dark cycle; humidity, 70%; and temperature, 20°C during the light cycle and 15°C during the dark cycle. Plants were grown for 90 days. After this time, samples of plant material were removed from each pot, weighed, and placed in glass jars prior to analysis. The amount of enrofloxacin was determined in triplicate on each sample by High Performance Liquid Chromatography (HPLC). Enrofloxacin in plants was extracted according to the method of Palmada et al. [18]: 250 mg plants (dry weight) were extracted in 10 ml acetonitrile containing 1% acetic acid, then homogenized, sonicated (50), vortexed (10 ) and centrifuged (100 ) at 3000 g. The supernatant was then collected and dried by nitrogen stream. The residue was suspended in 5 ml phosphate buffer pH 7.4, defatted by a double liquid–liquid partition with 3 + 3 ml N-hexane followed by a double liquid–liquid partition with 3 + 3 ml chloroform. The organic phases were pooled and dried by nitrogen stream. The residue was suspended in mobile phase and 50 µl were injected into the HPLC. Microbiological analyses were conducted following the standard protocol [19]. Soil samples were analyzed within 24 hours. Microbiological study of soil was performed in sterile conditions. The method of serial dilution was used to obtain the suspension where microorganisms titres were  $10^{-3}$ – $10^{-5}$  CFU/ml. 100 µl of the soil suspension was evenly distributed on the surface of the medium with a sterile spatula. For the study we used the following media: Endos agar, Meat peptone agar, Strepto agar and Entero agar, Agar-Agar, Es-hbi agar, Soil agar, Chapek agar, Starch agar in 4 repetitions. Petri dishes with studied material were incubated in the thermostat at 37°C for 48 hours in aerobic conditions. All isolated microorganisms were identified by applying of appropriate biochemical test-systems LACHEMA according to the instructions. Antibiotic resistance of the identified microorganisms was analysed by Kirby-Bauer method with the aim to find antibiotic resistant strains of pathogenic microorganisms. All isolates from the soil

were examined for resistance to 12 antibiotics of the main pharmacological groups: TE30 Tetracycline; VA30 Vancomycin; L10 Lincomycin; CXM30 Cefuroxime; AMP10 Ampicillin; CIP5 Ciprofloxacin; GEN10 Gentamicin; DO30 Doxycycline; AK30 Amikacin; AMX10 Amoxicillin; E15 Erythromycin; OL15 Oleandomycin. Anaerobic microbiota was additionally tested to Metronidazole MT5; Rifampicin RIF5; Clindamycin CD2. Results were expressed as means ( $\pm$ ) standard deviation (SD) and (SSD05) smallest significant differences of experiments conducted in quadruplicating. Data were evaluated using the software Statistica 10.0.

## RESULTS AND DISCUSSION

Veterinary and human medicines are increasingly being monitored in slurry, soils, surface waters, and groundwaters. Concerns have therefore been raised over the impacts of environmental exposure routes on human and environmental health [20]. In this study the potential for medicines to enter the food chain via uptake from soil into food plants was explored. The results demonstrate that following application of enrofloxacin to plants at environmentally realistic concentrations, selected substances are taken up at detectable levels. Table 1 shows the results of the accumulation of enrofloxacin by such plants as *Lactuca sativa var. crispata*, *Anethum graveolens*, *Thymus serpyllum*, *Mentha piperita*, *Calendula officinalis*.

The most actively enrofloxacin was absorbed from the soil by *Lactuca sativa var. crispata*, and *Calendula officinalis*. When enrofloxacin was applied to the soil at concentration of  $1000 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  its concentration was  $60.71 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  in lettuce's phytomass and  $49.03 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  in calendula one.

The lowest content of enrofloxacin was found in *Mentha piperita* with all three experimental concentrations of antibiotic in the soil. Experimental studies have shown that *Anethum graveolens* and *Thymus serpyllum* absorb antibiotic at the same level. At an experimental concentration of  $10 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  of antibiotic, its content after cultivation of 90 days was  $0.34 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  in *Anethum graveo-*



Table 1

## Accumulation antibiotic by plants

	Concentration of antibiotic, mg·kg <sup>-1</sup>	Contain of antibiotics in plants after 90 days of experiment				
		Anethum graveolens	Thymus serpyllum	Lactuca sativa	Mentha piperita	Calendula officinalis
1	10	0.34±0.06	0.33±0.02	0.50±0.07	0.22±0.08	0.48±0.07
2	100	2.53±0.43	3.02±0.33	6.42±0.54	1.56±0.27	5.08±0.51
3	1000	24.80±1.20	24.23±0.91	60.71±1.03	18.41±1.14	49.03±1.09

lens, and 0.33 mg·kg<sup>-1</sup> in *Thymus serpyllum*, at a concentration of enrofloxacin 1000 mg·kg<sup>-1</sup> its content in plants was significantly greater and was 24.80 and 24.23 mg·kg<sup>-1</sup>.

The results of the studies showed that there is a species differentiation of cultivated plants according to activity of absorbing the antibiotic from the soil. The most actively the antibiotic is absorbed by lettuce and calendula, and less actively by mint. Antibiotic effects on ecosystems are related to its concentration, bioavailability, exposure time and the addition of substrates. When antibiotics get into the arable land, they could possibly impact vegetation growth and development as well as soil microbial activity. The class of fluoroquinolone antibiotics have been intensively used for treatment of bacterial infections in veterinary medicine.

The effects of enrofloxacin on the function and structure of soil microbial communities were evaluated (Table 2).

It should be noted, the soil with a high concentration of antibiotic 1000 mg·kg<sup>-1</sup> was characterized by a low content of nitrogen-fixing microorganisms and a high number of oligotrophic and sporeforming microbiota.

Among AR microorganisms there were such anaerobic bacteria as *Clostridium difficile*, *Clostridium perfringens* and such aerobic bacteria as *Enterococcus faecalis*, *Yersinia enterocolitica*, *Enterobacter cloacae*. Other dominant bacteria were characterized by a high or moderate level of antibiotic resistance. From the soil bacteria resistant to all tested antibiotics were isolated. They were such representatives of aerobic microbiota as *Bacillus licheniformis*, *Serratia fonticola*,

*Hafnia alvei*, *Bacillus cereus*, *Pantoea agglomerans*, *Bacillus megaterium* and one of anaerobic bacteria – *Clostridium difficile*.

In natural conditions, from the soil of model ecosystems mostly bacteria of the genus *Bacillus* were isolated. All of them are antibiotic resistant and are the causative agents of foodborne infections and pose a threat not only to environment but also to human health.

The presence of enrofloxacin in the soil, especially in high concentrations, causes negative changes in the microbial community, significant increasing number of antibiotic-resistant bacteria loses stability and integrity of soil microbiome.

Contamination by antibiotics is one of the important factors in the formation of soil resistome. One of the important indicators of the ecological and sanitary state of the soil and the whole ecosystem is the presence of conditionally pathogenic and pathogenic microorganisms.

Particularly dangerous are the antibiotic-resistant microorganisms, which, together with the bioproduction, can enter to the human and animal organisms from the terrestrial ecosystems. The structure of microbial communities of the soil is interrelated with the presence of antibiotic-resistant pathogenic microorganisms.

In the soil of agroecosystems where the number of pedotrophes and oligotrophes was higher, a greater number of antibiotic-resistant microorganisms were isolated. *Clostridium perfringens* (resistant to tetracycline, rifampicin, amoxicillin, moderately sensitive to vancomycin), *Clostridium oedematiens*

Table 2

**Microbial community composition (CFU/gr.d.s.) in soils of agroecosystems contaminated by antibiotic**

No.	Agroecosystems	Ammonifiers · 10 <sup>6</sup>	Spore forming bacteria · 10 <sup>6</sup>	Micromycetes · 10 <sup>3</sup>	Actinomyces · 10 <sup>3</sup>	Bacteria which are using mineral forms of nitrogen · 10 <sup>4</sup>	Anaerobic bacteria · 10 <sup>3</sup>	Aerobic nitrogen fixing bacteria, %	Anaerobic nitrogen fixing bacteria · 10 <sup>3</sup>	Oligotrophic bacteria · 10 <sup>6</sup>	Oligonitrophic bacteria · 10 <sup>4</sup>	Pedotrophic bacteria · 10 <sup>6</sup>
1	<i>Mentha piperita</i>	4.07	3.88	11	7.21	4.32	35.20	19.22	3.77	2.63	4.56	3.68
2	<i>Calendula officinalis</i>	8.30	1.88	20	10.33	3.64	41.22	28.56	5.96	1.61	2.17	1.88
3	<i>Thymus Serpillum</i>	5.46	4.45	15	14.11	3.22	50.22	22.34	8.22	2.87	3.27	3.52
4	<i>Anethum graveolens</i>	7.93	1.74	28	21.22	3.14	94.68	38.23	11.35	1.24	1.68	2.26
5	<i>Lactuca sativa var. crispa</i>	8.66	2.23	25	12.38	2.18	73.82	29.67	9.23	1.70	2.95	2.96
SSD <sub>05</sub>		0.48	0.23	0.36	0.37	0.32	0.21	1.12	1.34	0.41	0.55	0.18

(moderately susceptible to amoxicillin and vancomycin), *Clostridium difficile* (sensitive to metronidazole). Nevertheless, the enrichments of *Clostridium* in soil which was continually treated with manure containing can be dangerous for public health [21–23]. The enrichment of these bacteria, which are phylogenetically closely related to human pathogens, may improve the chance of transferring antibiotic resistance genes to human pathogens, since horizontal gene transfer is more prevalent between closely related organisms than between distantly related ones [24–26]. Selective pressures associated with antibiotic pollution can act on the overall microbial community composition by reducing taxa diversity or by shifting microbial composition. Generally speaking, antibiotic exposure tends to favour an increase in Gram-negative bacteria as opposed to Gram-positive bacteria. Presence of antibiotics in soil was found to alter microbial community structure, leading to a loss of biomass and a reduction in microbial activity including nitrification, denitrification, and respira-

tion [27, 28]. Moreover, antibiotics can also affect bacterial enzyme activity, including dehydrogenases, phosphatases, and ureases, which are considered important indicators of soil activity [29]. The different terrestrial toxicological effects of enrofloxacin were observed through using a series of bioassays and including sorption of fluoroquinolone antibiotic by five crop plants.

Enrofloxacin is highly resistant, its biodegradation process is longer than other antibiotics, it is actively absorbed by the plants, and therefore it is necessary to control its content in phytoproducts.

### CONCLUSION

The use of fluoroquinolone antibiotic in the farm leads to its accumulation in the soil, which is due of its long biodegradation. Experimental studies *In vivo* and *In vitro* have shown that the absorption activity of an antibiotic depends on its concentration in the soil and the species of agricultural plants. The most actively enrofloxacin is absorbed by *Lactuca sativa* and *Calendula officinalis*.

The smallest content of enrofloxacin was in *Mentha piperita* among five crop plants. The presence of enrofloxacin in the soil, especially in high concentrations, causes negative changes in the microbial community, significantly increasing number of antibiotic-resistant bacteria loses stability and integrity of soil microbiome. Thirty seven antibiotic resistant bacterial isolates were cultured from soil. All isolates were multi-

drug resistant, of which greater than 64% were resistant to 12 antibiotics, comprising almost all classes of antibiotic. Contamination of agroecosystems by antibiotics plays a key role in formation of soil resistome.

*Acknowledgment.* This work was supported by the Slovak Academic Information Agency (SAIA), grant number 18032.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Global increase and geographic convergence in antibiotic consumption between 2000 and 2015 / E.Y. Klein, T.P. Van Boeckel, E.M. Martinez et al. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. — 2018. — Vol. 115. — P. 3463–3470.
2. Global trends in antimicrobial use in food animals / T.P. Van Boeckel, C. Brower, M. Gilbert et al. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA. — 2015. — Vol. 112. — P. 5649–5654.
3. Unpacking factors influencing antimicrobial use in global aquaculture and their implication for management. A review from a systems perspective / P.J.G. Henriksson, A. Rico, M. Troell et al. // Sustain. Sci. — 2018. — Vol. 13. — P. 1105–1120.
4. Urban wastewater treatment plants as hotspots for antibiotic resistant bacteria and genes spread into the environment: A review / L. Rizzo, C. Manaia, C. Merlin et al. // Sci. Total Environ. — 2013. — Vol. 447. — P. 345–360.
5. Soil microbial diversity and antibiotic resistance in natural and transformed ecosystems / L. Symochko, Hosam E.A.F. Bayoumi Hamuda, O. Demyanyuk et al. // International Journal of Ecosystems and Ecology Sciences (IJEES). — 2019. — Vol. 9(3). — P. 581–590.
6. *Aminov R.* Evolution and ecology of antibiotic resistance genes / R. Aminov, R. Mackie // FEMS Microbiol Lett. — 2007. — Vol. 271. — P. 147–161.
7. *Migliore L.* Phytotoxicity and uptake of enrofloxacin in crop plants / L. Migliore, S. Cozzolino, M. Fiori // Chemosphere. — 2003. — No. 52. — P. 1233–1244.
8. *Thiele-Bruhn S.* Effects of sulfonamide and tetracycline antibiotics on soil microbial activity and microbial biomass / S. Thiele-Bruhn, I. Beck // Chemosphere. — 2005. — Vol. 59. — P. 457–465.
9. Laboratory models to evaluate phytotoxicity of sulphadimethoxine on terrestrial plants / L. Migliore, C. Civittrale, S. Cozzolino et al. // Chemosphere. — 1998. — Vol. 37. — P. 2957–2961.
10. Alterations in soil microbial activity and N-transformation processes due to sulfadiazine loads in pig-manure / A. Kotzerke, S. Sharma, K. Schauss et al. // Environ Pollut. — 2008. — Vol. 153. — P. 315–322.
11. Uptake of Veterinary Medicines from Soils into Plants / A. Boxall, P. Johnson, E. Smith et al. // J. Agric. Food Chem. — 2006. — No. 54. — P. 2288–2297.
12. *El-Mahmood A.* Phytochemical screening and antibacterial evaluation of the leaf and root extracts of *Cassia alata* Linn / A. El-Mahmood, J. Doughari // Afr J Pharm Pharmacol. — 2008. — No. 2. — P. 124–129.
13. *Cavigelli M.A.* The functional significance of denitrifier community composition in a terrestrial ecosystem / M.A. Cavigelli, G.P. Robertson // Ecology. — 2000. — Vol. 81(5). — P. 1402–1414.
14. Occurrence and diversity of tetracycline resistance genes in lagoons and groundwater underlying two swine production facilities / J.C. Chee-Sanford, R.I. Aminov, I.J. Krapac et al. // Applied and environmental microbiology. — 2001. — Vol. 67(4). — P. 1494–1502.
15. Determination of antibiotic residues in manure, soil, and surface waters / T. Christian, R.J. Schneider, H.A. Färber et al. // CLEAN—Soil, Air, Water. — 2003. Vol. 31(1). — P. 36–44.
16. Effects of Apramycin on microbial activity in different types of soil / X. Diao, Y. Sun, Z. Sun et al. // Ecology and Environment. — 2004. — Vol. 13(4). — P. 565–568.
17. *Diáz-Cruz M.S.* Environmental behavior and analysis of veterinary and human drugs in soils, sediments and sludge / M.S. Diáz-Cruz, M.J.L. de Alda, D. Barcelo // TrAC Trends in Analytical Chemistry. — 2003. — Vol. 22(6). — P. 340–351.
18. Determination of enrofloxacin and its active metabolite (ciprofloxacin) at the residue level in broiler muscle using HPLC with fluorescence detector / J. Palmada, R. March, E. Torroella et al. // Proceedings of Euroresidue IV. Residues of veterinary drugs in food. ADDIX, Wijk bij Duurstede, Netherlands, 2000. — P. 822–826.
19. Practical handbook of microbiology / E. Goldman, L.H. Green (Eds.). — Third Edition, 2015.
20. *Symochko L.* Assessment of sorption and toxicity of fluoroquinolone antibiotic in agroecosystems / L. Symochko // Агроекологічний журнал. — 2017. — № 3. — С. 147–151.
21. *Symochko L.* Microbial monitoring of soil as additional tools for conservation biology / L. Symochko, H.B. Hamuda // Obuda University e-Bulletin. — 2015. — No. 5(1). — P. 177–185.
22. Microbiological control of soil-borne antibiotic resistance human pathogens in agroecosystems /

- L. Symochko, T. Meleshko, V. Symochko et al. // *International Journal of Ecosystems and Ecology Sciences (IJEES)*. — 2019. — Vol. 8(3). — P. 591–598.
23. Toxicity of the fluoroquinolone antibiotics enrofloxacin and ciprofloxacin to photoautotrophic aquatic organisms / I. Ebert, J. Bachmann, U. Kühnen et al. // *Environmental toxicology and chemistry*. — 2011. — Vol. 30(12). — P. 2786–2792.
24. Heuer H. Antibiotic resistance gene spread due to manure application on agricultural fields / H. Heuer, H. Schmitt, K. Smalla // *Curr opin microbiol*. — 2011. — Vol. 14. — P. 236–243.
25. Martínez J.L. Antibiotics and antibiotic resistance genes in natural environments / J.L. Martínez // *Science*. — 2008. — Vol. 321(5887). — P. 365–367.
26. The shared antibiotic resistome of soil bacteria and human pathogens / K.J. Forsberg, A. Reyes, B. Wang et al. // *Science*. — 2012. — Vol. 337. — P. 1107–1111.
27. Effects of tylosin as a disturbance on the soil microbial community / K. Westergaard, A.K. Müller, S. Christensen et al. // *Soil Biol. Biochem.* — 2001. — Vol. 33. — P. 2061–2071.
28. Thiele-Bruhn S. Effects of sulfonamide and tetracycline antibiotics on soil microbial activity and microbial biomass / S. Thiele-Bruhn, I.C. Beck // *Chemosphere*. — 2005. — Vol. 59. — P. 457–465.
29. Cyco'n M. Antibiotics in the Soil Environment – Degradation and their impact on microbial activity and diversity / M. Cyco'n, A. Mrozik, Z. Piotrowska-Seget // *Front. Microbiol.* — 2019. — Vol. 10. — P. 338.

## REFERENCES

1. Klein, E.Y., Van Boeckel, T.P., Martinez, E.M., Pant, S., Gandra, S., Levin, S.A., Goossens, H., Laxminarayan, R. (2018). Global increase and geographic convergence in antibiotic consumption between 2000 and 2015. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 115, 3463–3470 [in English].
2. Van Boeckel, T.P., Brower, C., Gilbert, M., Grenfell, B.T., Levin, S.A., Robinson, T.P., Teillant, A., Laxminarayan, R. (2015). Global trends in antimicrobial use in food animals. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 112, 5649–5654 [in English].
3. Henriksson, P.J.G., Rico, A., Troell, M., Klingner, D.H., Buschmann, A.H., Saksida, S., Chadag, M.V., Zhang, W. (2018). Unpacking factors influencing antimicrobial use in global aquaculture and their implication for management. A review from a systems perspective. *Sustain. Sci.* 13, 1105–1120 [in English].
4. Rizzo, L., Manaia, C., Merlin, C., Schwartz, T., Dagot, C., Ploy, M.C., Michael, I., Fatta-Kassinos, D. (2013). Urban wastewater treatment plants as hotspots for antibiotic resistant bacteria and genes spread into the environment: A review. *Sci. Total Environ.* 447, 345–360 [in English].
5. Symochko, L., Hosam E.A.F. Bayoumi Hamuda, Demyanyuk, O., Symochko, V., Patyka, V. (2019). Soil microbial diversity and antibiotic resistance in natural and transformed ecosystems. *International Journal of Ecosystems and Ecology Sciences (IJEES)*, 9(3), 581–590 [in English].
6. Aminov, R., Mackie, R. (2007). Evolution and ecology of antibiotic resistance genes. *FEMS Microbiol Lett.*, 271, 147–161 [in English].
7. Migliore, L., Cozzolino, S., Fiori, M. (2003). Phytotoxicity and uptake of enrofloxacin in crop plants. *Chemosphere*, 52, 1233–1244 [in English].
8. Thiele-Bruhn, S., Beck, I. (2005). Effects of sulfonamide and tetracycline antibiotics on soil microbial activity and microbial biomass. *Chemosphere*, 59, 457–465 [in English].
9. Migliore, L., Civittrale, C., Cozzolino, S., Casoria, P., Brambilla, G., Gaudio, L. (1998). Laboratory models to evaluate phytotoxicity of sulphadimethoxine on terrestrial plants. *Chemosphere*, 52, 2957–2961 [in English].
10. Kotzerke, A., Sharma, S., Schauss, K., Heuer, H., Thiele-Bruhn, S., Smalla, K., Wilke, B.M., Schloter, M.A. (2008). Alterations in soil microbial activity and N-transformation processes due to sulfadiazine loads in pig-manure. *Environ Pollut.*, 153, 315–322 [in English].
11. Boxall, A., Johnson, P., Smith, E., Sinclair, C., Stutt, E., Levy, L. (2006). Uptake of veterinary medicines from soils into plants. *J. Agric. Food Chem.*, 54, 2288–2297 [in English].
12. El-Mahmood, A., Doughari, J. (2008). Phytochemical screening and antibacterial evaluation of the leaf and root extracts of *Cassia alata* Linn. *Afr J Pharm Pharmacol*, 2, 124–129 [in English].
13. Cavigelli, M.A., Robertson, G.P. (2000). The functional significance of denitrifier community composition in a terrestrial ecosystem. *Ecology*, 81(5), 1402–1414 [in English].
14. Chee-Sanford, J.C., Aminov, R.I., Krapac, I.J., Garrigues-Jeanjean, N., Mackie, R.I. (2001). Occurrence and diversity of tetracycline resistance genes in lagoons and groundwater underlying two swine production facilities. *Applied and environmental microbiology*, 67(4), 1494–1502 [in English].
15. Christian, T., Schneider, R.J., Färber, H.A., Skutlarek, D., Meyer, M.T., Goldbach, H.E. (2003). Determination of antibiotic residues in manure, soil, and surface waters. *CLEAN—Soil, Air, Water*, 31(1), 36–44 [in English].
16. Diao, X., Sun, Y., Sun, Z., Shen, J. (2004). Effects of Apramycin on microbial activity in different types of soil. *Ecology and Environment*, 13(4), 565–568 [in English].
17. Díaz-Cruz, M.S., de Alda, M.J.L., Barcelo, D. (2003). Environmental behavior and analysis of veterinary and human drugs in soils, sediments and sludge. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 22(6), 340–351 [in English].
18. Palmada, J., March, R., Torroella, E., Espigol, C., Baleri, T. (2000). Determination of enrofloxacin and its active metabolite (ciprofloxacin) at the residue

- level in broiler muscle using HPLC with fluorescence detector. *Proceedings of Euroresidue IV. Residues of Veterinary Drugs in Food. ADDIX, Wijk bij Duurstede, Netherlands* [in English].
19. Goldman, E., Green, L.H. (Eds.). (2015). *Practical handbook of microbiology. Third Edition* [in English].
  20. Symochko, L. (2017). Assessment of sorption and toxicity of fluoroquinolone antibiotic in agroecosystems. *Ahroekolohichnyi zhurnal – Agroecological journal*, 3, 147–151 [in English].
  21. Symochko, L., Hamuda, H.B. (2015). Microbial monitoring of soil as additional tools for conservation biology. *Obuda University e-Bulletin*, 5(1), 177–185 [in English].
  22. Symochko, L., Meleshko, T., Symochko, V., Boyko, N. (2019). Microbiological control of soil-borne antibiotic resistance human pathogens in agroecosystems. *International Journal of Ecosystems and Ecology Sciences (IJEES)*, 8(3), 591–598 [in English].
  23. Ebert, I., Bachmann, J., Kühnen, U., Küster, A., Kussatz, C., Maletzki, D., Schlüter, C. (2011). Toxicity of the fluoroquinolone antibiotics enrofloxacin and ciprofloxacin to photoautotrophic aquatic organisms. *Environmental toxicology and chemistry*, 30(12), 2786–2792 [in English].
  24. Heuer, H., Schmitt, H., Smalla, K. (2011). Antibiotic resistance gene spread due to manure application on agricultural fields. *Curr opin microbiol*, 14, 236–243 [in English].
  25. Martinez, J.L. (2008). Antibiotics and antibiotic resistance genes in natural environments. *Science*, 321(5887), 365–367 [in English].
  26. Forsberg, K.J., Reyes, A., Wang, B., Selleck, E.M., Sommer, M.O.A., Dantas, G. (2012). The shared antibiotic resistome of soil bacteria and human pathogens. *Science*, 337, 1107–1111 [in English].
  27. Westergaard, K., Müller, A.K., Christensen, S., Bloem, J., Sürensen, S.J. (2001). Effects of tylosin as a disturbance on the soil microbial community. *Soil Biol. Biochem*, 33, 2061–2071 [in English].
  28. Thiele-Bruhn, S., Beck, I.C. (2005). Effects of sulfonamide and tetracycline antibiotics on soil microbial activity and microbial biomass. *Chemosphere*, 59, 457–465 [in English].
  29. Cyco'n, M., Mrozik, A., Piotrowska-Seget, Z. (2019). Antibiotics in the Soil Environment – Degradation and their impact on microbial activity and diversity. *Front. Microbiol*, 10, 338 [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 28.10.2019

---

## ГЕОБОТАНІЧНА ТА ФІТОІНДИКАЦІЙНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЦЕНОПОПУЛЯЦІЙ *AMORPHA FRUTICOSA* L. В УМОВАХ СЕРІЙНИХ ЦЕНОЗІВ ЗАПЛАВИ У НИЖНЬОМУ Б'ЄФІ КАНІВСЬКОЇ ГЕС

Т.В. Шевчик<sup>1</sup>, Т.В. Фіцайло<sup>2</sup>, І.В. Соломаха<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ННЦ «Інститут біології та медицини» КНУ імені Тараса Шевченка

<sup>2</sup> Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України

<sup>3</sup> Інститут агроєкології і природокористування НААН

На основі геоботанічних описів фітоценозів з участю *Amorpha fruticosa* L., що є окремими етапами первинної сукцесії різних висотних рівнів заплави, зроблених на території островів нижче Канівської ГЕС, наведено загальну характеристику динаміки рослинного покриву за участю цього виду. Використовуючи метод фітоіндикації, визначено основні характеристики показників екологічних чинників та напрями їхньої зміни в процесі ксеро-, мезо- та гідросерії. Виявлено, що *A. fruticosa*, маючи широкий фітоценотичний діапазон, входить до складу фітоценозів на всіх етапах сукцесії трьох рівнів заплави Середнього Дніпра. Закономірними в процесі сукцесії є якісні та кількісні зміни геоботанічних характеристик фітоценозів, як-от: кількість видів та їхній склад, роль *A. fruticosa* як ценозоутворювача, вікова структура її ценопопуляції. На основі методу фітоіндикації прослідковано відмінності фітоценозів, виявлено відносно широкий діапазон екотонів, що різняться за чинниками вологості та аерованості ґрунту, сприятливих для зростання *A. fruticosa*, а також закономірні тренди змін більшості екологічних чинників у процесі сукцесії.

**Ключові слова:** фітоіндикація екологічних чинників, *Amorpha fruticosa* L., ксеро-, мезо-, гідросерія.

Наразі активну участь у процесах динаміки рослинного покриву заплави Середнього Дніпра бере алохтонний вид аморфа кущова (*Amorpha fruticosa* L.). З огляду на його активне поширення, широкий ектопічний діапазон і значну роль у фітоценозах на заплаві та вздовж узбережжя р. Дніпра [1–4], важливо виявити головні чинники, що сприяють такому стану його популяції та впливу цього виду на процеси динаміки іншої рослинності. У цьому аспекті особливо важливо визначити показники деяких екологічних чинників, за яких популяції виду спроможні виживати та відтворюватись. Показники екологічних чинників, виміряні за допомогою приладів, характеризують лише стан середовища на момент вимірювання. Водночас всебічно й узагальнено відображають стан середовища конкретної ділянки ценопопуляції рос-

лин, що формують рослинне угруповання. Ця закономірність лежить в основі методу фітоіндикації, широко вживаного нині для узагальненої характеристики різноманітних екологічних показників конкретних умов місцезростань. Крім абіотичних чинників середовища, що мають прямий вплив на популяції, умови зростання ценопопуляції на певний момент у конкретному місці визначаються прямими та, здебільшого, опосередкованими конкурентними міжпопуляційними взаєминами. Зміна цих взаємин відбувається на тлі динаміки рослинності, особливо в процесі демутаційних сукцесій. Мета роботи — на основі характеристики геоботанічних описів угруповань з участю *A. fruticosa* та методики фітоіндикації виявити зміни головних геоботанічних характеристик та тренди змін показників екологічних чинників у процесі первинно-сукцесійних змін рослинності на трьох рівнях заплави.



## МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У роботі використовували 52 повних геоботанічних описи, виконаних упродовж вегетаційного сезону 2019 р. Для угруповань лісової рослинності відбирали ділянки площею від  $10 \times 10$  до  $15 \times 15$  м, для чагарникової та трав'янистої — від  $5 \times 5$  до  $10 \times 10$  м. Описами було охоплено більшість варіантів рослинних угруповань із участю *A. fruticosa*, що формуються на різних гіпсометричних рівнях заплави нижче дамби Канівської ГЕС і репрезентують різні етапи формування рослинності. Обробку матеріалів здійснювали за Браун-Бланке методом перетворення фітоценотичних таблиць із використанням програми Ficen та подальшою обробкою в програмі Microsoft Excel. Назви рослин наведено за Мосякіним і Федорончуком [5]. Вираховували класи постійності (табл. 1), що мають таку градацію шкали: трапляння менше 10% — +, 10–29 — I, 30–49 — II, 50–69 — III, 70–89 — IV, понад 90% — V. Для оцінки проективного покриття видів послуговувались такою шкалою: + — проективне покриття виду менше 1%, 1 — від 1 до 5, 2 — від 6 до 15, 3 — від 16 до 25, 4 — від 26 до 50, 5 — понад 51%. Показники екологічних режимів визначали за методикою, розробленою у відділі геоботаніки та екології Інституту ботаніки НАН України [6, 7]. Основною синфітоіндикаційного аналізу слугували дані показників екологічних чинників, отримані у спосіб оцінювання в балах за шкалою Я.П. Дідуха [6] на основі конкретних геоботанічних описів (табл. 2). Методом синфітоіндикації оцінювали показники екологічних режимів як-от: вологість ґрунту (Hd), змінність зволоження ґрунту (fH), аерація ґрунту (Ae), загальний сольовий режим ґрунту, або трофність (SL), кислотність ґрунту (Rc), уміст мінерального азоту (Nt) та карбонатів (Ca) у ґрунті, термічний режим (Tm), континентальність (Kn), морозність, або кріорежим (Cr), вологість клімату, або гумідність (Om), освітленість (Lc). Для з'ясування екологічних амплітуд ценозів за відношенням до провідних чинників середовища застосовували базовий статистичний аналіз у

програмі STATISTICA 8.0. Для порівняння екологічної амплітуди та з'ясування зв'язків між ценозами використовували методику кластерного аналізу та метод зміщеного аналізу співвідношень (DCA) у програмі PAST. Назви синтаксонів рослинності наведено за останніми синтаксономічними зведеннями [8, 9] та з урахуванням робіт про рослинність регіону досліджень [10].

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Найбільш вираженими змінами рослинного покриву заплави є первинна сукцесія. В умовах заплавних екотопів головними чинниками, що визначають процеси сукцесії, є вік ділянки заплави, інтенсивність акумуляції алювію, характер алювіальних наносів, активність перевідкладення їх вітром, висота заплавної ділянки над рівнем моря (н.р.м.) та сезонні зміни рівня води. У цьому аспекті для заплави слід розрізняти три варіанти сукцесійних змін: ксеро-, мезо- та гідросерію [11].

Загальний напрям первинно-сукцесійних змін для всіх варіантів, у доволі узагальненому та спрощеному вигляді, описується такою етапністю: 1 — угруповання малорічних та багаторічних трав'янистих рослин; 2 — чагарникові угруповання; 3 — лісові угруповання (табл. 1).

Угруповання малорічних та багаторічних трав'янистих рослин, що репрезентують перший етап ксеросерії, є поширеними у найсухіших екотопах заплави. Вони розповсюджуються в її прирусловій частині, де спостерігаються найвищі відмітки її поверхні. Здебільшого у нашому регіоні це поверхні із висотою 83–87 м н.р.м. За синтаксономічним складом — це угруповання класів *Koelerio-Corynephoretea* Klika in Klika et Novak 1941, *Festucetea vaginatae* Soo 1968 em Vicherek 1972. В умовах заплави Середнього Дніпра їх представляють угруповання союзів *Koelerion glauca* Volk 1931, *Festucion beckeri* Vicherek 1972 [8, 9]. У цих фітоценозах *A. fruticosa* з'являється лише у разі затоплення високими повеневими водами. Зазвичай у такі роки з цим типом угруповання відбуваються дигресійно-демутаційні зміни, суть яких зводиться

Таблиця 1

Узагальнені геоботанічні описи різних етапів ксеро-, мезо- та гідросерії

Ярус	Етапи серій	Угрупування									
		гідросерії			мезосерії			ксеросерії			
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Кількість описів		6	6	6	5	8	6	5	5	5	
А	<i>Acer negundo</i>			II <sup>1</sup>			V <sup>1-5</sup>				
	<i>Acer platanoides</i>									I <sup>1</sup>	
	<i>Betula pendula</i>									II <sup>2</sup>	
	<i>Populus alba</i>						I <sup>4</sup>			I <sup>1</sup>	
	<i>Populus nigra</i>			III <sup>3</sup>			I <sup>1</sup>			I <sup>2</sup>	
	<i>Robinia pseudoacacia</i>						I <sup>2</sup>				
	<i>Salix alba</i>			V <sup>2-4</sup>			III <sup>2-4</sup>				
	<i>Ulmus laevis</i>						II <sup>4, 5</sup>			II <sup>+1</sup>	
	<i>Pyrus communis</i>									II <sup>+</sup>	
	<i>Pinus sylvestris</i>									IV <sup>3, 4</sup>	
	<i>Morus nigra</i>									I <sup>1</sup>	
	<i>Fraxinus lanceolata</i>			I <sup>1</sup>							
В	<i>Amorpha fruticosa</i>	III <sup>1, 2</sup>	V <sup>4, 5</sup>	V <sup>+4</sup>	III <sup>1-2</sup>	V <sup>4</sup>	V <sup>1, 4</sup>	IV <sup>1</sup>	V <sup>+4</sup>	V <sup>+2</sup>	
	<i>Acer negundo</i>	I <sup>+</sup>		III <sup>+1</sup>			II <sup>+3</sup>		I <sup>2</sup>		
	<i>Acer tataricum</i>						I <sup>+</sup>		II <sup>2</sup>	II <sup>+2</sup>	
	<i>Crataegus pseudocyrstostyla</i>								I <sup>2</sup>		
	<i>Populus alba</i>			I <sup>+</sup>							
	<i>Robinia pseudoacacia</i>						I <sup>3</sup>				
	<i>Rhamnus cathartica</i>								I <sup>+</sup>		
	<i>Salix acutifolia</i>		I <sup>1</sup>		I <sup>+</sup>			I <sup>1</sup>	IV <sup>1-4</sup>		
	<i>Morus nigra</i>			II <sup>1</sup>						I <sup>1</sup>	
	<i>Salix alba</i>						I <sup>+</sup>				
	<i>Frangula alnus</i>		III <sup>+2</sup>	III <sup>+1</sup>			I <sup>+</sup>	II <sup>+</sup>		II <sup>+1</sup>	III <sup>+1</sup>
	<i>Quercus robur</i>										II <sup>+2</sup>
	<i>Fraxinus lanceolata</i>			II <sup>+1</sup>							
	<i>Rubus suberectus</i>										II <sup>+1</sup>
	<i>Viburnum opulus</i>										I <sup>+</sup>
<i>Sambucus racemosa</i>										II <sup>+</sup>	
<i>Ulmus laevis</i>										I <sup>+</sup>	
С	<i>Amorpha fruticosa</i>	V <sup>+4</sup>	III <sup>+1</sup>	IV <sup>+2</sup>	IV <sup>+2</sup>	III <sup>1, 2</sup>	III <sup>+1</sup>	IV <sup>+</sup>	II <sup>+2</sup>	II <sup>+1</sup>	
	<i>Carex appropinquata</i>			I <sup>+</sup>							
	<i>Carex acuta</i>	II <sup>2, 3</sup>	II <sup>+1</sup>	II <sup>+4</sup>	II <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>					
	<i>Lysimachia vulgaris</i>	III <sup>1, 2</sup>	II <sup>+</sup>	III <sup>+1</sup>	I <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>				I <sup>+</sup>	
	<i>Lythrum salicaria</i>	II <sup>+1</sup>	II <sup>+</sup>	III <sup>+1</sup>							
	<i>Phragmites australis</i>	IV <sup>1-5</sup>	IV <sup>+3</sup>								
	<i>Phalaroides arundinacea</i>		I <sup>1</sup>								
<i>Caltha palustris</i>	I <sup>+</sup>		II <sup>+1</sup>			I <sup>+</sup>					

Ярус	Етапи серій	Угруповання								
		гідросерії			мезосерії			ксеросерії		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Кількість описів	6	6	6	5	8	6	5	5	5
C	<i>Carex acutiformis</i>	I <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>	I <sup>2</sup>						
	<i>Carex cespitosa</i>		I <sup>1</sup>	I <sup>+</sup>						
	<i>Veronica longifolia</i>	I <sup>1</sup>	III <sup>+</sup>		II <sup>1</sup>					
	<i>Carex vulpina</i>	I <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>		I <sup>+</sup>					
	<i>Galium palustre</i>	II <sup>+1</sup>	II <sup>+1</sup>	III <sup>+1</sup>						
	<i>Iris pseudacorus</i>	III <sup>+1</sup>	I <sup>+</sup>	III <sup>+1</sup>						
	<i>Myosotis palustris</i>	II <sup>1</sup>		III <sup>+1</sup>						
	<i>Symphytum officinale</i>	II <sup>+</sup>		I <sup>+</sup>						
	<i>Leersia oryzoides</i>	I <sup>+</sup>		I <sup>+</sup>						
	<i>Mentha aquatica</i>	I <sup>+</sup>		I <sup>1</sup>						
	<i>Rumex hydrolapathum</i>		II <sup>+</sup>	II <sup>+</sup>						
	<i>Poa palustris</i>	II <sup>+1</sup>	III <sup>+2</sup>	I <sup>+</sup>	II <sup>1, 2</sup>	II <sup>1, 2</sup>				
	<i>Ranunculus repens</i>	I <sup>1</sup>	II <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>					
	<i>Senecio tataricus</i>		I <sup>+</sup>	III <sup>+1</sup>						
	<i>Agrostis stolonifera</i>	I <sup>5</sup>	III <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>		I <sup>+</sup>				
	<i>Typha angustifolia</i>	II <sup>+4</sup>								
	<i>Rorippa amphibia</i>	II <sup>+1</sup>								
	<i>Polygonum hydropiper</i>	I <sup>+</sup>								
	<i>Alisma lanceolata</i>	I <sup>1</sup>								
	<i>Eleocharis acicularis</i>	I <sup>1</sup>								
	<i>Lysimachia nummularia</i>		I <sup>3</sup>	I <sup>2</sup>	I <sup>+</sup>		I <sup>+</sup>			
	<i>Butomus umbellatus</i>		II <sup>+</sup>							
	<i>Stachys palustris</i>	III <sup>+1</sup>	I <sup>+</sup>	III <sup>+1</sup>		I <sup>+</sup>				
	<i>Lycopus europaeus</i>	II <sup>1, 2</sup>	I <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>						
	<i>Glyceria maxima</i>	I <sup>+</sup>		I <sup>+</sup>						
	<i>Teucrium scordium</i>	III <sup>1-4</sup>	I <sup>+</sup>							
	<i>Artemisia campestris</i>							III <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>	
	<i>Alopecurus pratensis</i>								II <sup>+1</sup>	
	<i>Aristolochia clematitis</i>				I <sup>+</sup>	II <sup>1, 2</sup>	V <sup>+3</sup>	I <sup>1</sup>	II <sup>+1</sup>	II <sup>+2</sup>
	<i>Scirpoides holoschoenus</i>				I <sup>1</sup>					
	<i>Bromopsis inermis</i>				III <sup>1</sup>	II <sup>+</sup>		I <sup>+</sup>	II <sup>+2</sup>	II <sup>+2</sup>
	<i>Glechoma hederacea</i>		I <sup>+</sup>		IV <sup>+3</sup>	I <sup>+</sup>	III <sup>2-4</sup>		II <sup>2-4</sup>	I <sup>2</sup>
	<i>Calamagrostis epigejos</i>		II <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>	III <sup>1-4</sup>	IV <sup>+2</sup>		IV <sup>+2</sup>	III <sup>+1</sup>	IV <sup>+2</sup>
	<i>Carex praecox</i>				III <sup>1-4</sup>	I <sup>+1</sup>	I <sup>1</sup>	III <sup>2-4</sup>	V <sup>+2</sup>	IV <sup>+3</sup>
	<i>Elytrigia repens</i>		I <sup>1</sup>	I <sup>+</sup>	IV <sup>+3</sup>	II <sup>1, 2</sup>			IV <sup>+3</sup>	III <sup>2-4</sup>
	<i>Gratiola officianalis</i>		I <sup>+</sup>		IV <sup>+1</sup>	I <sup>+</sup>				
<i>Rubus caesius</i>	I <sup>1</sup>		III <sup>1-4</sup>		I <sup>+</sup>	III <sup>+4</sup>				
<i>Asparagus officinalis</i>		I <sup>+</sup>					I <sup>+</sup>		I <sup>+</sup>	

Продовження таблиці 1

Ярус	Етапи серій	Угруповання								
		гідросерії			мезосерії			ксеросерії		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Кількість описів	6	6	6	5	8	6	5	5	5
C	<i>Bidens frondosa</i>			I <sup>1</sup>						
	<i>Carex hirta</i>				I <sup>1</sup>	I <sup>+</sup>			I <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>
	<i>Carex melanostachya</i>								I <sup>2</sup>	
	<i>Carex muricata</i>					I <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>			
	<i>Carex caryophylea</i>									I <sup>+</sup>
	<i>Dianthus borbasii</i>				I <sup>+</sup>			II <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>	
	<i>Helichrysum arenarium</i>							I <sup>+</sup>		
	<i>Galium verum</i>				II <sup>1</sup>			III <sup>+2</sup>	IV <sup>+3</sup>	IV <sup>+2</sup>
	<i>Poa angustifolia</i>				II <sup>1-4</sup>				III <sup>1, 2</sup>	II <sup>2-4</sup>
	<i>Festuca beckeri</i>				I <sup>+</sup>			II <sup>2-4</sup>	III <sup>1-4</sup>	II <sup>+3</sup>
	<i>Rumex acetosella</i>							IV <sup>+</sup>		III <sup>+</sup>
	<i>Verbascum lychnitis</i>							II <sup>+</sup>	III <sup>+</sup>	
	<i>Corispermum nitidum</i>							I <sup>1</sup>		
	<i>Agrostis tenuis</i>							I <sup>1</sup>		
	<i>Chondrilla juncea</i>									I <sup>+</sup>
	<i>Secale sylvestre</i>							I <sup>1</sup>		
	<i>Peucedanum oroselinum</i>									II <sup>+2</sup>
	<i>Pilosella officinarum</i>									II <sup>+1</sup>
	<i>Dryopteris carthusiana</i>									I <sup>+</sup>
	<i>Hypericum perforatum</i>							I <sup>+</sup>		II <sup>+</sup>
	<i>Centaurea sumensis</i>									I <sup>+</sup>
	<i>Carex colhica</i>						I <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>		
	<i>Viscaria viscosa</i>									I <sup>+</sup>
	<i>Campanula rotundifolia</i>									I <sup>+</sup>
	<i>Carex ericetorum</i>									I <sup>+</sup>
	<i>Euphorbia virgata</i>				I <sup>1</sup>				II <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>
	<i>Euphorbia cyparissias</i>									II <sup>+1</sup>
	<i>Agrostis capillaris</i>									III <sup>+</sup>
	<i>Dicranum rugosum</i>									II <sup>+</sup>
	<i>Politrichum commune</i>									I <sup>+</sup>
	<i>Pleurozium schreberii</i>									II <sup>+</sup>
	<i>Anisantha tectorum</i>							II <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>	
	<i>Myosotis micrantha</i>							I <sup>+</sup>		
	<i>Veronica spicata</i>							I <sup>+</sup>		
	<i>Chaerophyllum temulum</i>						I <sup>1</sup>			
	<i>Chaiturus marrubiastrum</i>		I <sup>1</sup>							
<i>Crepis tectorum</i>						I <sup>+</sup>				
<i>Cucubalus bacifer</i>									I <sup>+</sup>	

Ярус	Етапи серій	Угруповання								
		гідросерії			мезосерії			ксеросерії		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Кількість описів	6	6	6	5	8	6	5	5	5
C	<i>Potentilla argentea</i>				I <sup>+</sup>			I <sup>+</sup>		
	<i>Equisetum hiemale</i>						I <sup>1</sup>			
	<i>Equisetum pratense</i>					I <sup>+</sup>				
	<i>Conyza canadensis</i>				I <sup>1</sup>	I <sup>+</sup>				
	<i>Festuca gigantea</i>						I <sup>+</sup>			
	<i>Frangula alnus</i>			I <sup>1</sup>						
	<i>Fraxinus lanceolata</i>		I <sup>+</sup>							
	<i>Galium boreale</i>				I <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>				
	<i>Geum urbanum</i>						II <sup>+</sup>		I <sup>+</sup>	
	<i>Genista tinctoria</i>				I <sup>+</sup>					I <sup>+</sup>
	<i>Koeleria glauca</i>								I <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>
	<i>Humulus lupulus</i>						I <sup>+</sup>			
	<i>Hierochloe odorata</i>				I <sup>+</sup>					
	<i>Chaerophyllum temulum</i>						I <sup>+</sup>			
	<i>Jasione montana</i>									I <sup>+</sup>
	<i>Convallaria majalis</i>									I <sup>+</sup>
	<i>Impatiens parviflora</i>						III <sup>1-5</sup>			
	<i>Lapsana communis</i>						I <sup>1</sup>			
	<i>Lythrum virgatum</i>	I <sup>+</sup>					I <sup>+</sup>			
	<i>Mentha arvensis</i>		I <sup>+</sup>				I <sup>+</sup>			
	<i>Moehringia trinervia</i>							II <sup>+1</sup>		
	<i>Petasites spurius</i>						I <sup>1</sup>		I <sup>2</sup>	
	<i>Phalacrolooma annuum</i>		II <sup>+</sup>			II <sup>+</sup>				
	<i>Poa nemoralis</i>							I <sup>+</sup>		I <sup>+</sup>
	<i>Poa compressa</i>						I <sup>1</sup>			
	<i>Poa pratensis</i>					II <sup>1</sup>				
	<i>Elymus caninus</i>							II <sup>+</sup>		
	<i>Populus nigra</i>						I <sup>+</sup>			
	<i>Rumex confertus</i>									I <sup>1</sup>
	<i>Rumex thyrsiflorus</i>					III <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>			
	<i>Scutellaria galericulata</i>	I <sup>+</sup>		I <sup>+</sup>			I <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>		
	<i>Solanum dulcamara</i>			I <sup>+</sup>						
	<i>Swida sanguinela</i>							II <sup>+</sup>		
<i>Thalictrum flavum</i>	I <sup>+</sup>									
<i>Thalictrum lucidum</i>			I <sup>+</sup>							
<i>Tanacetum vulgare</i>					I <sup>1</sup>	I <sup>+</sup>		II <sup>+</sup>	I <sup>+</sup>	
<i>Torilis japonica</i>							II <sup>1-2</sup>			
<i>Urtica dioica</i>			II <sup>1</sup>				III <sup>+1</sup>			

Ярус	Етапи серій	Угруповання								
		гідросерії			мезосерії			ксеросерії		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
	Кількість описів	6	6	6	5	8	6	5	5	5
С	<i>Veronica scutellata</i>		I <sup>+</sup>							
	<i>Vicia hirsuta</i>								I <sup>+</sup>	
	<i>Vicia tetrasperma</i>	I <sup>2</sup>			III <sup>+1</sup>				I <sup>2</sup>	
	<i>Valeriana officinalis</i>			I <sup>1</sup>	I <sup>+</sup>					
	<i>Acer negundo</i>						I <sup>+</sup>			
	<i>Acer platanoides</i>						I <sup>+</sup>			
	<i>Acer tataricum</i>						I <sup>+</sup>			I <sup>+</sup>
	<i>Alliaria petiolata</i>						I <sup>2</sup>		I <sup>+</sup>	
	<i>Valerianella locusta</i>				I <sup>+</sup>					

до різкого зменшення чисельності, іноді до повного зникнення видів-ксерофітів та псамофітів, та появи масових сходів деревних рослин, у т.ч. *A. fruticosa*. Так, зокрема, за високого рівня повеневих вод і тривалого повені у 2013 р. (рис. 1) зафіксовано ділянки, де частка повністю відмерлої дернини *Festuca beckeri* (Hack.) Trautv. становила близько 50% проективного покриття. Натомість з'явилось угруповання винятково стійких до затоплення трав'янистих багаторічників та однорічників: ефемеретуму (*Scirpus melanospermus* C.A. Mey. (70%), *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth (10), *Gratiola officinalis* L. (5), *Peplis alternifolia* M. Bieb. (5%). Сіянци *A. fruticosa* у цих фітоценозах становили близько 5% проективного покриття. У наступні роки більшість рослин *A. fruticosa* загинули, однак сформувалась малочисельна одновікова (ім 1, ім 2) інвазійна популяція цього виду.

Наступний етап ксеросерії репрезентують чагарникові угруповання класу *Salicetea purpureae* Moor 1958, союзів *Galio veri-Aristolochion clematidis* Shevchyk et Solomakha in Shevchyk et al. 1996 та *Artemisio dniproicae-Salicetum acutifoliae* Shevchyk et Solomakha 1996 [8, 9]. Здебільшого для популяцій *A. fruticosa* у таких угрупованнях характерними є наявність особин однієї або кількох близьких вікових груп (g1-g3).

Лісову рослинність репрезентує клас *Pyrolo-Pinetea sylvestris* Korneck 1974 (союз *Koelerio glaucae-Pinion sylvestris* Ermakov 1999), де популяції *A. fruticosa* також мають подібні характеристики вікової структури.

Основним чинником явища ксеросерії є тривалий (десятки та сотні років) ендекогенетичний процес, під час якого відбувається збільшення чисельності видів у фітоценозах, що репрезентують більш пізні її етапи. Так, для етапу угруповань трав'янистих рослин нами зафіксовано в середньому 9 (7–11) видів на описовій площі (5×5 м); для чагарникового – 13 (11–15) на такій самій площі описової ділянки; для лісового етапу на описовій ділянці площею 10×10 м – 19 (11–28) видів. Ці показники відображають закономірність флористичного доповнення фітоценозів унаслідок ущільнення екологічних ніш видів у процесі розвитку вказаного варіанта сукцесії.

На першому етапі мезосерійного ряду в умовах заплави Середнього Дніпра формуються угруповання вологих та свіжих лук, здебільшого з різко перемінним режимом вологозабезпеченості, що в синтаксономічному аспекті представляють клас *Molinio-Arrhenatheretea* R. Tx. 1937 (союз *Agrostion vinealis* Sipaylova et al. 1985) [8, 9]. Ці рівні заплави (81–83 м н.р.м.) нижче Канівської





Рис. 1. Рівень та тривалість повені у нижньому б'єфі Канівської ГЕС

ГЕС майже щороку затоплюються повинню, й сюди постійно заносяться водою плоди *A. fruticosa*. Інвазійні фрагменти ценопопуляції *A. fruticosa*, тобто з перевагою рослин догенеративного віку, тут трапляються найчастіше як смуги довкола фрагментів із різновіковими особинами у складі. Наразі ці фітоценози найбільшою мірою трансформувалися в чагарникові, що, власне, і є наступним, другим етапом мезосерії. У синтаксономічному аспекті — це угруповання союзу *Rubo caesi-Amorphion fruticosae* Shevchuk et V.Sl. 1996 класу *Salicetea purpureae*. У подальшому вони демутують у заплавно-лісові фітоценози союзу *Salicion albae* Soo 1930 того самого класу. Для чагарникового та лісового етапу мезосерії характерними є повночленні за віковим спектром ценопопуляції *A. fruticosa*.

Унаслідок швидкорослості більшості чагарникових та деревних порід за мезо-

серії відбувається різка зміна умов освітлення впродовж відносно короткого часу (від кількох до десяти років), що сприяє елімінації популяцій багатьох світлолюбних лучних трав на чагарниковій стадії, і зрештою — збагаченню факультативно-геліофільними видами трав та сціофітами. Зокрема, на описових площах (з аналогічними розмірами, як і для ксеросерії, відповідно) для фітоценозів поступових етапів мезосерії нами зафіксовано таку середню (мінімальна-максимальна) кількість видів: 13 (11–19); 8 (5–11); 13 (9–16).

Унаслідок різких перепадів рівнів води впродовж вегетаційного періоду та особливості алювіального процесу на початковому етапі гідросерії на різних ділянках заплави низького рівня формуються доволі відмінні фітоценози, що в синтаксономічному аспекті відносяться до різних класів рослинності. Зокрема, на ділянках,

які певну частину вегетаційного сезону є суходільними і де можливий початок інвазії *A. fruticosa*, це: угруповання класів *Isoeto-Nanojuncetea* Br.-Bl. et R. Tx. 1943 (союз *Eleocharition ovatae* Philippi 1968), *Phragmiti-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941 (союзи *Phragmition communis* W. Koch 1926, *Oenanthion aquaticae* Hejny 1948 ex Neuhausl. 1959, *Phalaridion arundinaceae* Kopecky 1961, *Magnocaricion elatae* (Br.-Bl. 1925) W. Koch 1926, *Caricion gracilis* Neuhausl. 1959 em Bal.-Tulac. 1963, *Cicution virosae* Hejny ex Segal in Westhoff et Den Held 1969), *Molinio-Arrhenatheretea* R. Tx. 1937 (союз *Calthion* R. Tx. 1937) [4, 5].

Занос насіння та ініціальні стадії розвитку популяцій *A. fruticosa* спостерігаються у момент спаду води — всередині — наприкінці літа та восени. Більшість локусів таких інвазійних популяцій гинуть через тривале затоплення в наступний вегетаційний період, але часто поодинокі рослини проходять початкові етапи онтогенезу завдяки особливості мікрорельєфу. Здебільшого, це рослини, що зростають на купинах осок, на гниючому «плавняку», «сплавинах та плотиках» відмерлих решток рослин, пеньках та повалених стовбурах дерев. Якщо надземна частина цих особин досягає відповідних розмірів, і це надає змогу вегетувати їм в умовах затоплення, відбувається розростання генеративних особин вегетативним шляхом. Для гідросерії, як і для ксеросерії, характерним є збільшення кількості видів на одиницю площі. Так, зокрема, на описових площах (з аналогічними розмірами, як і для ксеросерії та мезосерії, відповідно) для фітоценозів поступових етапів гідросерії нами зафіксовано таку середню (мінімальна-максимальна) кількість видів: 10 (7–13); 10 (7–14); 15 (9–20).

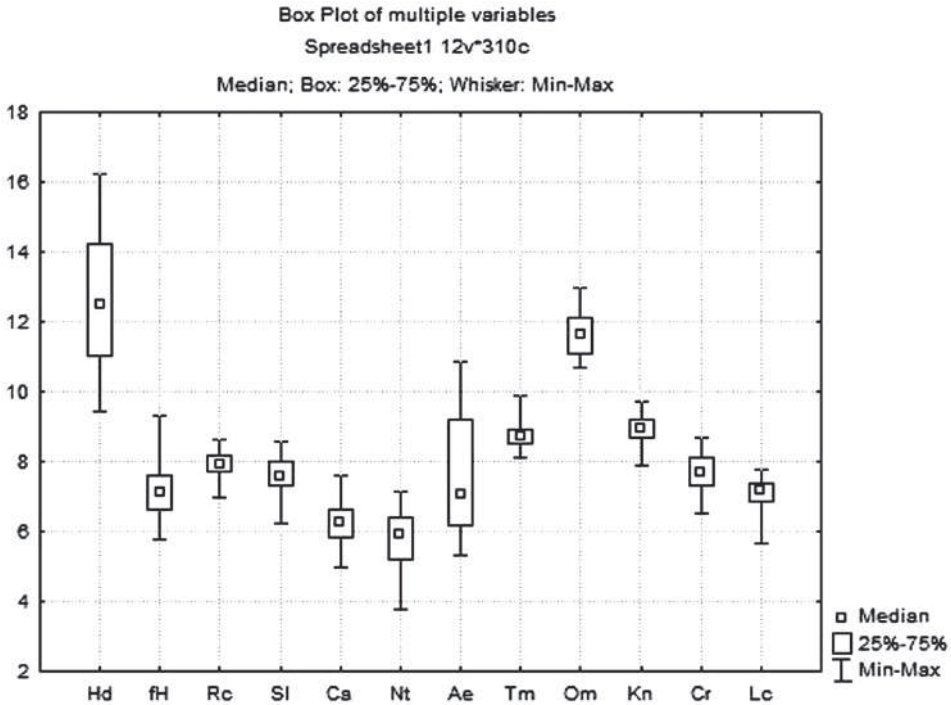
Місця зростання *A. fruticosa* на заплаві мають найбільшу амплітуду значень показників зволоженості та аерованості ґрунту (рис. 2). Очевидно, така невисока чутливість виду до вказаних чинників визначається специфікою заплавної екотопи, а саме — змінністю цих показників упродовж вегетаційного періоду, що спричинено змінами рівня води. Загалом, за зволоженістю

ґрунту для виду характерними є гігрозофітні умови (вологі лісо-лучні екотопи з тимчасовим надмірним зволоженням кореневмісного шару ґрунту), а щодо аерації, досліджуваним місцезростанням з *A. fruticosa* властивими є субаерофобні умови (слабоаеровані вологі глинисті ґрунти з фактично сталим капілярним зволоженням кореневмісного шару). Поряд із тим *A. fruticosa* є найбільш чутливою до кислотності та терморезиму. За кислотністю ґрунту місцезростання характеризуються субацидофільними умовами (слабокислі ґрунти з рН 5,5–6,5), а за терморезимом — неморальним типом терморезиму ( $45 \text{ ккал} \times \text{см}^{-2} \times \text{рік}^{-1}$ ). Стосовно інших екологічних чинників, аморфу слід характеризувати як середньовимогливу рослину.

Так, за змінністю зволоження місцезростання *A. fruticosa* відповідають гемігідроконтрастофільним умовам (сухуваті лісо-лучні і лучно-степові екотопи з нерівномірним зволоженням кореневмісного шару ґрунту). За вмістом мінерального азоту в ґрунті угруповання надають перевагу ділянкам з гемінітрофільними умовами (відносно бідні на мінеральний азот ґрунти — 0,2–0,3%).

Отримані показники за загальним сольовим режимом характеризують умови місцезростання з *A. fruticosa* як семіевтрофні (бідні на солі, сильно вилугувані (75–100 мг/л) ґрунти). Показники насичення ґрунту карбонатами відповідають гемікарбонатобним умовам екотопів — дуже незначний вміст карбонатів у ґрунті ( $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$  = 0,5%) (підзолисті ґрунти, лучні глеєві).

Амплітуда кліматичного показника, як-от морозність клімату (кріорезим) для досліджених угруповань характеризує субкріофітні умови зростання, тобто це види, які витримують морозність зим у межах  $-10 \dots -14^\circ\text{C}$ . Принагідно відзначимо, що у деякі роки значна частина ортотропних пагонів першого порядку галуження рослин *A. fruticosa*, що зростають на безлісних ділянках і на значній відстані від непокритого льодом плеса, повністю обмерзають, а потім поновлюються від плагіотропних частин куща та коренів.



**Рис. 2.** Загальна характеристика всіх місцезростань з участю *A. fruticosa* (без розподілу на серії та стадії); загальні амплітуди, оптимальні екологічні межі та медіани екологічних чинників для угруповань з участю виду: вологість ґрунту (Hd), змінність зволоження ґрунту (fH), аерація ґрунту (Ae), загальний сольовий режим ґрунту (трофність) (SL), кислотність (Rc) ґрунту, вміст мінерального азоту (Nt) та карбонатів (Ca) у ґрунті, термічний режим (Tm), континентальність (Kn), морозність (кріорежим) (Cr), вологість (гумідність) (Om) клімату, освітленість (Lc)

Континентальність клімату (контрас-торежим) має помірний (111–125%) характер. За гумідністю, або омброрежимом, характеризується як субарідофітний тип (–400 ... –200 мм). Освітленість місцезростань відповідає напівосвітленим ділянкам.

На основі синфітоіндикації та методу зміщеного аналізу співвідношень визначили, що диференційними чинниками для угруповань з участю *A. fruticosa* є вологість, аерація, змінність зволоження ґрунту, вміст у ньому карбонатів та азоту; серед кліматичних чинників – гумідність клімату, терморежим (рис. 3).

Так, для гідросерії диференційними екологічними чинниками є: вологість ґрунту, аерація ґрунту та загальний сольовий режим ґрунту (табл. 2). Мезосерія займає

проміжне положення і формується як під впливом властивих тільки їй чинників (кислотність ґрунту, терморежим), так і спільних з гідросерією, як-от: вологість (гумідність) клімату та вміст мінерального азоту. Ксеросерія також має спільні з мезосерією диференційні чинники – вміст карбонатів у ґрунті, змінність зволоження ґрунту та континентальність. Чинники, як-от морозність (кріорежим) та освітленість, можливо мають опосередкований вплив на формування угруповань з гідросерії.

Для аналізу змін екологічних показників за стадіями в межах серії обрано середні значення кожної вибірки, тому можна відзначити певний тренд показників (рис. 4).

Найбільші амплітуди значень (1–1,37 бала) спостерігаються за вологістю ґрунту (Hd) – для гідросерії показники

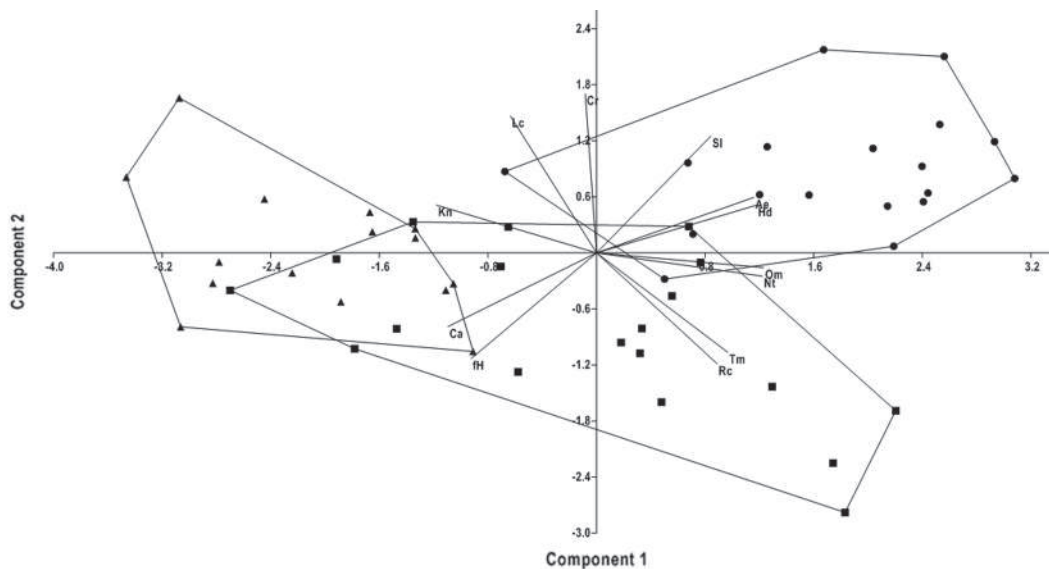


Рис. 3. Ординаційна діаграма методу зміщеного аналізу співвідношень (DCA): для гідросерії (1), мезосерії (2), ксеросерії (3)

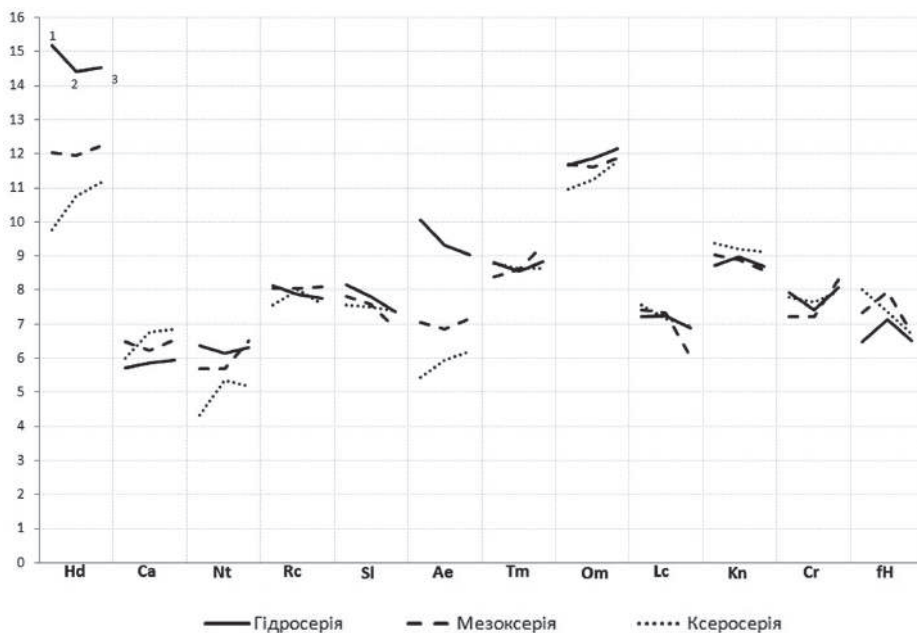
Таблиця 2

**Фітоіндикаційні показники екологічних чинників**

Стадія	Значення*	Чинники**											
		Hd	fH	Rc	Sl	Nt	Ca	Ae	Tm	Om	Kn	Cr	Lc
<i>Гідросерія</i>													
I	Min	14,35	6,04	7,83	7,88	5,86	5,39	9,45	8,55	10,67	8,33	7,11	6,82
	Max	16,22	7,61	8,64	8,57	6,56	5,95	10,86	9,05	12,55	9,25	8,67	7,56
	St	0,65	0,53	0,29	0,26	0,24	0,18	0,48	0,19	0,67	0,32	0,52	0,22
	Ср. знач.	15,18	6,47	8,13	8,15	6,36	5,72	10,05	8,82	11,66	8,74	7,94	7,22
II	Min	13,58	6,50	7,22	7,33	5,56	5,39	8,39	8,33	11,22	8,67	6,58	7,13
	Max	15,17	8,00	8,50	8,12	6,54	6,79	9,82	8,72	12,94	9,25	7,86	7,36
	St	0,54	0,47	0,37	0,26	0,29	0,46	0,48	0,12	0,60	0,19	0,44	0,10
	Ср. знач.	14,41	7,12	7,89	7,82	6,15	5,85	9,29	8,56	11,85	8,98	7,43	7,25
III	Min	13,68	5,78	7,33	6,83	5,89	5,46	8,21	8,65	11,71	8,46	7,67	6,61
	Max	15,23	7,00	8,08	7,75	6,56	6,36	9,59	9,11	12,82	8,88	8,36	7,04
	St	0,56	0,44	0,25	0,28	0,24	0,31	0,51	0,15	0,35	0,13	0,26	0,14
	Ср. знач.	14,52	6,50	7,77	7,36	6,30	5,94	9,02	8,84	12,14	8,70	8,07	6,87

Стадія Значення*		Чинники**											
		Hd	fH	Rc	Sl	Nt	Ca	Ae	Tm	Om	Kn	Cr	Lc
<i>Мезосерія</i>													
I	Min	10,45	7,20	7,58	7,50	5,05	6,04	5,95	8,15	10,90	8,88	6,85	7,21
	Max	13,15	7,47	8,38	8,18	6,35	7,10	7,85	8,75	12,46	9,18	7,50	7,50
	St	1,14	0,12	0,28	0,27	0,51	0,40	0,81	0,20	0,50	0,12	0,22	0,11
	Ср. знач.	12,04	7,32	8,03	7,82	5,70	6,47	7,05	8,37	11,70	9,04	7,23	7,41
II	Min	10,90	6,78	7,61	6,82	4,92	5,41	5,90	8,14	11,00	8,00	6,50	7,11
	Max	13,20	8,57	8,50	8,17	6,44	7,58	8,91	9,17	12,95	9,23	7,70	7,79
	St	0,93	0,63	0,33	0,43	0,55	0,64	0,86	0,32	0,62	0,40	0,34	0,21
	Ср. знач.	11,96	7,95	8,02	7,60	5,70	6,24	6,86	8,60	11,62	8,90	7,23	7,33
III	Min	11,72	6,17	7,39	6,23	5,44	6,14	6,61	8,96	11,61	7,88	7,93	5,64
	Max	12,51	7,33	8,56	7,39	7,13	7,17	7,67	9,89	12,15	9,00	8,57	6,33
	St	0,34	0,35	0,39	0,42	0,57	0,31	0,37	0,28	0,20	0,36	0,22	0,23
	Ср. знач.	12,23	6,74	8,11	6,87	6,51	6,53	7,15	9,32	11,86	8,59	8,29	6,02
<i>Ксеросерія</i>													
I	Min	9,42	7,65	7,17	6,45	3,75	5,00	5,30	8,60	10,75	9,00	6,94	7,29
	Max	10,35	9,33	8,10	8,17	4,71	6,57	5,71	9,00	11,10	9,67	8,28	7,70
	St	0,32	0,66	0,42	0,63	0,36	0,55	0,15	0,15	0,14	0,22	0,47	0,15
	Ср. знач.	9,77	8,01	7,57	7,56	4,33	5,99	5,43	8,77	10,95	9,37	7,78	7,56
II	Min	9,92	7,14	7,71	7,33	5,00	6,46	5,42	8,36	10,92	8,77	7,27	6,54
	Max	11,82	7,67	8,19	7,79	5,89	7,00	6,50	9,08	11,86	9,41	8,05	7,54
	St	0,76	0,21	0,18	0,17	0,30	0,19	0,43	0,25	0,34	0,23	0,25	0,35
	Ср. знач.	10,76	7,36	8,02	7,50	5,35	6,76	5,95	8,62	11,23	9,20	7,65	7,16
III	Min	10,97	6,14	7,00	6,48	4,61	6,65	5,98	8,41	11,19	8,68	7,54	6,66
	Max	11,30	7,00	8,19	8,13	5,66	7,33	6,38	8,81	12,46	9,72	8,32	7,27
	St	0,11	0,31	0,49	0,73	0,41	0,25	0,16	0,15	0,57	0,35	0,28	0,24
	Ср. знач.	11,14	6,71	7,60	7,37	5,18	6,85	6,19	8,63	11,77	9,12	7,94	6,94

Примітка: \* Min – мінімальні; Max – максимальні; St – стандартне відхилення; Ср. знач. – середні значення; \*\* пояснення позначень чинників наведено у тексті.



**Рис. 4.** Співвідношення між середніми значеннями показників екологічних чинників (рис. 2) для трьох стадій: 1 — незімкнених чагарників, 2 — зімкнених чагарників, 3 — заплавних лісів

зменшуються на 1,16 бала (але залишаються в межах гігрофітних умов), для ксеросерії — збільшуються на 1,37 бала (від субмезофітних до мезофітних умов). Такий характер тренду є цілком закономірним і пояснюється значним впливом деревної рослинності на посилення мезофітизації умов у процесі сукцесії. Щодо змін аерації (Ae) ґрунту — вони мають подібний характер. Зокрема, для гідросерії (субаерофобні умови) зменшується на 1, для ксеросерії (субаерофільні) — збільшується на 0,76 бала. Незначні зміни у процесі сукцесії спостерігаються за вмістом мінерального азоту (Nt) для мезо- та гідросерії. Для мезосерії показник змінюється від гемінітрофільних до нітрофільних умов, для ксеросерії — від стадії незімкнених до стадії зімкнених чагарників збільшується на 1 бал (гемінітрофільні умови), а до стадії заплавних лісів дещо зменшується (0,17 бала). Змінності зволоження ґрунту (fH) — показники гідро- та мезосерії — варіюють у межах 0,5–1,2 бала, що відповідає гемігідроконтрастострофільним умовам, і лише для ксеро-

серії значно зменшуються (1,3 бала) — від гемігідроконтрастострофільних до гемігідроконтрастострофобних умов. Щодо загального сольового режиму (Sl), показники мезосерії зменшуються на 1 бал (семіевтрофні умови), натомість майже стабільними залишаються для ксеросерії. За кріорежимом — для мезосерії показник змінюється в межах одного бала, а саме — від субкріофітних до гемікріофітних умов. За вмістом карбонатів у ґрунті — для ксеросерії показник змінюється лише на 0,8 бала, але якісна характеристика змінилася на одну категорію: від першої стадії (акарбонатострофобні умови) до третьої (акарбонатострофільні умови). Щодо континентальності (Kn) та освітленості (Lc), під час сукцесії показники зменшуються, що є закономірним відображенням процесу сціофітизації та формування лісового мікроклімату. Також вирівнюються показники омброрежиму (Om) та терморежиму. Щодо змін кислотності ґрунту (Rc), вони — незначні і, очевидно, нівелюються гострим проточним режимом на заплаві р. Дніпра.



## ВИСНОВКИ

Маючи широкий фітоценотичний діапазон, *A. fruticosa* бере участь у фітоценозах на всіх етапах сукцесії трьох рівнів заплави Середнього Дніпра, що представляють ксеро-, мезо- та гідросерію. Закономірними в процесі сукцесії є якісні та кількісні зміни геоботанічних характеристик фітоценозів, як-от: кількість видів та їх склад, роль *A. fruticosa* як ценозоутворювача; а в аспекті станів популяції *A. fruticosa* є доволі динамічною її вікова структура. Також на основі методу фітоіндикації прослідковується чіткі відмінності фітоценозів, що

репрезентують ксеро-, мезо- та гідросерії. У межах заплавних біотопів ценопопуляції *A. fruticosa* проявляють найширший діапазон (у межах 7-ми балів) до чинників вологості та аерованості ґрунту, середній діапазон (у межах 4-х балів) до змін вологості ґрунту, освітленості, гумідності клімату, вмісту мінерального азоту та кальцію і сольового режиму; найвужчий діапазон (у межах 2-х балів) — до кріо- та терморезиму, континентальності клімату та кислотності ґрунту. У процесі гідро- та ксеросерій закономірним трендом для більшості екологічних чинників є їх зміна у напрямі показників мезосерії.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Любченко В.М. Рослиність Канівського державного заповідника (за даними великомасштабного геоботанічного картування) / В.М. Любченко, М.М. Бортняк // Укр. бот. журн. — 1986. — Вип. 43 (5). — С. 15–20.
2. Любченко В.М. Распространение аморфы кустарниковой в фитоценозах Каневского заповедника / В.М. Любченко // Бюллетень ГБС. — 1987. — Вип. 146. — С. 48–50.
3. Karmyzo L. Ecological study of invasive *Amorpha fruticosa* at research biological stations within steppe zone, Ukraine / L. Karmyzo // Вісник Харківського нац. університету ім. В.Н. Каразіна. — 2014. — Вип. 20, № 1100. — С. 300–304. — (Серія: біологія).
4. Шевчик В.Л. Фітоценотична характеристика угруповань із участю *Amorpha fruticosa* (Fabaceae) у Середньому Придніпров'ї (Україна) / В.Л. Шевчик, Т.В. Шевчик // Укр. бот. журн. — 2019. — Вип. 76 (1). — С. 42–51. — doi:10.15407/ukrbotj76.01.042
5. Mosyakin S.L. Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist / S.L. Mosyakin, M.M. Fedorovich. — K., 1999. — 345 p.
6. Дідух Я.П. Фітоіндикація екологічних факторів / Я.П. Дідух, П.Г. Плюта. — К., 1994. — 280 с.
7. Didukh Ya.P. The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication / Ya.P. Didukh. — K.: Phytosociocentre, 2011. — 176 p.
8. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities / L. Mucina, H. Bültmann, K. Dierßen et al. // Appl. Veg. Science. — 2016. — Vol. 19 (1). — P. 3–264. — doi:10.1111/avsc.12257
9. Соломаха І.В. Огляд вищих одиниць рослинності України за методом Браун-Бланке та їх діагностичні види / І.В. Соломаха, В.Л. Шевчик, В.А. Соломаха. — К.: Фітосоціоцентр, 2017. — 116 с.
10. Шевчик В.Л. Синтаксономія рослинності островів Круглик та Шелестів Канівського природного заповідника / В.Л. Шевчик, В.А. Соломаха // Укр. фітоцен. збірник. — 1996. — Вип. 1. — С. 12–27. — (Серія «А»).
11. Шевчик В.Л. Геоботанічна характеристика основних стадій первинної сукцесії заплавних островів Канівського природного заповідника / В.Л. Шевчик, О.О. Сенчило, О.Д. Полішко // Заповідна справа в Україні. — 2001. — 7. — С. 15–22.

## REFERENCES

1. Lyubchenko, V.M. & Bortnyak, M.M. (1986). Roslynnist' Kaniv'skogo derzhavnogo zapovidnyka (za danymy velykomasshtabnogo geobotanichnogo kartuvannya) [Kaniv State Reserve vegetation (according to large-scale geobotanical mapping)]. *Ukrai'ns'kyj botanichnyj zhurnal — Ukrainian Botanical Journal*, 43 (5), 15–20 [in Ukrainian].
2. Lyubchenko, V.M. (1987). Rasprostraneniye amorfy kustarnikovoy v fitocenozach Kanevskogo zapovednika [Distribution of shrub amorphous in the Kaniv Reserve phytocoenoses]. *Bulleten' GBS — Bulletin SBG*, 146, 48–50 [in Russian].
3. Karmyzo, L. (2014). Ecological study of invasive *Amorpha fruticosa* at research biological stations within steppe zone, Ukraine. *Visnyk Harkiv's'kogo nacional'nogo universytetu im. V.N. Karazina. Seriya: biologiya — The Journal of V.N. Karazin Charkiv National University. Ser. Biology*, 20, № 1100, 300–304 [in English].
4. Shevchuk, V.L. & Shevchuk, T.V. (2019). Fitocentychna harakterystyka ugrupovan' iz uchastju *Amorpha fruticosa* (Fabaceae) u Seredn'omu Prydniprov'ї (Ukrai'na) [Phytocenotic characteristics of plant communities with *Amorpha fruticosa* (Fabaceae) in the Middle Dnipro area (Ukraine)]. *Ukrai'ns'kyj botanichnyj zhurnal — Ukrainian Botanical Journal*, 76 (1), 42–51. doi:10.15407/ukrbotj76.01.042 [in Ukrainian].

5. Mosyakin, S.L. & Fedoronchuk, M.M. (1999). *Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist*. Kyiv [in English].
6. Didukh, Ya.P. & Pliuta, P.H. (1994). *Fitoindykacija ekologicnyh faktoriv [Phytoindication of ecological factors]*. Kyiv [in Ukrainian].
7. Didukh, Ya.P. (2011). *The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication*. Kyiv: Phytosociocentre [in English].
8. Mucina, L., Bültmann, H., Dierßen, K. & al. (2016). Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. *Appl. Veg. Science*, 19 (1), 3–264. doi:10.1111/avsc.12257 [in English].
9. Solomakha, I.V., Shevchyk, V.L. & Solomakha, V.A. (2017). *Ogljad vyshhyh odynyc' roslynnosti Ukrainy za metodom Braun-Blanke ta i'h diagnostychni vydy [Review of the higher vegetation units and diagnostic species of Ukraine according to the Braun-Blanquet approach]*. Kyiv: Phytosociocentre [in Ukrainian].
10. Shevchyk, V.L. & Solomakha, V.A. (1996). Syntaksonomija roslynnosti ostroviv Kruglyk ta Shelestiv Kanivs'kogo pryrodnoho zapovidnyka [The syntaxonomy of vegetation Kruglyk and Shelestiv islands of Kaniv natural reservation]. *Ukrain's'kyj fitocentrichnyj zbirnyk – Ukrainian Phytosociological Collection, Ser. A, 1*, 12–27 [in Ukrainian].
11. Shevchyk, V.L., Senchylo, O.O. & Polishko, O.D. (2001). Geobotanichna charakterystyka osnovnyh stadij pervynnoi' sukcesii' zaplavnyh ostroviv Kanivs'kogo pryrodnoho zapovidnyka [Geobotanical characteristics of the primary succession main stages of the Kaniv Nature Reserve floodplain islands]. *Zapovidna sprava v Ukraini – Conservation in Ukraine*, 7, 15–22 [in Ukrainian].

Стаття надійшла до редакції журналу 28.10.2019

УДК 57.085.25

DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2019.189467>

## ТОКСИЧНІСТЬ КОМПОЗИЦІЇ НАНОЧАСТИНОК НЕМЕТАЛІВ У КУЛЬТУРІ КЛІТИН НИРКИ ЕМБРІОНА СВИНІ

С.В. Дерев'яно<sup>1</sup>, Л.М. Решотько<sup>1</sup>, А.В. Васильченко<sup>1</sup>,  
О.О. Дмитрук<sup>1</sup>, М.С. Харчук<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН

<sup>2</sup> Інститут мікробіології і вірусології імені Д.К. Заболотного НАН України

*Встановлено, що композиція наночастинок (НЧ) йоду та сірки містить частинки трикутної форми розміром 30–50 нм, округлі й неправильної форми частинки розміром 60–70 нм та їх агрегати округлої й неправильної форми розміром 150–200 нм. В композиції НЧ селену та йоду виявлено поодинокі частинки трикутної форми з довжиною сторони близько 30 нм та неправильної форми розміром 10–60 нм, а також їх агрегати округлої та неправильної форми розміром 150–200 нм. Максимально допустима концентрація композиції НЧ йоду та сірки для перещеплюваної культури клітин нирки ембріона свині становить 5 мкг/см<sup>3</sup>, композиції НЧ селену та йоду — 0,5 мкг/см<sup>3</sup>. Встановлено, що обидві композиції НЧ неметалів є нетоксичними для білих мишей у концентрації 2000 мг/кг.*

**Ключові слова:** наночастинок неметалів, цитотоксичність, максимально допустима концентрація, гостра токсичність.

У всьому світі та в Україні зокрема наночастинок (НЧ) та нанотехнології дедалі частіше використовують для потреб сіль-

ського господарства [1, 2]. Застосування біогенних речовин у формі НЧ відкриває перед людством не тільки нові перспективи, але й створює нові ризики, зумовлені ймовірністю токсичного впливу на організм людини. Тому існує необхідність

© С.В. Дерев'яно, Л.М. Решотько, А.В. Васильченко, О.О. Дмитрук, М.С. Харчук, 2019

подальшого дослідження генотоксичного впливу та вивчення клітинного метаболізму за дії НЧ [3].

Встановлено, що НЧ можуть бути токсичними, здатними проникати в незміненому стані через клітинні мембрани, а також через гематоенцефалічний бар'єр у центральну нервову систему, циркулювати і накопичуватися в органах і тканинах, викликати виражені патоморфологічні зміни у внутрішніх органах, а також мають тривалий період напіввиведення. Так, НЧ можуть впливати на антиоксидантний стан, репарацію генів клітин та спричиняти цитотоксичний ефект, що обмежує їх використання [4]. Відомо, що токсичність НЧ залежить від їх форми і розмірів [5]. Крім того, за впливу НЧ на культури клітин та на організм чітко простежується зв'язок між концентрацією НЧ та біологічним ефектом, який вони викликають [6].

На відміну від НЧ металів, НЧ неметалів та їх композиції досліджено менше. У літературних джерелах наводяться дані, що НЧ елементарного селену є менш токсичними, ніж водородозинні сполуки елемента, такі як діоксид селену, селенітна кислота та її солі [7]. Було доведено, що використання композиції НЧ кількох елементів підвищує ефективність розроблених засобів [8]. Разом з тим зміна рівня токсичності НЧ у цьому разі потребує додаткового вивчення.

Метою роботи було визначити форму та розміри композиції НЧ неметалів, їх цитотоксичну дію на культуру клітин та дослідити гостру токсичність на тваринах.

### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У дослідах використовували композиції НЧ йоду та сірки, селену та йоду, хелатовані аніонами лимонної кислоти, надані доктором технічних наук В.Г. Каплуненком (ТОВ «Наноматеріали і нанотехнології»). Композиції НЧ отримано у спосіб абляції гранул йоду і сірки, селену та йоду у воді [9]. Перед використанням водні суспензії композицій НЧ неметалів розбавляли до потрібної концентрації та доводили значення рН до нейтрального. Суспензії

стерилізували автоклавуванням за тиску 0,7 атм упродовж 20 хв. Для контролю стерильності використовували м'ясо-пептонний агар та тіогліколеве середовище. Посіви інкубували при температурі 37°C. Тривалість інкубації становила 14 діб.

Цитотоксичність композицій НЧ неметалів вивчали в перещеплюваній культурі клітин нирки ембріона свині (СНЕВ), яку було отримано з ННЦ «Інститут експериментальної і клінічної ветеринарної медицини» НААН. Для вирощування культури клітин використовували живильні середовища 199 та Ігла, сироватку крові великої рогатої худоби (ТОВ НДП «Ветеринарна медицина», Україна). У сформований моношар культури клітин СНЕВ вносили поживне середовище, що містило досліджувані композиції НЧ неметалів у різних концентраціях. Використовували двократні розведення НЧ. Для кожної концентрації готували чотири пробірки з культурою клітин. У контрольному варіанті також здійснювали заміну поживного середовища, але без досліджуваних речовини. Облік результатів проводили з інтервалом 24 год упродовж 7 діб. Цитотоксичну дію внесених композицій НЧ оцінювали за порушенням цілісності моношару за допомогою світлової мікроскопії. Рівень токсичності визначали за дегенеративними змінами культури клітин.

Гостру токсичність композицій НЧ неметалів *in vivo* визначали на білих безпородних лабораторних мишах. Оцінку гострої токсичності здійснювали за ліміт-тестом [10].

Морфологію композицій НЧ неметалів вивчали за допомогою трансмісійного електронного мікроскопа JEOL JEM-1400 (Японія). Розведені суспензії з НЧ наносили на мідні сіточки з вуглецево-формварим покриттям і висушували на повітрі за кімнатної температури. Для визначення структури композицій НЧ неметалів використовували дифракцію електронів у відповідному режимі (Diffraction) з введенням польової і виведенням об'єктивної апертури трансмісійного електронного мікроскопа.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

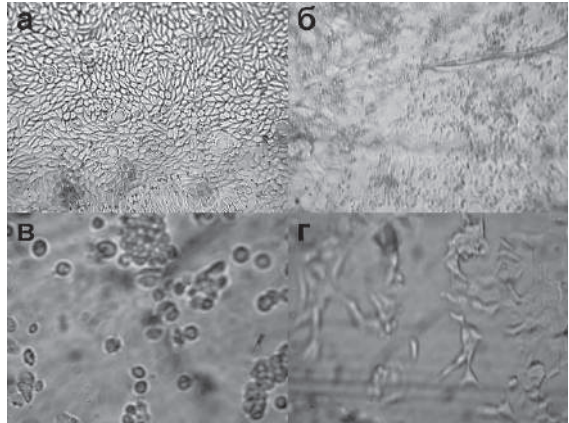
У перещеплюваній культурі клітин СНЕВ визначено максимальну допустиму концентрацію (МДК) для досліджуваних композицій НЧ неметалів. За результатами експерименту встановлено, що МДК композиції НЧ йоду та сірки становить  $5 \text{ мкг/см}^3$ , селену та йоду —  $0,5 \text{ мкг/см}^3$ . За використання вищих від МДК концентрацій композицій НЧ неметалів спостерігалися дегенеративні зміни в культурі клітин СНЕВ: зміна забарвлення живильного середовища порівняно з контролем (рис. 1, сектор а), що свідчить про сповільнення метаболічних процесів або загибель клітин (рис. 1, сектор б); порушення цілісності моношару, розпластування і зморщування, вакуолізація клітин, їх округлення (рис. 1, сектор в) та збільшення розмірів (рис. 1, сектор г) тощо.

Визначення гострої токсичності здійснювали за описаними вище міжнародними правилами тестування невідомих хімічних речовин [10]. Результати проведеного дослідження свідчать, що обидві досліджувані композиції НЧ неметалів виявились нетоксичними для білих мишей у концентрації  $2000 \text{ мг/кг}$ . У тварин, які отримували НЧ, не спостерігалось ознак інтоксикації, усі вони залишалися живими впродовж 14 діб, не було виявлено відхилень від норми у поведінкових реакціях.

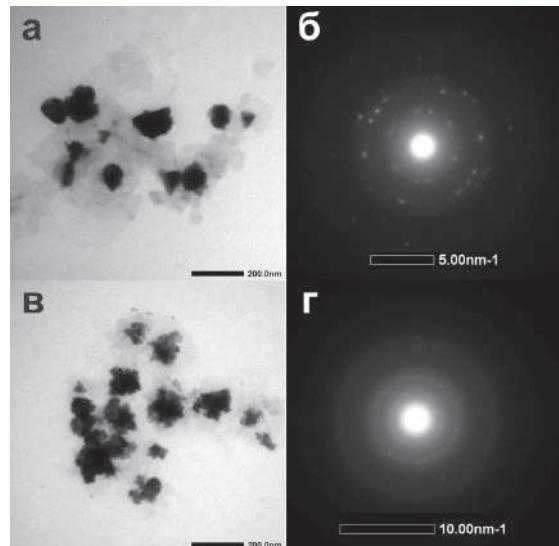
За допомогою електронної мікроскопії досліджено форми та розміри композицій НЧ неметалів (рис. 2). У препаратах, що містять композицію НЧ йоду та сірки, виявлено окремі НЧ трикутної, округлої й неправильної форми та їх агрегати округлої і неправильної форми. Зокрема, НЧ трикутної форми мали довжину сторони близько  $30\text{--}50 \text{ нм}$ , розміри НЧ округлої та неправильної форми становили  $60\text{--}70 \text{ нм}$ . Розміри агрегатів НЧ були в межах  $150\text{--}200 \text{ нм}$  (рис. 2, сектор а).

У препаратах композиції НЧ селену та йоду спостерігалися як поодинокі

НЧ трикутної та неправильної форми, так і їх агрегати округлої та неправильної форми. Зокрема, НЧ трикутної форми мають довжину сторони близько  $30 \text{ нм}$ , розмір НЧ неправильної форми —  $10\text{--}60 \text{ нм}$ . Роз-



**Рис. 1.** Цитотоксична дія НЧ у культурі клітин СНЕВ: а — культура клітин СНЕВ без НЧ; б, в, г — дегенеративні зміни в культурі клітин СНЕВ за дії високих концентрацій композицій НЧ неметалів



**Рис. 2.** Мікрофотографії трансмісійної електронної мікроскопії зразків композицій НЧ неметалів та їх електроннограми дифракції електронів: а, б — йоду та сірки, в, г — селену та йоду відповідно

мір агрегатів становить 150–200 нм (рис. 2, сектор в).

Агрегати композицій НЧ йоду та сірки, селену та йоду мають кристалічну природу, що підтверджується відповідними електронограмами дифракції електронів (рис. 2, сектори б та г).

Порівняння результатів проведеного авторами дослідження з літературними даними засвідчує високу цитотоксичність композицій НЧ селену та йоду: МДК для культури клітин СНЕВ становить 0,5 мкг/см<sup>3</sup>. Цей показник є вищим, ніж у НЧ селену та, навіть, діоксиду селену (SeO<sub>2</sub>). Результатами досліджень цитотоксичності сферичних НЧ селену [7], які мали діаметр 80–220 мкм, та SeO<sub>2</sub> було встановлено, що ТЦД<sub>50</sub> для НЧ селену становить 41,5±0,9 мкг/см<sup>3</sup>, а для SeO<sub>2</sub> — 6,7±0,8 мкг/см<sup>3</sup>. Це значно більше, ніж МДК композиції НЧ селену та йоду, що свідчить про їх високу цитотоксичність для культури клітин СНЕВ. Такий рівень цитотоксичності може бути зумовлено низкою чинників, як-от: алотропна модифікація селену у НЧ, їхня морфологія, розміри, присутність йоду у композиції НЧ селену

та йоду, рівень чутливості різних культур клітин до НЧ неметалів, методи вимірювання цитотоксичної дії [7].

## ВИСНОВКИ

З огляду на розміри та форми НЧ і на те, що вони мають доволі низьку МДК та проявляють значну цитотоксичну дію в перещеплюваній культурі клітин СНЕВ, навіть за дуже низьких концентрацій, можна передбачити їх високу активність щодо інших живих об'єктів. Композиції НЧ йоду та сірки, селену та йоду в МДК можуть бути використані для вивчення їх віруліцидної, фунгіцидної та бактерицидної властивостей стосовно інших тест-об'єктів, що є необхідним етапом розробки протівірусних засобів та нових препаратів для захисту сільськогосподарських культур від хвороб та шкідників.

Незважаючи на порівняно високу цитотоксичність, композиції НЧ неметалів виявились нетоксичними для білих мишей за перорального введення, тому, окрім високої активності, засоби та препарати на основі НЧ неметалів повинні мати високу біосумісність, що робить їх ще перспективнішими.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Біологічна дія функціональних наноматеріалів у різних видів тварин / В.В. Влізло, М.І. Бащенко, Р.Я. Іскра та ін. // Вісник аграрної науки. — 2015. — № 11. — С. 80–86.
2. Ефективність застосування нових мікроелементних комплексів при вирощуванні пшениці озимої / О.Є. Давидова, В.Г. Каплуненко, М.Д. Аксilenко та ін. // Физиология растений и генетика. — 2015. — № 3. — С. 212–223.
3. Клестова З.С. Нанотехнології та біоризики / З.С. Клестова, А.М. Головка // Науково-технічний бюлетень Інституту біології тварин і Державного науково-дослідного контрольного інституту ветпрепаратів та кормових добавок. — 2014. — № 2–3. — С. 329–339.
4. Нанотехнологии в биологии и медицине. Современное состояние вопроса [Електронний ресурс] / Коллективная монография под ред. Е.В. Шляхто. — 2009. — Режим доступу: <http://prostonauka.com/nano/nanotechnologii-v-biologii-i-medicine>
5. Ferrari M. Cancer nanotechnology: opportunities and challenges [Електронний ресурс] / M. Ferrari // Nat. Rev. Cancer. — 2005. — Vol. 5, No. 3. — P. 161–171. — Режим доступу: <https://doi.org/10.1038/nrc1566>
6. Нанотехнології в медицині, фармації та фармакології / Л.Г. Розенфельд, І.С. Чекман, А.І. Тертишна, М.І. Загородний // Фармакологія та лікарська токсикологія. — 2008. — № 3. — С. 65–71.
7. Antioxidant and cytotoxic effect of biologically synthesized selenium nanoparticles in comparison to selenium dioxide [Електронний ресурс] / H. Forooshanf, M. Adeli-Sardou, M. Nikkhoo et al. // Journal of Trace Elements in Medicine and Biology. — 2014. — Vol. 28, No. 1. — P. 75–79. — Режим доступу: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2013.07.005>
8. Пат. 53252 Україна, МПК C02F 1/50, A61L 2/16. Спосіб отримання бактерицидного засобу з сріблом і міддю / В.Л. Коваленко, Є.Г. Афтандіянц, Д.А. Засекін та ін. — Заявл. 27.04.2010; опубл. 27.09.2010, Бюл. 18.
9. Пат. 23550 Україна, МПК B22F 9/14. Спосіб ерозійно-вибухового диспергування металів / М.В. Косінов, В.Г. Каплуненко. — Опубл. 25.05.2007, Бюл. 7.
10. OECD Guideline 425 for the Testing of Chemicals (Limit Test) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: [https://ntp.niehs.nih.gov/iccvam/suppdocs/feddocs/oced/oced\\_gl425-508](https://ntp.niehs.nih.gov/iccvam/suppdocs/feddocs/oced/oced_gl425-508)



## REFERENCES

1. Vlizlo, V.V., Bashchenko, M.I., Iskra, R.Ya., Fedoruk, R.S., Zhukorskyi, O.M., Mezentsseva L.M. (2008). Biologichna diia funktsionalnykh nanomaterialiv u riznykh vydiv tvaryn [Biological effects of various nanomaterials on different animal species]. *Visnyk ahrarynoi nauky – Herald of Agrarian Science*, 11, 80–86 [in Ukrainian].
2. Davydova, O.Ye., Kaplunenko, V.H., Aksylenko, M.D., Derevianko, K.Yu., Mokrynski V.M. (2015). Efektivnis zastosuvann novykh mikroelementnykh kompleksiv pry vyroshchuvanni psheynytsi ozymoï [The efficiency of the use of novel microelement complexes in winter wheat planting]. *Fyziolohyia rastenni y henetyky – Physiology of Plants and Genetics*, 3, 212–223 [in Ukrainian].
3. Klestova, Z.S., Holovko, A.M. (2014). Nanotekhnolohii ta bioryzky [Nanotechnologies and biohazards]. *Naukovo-tekhnichnyi biuleten Instytutu biolohii tvaryn i Derzhavnoho naukovo-doslidnoho kontrolnoho instytutu vetpreparativ ta kormovykh dobavok – Scientific and Technological Bulletin of the Institute of Animal Biology and State Scientific and Research Institute for Veterinary Drugs and Food Supplements*, 2–3, 329–339 [in Ukrainian].
4. Shlyakhto, E.V. (Ed.). (2009). Nanotekhnologii v biologii i medicine [Nanotechnology in biology and medicine]. *prostonauka.com*. Retrieved from: <http://prostonauka.com/nano/nanotekhnologii-v-biologii-i-medicine> [in Russian].
5. Ferrari, M. (2005). Cancer nanotechnology: opportunities and challenges *Nat. Rev. Cancer*, 5 (3), 161–171. Retrieved from: <https://doi.org/10.1038/nrc1566> [in English].
6. Rozenfeld, L.H., Chekman, I.S., Tertyshna, A.I., Zahorodnyi, M.I. (2008). Nanotekhnologii v medicyni, farmacii ta farmakologii [Nanotechnology in medicine, pharmacy and pharmacology]. *Farmakologia ta likarska toxicologia – Pharmacology and medical toxicology*, 1–3, 3–7 [in Ukrainian].
7. Forootanfar, H., Adeli-Sardou, M., Nikkhoo, M., Mehrabani, M., Amir-Heidari, B., Shahverdi, A.R., Shakibaie, M. (2014). Antioxidant and cytotoxic effect of biologically synthesized selenium nanoparticles in comparison to selenium dioxide. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 28 (1), 75–79. Retrieved from: <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2013.07.005> [in English].
8. Lopatko, K.G., Aftandilansh, E.G., Kovalenko, V.L., Yashchenko, M.F., Zasekin, D.A., Solomon, V.V. (2010). Sposib otry`mannya bakteriy`cy`dnogo zasobu z sriblom i middyu [A method for obtaining bactericidal agent containing silver and copper]. *Patent of Ukraine No. 53252; from 27th April 2010; 27th September 2010. Bul. No.18. Ukraine* [in Ukrainian].
9. Kosinov, M.V., Kaplunenko, V.G. (2007). Sposib erozijno-vy`buxovogo dy`spervuvannya metaliv [A method of an erosive-bursting dispersion of metals]. *Patent of Ukraine No. 23550; 09 th February; 25th May. Bul. No.7. Ukraine* [in Ukrainian].
10. OECD Guideline 425 for the Testing of Chemicals (Limit Test). (2001). *ntp.niehs.nih.gov*. Retrieved from: [https://ntp.niehs.nih.gov/iccvm/suppdocs/feddocs/oced/oced\\_gl425-508.pdf](https://ntp.niehs.nih.gov/iccvm/suppdocs/feddocs/oced/oced_gl425-508.pdf) [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 26.10.2019



## ВРЕДНОСНОСТЬ СОРНЫХ РАСТЕНИЙ НА ПЛАНТАЦИЯХ ЭХИНАЦЕИ ПУРПУРНОЙ *ECHINACEA PURPUREA* (L.) MOENCH

Е.А. Якимович

Институт захисту рослин, Білорусь

Встановлено, що видалення бур'янів на плантаціях ехінацеї пурпурової (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) слід проводити до фази 1–2 справжніх листків культури (40–50 днів після посіву), оскільки забур'яненість посівів спричиняє зниження врожайності трави на 23,2% (другий і третій роки вегетації), кореневищ з корінням — на 28,9%. Унаслідок тривалішого росту бур'янів — до фази 2–3 і 3–4 листків — втрачається 44,2 і 50,9% врожаю трави та 40,3 і 62,9% кореневищ з корінням відповідно.

**Ключові слова:** ехінацея пурпурова, бур'яни, шкідливість, втрати врожаю.

Эхинацея пурпурная (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) — многолетнее поликарпическое травянистое растение семейства астровых (*Asteraceae*), родиной которого является Северная Америка. В настоящее время как лекарственная культура культивируется в большинстве стран Западной Европы, в Украине, Беларуси, России.

Лечебными свойствами обладают все части растения: надземная часть в фазе цветения (июль–август), а также корневище с корнями (заготавливаются поздней осенью или весной после сбора травы) [1]. В них содержатся эфирные масла, смолы, водорастворимые полисахариды, производные оксикоричных кислот, ферменты, улучшающие обмен веществ и оказывающие влияние на иммунную, лимфатическую, дыхательную и репродуктивную системы [2].

По фармакологическим свойствам эхинацея пурпурная обладает иммуномодулирующим действием. Результаты более 500 научных исследований доказывают, что эхинацея стимулирует как клеточный (активность специальных клеток), так и гуморальный (выработка антител) иммунитет. Эхинацея может поддерживать иммунную систему, используя несколько механизмов: стимулируя активность лейкоцитов, усиливая фагоцитоз, блокируя действие ферментов, участвующих в развитии воспалительных процессов [3].

Эхинацея пурпурная влаго- и теплолюбивое растение. Размножается культура путем посева семян в почву. Оптимальная температура прорастания семян составляет +20°C. Всходы эхинацеи появляются через 20–25 дней после посева, в сухой почве — через 30–40 дней. Растение отличается медленным ростом в начале вегетации, только через 40–45 дней формируется розетка с 2–3 парами настоящих листьев. К концу первого года вегетации эхинацея пурпурная образует укороченный побег с 7–10 настоящими листьями розеточного типа и развитую корневую систему с почками возобновления. В этой фазе растение уходит в зиму. Весной следующего года перезимовавшие почки дают надземные побеги. На втором и третьем году вегетации эхинацея отличается достаточно интенсивным ростом — в этот период активно ведется заготовка сырья (трава) [4].

В условиях Республики Беларусь на качество сырья эхинацеи большое значение оказывают сорняки. При длительных сроках совместного произрастания эхинацеи пурпурной с сорняками (свыше 6 недель) ее низкую продуктивность на первом году вегетации определяют следующие депрессивные признаки: «застаивание» растений в начальной фазе развития, слабое развитие и истончение корневой системы, малое число генеративных побегов, прогрессивная динамика выпадения растений. При прополке эхинацеи через 4 не-

дели совместного произрастания культуры и сорняков теряется 15–40% урожая, более 6 недель — до 60%, без прополки урожай может быть потерян полностью [5].

Засоренные посевы эхинацеи пурпурной, изреженные и ослабленные к концу вегетации, не восстанавливают на будущий год свой биологический потенциал. Потери биопродуктивности эхинацеи на второй год вегетации соответствовали потерям в первый год ее возделывания. Выравнивание таких посевов происходит только на четвертом году вегетации растений, и только в вариантах с длительностью совместного произрастания культуры и сорняков не более 6 недель [5].

Целью наших исследований было получение данных о вредоносности сорных растений в посевах эхинацеи пурпурной.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2013–2017 гг. согласно методическим указаниям [6] на опытном поле РУП «Институт защиты растений» (агрогородок Прилуки, Минский р-н) на плантациях эхинацеи пурпурной сорта Дуэт.

Почва участка — дерново-подзолистая легкосуглинистая; площадь: общая — 3 м<sup>2</sup>, учетная — 1 м<sup>2</sup>; повторность шестикратная, расположение — блоками.

Для определения вредоносности сорных растений использовали метод влияния длительности произрастания сорняков в посевах эхинацеи (с даты после посева) на урожайность культуры.

Эхинацея пурпурная была высеяна семенами в два срока (28.04.2013 г. и 21.04.2014 г.) с шириной междурядий 45 см. Делянки пропалывали через 20, 30, 40, 50, 60, 70 (2013 г.) и 80 дней (2014 г.) после посева семян. Оценку вредоносности сорняков проводили в первый — третий годы вегетации культуры: сбор надземной массы (травы), выкапывание корневищ с корнями (после уборки травы), определение их урожайности. В 2013–2015 и 2014–2016 гг. был убран урожай сырой вегетативной массы растений в фазе полного цвете-

ния культуры (19.08.2013 г., 29.08.2014 г. и 23.07.2015 г.; 30.08.2014 г., 23.07.2015 г. и 23.07.2016 г.) и корневищ с корнями (16.10.2015 г. и 06.04.2017 г.).

Уборка эхинацеи на сырье проводилась отдельно по каждому варианту опыта и по каждой повторности. Урожайность деляночного образца пересчитывали на массу воздушно сухого сырья (в ц/га). Лекарственное сырье (трава и корневища с корнями) высушивали в электрической сушилке при +40°C. За ростом и развитием культуры вели фенологические наблюдения. Данные обработаны методом дисперсионного анализа [7].

В опытных посевах первого года жизни эхинацеи пурпурной, как и в целом по республике [8], доминировали однолетние двудольные сорные растения: *Tripleurospermum inodorum* L., *Chenopodium album* L., *Capsella bursa-pastoris* L., *Galinsoga parviflora* Cav., *Stellaria media* (L.) Vill.

Зависимость урожайности эхинацеи от срока засорения посевов описывалась с помощью уравнений линейной корреляции (компьютерные программы Microsoft Excel):

$$Y = A - BX,$$

где  $Y$  — урожайность эхинацеи пурпурной, ц/га (трава или корневища с корнями);  $A$  — максимально возможная урожайность при полном отсутствии сорных растений в посевах, ц/га;  $B$  — коэффициент корреляции, показывающий изменение урожайности культуры при изменении периода вегетации на 1 день с даты после посева;  $X$  — период вегетации сорняков в посевах эхинацеи, дней с даты после посева.

Линейная функция является наиболее удачной для выражения связи между засоренностью посевов и урожайностью культур. Она примерно с одинаковой степенью точности отражает связь между этими показателями и выгодно отличается от других математических моделей простотой вычислений и логической интерпретацией полученных результатов [9].

Относительный коэффициент вредоносности совокупности видов сорной

растительности, который характеризует процентное снижение потенциальной урожайности (на день с даты после посева), определяли по формуле:

$$B_0 = \frac{B}{A} \times 100 \times R^2,$$

где  $B_0$  — относительный коэффициент вредоносности сорных растений, %;  $R^2$  — коэффициент детерминации.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

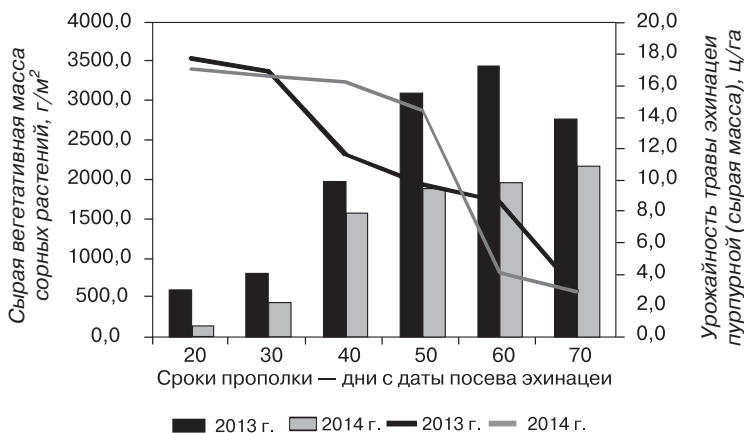
В 2013 г. семена эхинацеи пурпурной были высеяны 28 апреля, при повышении среднедекадной температуры воздуха до 10,2°C. Высокие температуры в мае и достаточное количество осадков стимулировали рост сорной растительности и эхинацеи пурпурной, появление всходов которой было зафиксировано на 25–26 день. На 30-й день учета культура находилась в фазе семедольных листьев, на 40-й — сформировала один настоящий лист, 50-й — второй, 60-й — третий и на 70-й день — четвертый лист. Сорные растения всходили дружно, формируя вегетативную массу от 596,7 до 3438,0 г/м<sup>2</sup> (рис. 1).

Во втором опыте (2014 г.) посев семян 21 апреля был проведен в теплую почву, однако недостаток осадков (в течение 20 дней) привел к меньшей засоренности посевов эхинацеи пурпурной. Начало появ-

ления всходов пришлось на 24–25-й день, семядольные листья образовались на 30-й, первый настоящий лист сформировался на 40-й, 1–2 настоящих листа — на 50-й, 2 — на 60-й, 3 — на 70-й и 3–4 настоящих листа — на 80-й день после посева. Масса сорных растений не превышала 2245,7 г/м<sup>2</sup>.

Учет урожая травы в первый год жизни культуры показал, что в 2013 г. было отмечено достоверное снижение вегетативной массы растений на 40-й день (1 настоящий лист культуры) — масса травы снизилась на 34,5%, на 50-й — на 45,2%. Совместное произрастание сорняков с культурой в течение 60 дней обусловило потери в 51,4%, 70 дней — 83,6% урожая. В 2014 г. произрастание сорных растений в фазе 1 настоящего листа культуры (40 дней) не оказало достоверного влияния на вегетативную массу растений. Снижение урожайности на 15,3% отмечалось при удалении сорняков в фазе 1–2 настоящих листьев культуры (50 дней). Значительное уменьшение (на 75,9–91,2%) вегетативной массы у растений эхинацеи отмечалось при удалении сорняков в более поздние сроки (с фазы 2 настоящих листьев культуры — 60–80 дней).

Таким образом, снижение урожая травы эхинацеи в 2013 г. отмечалось на 30–40-й день, в 2014 г. — на 50–60-й день с даты после посева культуры. В среднем в год посева снижение сырой надземной массы



**Рис. 1.** Динамика накопления сорными растениями и эхинацеей пурпурной вегетативной массы в первый год вегетации

растений на 20,1% отмечено на 40-й день, 30,5 — на 50-й, 63,2 — на 60-й и 83,3% — на 70-й день с даты после ее посева (рис. 2).

Во второй год вегетации культуры (2014 г.) сбор травы эхинацеи пурпурной в посевах, прополка которых была проведена через 20–30 дней, составил 37,8–38,7 ц/га. Отмечалась тенденция к снижению сбора сырья на 11,1% при удалении сорняков на 40-й день, достоверное снижение урожайности травы составило 17,5% на 50-й день. Снижение вегетативной массы эхинацеи пурпурной на 70,1–73,5% отмечалось при засоренности посевов более двух месяцев. В 2015 г. на 20–30-й день произрастание сорных растений не оказало достоверного влияния на надземную массу растений эхинацеи (38,7–39,7 ц/га). Имело место достоверное снижение урожайности на 15,4% при прополке через 40 дней и на 28,7% — в фазе 1–2 настоящих листьев культуры (50 дней). Значительное уменьшение (на 48,9–54,4%) надземной массы у растений эхинацеи отмечалось при удалении сорняков в более поздние сроки (с фазы 2–3 настоящих листьев культуры). При прополке в фазу 3–4 листьев снижение урожайности составляло 85,9%.

В третий год вегетации (2015 г.) наиболее высокая урожайность (38,9–39,9 ц/га сухой травы) была получена на делянках

с произрастающими сорняками в 2013 г. в течение 20–30 дней. При удалении сорняков на 40-й день урожайность эхинацеи достоверно снижалась на 12,3%, на 50-й — на 6,5 ц/га, или 16,7% соответственно. Произрастание сорняков на протяжении 60–70 дней снизило урожайность травы на 38,3–59,6%. Этот показатель был максимальным в 2016 г. — 56,5–57,3 ц/га. Достоверное снижение отмечалось при удалении сорняков через 40 дней — на 16,8% (удаление сорняков в фазе 1 настоящего листа). Снижение урожая на 26,2–30,0% отмечено при удалении сорняков в фазе 1–3 настоящих листьев культуры (50–60 дней). Максимальные потери урожая травы составили 74,3% при удалении сорняков в фазе розетки листьев.

В целом, снижение урожайности травы эхинацеи пурпурной (2–3-й годы вегетации) составило 13,4–15,0% при наличии сорняков в течение 40 дней, 23,2–23,3 — 50-ти, 31,0–60,8 — 60-ти и 42,0–62,1% — в течение 70 дней после посева (рис. 2). Если говорить о суммарном сборе за два продуктивных вегетационных сезона, то при максимальной урожайности 86,9 ц/га (20–30 дней) снижение было отмечено: на 40-й день — 14,3%, 50-й — 23,2, 60-й — 44,3 и 70-й день — 51,0%. По данным В.Б. Загуменникова [5] потери урожая или

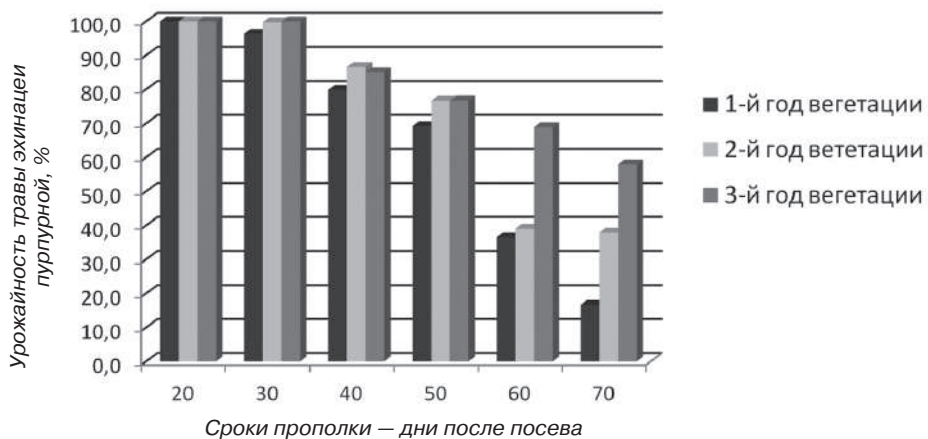


Рис. 2. Урожайность травы эхинацеи пурпурной в зависимости от сроков прополки, 2013–2016 гг.

биологической массы растений до 10–25% могут быть отнесены к хозяйственно-восполнимым в результате сокращения затрат на уборку и послеуборочную доработку лекарственного сырья. Более высокие потери относят к критическим и хозяйственно-невосполнимым. Уничтожение сорных растений в посевах эхинацеи пурпурной по нашим данным следует проводить в течение 40–50 дней после посева (1–2 настоящих листа культуры), затем урожайность значительно снижается (44,3%).

На основании полученных данных была установлена корреляционная зависимость между днями вегетации сорняков и урожайностью растений эхинацеи пурпурной. Было отмечено, что коэффициент корреляции

в годы вегетации культуры между ними достаточно сильный —  $R = 0,90–0,98$  (таблица).

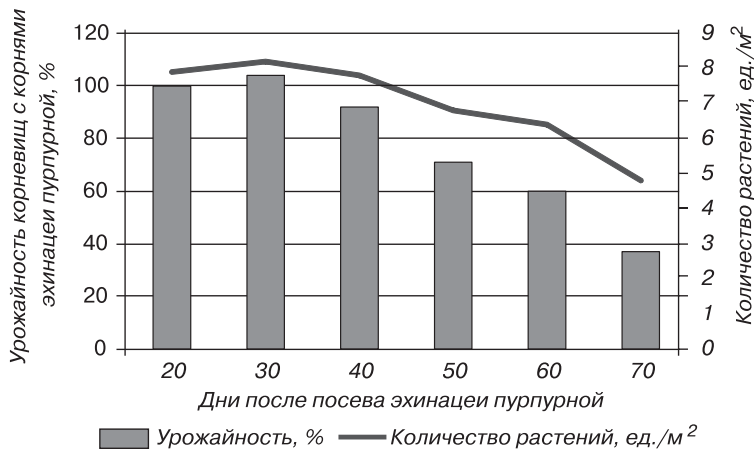
Относительный коэффициент вредоносности в первом (0,97–1,13%), во втором (0,90–0,93 %) и в третьем году вегетации (0,52–0,81%) подтверждает данные В.Б. Загуменникова [5] о том, что с течением времени отмечается выравнивание «ухаженных» и «засоренных» посевов эхинацеи по биопродуктивности травы, т.е. коэффициенты вредоносности снижаются. Коэффициент говорит также и о том, что вредоносность сорных растений в первом опыте (2013–2015 гг.) была выше, чем во втором (2014–2016 гг.), что возможно связано с достаточно высокой массой сорных

Таблица

**Зависимость урожайности эхинацеи пурпурной от длительности произрастания сорняков в посевах культуры**

Год	Уравнение линейной регрессии	Коэффициент корреляции, $R$	Относительный коэффициент вредоносности ( $B_0$ ), %
<b>Урожайность травы, ц/га (сухое сырье)</b>			
1-й год вегетации			
2013	$Y = 6,05 - 0,07 X^*$	0,97	1,13
2014	$Y = 6,50 - 0,08 X$	0,90	0,97
среднее	$Y = 6,27 - 0,08 X$	0,97	1,13
2-й год вегетации			
2014	$Y = 55,51 - 0,63 X$	0,91	0,93
2015	$Y = 51,45 - 0,48 X$	0,98	0,90
среднее	$Y = 53,51 - 0,56 X$	0,95	0,93
3-й год вегетации			
2015	$Y = 52,10 - 0,47 X$	0,95	0,81
2016	$Y = 64,89 - 0,39 X$	0,94	0,52
среднее	$Y = 58,49 - 0,43 X$	0,98	0,71
<b>Урожайность корневищ с корнями, ц/га (сухое сырье)</b>			
2015	$Y = 51,15 - 0,57 X$	0,94	0,99
2017	$Y = 35,58 - 0,27 X$	0,94	0,68
среднее	$Y = 43,37 - 0,42 X$	0,96	0,89

*Примечание:* \*  $Y$  — урожайность эхинацеи, ц/га (сухое сырье);  $X$  — период вегетации сорняков в посевах культуры, дни после посева.



**Рис. 3.** Урожайность корневищ с корнями эхинацеи пурпурной в зависимости от сроков прополки посевов, 2015, 2017 гг.

растений в первый год проведения исследований (2013 г.).

Урожайность корневищ с корнями эхинацеи пурпурной, полученная в 2015 г. на делянках, прополка которых проводилась на 20-, 30- и 40-й день (до фазы 2 настоящих листьев культуры), статистически не отличалась и составляла 34,6–35,9 ц/га. При вегетации культуры и сорняков более длительный период (50 дней) достоверные потери урожая корней составили 37,4%, 60 дней – 52,0, 70 дней – 74,4 %. В 2016 г. на делянках, прополка которых проводилась на 20- и 30-й день, урожайность корневищ с корнями была в пределах ошибки опыта – 28,2 и 29,7 ц/га соответственно, на 40-й (1 и 1–2 настоящих листа культуры) – достоверно снижалась на 16,7–18,8%. При проведении прополки в более поздние сроки потери урожая корневищ с корнями составили: на 60-й день – 26,1%, 70-й – 48,5, на 80-й день – 80,7%.

В среднем снижение урожайности корневищ с корнями на третий год вегетации эхинацеи пурпурной на 28,9% отмечено на 50-й день (прополка в фазу 1–2 настоящих листа культуры в первый год вегетации), на 40,3% – на 60-й и 62,9% – на 70-й день с даты после посева (рис. 3).

При произрастании сорняков в течение 50–60 дней с даты после посева количество растений эхинацеи пурпурной снижалось

на 13,9–19,0%, а при более длительных сроках погибало 39,2% растений культуры.

Связь между урожайностью корневищ с корнями и длительностью произрастания сорняков была сильная ( $R = 0,94–0,96$ ), а относительный коэффициент вредности характеризовал, что при увеличении длительности произрастания сорняков в ее посевах на 1 день с даты после посева снижение массы корневищ с корнями эхинацеи пурпурной составит 0,89% (табл.). Относительный коэффициент составил 0,99% в первом опыте с высоким уровнем сорных растений и 0,68% в следующий год проводимых исследований, где масса сорных растений была значительно ниже.

## ВЫВОДЫ

Прополка сорных растений в посевах эхинацеи пурпурной должна проводиться в течение 40–50 дней после посева – до фазы 1–2 настоящих листьев культуры, снижение вегетативной массы растений составляет 20,1–30,5% в первый год вегетации.

На второй и третий годы вегетации депрессивные признаки угнетения сорняками растений эхинацеи на первом году жизни сохраняются. Ослабленные и изреженные посевы культуры не способны полностью восстановить в последующие годы свой биологический потенциал. Про-



полка в фазе 1–2 пар настоящих листьев эхинацеи вызывает угнетение растений, снижение урожайности травы на второй и третий год вегетации на 23,2%, корневищ с корнями — на 28,9%. Из-за произрастания

сорняков до фазы 2–3 листьев теряется 44,2% урожая травы и 40,3% — корневищ с корнями, до фазы 3–4 листьев культуры — 50,9 и 62,9% соответственно.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Кухарева Л.В.* Технология возделывания лекарственных растений: метод. пособие / Л.В. Кухарева, Т.В. Гиль. — Минск: Минсктиппроект, 2008. — 128 с.
2. *Поляков А.В.* Использование эхинацеи в азиатской и современной медицине / А.В. Поляков, И.И. Тарасенков // Растительные ресурсы для здоровья человека (возделывание, переработка, маркетинг): материалы I Междунар. науч.-практ. конф. — М.: Сергиев Посад, 2002. — С. 385–387.
3. *Бирман Б.Я.* Эхинацея — природный адаптоген с широким спектром действия / Б.Я. Бирман, Д.С. Голубев // Ветеринарная наука — производству: науч. тр. / НАН Беларуси, Институт экспериментальной ветеринарии им. С.И. Вышеселеского НАН Беларуси. — Минск, 2005. — Вып. 38. — С. 107–112.
4. *Сидельников Н.И.* Экзогенная биорегуляция продуктивности лекарственных растений / Н.И. Сидельников. — М.: ОАО «Щербинская типография», 2016. — 216 с.
5. *Загумеников В.Б.* Оптимизация культивирования лекарственных растений в Нечерноземной зоне России / В.Г. Загумеников. — М.: ВИЛАР, 2006. — 76 с.
6. Методические указания по изучению экономических порогов и критических периодов вредности сорняков в посевах сельскохозяйственных культур / ВАСХНИЛ, Отд-ние земледелия и химизации сел. хоз-ва, Московская с.-х. акад. им. К.А. Тимирязева; подгот. Г.С. Груздев и др. — М.: ВАСХНИЛ, 1985. — 23 с.
7. *Доспехов Б.А.* Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. — М.: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
8. *Якимович Е.А.* Видовое разнообразие сорной растительности в посевах лекарственных растений / Е.А. Якимович // Защита растений: сб. науч. тр. / РУП «Ин-т защиты растений». — 2018. — Вып. 42. — С. 50–58.
9. *Ванин Д.Е.* Об оценке вредности сорняков / Д.Е. Ванин, В.С. Зуза // С.-х. биология. — 1981. — Т. 16, № 2. — С. 307–312.

## REFERENCES

1. Kukhareva, L.V. & Gil, T.V. (2008). *Tekhnologiya vzdelyvaniya lekarstvennykh rasteniy: metod. posobiye [Technology of medical plants cultivation: method. manual]*. Minsk: Minsktipproyekt [in Russian].
2. Polyakov, A.V. & Tarasenkov, I.I. (2002). Ispolzovaniye ekhinatsei v aziatskoy i sovremennoy meditsine [Use of *Echinacea purpurea* (L.) Moench in asian and modern medicine]. Proceedings from Plant resources for man's health (cultivation, processing, marketing): I *Mezhdunarodnaia nauchno-prakticheskaia konferentsiia (23–27 Sentyabrya 2002 goda) — 1st International Scientific and Practical Conference*. (pp. 385–387). Moskva: Sergiyev Posad [in Russian].
3. Birman, B.Ya. & Golubev, D.S. (2005). Ekhinatseya — prirodnyy adaptogen s shirokim spektrom deystviya [*Echinacea purpurea* (L.) Moench is a natural adaptogene with a wide spectrum of action]. *Nauchnye trudy «Veterinarnaya nauka — proizvodstvu» — Veterinary science — to the production*, 38, 107–112 [in Russian].
4. Sidelnikov, N.I. (2016). *Ekzogennaya bioregulyatsiya produktivnosti lekarstvennykh rasteniy [Exogenous bioregulation of medical plants productivity]*. Moskva: Shcherbinskaya tipografiya [in Russian].
5. Zagumennikov, V.B. (2006). *Optimizatsiya kultivirovaniya lekarstvennykh rasteniy v Nechozemnoy zone Rossii [Optimization of medical plants cultivation in Non-chemozem zone of Russia]*. Moskva: VILAR [in Russian].
6. Gruzdev, G.S., et al. (Eds.) (1985). *Metodicheskiye ukazaniya po izucheniyu ekonomicheskikh porogov i kriticheskikh periodov vredonosnosti sornyakov v posevakh selskokhozyaystvennykh kultur [Methodical Instructions on studying the economic thresholds and the critical periods of weeds harmfulness in agricultural crops]*. Moskva: VASKhNIL [in Russian].
7. Dospikhov, B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy) [Methodology of Field Experiments (with the Basis of Statistical Processing of Research Results)]*. Moskva: Agropromizdat [in Russian].
8. Yakimovich, E.A. (2018). Vidovoye raznoobraziye sornoy rastitelnosti v posevakh lekarstvennykh rasteniy [Specific diversity of weed plants in medical plants crops]. *Sbornik nauchnykh trudov «Zashchita rasteniy» — Plant protection: collection of scientific works*, 42, 50–58 [in Russian].
9. Vanin, D.E., & Zuzva V.S. (1981). Ob otsenke vredonosnosti sornyakov [On evaluation of weed harmfulness]. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya — Agricultural Biology*, 16(2), 307–312 [in Russian].

Стаття надійшла до редакції журналу 09.10.2019

## ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ БІОКОРОЗІЇ БЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ

В.В. Шкапенко<sup>1</sup>, О.Г. Мусич<sup>1</sup>, О.С. Дем'янюк<sup>2</sup>, А.А. Благініна<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України»

<sup>2</sup> Інститут агроекології і природокористування НААН

*Встановлено, що світові втрати від біопшкоджень є значними, більше половини яких становлять саме мікробіологічні пошкодження, що спричиняє порушення структурних та функціональних характеристик матеріалу. Зміна властивостей або характеристик матеріалу відбувається внаслідок хімічних реакцій, спровокованих самими мікроорганізмами за взаємодії з матеріалом. Найбільш розповсюдженими та корозійно-активними мікроорганізмами є три групи бактерій: аеробні, анаеробні, силікатні. Оскільки основні біопшкодження будівельних промислових матеріалів залежать від кородованого матеріалу та умов його перебування, актуально залишається розробка як загальних, так і специфічних адресних підходів захисту від мікробіологічної корозії.*

**Ключові слова:** бетон, мікроорганізми, корозія, засоби захисту.

---

Бетон широко застосовується у будівництві об'єктів різного призначення. Незважаючи на їх міцність, з часом втрачаються його властивості за дії різних видів корозії, що спричиняє руйнування відповідних конструкцій. На стійкість бетону значний вплив мають температурні коливання, атмосферні опади та гази, однак найбільш агресивним впливом відрізняється біологічна корозія. Біокорозія уражає підземні та надземні бетонні споруди, обладнання нафтової промисловості, паливні системи літаків, трубопроводи, що контактують з ґрунтом і водними середовищами тощо.

Інтенсивний розвиток біокорозії бетону та залізобетону спостерігається в умовах техногенних середовищ на підприємствах агропромислового комплексу (м'ясокомбінатах, молокозаводах, хлібозаводах, винзаводах, птахофабриках, тваринницьких фермах тощо). Висока вологість повітря, наявність органічних речовин (білків, жирів, вуглеводів і продуктів їх гідролізу), сечовини, аміаку, вуглекислого газу, розчинів солей створюють сприятливі умови для інтенсивного розвитку корозійно-активних

мікроорганізмів. До того ж поєднуються процеси хімічної корозії внаслідок впливу агресивних речовин, що контактують з будівельним матеріалом, з біологічною корозією через виділення органічних речовин (кислот, амінокислот, ферментів тощо) під час метаболізму мікроорганізмів, що розвиваються на поверхні матеріалів [1].

У процесі масштабного будівництва, яке здебільшого проводиться без попередньої екологічної експертизи, мікробіота ґрунту зазнає значних комплексних техногенних навантажень. Порушується екологічна рівновага. Змінюються звичні умови існування аборигенних форм ґрунтових мікроорганізмів.

Екологічний аспект щодо біокорозії бетонних конструкцій полягає у встановленні механізмів біокорозійного процесу, який безпосередньо залежить від зміни звичних умов існування мікроорганізмів, унаслідок чого відбувається порушення їх природного видового балансу. Тому особлива увага приділялась вивченню складу корозійно-активних сукупностей мікроорганізмів, визначенню механізмів, що спричиняють залучення ґрунтових бактерій до корозійних процесів, та пошуку критеріїв, які да-

ють змогу провести оцінювання ступеня їх корозійної активності [2].

Виняткова поширеність та специфічність біокорозії потребує термінового корегування параметрів активного проти-корозійного захисту відповідно до рівня біологічної активності ґрунтів та передбачає певні обмеження у використанні захисних покриттів та промислових інгібіторів корозії. Розробка таких комплексних анти-корозійних заходів має за мету звести до мінімуму ті негативні наслідки, що можуть виникати в ґрунтах унаслідок порушення екологічної рівноваги [3, 4].

Глобальні екологічні проблеми, посилення їх впливу на довкілля потребують нових рішень в аспекті сучасної ресурсоємної промисловості створювати такі матеріали і речовини, які за фізико-хімічними властивостями є небезпечними для мікроорганізмів, стійкими до їх дії.

Нині розроблено значну кількість різноманітних засобів захисту, однак всі вони мають певні недоліки. Проблема біокорозії та біопшкоджень матеріалів досі залишається актуальною.

Мета роботи — узагальнити результати наукових досліджень стану біокорозії промислових споруд для запобігання небезпеці від мікробіологічних агентів та агресивних компонентів навколишнього природного середовища.

Мікробіологічне пошкодження — це порушення структурних та функціональних характеристик матеріалу під впливом продуктів метаболізму мікроорганізмів. Зміна властивостей, або характеристики матеріалу, відбувається внаслідок хімічних реакцій за взаємодії мікроорганізму з матеріалом. Розвиток мікроорганізмів на поверхні матеріалу або в його тріщинах руйнує чи розчиняє цей матеріал [5–7].

Мікроорганізми, що провокують біокорозію промислових матеріалів, є різноманітними та специфічними за своєю дією, видами корозії та умовами перебігу самого процесу, що ускладнює вжиття превентивних заходів від їх руйнівного впливу. Пошук адресної протидії біоагентам руйнації залежно від специфічних особливостей і

матеріалу, а також мікроорганізмів, і досі залишається актуальним завданням для науковців [8–10].

У природі не існує «неспрацьованих» матеріалів, і мікроорганізми виступають своєрідними каталізаторами руйнівних реакцій, синтезуючи на поверхні матеріалу продукти метаболізму, агресивні сполуки залежно від приналежності мікроорганізмів до конкретної таксономічної чи фізіологічної групи, концентрація яких за відсутності мікроорганізмів є доволі низькою або дорівнює нулю.

Біокорозію поділяють на бактеріальну, що відбувається у водних середовищах за наявності особливого виду бактерій (у ґрунті, воді, паливі), та мікологічну (грибну) — в атмосферних умовах за контакту з ґрунтом, зволоження поверхні, наявності забруднень, міцелію і продуктів життєдіяльності грибів [11].

Бактеріальна корозія відбувається при температурі 6–40°C, рН = 1–10,5 за наявності органічних та неорганічних речовин, до складу яких входять елементи, як-от: вуглець, сірка, азот, фосфор, калій, залізо, водень, кисень та ін. Руйнування матеріалу прямо або побічно обумовлено життєдіяльністю бактерій: на поверхні матеріалу або в розчині утворюються агресивні хімічні сполуки; змінюється електрохімічний потенціал середовища внаслідок змін концентрації кисню в розчині. Мікроорганізми швидко розмножуються і легко пристосовуються до мінливих фізичних, хімічних і біологічних умов середовища. Це пояснюється здатністю бактерій утворювати ферменти, необхідні для трансформації поживних середовищ [7, 9, 11].

Значущими в біологічній корозії бетону є такі групи мікроорганізмів:

- *Аеробні кислотоутворювальні бактерії, тіонові бактерії* — становлять основу виникнення корозії бетону та вилугування цінних металів із сульфідної мінеральної сировини в гірничо-видобувній промисловості. Кислоти, як екзометаболіти бактерій, надходять у навколишнє природне середовище за прямого контакту з матеріалом або через водний розчин, який

контактує з матеріалом. Тіонові бактерії окислюють сірчані сполуки, утворюючи сірчану кислоту; нітрифікувальні бактерії окислюють амоній та нітрит, утворюючи азотну кислоту. Ріст та розвиток тіонових бактерій не залежить від наявності органічних сполук, тому що хемоавтотрофи живляться вуглецем атмосфери через вуглекислий газ або взаємодіючи з карбонатами, які входять до складу бетону [9, 11].

Механізм дії біогенної сірчаноокислової корозії полягає в тому, що легкі сполуки сірки ( $H_2S$ , органічні полісульфіди) перетворюються бактеріями через проміжну ланку у вигляді елементарної сірки. Сірчана кислота виробляється бактеріями роду *Thiobacillus*, яких називають «пожирачами бетону».

Механізм вироблення сірчаної кислоти і корозії бетону полягає в утворенні летких сполук сірки  $H_2S$ , що здійснюється бактеріями в анаеробних умовах (без кисню), із сульфатів у стічних водах за такою реакцією:  $2CH_3-SHON-COONa + MgSO_4 \rightarrow 2CH_3COONa + MgO + H_2S \uparrow + CO_2 \uparrow + H_2O$ . Аеробні бактерії (*Thiobacillus*), що містяться на вологих бетонних стінах, біохімічно окислюють  $H_2S$  до  $H_2SO_4$ . Кислота зумовлює руйнування бетону внаслідок її взаємодії з кристалогідратами цементного каменю і утворення гіпсу та еtringіту, які збільшуючись в об'ємі до 2,5 раза спричиняють появу внутрішніх напружень, вищих за міцність бетону [4–6].

• *Група анаеробних сульфатредуквальних бактерій.* Джерелом сірки для утворення сірководню є сульфат, що входить до складу мінералів або надходить із середовища, де міститься бетон.

• *Бактерії, з'явившись в одному місці, швидко збільшують ареал заселення.* Сірководень, як найбільш агресивний до металу, утворює з останнім сульфід. Сірководень є небезпечний тим, що впливає на каркас залізобетонних споруд, окислюється на повітрі і стає субстратом для утворення корозійно-агресивної сірчаної кислоти [8–9].

• *Силікатні бактерії* – аеробні мікроорганізми з широким спектром агресивних екзометаболітів, найбільш стійкі, довгоживучі, у вигляді спор добре переживають всі негаразди навколишнього природного середовища.

• *Анаеробні азотфіксувальні бактерії* значно знижують міцність бетону. Вони утворюють масляну кислоту, яка також є агресивною. У цьому разі зменшується міцність зчеплення складових частин каменю внаслідок утворення олеату кальцію, і відбувається розкладання вапна та гідратних новоутворень під впливом іонів водню.

• *Уролітичні бактерії* також становлять загрозу для бетону. Вони діють, в основному, на сечовину (що міститься в стічних водах), гідролізують її, виділяючи аміак і вугільну кислоту. Аміак може взаємодіяти за наявності вапна цементу із сульфатами води й утворювати легкорозчинну сіль  $CaSO_4 \cdot (NH_4)_2 \cdot SO_4 \cdot 3H_2O$  [7, 11].

Слід зауважити, що домінуючі групи мікроорганізмів змінюються залежно від типу та марки бетону, різних систем розміщення та умов зберігання матеріалу. Так, на освітленій сухій ділянці об'єкта переважають фотосинтезуючі ціанобактерії та *Rubrobacter* sp., а на вологій затемненій – кислотоутворювальні бактерії. Кількісно бактеріальне різноманіття представлено так: *Acidithiobacillus* > *Leptospirillum* > *Halothiobacillus* > *Thiomonas* > *Pseudomonas* > *Delgtia*, а основним розповсюдженим біоагентом є сульфатредуквальні бактерії [7].

Пошкодження будівельних матеріалів бетонних споруд часто зумовлено метаболізмом неспецифічних бактерій, які не використовують безпосередньо сполуки самого матеріалу. Але для кожного матеріалу існують найтипівіші групи мікроорганізмів з утворенням характерних для нього дефектів.

Мікологічну корозію, на відміну від бактеріальної, зумовлено особливістю життєдіяльності грибів, а саме наявністю ферментативного апарату, що виробляє

ферменти. Грибам властиво наявність усіх груп відомих нині ферментів, тому вони руйнують майже всі органічні матеріали, що трапляються на їх шляху. Швидкість корозії зростає відповідно до накопичення води, забруднень, чисельності і активності мікроорганізмів.

Видове різноманіття грибів, їх висока пристосованість до умов середовища призводить до того, що обсяг матеріалів, ушкоджених грибами, значно перевищує обсяг руйнувань, стимульованих бактеріями.

Якщо для розвитку перелічених вище бактерій необхідними є спеціальні умови, то для розвитку грибів достатньо незначного забруднення і тимчасового підвищення вологості [11–13].

Гриби розвиваються в доволі широкому температурному інтервалі – від 0 до +45°C, а гриби-термофіли за вищих температур. Деякі гриби-психрофіли можуть розвиватися і за нижчих температур. Негативний вплив на розвиток грибів зумовлює сильний рух повітря, оскільки перешкоджає фіксації спор на поверхні матеріалу та пошкоджує міцелій. Також на розвиток грибів негативно впливає значна зміна рН середовища.

Повітряне середовище, що містить CO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, етиловий спирт C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH та інші речовини, стимулює розвиток деяких видів грибів. Оскільки вода становить основну частину клітинного тіла гриба, саме вона є основним чинником, що посилює їх розвиток. Пил, що осідає на поверхні конструкції, містить спори грибів і органічні сполуки, необхідні для харчування грибиці [7, 11, 14].

На поверхні бетонних будівельних конструкцій переважають представники родів *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*, *Cephalosporium*, *Paecilomyces*, *Cladosporium* [15].

Важливим чинником, що впливає на розвиток специфічних мікроорганізмів, може бути використання у технологічному процесі або у процесі експлуатації різноманітних хімічних, органічних та мінеральних домішок, що потрапляють у склад або на поверхню матеріалів.

Упродовж багатьох років ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України» проводились дослідження впливу бактерій роду *Pseudomonas* на поверхню бетонних матеріалів. Розроблену біомінеральну суміш наносили на бетонну поверхню, забруднену нафтою. Очищення бетонних поверхонь здійснювали у такий спосіб: на плоскі бетонні пластини, забруднені нафтою, наносили шар попередньо підготовленої біомінеральної композиції завтовшки 0,5–0,8 см. Потім підготовлені зразки бетону переносили у термостат при температурі 37±1°C і вологості 98–100% на 21 добу. Після закінчення експозиції бетонні пластини промивали струменем води для видалення залишків біомінеральної композиції. Якість очищення оцінювали візуально (рисунок).

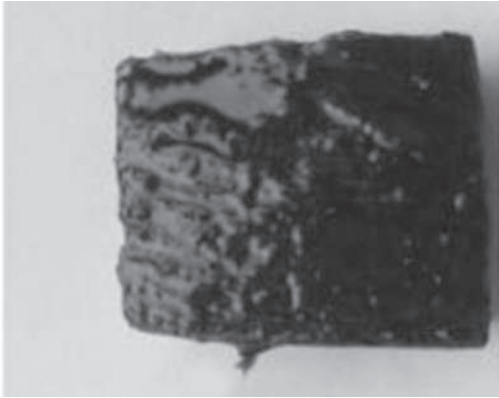
Встановлено, що наявність нафтопродуктів у поживному середовищі підвищує швидкість біокорозії в 3,5 раза внаслідок активізації життєдіяльності мікроорганізмів в умовах забруднення нафтопродуктами [16].

Видовий склад мікробіоценозу на поверхні зруйнованого бетону змінюється залежно від сукупності абіотичних чинників.

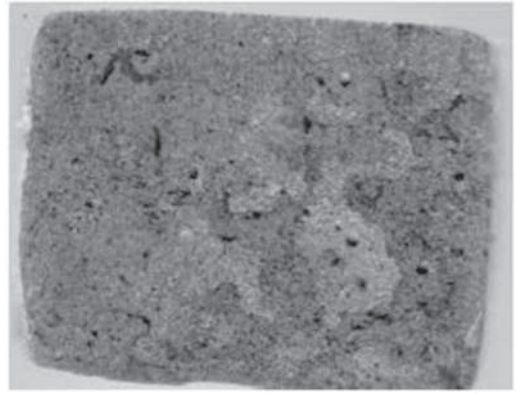
Наявність у середовищі міцеліальних грибів визначається рівнем антропогенного навантаження тієї чи іншої території. На бетоні, захищеному карбонатами кальцію, добре розвиваються водорості, але споживання його автотрофами призводить до швидкого руйнування карбонатного бар'єра і відшарування верхньої частини поверхні, що відкриває шлях для заселення глибинних шарів іншими живими організмами. Отже, залежно від дії антропогенних абіотичних чинників, визначальною ланкою в процесі біопшкодження бетонних поверхонь буде той організм, для якого екологічні параметри середовища існування є оптимальними [17, 18].

Для забезпечення придатності промислових об'єктів у межах експлуатації розробляють захисні заходи, оскільки запобігти біодеструкції ефективніше, ніж боротися з нею.





а)



б)

Бетонна пластина: а) забруднена нафтопродуктами; б) після обробки біомінеральною сумішшю

За типом нанесення на матеріал захисні засоби бувають двох видів: захисні покриття, які перешкоджають утворенню біоплівки, та біоцидні домішки. У першому варіанті зменшується адгезивність бактерій з поверхнею матеріалу, що особливо ефективно в умовах високої вологості. З превентивною метою можливо використання композицій амінофосфатів, які також утворюють тонку захисну плівку для посилення антимікробних, гідрофобних властивостей матеріалу, знижуючи тертя контактної поверхні. Так, за використання біоцидів застосовують хімічні сполуки з полівінілу або інших синтетичних полімерів, які у вигляді мікрокапсул додають у фарби та захисні покриття. Також можливо формування трьохшарових капсул у вигляді сполук ароматичного ряду з полізоціаном, желатином та масел аміноформальдегідних груп [19–21].

Нині широко використовуються нанотехнології. Моношар складають наночастинки типу  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$  та  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Останні, на рівні молекулярних зв'язків, входять до складу органічної частини фарб, утворюючи єдиний галогенний шар. Для антимікробного захисту використовують наночастинки срібла у вигляді солей  $\text{AgNO}_3$ ,  $\text{AgClO}_3$ ,  $\text{Ag}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{COOAg}$ , які змішують з розчинами ізопропанолу, етанолу або етиленгліколю, водою та по-

лімерним стабілізатором типу поліетилен, поліетилметакрилат, поліакриламід. Існує думка, що наночастинки срібла є каталізатором, який формує перекисні сполуки кисню, а також катіони срібла ( $\text{Ag}^+$ ); взаємодіючи з біохімічно активними групами  $-\text{COOH}$ ,  $-\text{OH}$ , у клітинах мікроорганізмів пошкоджують мембрани та дезорганізують функції клітин [22–24].

Звичайно, всі захисні покриття бетону досліджують на стійкість як до сірчаної кислоти, яку утворюють тіанобактерії, так і до органічних кислот, продуцентами яких є мікроміцети. Істотним чинником, який провокує корозію бетонів, є не лише «сірчана атака», але й усі процеси, які знижують величину рН. Цінність покриття бетону на основі епоксидних смол визначається стійкістю до зниження рН. Наприклад, додавання цеоліту до складу бетону негативно впливає на ріст бактерії роду *Acidithiobacillus thiooxidans* та на утворення нею біогенних сульфатів.

Модифікація властивостей бетону із застосуванням хімічних і мінеральних добавок – доволі поширений напрям багатьох досліджень [25–28]. Введення хімічних добавок (суперпластифікаторів, гідрофобізаторів, кольматувальних) спрямовано на зниження проникності бетону, що за вимогами стандартів є одним із основних способів зменшення агресивності дії се-



редовища стосовно бетону. Застосування активних (доменного шлаку) і пуцоланових мінеральних добавок (мікрокремнезему, золи-виносу, метакаоліну) надає змогу отримати стійкіші щодо сірчаної кислоти гідратні новоутворення [28–31].

За результатами багаторічних лабораторних та натурних випробувань [29] встановлено, що в значно агресивних середовищах добавки не забезпечують необхідною мірою потрібну довговічність бетону без застосування вторинного захисту.

Розробка заходів зі збільшення стійкості бетонних конструкцій потребує надалі комплексного підходу з урахуванням не лише умов навколишнього природного середовища, а й особливостей функціонування різних мікроорганізмів та продуктів, що утворюються в процесі їх життєдіяльності.

Агресивний вплив агентів біопшкодження спонукає вчених розробляти ефективні методи щодо захисту будівельних конструкцій від їх дії. Ідеальним способом боротьби з біопшкодженнями є усунення мікроорганізмів, що спричиняють або підсилюють відповідні процеси корозії. На сьогоднішні способи захисту від біопшкодження поділяють на три основні групи: фізичні, хімічні, біологічні [32].

1. *Фізичні методи*: використання ультрафіолетового, іонізуючого випромінювання, ультразвуку, лазерних променів тощо.

2. *Біологічні методи*: використання мікроорганізмів, що пригнічують дію шкідливих агентів.

3. *Хімічні методи*: використання біоцидів – штучно синтезованих хімічних речовин.

Для запобігання посиленню дії біологічних агентів у тілі бетону або в будівельному розчині поверхню споруд покривають біоцидними речовинами, що утворюють захисну плівку, просочують біоцидними розчинами або вводять модифікатори біоцидної дії в бетонну суміш, змішуючи з водою. На сьогодні відомо кілька тисяч видів біоцидів. Хімічний метод є одним із найефективніших і найпоширеніших способів захисту від біопшкодження різних

матеріалів. За характером своєї дії токсиканти можна розділити на такі групи:

1. Біоциди, що знищують мікробних збудників біопшкодження.

2. Біостатики, які гальмують зростання мікроорганізмів.

3. Репеленти з «відлякувальним» ефектом щодо біодеструкторів.

Зважаючи на те, що мікробіота, яка уражує матеріали, є доволі різноманітною і часто містить токсиканти з різних груп, найраціональніше застосовувати біоцидні сполуки широкого спектра дії.

Найперспективнішим і екологічно безпечним підходом для розв'язання проблеми біопшкодження є використання препаратів, до складу яких входять бактерії-інгібітори біодеструкторів [32–33].

Нині пропонується низка добавок до бетону та високоміцних бетонів, але більшість із них мають високу собівартість і не застосовуються у промисловості. Бактерицидні добавки для бетону повинні мати тривалий термін зберігання своїх властивостей, тобто не інактивуватися іншими речовинами та продуктами гідратації бетону. Поряд із тим добавки не повинні здійснювати корозійного впливу на бетонну арматурну сталь і погіршувати фізико-механічні властивості бетону.

Встановлено, що біоцидна добавка для бетону на основі жовтого залізо-окисного пігменту (1,5–2,0 мас. %), надцотової кислоти (0,2–0,3), рідкого скла (2–3) та купрум сульфату (0,5–1,0 мас. %) покращує міцність бетону, термостійкість та зменшує проникну здатність [33]. Концентрація 1–2%-ї добавки зберігає міцність зразків бетону в агресивному середовищі на 98–99%.

При додаванні у бетон добавок від 0,5 до 2% глибина проникнення хлоридів знижується з 8,9 до 3,2 мм відповідно, а використання методу ТПД-МС для прогнозування спрямованості та інтенсивності впливу деяких біоцидних добавок на фізико-хімічні параметри бетону підтвердило ефективність застосування розробленої добавки. Добавка проявляє бактерицидні властивості відносно мікробіоти – чисель-

ність грибів зменшується на 98%, що дає підстави для використання її у тваринницьких приміщеннях [33].

Одним із вагомих чинників руйнування мінеральних матеріалів, як-от штукатурки, бетону, природного каменю, цегли, є їх гідрофільність. Замерзання води у порах матеріалу спричиняє його руйнування, а заселення пор грибами і водоростями призводить до біокорозії. Для розв'язання цієї проблеми існує спосіб гідрофобізації. Гідрофобізатори проникають вглиб матеріалу, «вистилають» поверхню його капілярів і у такий спосіб захищають їх від змочування, а гігроскопічний матеріал набуває водовідштовхувальних властивостей. Середовище під гідрофобізованою поверхнею зберігає здатність «дихати», оскільки капіляри тільки трохи звужуються. Мінеральні матеріали після обробки гідрофобізаторами висихають, легшають, збільшують міцність і морозостійкість, у них підвищується теплоізоляційна здатність. До того ж це один із способів боротьби з висолюваннями, тому що солі, які містяться в камені або цеглі, залишаються аморфними і не протікають назовні. Сучасні гідрофобізатори — це матеріали на основі кремній-органічних сполук, як-от: Асолін-ВС, Аквастоп-А, Тіпром ОФ, Тіпром К.

Підвищення надійності і корозійної стійкості будівельних конструкцій в агресивних середовищах може бути досягнуто створенням корозійно стійких будівельних матеріалів нового покоління з використанням сучасних технологій і нових видів арматурних сталей високої надійності, що дасть змогу забезпечити економію металу на 20–40%. Створення якісних і довговічних конструкцій охоплює кілька важливих наукових напрямів:

- дослідження стійкості арматури залізобетону, зчеплення сталі і бетону на нових в'язучих. Розробка заходів із за-

безпечення довговічності залізобетонних конструкцій за одночасного впливу агресивного середовища і навантаження;

- розробка бетонних і залізобетонних конструкцій високої довговічності, корозійної- і стійкості до біологічної корозії, що виготовляються за економічними технологіями з використанням підходів промисловості і сільського господарства. Крім того, необхідно приділяти увагу вивченню процесів внутрішньої корозії бетону на тлі використання місцевих сировинних матеріалів із підвищеним умістом шкідливих домішок;

- розробка і впровадження методів контролю параметрів якості і довговічності будівельної продукції на заводах, що їх виготовляють.

## ВИСНОВКИ

Наведені дані засвідчують реальну шкоду та загрозу об'єктам народного господарства від мікробіологічної корозії. Актуальним є використання новітніх технологій для забезпечення якісних характеристик промислових матеріалів упродовж тривалого терміну експлуатації. Наночастинки з наномікробними гідрофобними властивостями запобігають поляризації поверхні матеріалу, знижують тертя, що особливо важливо для контактуючих поверхонь, та посилюють видалення забруднення з них. Економічні переваги стійкого довговічного бетону лежать в основі раціонального використання ресурсів.

Для визначення та розробки оптимальних засобів захисту бетонних конструкцій від біокорозії необхідно використовувати комплексний підхід на основі врахування природних процесів у середовищі мікроорганізмів в умовах сучасного техногенного навантаження.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Микроскопические грибы во внешней среде города / О.Е. Марфенина, А.Б. Кулько, А.Е. Иванова, М.В. Соконов // Микология и фитопатология. — 2002. — Т. 36, Вып. 4. — С. 22–32.
2. Videla H.A. Microbiologically influenced corrosion: looking to the future / H.A. Videla, L.K. Herrera // International Microbiol. — 2005. — Vol. 8(3). — P. 169–180.

3. *Pilyashenko-Novokhatny A.I.* Microbial metabolites as indicators of corrosion activity of soils / A.I. Pilyashenko-Novokhatny, A.M. Rozhanskaya, I.A. Kozlova // Мікробіологічний журнал. — 1997. — Т. 59, № 5. — С. 62–66.
4. Влияние техногенных факторов на микробное сообщество почв / Л.М. Пуриш, А.М. Рожанская, А.И. Пиляшенко-Новохатный, И.А. Козлова // Мікробіологічний журнал. — 1996. — Т. 58, № 3. — С. 17–24.
5. Методическое руководство для микробиологических исследований. Бактериальная коррозия бетона и биовыщелачивание отходов в горнодобывающей промышленности / Т.Н. Абашина, М.Б. Вайнштейн, С.А. Хаустов. — Пуццино, 2015. — 30 с.
6. *Beech I.B.* Microbe-surface interactions in biofouling and biocorrosion processes / I.B. Beech, J.A. Sunner, K. Hiraoka // International Microbiol. — 2005. — Vol. 8(3). — P. 157–168.
7. *Gibbon D.L.* Detection and identification of microbially influenced corrosion (MIC) in steels / D.L. Gibbon, M. Zamanzadeh // Corrosion: NACE International (New Orleans, 16–20 March 2008). — New Orleans, Louisiana, 2008. — P. 14.
8. *Herrera L.K.* Surface analysis and materials characterization for the study of biodeterioration and weathering effects on cultural property / L.K. Herrera, H.A. Videla // Int. Biodeterior. Biodegrad. — 2009. — Vol. 63. — P. 813–822.
9. Effect of ethylene-diaminetetraacetic disodium dihydrate and sodium nitrite admixtures on steel-rebar corrosion in concrete / J.O. Okeniyi, O.M. Omoniyi, S.O. Okpala et al. // European Journal of Environmental and Civil Engineering. — 2013. — Vol. 17(5). — P. 398–416.
10. *Василенко М.И.* Влияние экологических факторов среды на состояние поверхностей городских зданий / М.И. Василенко // Инновационные пути решения актуальных проблем базовых отраслей, экологии, энерго- и ресурсосбережения: Сб. статей XXI Междунар. научно-практ. конф. «Казантип: ЭКО». — Щолкино, 2013. — С. 337–339.
11. Коррозия строительных материалов: монография / В.Н. Вернигорова, Е.В. Королев, А.И. Еремкин, Ю.А. Соколова. — М., 2007. — 176 с.
12. Исследование химической стойкости цементных бетонов с учетом сульфатной коррозии / В.П. Селяев, Л.М. Ошкина, П.В. Селяев, Е.В. Сорокин // Региональная архитектура и строительство. — 2012. — № 1. — С. 4–11.
13. Aniline effect on concrete steel rebar degradation in saline and sulfate media / O.A. Omotosho, C.A. Loto, O.O. Ajayi, J.O. Okeniyi // Agricultural Engineering International: CIGR Journal. — 2011. — Vol. 13(2). — P. 1–17.
14. *Rakanta E.* Corrosion protection of steel with DMEA-based organic inhibitor / E. Rakanta, T. Zafeiropoulou, G. Batis // Construction and Building Materials. — 2013. — Vol. 44. — P. 507–513.
15. Обзор методов исследования грибов, повреждающих памятники архитектуры и искусства / Д.Ю. Власов, М.С. Зеленская, А.А. Горбушина, Е.В. Богомолова // Актуальные проблемы микробиологии: Сб. трудов БиНИИ СПбГУ. 2001. — № 47. — С. 88–100.
16. Разработка биоминеральной композиции для очистки твердых поверхностей от нефтепродуктов [Электронный ресурс] / В.В. Шкапенко, В.М. Кадощников, Е.Г. Мусич // Режим доступа: <http://5bio5.blogspot.com/2018/02/book.html>
17. *Berdoulay M.* Genetic characterization of microbial communities living at the surface of building stones / M. Berdoulay, J.C. Salvado // Lett. Appl. Microbiol. — 2009. — Vol. 49. — P. 311–316.
18. *Василенко М.И.* Микробиологические особенности процесса повреждения бетонных поверхностей / М.И. Василенко, Е.Н. Гончарова // Фундаментальные исследования. — 2013. — № 4(4). — С. 886–891.
19. *Shi X.* Recent progress in the research on microbially influenced corrosion; a bird's eye view through the engineering lens / X. Shi, N. Xie, J. Gong // Recent Patents on Corrosion Science. — 2011. — Vol. 1. — P. 118–131.
20. *Vainshtein M.* Bioleaching of metals as eco-friendly technology / M. Vainshtein; G. Cao, R. Orru (Eds.) // Current Environmental Issues and Challenges. — Springer, 2014. — P. 197–206.
21. Resistance of mineral admixture concrete to acid attack / S. Goyal, M. Kumar, D. S. Sidhu, B. Bhattacharjee // Journal of Advanced Concrete Technology. — 2009. — Vol. 7(2). — P. 273–283.
22. Biogenic sulfuric acid attack on different types of commercially produced concrete sewer pipes / M.G.D. Gutierrez-Padilla, A. Bielefeldt, S. Ovtchinnikov et al. // Cement and Concrete Research. — 2010. — Vol. 40. — P. 293–301.
23. Toward an accelerated biodegradation test to understand the behavior of Portland and calcium aluminate cementitious materials in sewer networks / J. Herisson, E.D. van Huilebusch, M. Moletta-Denat et al. // International Biodeterioration & Biodegradation. — 2013. — Vol. 84. — P. 236–243.
24. Microbial diversity and community structure on corroding concretes / H. Li, D. Liu, B. Lian et al. // Geomicrobiology Journal. — 2012. — Vol. 29(5). — P. 450–458.
25. *Wu L.* The Sustainability of Concrete in Sewer Tunnel – A Narrative Review of Acid Corrosion in the City of Edmonton, Canada / L. Wu, C. Hu, W. Liu // Sustainability. — 2018. — Vol. 10(2). — P. 517.
26. *Штарк И.* Долговечность бетона / И. Штарк, Б. Вихт; под ред. П. Кривенко. — К.: Оранта, 2004. — 301 с.
27. Sulphuric acid resistant ecofriendly concrete from geopolymerisation of blast furnaceslag / N.P. Rajamane, M.C. Nataraja, N. Lakshmanan et al. // Indian Journal of Engineering & Materials Sciences. — 2012. — Vol. 19. — P. 357–367.
28. Effect of mineral admixtures on resistance to sulfuric acid solution of mortars with quaternary binders / Z. Makhlofua, M. Bederinaa, M. Bouhichaa, E. Kadrib // Eighth International Conference on Material Sciences. Physics Procedia. — 2014. — Vol. 55. — P. 329–335.

29. Розенталь Н.К. Коррозия и защита бетонных и железобетонных конструкций сооружений очистки сточных вод / Н.К. Розенталь // Бетон и железобетон. — 2011. — № 2. — С. 78–85.
30. Effect of supplementary cementing materials on concrete resistance against sulfuric acid attack / A.A. Ramezani-pour, A. Zolfagharnasab, F.B. Zadeh, S.H. Estahbanati // High Tech Concrete: Where Technology and Engineering Meet: Proceedings of the 2017 fib Symposium. — 2017. — P. 2290–2298.
31. Videla H.A. Manual of Biocorrosion / H.A. Videla. — Lewis Publishers CRC Press. USA, 1996. — 273 p.
32. Пономаренко А.В. Биологическое повреждение бетона и железобетона в процессе эксплуатации объектов / А.В. Пономаренко, К.В. Шенцова // Студенческий форум. — 2017. — Вып. 4(4). — С. 84–86.
33. Improvement of functional performance of concrete in livestock buildings through the use of complex admixtures / O. Shkromada, A. Paliy, O. Nechyporenko et al. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. — 2019. — Vol. 1(7(97)). — P. 41–49.

## REFERENCES

1. Marfenina, O.E., Kulko, A.B., Ivanova, A.E., Sogonov, M.V. (2002). Mikroskopicheskie griby vo vneshnei srede goroda [Microscopic mushrooms in the external environment of the city]. *Mikologiya i fitopatologiya – Mycology and phytopathology*, 36(4), 22–32 [in Russian].
2. Videla, H.A., Herrera, L.K. (2005). Microbiologically influenced corrosion: looking to the future. *Int Microbiol*, 8(3), 169–180 [in English].
3. Pilyashenko-Novokhatny, A.I., Rozhanskaya, A.M., Kozlova, I.A. (1997). Microbial metabolites as indicators of corrosion activity of soils. *Mikrobiologichnyi zhurnal – Microbiological journal*, 59(5), 62–66 [in English].
4. Purish, L.M., Rozhanskaya, A.M., Pilyashenko-Novokhatny, A.I., Kozlova, I.A. (1996). Vliyaniye tkhnogennykh faktorov na mikrobnnoye soobshchestvo gruntov [Influence of technogenic factors on the microbial soil community]. *Mikrobiologichnyi zhurnal – Microbiological journal*, 58(3), 17–24 [in Russian].
5. Abashina, T.N., Weinstein, M.B., Khaustov, S.A. (2015). Metodicheskoye rukovodstvo dlya mikrobiologicheskikh issledovaniy. Bakterialnaya korroziya betona i biovyshchelachivaniye otkhodov v gomorudnoy promyshlennosti [A methodological guide for microbiological research. Bacterial corrosion of concrete and bioleaching of waste in the mining industry]. Pushchino [in Russian].
6. Beech, I.B., Sunner, J.A., Hiraoka, K. (2005). Microbe-surface interactions in biofouling and biocorrosion processes. *Int. Microbiol*, 8(3), 157–168 [in English].
7. Gibbon, D.L., Zamanzadeh, M. (2008). Detection and identification of microbially influenced corrosion (MIC) in steels. *Corrosion: NACE International*. 16–20 March 2008. (p.14). New Orleans, Louisiana [in English].
8. Herrera, L.K., Videla, H.A. (2009). Surface analysis and materials characterization for the study of biodeterioration and weathering effects on cultural property. *Int. Biodeterior. Biodegrad*, 63, 813–822 [in English].
9. Okeniyi, J.O., Omoniyi, O.M., Okpala, S.O., Loto, C.A., Popoola, A.P. (2013). Effect of ethylene-diaminetetraacetic disodium dihydrate and sodium nitrite admixtures on steel-rebar corrosion in concrete. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 17(5), 398–416 [in English].
10. Vasilenko, M.I. (2013). Vliyaniye ekologicheskikh faktorov sredy na sostoyaniye poverkhnosti gorodskikh zdaniy [Influence of environmental environmental factors on the state of the surface of urban buildings]. Innovative ways to solve pressing problems of basic industries, ecology, energy and resource conservation '13: XXI Mezhdunar. nauchno-prakt. konf.: Sat. Articles – XXI Int. scientific and practical. conf. (pp. 337–339). Shcholkino [in Russian].
11. Vernigorova, V.N., Korolev, E.V., Eremkin, A.I., Sokolova, Yu.A. (2007). Korroziya stroitelnykh materialov: monografiya [Corrosion of building materials: monograph]. Moskva [in Russian].
12. Selyaev, V.P., Oshkina, L.M., Soryaev, P.V., Sorokin, E.V. (2012). Issledovaniye khimicheskoy stoykosti tsementnykh betonov s uchedom sulfatnoy korrozii [Study of the chemical resistance of cement concrete, taking into account sulfate corrosion]. *Regionalnaya arkhitektura i stroitelstvo – Regional architecture and construction*. 1, 4–11 [in Russian].
13. Omotosho, O.A., Loto, C.A., Ajayi, O.O., Okeniyi, J.O. (2011). Aniline effect on concrete steel rebar degradation in saline and sulfate media. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 13(2), 1–17 [in English].
14. Rakanta, E., Zafeiropoulou, T., Batis, G. (2013). Corrosion protection of steel with DMEA-based organic inhibitor. *Construction and Building Materials*. 44, 507–513 [in English].
15. Vlasov, D.Yu., Zelenskaya, M.S., Gorbushina, A.A., Bogomolova, E.V. (2001). Obzor metodov issledovaniya gribov, povrezhdayushchikh pamyatniki arkhitektury i iskusstva [A review of research methods for fungi damaging monuments of architecture and art]. *Aktualnyye problemy mikologii: Sb. trudov BiNII SPbGU – Actual problems of mycology: Sat. Proceedings of the Scientific Research Institute of St. Petersburg State University*, 47, 88–100 [in Russian].
16. Shkapenko, V., Kadoshnikov, V.M., Musich, E.G., Kuraeva, I.V., Voityuk, Yu.Yu., Krasyuk, O.P. (2018). Razrabotka biomineralnoy kompozitsii dlya oчитki tverdykh poverkhnostey ot nefteproduktov [De-

- velopment of a biomineral composition for cleaning solid surfaces from petroleum products]. *5bio5.blogspot.com*. Retrieved from <http://5bio5.blogspot.com/2018/02/book.html> [in Russian].
17. Berdoulay, M., Salvado, J.C. (2009). Genetic characterization of microbial communities living at the surface of building stones. *Lett Appl Microbiol*, *49*, 311–316 [in English].
  18. Vasilenko, M.I., Goncharova, E.N. (2013). Mikrobiologicheskiye osobennosti protsessy povrezhdeniya betonnykh poverkhnostey [Microbiological features of the damage to concrete surfaces]. *Fundamentalnyye issledovaniya – Fundamental research*, *4(4)*, 886–891 [in Russian].
  19. Shi, X., Xie, N., Gong, J. (2011). Recent progress in the research on microbially influenced corrosion; a bird's eye view through the engineering lens. *Recent Patents on Corrosion Science*, *1*, 118–131 [in English].
  20. Vainshtein, M. (2014). *Bioleaching of metals as eco-friendly technology*. In: *Current Environmental Issues and Challenges*. G.Cao, R. Orru (Eds.). Springer [in English].
  21. Goyal, S., Kumar, M., Sidhu, D.S., Bhattacharjee, B. (2009). Resistance of Mineral Admixture Concrete to Acid Attack. *Journal of Advanced Concrete Technology*, *7(2)*, 273–283 [in English].
  22. Gutierrez-Padilla, M.G.D., Bielefeldt, A., Ovtchinikov, S., Hernandez, M., Silverstein, J. (2010). Biogenic sulfuric acid attack on different types of commercially produced concrete sewer pipes. *Cement and Concrete Research*, *40*, 293–301 [in English].
  23. Herisson, J., Van Huilebusch, E.D., Moletta-Denat, M., Taquet, P. (2013). Chaussadent T. Toward an accelerated biodegradation test to understand the behavior of Portland and calcium aluminate cementitious materials in sewer networks. *International Biodeterioration & Biodegradation*, *84*, 236–243 [in English].
  24. Li, H., Liu, D., Lian, B., Sheng, Y., Dong, H. (2012). Microbial diversity and community structure on corroding concretes. *Geomicrobiology Journal*, *29(5)*, 450–458 [in English].
  25. Wu, L., Hu, C., Liu, W. (2018). The Sustainability of Concrete in Sewer Tunnel-A Narrative Review of Acid Corrosion in the City of Edmonton, Canada. *Sustainability*, *10(2)*, 517 [in English].
  26. Shtark, I., Vikht, B. (2004). *Dolgovechnost betona [Concrete durability]*. Kiev: Oranta [in Russian].
  27. Rajamane, N.P., Nataraja, M.C., Lakshmanan, N., Dattatreya, J.K., Sabitha, D. (2012). Sulphuric acid resistant ecofriendly concrete from geopolymerisation of blast furnaceslag. *Indian Journal of Engineering & Materials Sciences*, *19*, 357–367 [in English].
  28. Makhlof, Z., Bederina, M., Bouhichaa, M., Kadrib, E. (2014). Effect of mineral admixtures on resistance to sulfuric acid solution of mortars with quaternary binders. *Eighth International Conference on Material Sciences. Physics Procedia*, *55*, 329–335 [in English].
  29. Rosenthal, N.K. (2011). Korroziya i zashchita betonnykh i zhelezobetonnykh konstruktivnykh sooruzheniy oshchistki stochnykh vod [Corrosion and protection of concrete and reinforced concrete structures of wastewater treatment plants]. *Beton i zhelezobeton – Concrete and reinforced concrete*, *2*, 78–85 [in Russian].
  30. Ramezaniapour, A.A., Zolfagharnasab, A., Zadeh, F.B., Estahbanati, S.H. (2017). Effect of supplementary cementing materials on concrete resistance against sulfuric acid attack. *High Tech Concrete: Where Technology and Engineering Meet – Proceedings of the 2017 fib Symposium* (pp. 2290–2298). N.p. [in English].
  31. Videla, H.A. (1996). *Manual of Biocorrosion*. Lewis Publishers CRC Press. USA [in English].
  32. Ponomarenko, A.V., Shentsova, K.V. (2017). Biologicheskoye povrezhdeniye betona i zhelezobetona v protsesse ekspluatatsii ob'ektov [Biological damage to concrete and reinforced concrete during the operation of facilities]. *Studencheskiy forum – Student Forum*, *4(4)*, 84–86 [in Russian].
  33. Shkromada, O., Paliy, A., Nechyporenko, O., Naumenko, O., Nechyporenko, V., Burlaka, O., Reshetnichenko, A., Tsereniuk, O., Shvets, O., Paliy A. (2019). Improvement of functional performance of concrete in livestock buildings through the use of complex admixtures. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, *1(7(97))*, 41–49 [in English].

Стаття надійшла до редакції журналу 05.10.2019



## ПРОФЕСОР СВІТЛАНА ВАСИЛІВНА ПИДА: СТОРІНКИ НАУКОВО-ПЕДАГОГІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ (ДО 60-РІЧЧЯ ВІД ДНЯ НАРОДЖЕННЯ)

«Безліч людей шукають свій життєвий шлях, та небагатьом вдається не лише знайти його, а й зберегти відданість обраній справі», — повною мірою ця філософська думка стосується непересічної і талановитої особистості, педагога, науковця і організатора — Світлани Василівни Пиди.

Народилася С.В. Пиди у с. Ішків Козівського р-ну Тернопільської обл. у сім'ї вчителів.

Світлана Василівна у 1977 р. вступила до Тернопільського державного педагогічного інституту ім. Я. Галана на природничий факультет, який закінчила у 1982 р. з присвоєнням кваліфікації учителя хімії і біології та отримала диплом з відзнакою.

З липня 1982 р. трудову діяльність Світлана Василівна розпочала на кафедрі ботаніки, а пізніше ботаніки та зоології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка, пройшовши шлях від лаборанта до професора і завідувачки кафедри.

Перші наукові дослідження Світлани Василівни були обумовлені вивченням особливостей азотного живлення бобових культур як складової частини росту, розвитку і фотосинтетичної продуктивності рослин.

У 1989 р. С.В. Пиди вступає до аспірантури при Національному ботанічному саду ім. М.М. Гришка НАН України.

26 травня 1994 р. підсумком наукових досліджень С.В. Пиди став успішний захист кандидатської дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.12 — фізіологія рослин у спеціалізованій вченій раді Інституту фізіології рослин і генетики НАН України.



Після захисту кандидатської дисертації в січні 1995 р. Світлану Василівну переводять на посаду старшого викладача, а в 1996 р. — доцента кафедри ботаніки. У 1997 р. С.В. Пиди було присвоєно вчене звання доцента кафедри ботаніки.

Сфера наукових інтересів С.В. Пиди охоплює широке коло проблем фізіології, біохімії та екології рослин, мікробіології, сільського господарства. У 2007 р. вона успішно захистила докторську дисертацію у спеціалізованій вченій раді Уманського державного аграрного університету.

За вагомі досягнення на науковій і педагогічній ниві рішенням Атестаційної колегії Міністерства освіти і науки України С.В. Пиди присвоєно вчене звання професора кафедри ботаніки.

Професор С.В. Пиди уперше отримала низку нових наукових даних щодо форму-



вання та функціонування симбіотичних систем «бульбочкові бактерії — бобова рослина» в аспекті алелопатії. Комплексні дослідження фізіологічних і алелопатичних властивостей макропартнерів надали змогу теоретично узагальнити й по-новому розв'язати наукову проблему, що проявляється в посиленні активності процесу симбіотичної фіксації атмосферного азоту завдяки селекціонованим штамам бульбочкових бактерій та їх природних рас у зернобобових культур, зокрема люпину білого і жовтого.

Світлана Василівна Пида — автор і співавтор 342 наукових праць, у т.ч. чотирьох монографій, семи патентів на корисну модель, 100 статей у фахових виданнях, 13 навчальних посібників, серед яких з грифом МОН України — 2, семи — методичних рекомендацій, одного бібліографічного покажчика, двох електронних версій курсів дисциплін.

Вчена підготувала двох кандидатів наук за спеціальністю 03.00.12 — фізіологія рослин, викладає лекції для бакалаврів біології та хімії з «Фізіології рослин», «Мікробіології з основами вірусології», для магістрів — «Методів наукових досліджень», «Живлення і продуктивності рослин», «Механізмів продуктивності рослин», успішно здійснює керівництво курсовими, магістерськими роботами студентів, науковою роботою трьох аспірантів.

Професор С.В. Пида є членом спеціалізованих вчених рад Д 74.844.02, К 74.844.02 — в Уманському національному університеті садівництва, Д 26.004.15 — у Національ-

ному університеті біоресурсів і природокористування України.

З 2012 р. Світлана Василівна очолює Тернопільське відділення Українського товариства фізіологів рослин, а з 2017 р. — відділення Товариства мікробіологів України ім. С.М. Виноградського, є членом Тернопільського відділення товариства генетиків і селекціонерів ім. М.І. Вавилова, Тернопільського відділення Українського ботанічного товариства, вченої ради та науково-методичної ради хіміко-біологічного факультету ТНПУ.

Світлану Василівну Пиду нагороджено грамотою Міністерства освіти і науки України, знаком «Відмінник освіти України», подяками Міністерства освіти і науки України та почесною грамотою НАН України.

Професор С.В. Пида користується заслуженим авторитетом і повагою у науковому світі та у колі однодумців своєї практичної діяльності, сповнена новаторських ідей та сподівань на майбутнє.

Сердечно вітаємо ювілярку та висловлюємо побажання міцного здоров'я, творчого довголіття, оптимізму, наснаги до нових звершень і дій, духовного збагачення на многії-многії літа.

*І.П. Григорюк, доктор біологічних наук, професор, член-кореспондент НАН України,*

*М.М. Лісовий, доктор сільськогосподарських наук, професор.*

*Редколегія і редакція «Агроекологічного журналу»*

# АННОТАЦИИ

**Фурдычко О.И., Дребот О.И., Кучма Т.Л., Ильенко Т.В.** Оценка экосистемных услуг лесов по данным дистанционного зондирования Земли/Агроэкологический журнал. — 2019. — № 4. — С. 6–16.

*Институт агроэкологии и природопользования НААН*

*e-mail: agroecology\_naan@ukr.net*

Обоснована актуальность оценки экосистемных услуг как одного из приоритетных направлений политики ЕС по сохранению биоразнообразия и рационального природопользования. Обобщен опыт применения данных дистанционного зондирования Земли для прямой и косвенной оценки структуры экосистем и биофизических процессов, влияющих на способность экосистемы обеспечивать соответствующие услуги. Составлен перечень индикаторов экосистемных функций, которые могут быть определены по данным аэроспутниковой съемки. Осуществлено оценивание экосистемных услуг лесных экосистем на основе данных дистанционного зондирования Земли на примере тестовой территории исследования — природного заповедника «Древлянский». В частности, приведены результаты оценки экосистемных услуг депонирования углерода, сохранения биоразнообразия и регуляции климата (охлаждение) лесными насаждениями природного заповедника «Древлянский». Подтверждено, что данные аэроспутниковой съемки позволяют увеличить точность и объективность оценки и картирования экосистемных услуг; должны применяться как инструменты внедрения экологической политики и устойчивого природопользования.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** экосистемные услуги, дистанционное зондирование Земли, Sentinel-2, Landsat-8, лесные экосистемы, природный заповедник «Древлянский».

**Собко В.И., Малженская М.В., Палийчук О.Н.** Преимущества использования ГИС с открытым кодом для картирования почв // Агроэкологический журнал. — 2019. — № 4. — С. 17–21.

*Черновицкий филиал ГУ «Институт охраны почв Украины»*

*e-mail: malzenska@gmail.com*

Проанализированы возможности, состояние развития, востребованность и распространение использования геоинформационных систем (ГИС) со свободной лицензией в мире и Украине в частности. Оценены возможности использования свободных ГИС для картирования почв и отдельных агропромышленных групп почв. Описаны отдельные уникальные факты использования геоинформационных систем со свободной общественной

лицензией GNU GPL в мире для масштабных проектов в науке и бизнесе. Рассмотрены достижения ученых в создании карт почв и возможности для их обновления с помощью программного обеспечения со свободным кодом.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** геоинформационные системы со свободным программным кодом, ГИС, свободное программное обеспечение, карта почв, карты агропромышленных групп почв, QGIS, ArcGis, дистанционное зондирование.

**Бондар Ю.А.<sup>1</sup>, Дмитренко А.В.<sup>2</sup>, Ковальова С.П.<sup>3</sup>, Ткаченко-Канарская С.П.<sup>2</sup>** Значение шляпочных грибов в миграции <sup>137</sup>Cs на территории Черниговской области // Агроэкологический журнал. — 2019. — № 4. — С. 22–28.

<sup>1</sup> *Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины*

<sup>2</sup> *Государственное учреждение «Институт охраны почв Украины»*

<sup>3</sup> *Житомирский филиал ГУ «Институт охраны почв Украины»*

*e-mail: a995000128@gmail.com*

Большое значение в перераспределении и фиксации радионуклидов в окружающей среде имеют лесные экосистемы. Освещено, что в последние десятилетия в результате аварии на Чернобыльской АЭС оценка уровня радионуклидов в съедобных и несъедобных грибах представляет особый интерес, поскольку некоторые из них оказались гиперкумуляторами загрязняющих веществ. Исследовано содержание <sup>137</sup>Cs в почве, подстилке и грибах лесных экосистем Черниговской обл. В 2018 г. удельная активность почв исследовательского полигона была невысокой — в пределах 62–400 Бк/кг. Самый высокий уровень радиационного фона зафиксирован в месте отбора несъедобного гриба свинушки тонкой — 0,16 мкЗв/ч, а самый низкий — в точке отбора съедобной зеленушки — 0,08 мкЗв/ч. Удельная активность <sup>137</sup>Cs в лесной подстилке исследуемой площадки находилась в пределах 62–2366 Бк/кг и на порядок превышала соответствующий показатель образцов почвы. Экспериментальные исследования показали, что шляпочные грибы оказались наиболее радиоактивно загрязненным компонентом лесных экосистем. Выявлено превышение допустимого уровня содержания <sup>137</sup>Cs в грибах на один-два порядка по сравнению с почвой, на которой росли плодовые тела, а именно: в подберезовике — в 38 раз, сыроежка съедобной — в 36, бледной поганке и зеленушке — в 33 и опенке осеннем настоящем — в 30 раз. Определена роль шляпочных грибов в повышении миграционной способности радионуклидов. Научные исследования показали значительное

увеличение биологической доступности радионуклидов  $^{137}\text{Cs}$  в лесных экосистемах с помощью грибов-макромицетов и, вероятно, вызвано этим повышением уровня забора радионуклидов населением в районах отбора образцов.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** шляпочные грибы, авария на Чернобыльской АЭС, уровень активности, миграция,  $^{137}\text{Cs}$ .

**Романова С.А., Гульванский И.М., Задорожная С.В., Матвеева В.А.** Баланс гумуса в короткоротационном полевом севообороте // *Агроэкологический журнал*. — 2019. — № 4. — С. 29–32.

*Кировоградский филиал ГУ «Институт охраны почв Украины»*

*e-mail: svet-lana-z11@ukr.net*

Представлены результаты исследований динамики баланса гумуса в пятипольном полевом севообороте (2013–2017 гг.). Доказано, что из четырех культур севооборота бездефицитный баланс гумуса за ротацию обеспечили только пшеница озимая и кукуруза на зерно по всем трем вариантам системы удобрения. Дефицитный баланс гумуса наблюдался при всех вариантах удобрения при выращивании сои и подсолнечника. Наиболее высокие потери гумуса ( $-2,0$  т/га) зафиксированы в варианте без внесения удобрений на паровом поле.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** почва, баланс гумуса, минеральные удобрения, побочная продукция, короткоротационный полевой севооборот.

**Хитрук А.Г., Задорожная С.В., Матвеева В.А., Боярко Ю.В.** Динамика кислотности почв в зоне Степи // *Агроэкологический журнал*. — 2019. — № 4. — С. 32–36.

*Кировоградский филиал ГУ «Институт охраны почв Украины»*

*e-mail: svet-lana-z11@ukr.net*

Исследована динамика реакции почвенного раствора земель сельскохозяйственного назначения Кировоградской обл. в течение пяти туров агрохимического обследования. Выявлено, что доля почв, которые имеют слабокислую реакцию почвенного раствора (рН 5,1–5,5), уменьшилась на 11,0%. Значительно увеличилась доля почв класса близких к нейтральным (рН 5,6–6,0) — с 41,0 в 1995 г. (VI тур) до 55,1% в 2015 г. (X тур). В перераспределении почв с нейтральной реакцией (рН 6,1–7,0) произошли незначительные изменения — с 36,6 в 2000 г. до 31,3% в 2015 г. Для уменьшения доли кислых почв в современных условиях ведения земледелия необходимо проводить мелиоративные мероприятия с использованием местной сырьевой базы.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** кислотность почвы, агрохимическое обследование, химическая мелиорация.

**Черствый С.М.<sup>1</sup>, Шабанова И.И.<sup>2</sup>** Значение соединений Fe в фосфатном режиме торфяных почв болота Замглай // *Агроэкологический журнал*. — 2019. — № 4. — С. 36–41.

<sup>1</sup> *Черниговский национальный технологический университет*

<sup>2</sup> *Черниговский филиал ГУ «Институт охраны почв»*

*e-mail: agrohim@cg.ukrtel.net*

Исследованиями влияния железа на фосфатный режим торфяных почв болота Замглай установлено, что среди фракционного состава фосфатов преобладают органические алюмо- и железофосфаты над минеральными. Количество фосфатов кальция значительно выше на осушенном участке в результате известкования почвы. Среди восстановительно-растворимых преобладают фосфаты окислительного железа, что обусловлено его большей гидративностью. В результате модельного лабораторного опыта по изучению значения соединений железа в фосфатном режиме торфяных почв установлено, что при дополнительном внесении повышенных доз железа и фосфора количество железофосфатов увеличивается с уменьшением свободного железа и фосфора в остатке. При добавлении только фосфора или железа количество железофосфатов в почве практически не меняется.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** торфяные почвы, фосфор, железо-, алюмо-, кальцийфосфаты, образования.

**Нагорнюк О.Н.<sup>1</sup>, Палапа Н.В.<sup>1</sup>, Темченко В.В.<sup>2</sup>, Ткач И.Я.<sup>3</sup>** Значение материально-технического обеспечения технологий органического производства для экобезопасности агроэкологии Украины // *Агроэкологический журнал*. — 2019. — № 4. — С. 42–49.

<sup>1</sup> *Институт агроэкологии и природопользования НААН*

<sup>2</sup> *Управление организации производства продукции растениеводства и технической политики Департамента агропромышленного развития, экологии и природных ресурсов Винницкой обл. госадминистрации*

<sup>3</sup> *Национальный педагогический университет имени М.П. Драгоманова*

*e-mail: onagornuk@ukr.net*

Освещено, что интенсивная химизация привела к деградации гумуса (плодородного) горизонта почвы, чем вызвана гибель полезной биоты и развитие болезнетворной фауны. Антропогенное вмешательство обусловило образование на планете гигантского «пояса» пустынь, который расширяется в направлении полюсов и поглощает растительность, а также делает невозможным полноценное органическое производство. Установлено, что

большая часть суши потеряла биосферу вследствие интенсивной необоснованной добычи природных ресурсов из недр земли, которая обычно сопровождается тотальной вырубкой лесов. Отмечено, что данная деятельность продолжается и сегодня, хотя человечество давно изобрело альтернативные источники энергии, которые в разы менее затратные в сравнении с добывающей промышленностью. Предложена оценка биологического качества продуктов питания не по привлекательному внешнему виду и размеру, а по способности поддерживать здоровье человека, жизнеобеспечение. Отмечено, что в настоящее время в традиционном земледелии не придается надлежащее значение этому важному вопросу.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** агроэкология, экологическая безопасность агросферы, органическое производство, технологии органического производства, материально-техническое обеспечение органического сельского хозяйства.

**Федорчук С.В.<sup>1</sup>, Трембицкая А.И.<sup>1</sup>, Клименко Т.В.<sup>1</sup>, Радко В.Х.<sup>1</sup>, Лесовой Н.Н.<sup>2</sup>** Развитие фитопатогенных грибов *Alternaria solani* и *Phytophthora infestans* при воздействии химических и биологических препаратов // Агроэкологический журнал. — 2019. — № 4. — С. 50–54.

<sup>1</sup> Житомирский национальный агроэкологический университет

<sup>2</sup> Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины  
e-mail: lisova106@ukr.net

Рассмотрены основные особенности развития возбудителей болезней картофеля *Alternaria solani* и *Phytophthora infestans* при использовании химических, биологических препаратов и регуляторов роста растений в лабораторных условиях. В результате применения химических препаратов Консенто 450 SC, к.с., Акробат МЦ в.г., Антракол 70 WP, с.п. в соответствующих концентрациях в лабораторных условиях было зафиксировано их высокое токсичное действие в отношении возбудителей болезней. Во всех вариантах опыта фунгициды обусловили полное приостановление развития гриба. Только в варианте с применением Консенто 450 SC на 14-й день эксперимента диаметр мицелия гриба *Phytophthora infestans* увеличился на 0,5 мм и составил 1,5 мм. Биопрепараты Псевдобактерин-2, в.р., Трихофит, р., Фитоспорин — М, п. также проявили отрицательное воздействие на возбудителей *Alternaria solani* и *Phytophthora infestans*. По эффективности действия относительно *Alternaria solani* оптимальным был Фитоспорин — М, п. — диаметр колонии гриба составил 17,1 мм, а на контроле (без препарата) — 39,9 мм. Влияние Фитоспорина — М, п. на развитие гриба *Phytophthora infestans* также было довольно эффективным. Диаметр колоний в данном варианте достигал 19,3 мм на 14-е сутки экспози-

ции. При изучении взаимодействия регуляторов роста растений и *Alternaria solani* в лабораторных условиях установлено уменьшение интенсивности роста гриба по сравнению с контролем. Более эффективными были Гумисол, р. и Потейтин, в.р. — на 14-е сутки экспозиции диаметр колонии был в пределах 33,4 и 34,6 мм соответственно. Сильное воздействие по подавлению развития гриба *Phytophthora infestans* проявил препарат Гумисол, р., диаметр колонии составил 43,0 мм на 14-й день экспозиции.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** *Alternaria solani*, *Phytophthora infestans*, возбудители, препараты, питательная среда, картофель.

**Гаврилюк Л.В., Косовская Н.А., Парфешук А.И., Мостовьяк И.И.** Влияние экзометаболитов растений разных сортов сои на скорость радиального роста *Fusarium graminearum* // Агроэкологический журнал. — 2019. — № 4. — С. 55–59.

Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: 410agroeko@gmail.com

Приведены результаты влияния экзометаболитов растений сортов сои Созвездие и Кент, а также технологий их выращивания на скорость радиального роста мицелия изолятов гриба *F. graminearum*. Доказано, что наивысшим антифунгальным действием относительно скорости радиального роста колоний гриба *F. graminearum* характеризуются экзометаболиты, выделенные из растений сои сорта Созвездие, выращенных при воздействии препаратов Протегер и Роколта. Выявлено, что самым высоким антифунгальным действием среди экзометаболитов растений сои сорта Кент относительно скорости радиального роста мицелия гриба *F. graminearum* характеризуются экзометаболиты, выращенные по технологии «БТУ-Центр». Установлено, что экзометаболиты растений разных сортов сои и технологии их выращивания существенно влияют на физиолого-биохимические свойства фитопатогенного и микотоксичного гриба *F. graminearum*.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** соя, скорость радиального роста, фитопатогенные микромицеты, биологические технологии, экзометаболиты.

**Романенко А.Л.<sup>1</sup>, Куц И.С.<sup>1</sup>, Агафонова А.В.<sup>1</sup>, Солодушко Н.Н.<sup>2</sup>, Усова Н.Н.<sup>3</sup>** Водообеспеченность и водопотребление пшеницы озимой в засушливых условиях Степи // Агроэкологический журнал. — 2019. — № 4. — С. 59–65.

<sup>1</sup> Запорожский филиал ГУ «Институт охраны почв Украины»

<sup>2</sup> Институт зерновых культур НААН

<sup>3</sup> Институт масличных культур НААН

e-mail: zpgrunt@ukr.net

Приведены результаты многолетних исследований по водообеспеченности и водопотреблению в посевах озимой пшеницы в засушливых условиях Степи на черноземах обыкновенных тяжелосуглинистых. Установлено, что изменения климата существенно повлияли на общие расходы воды в течение вегетации, а также на коэффициент водопотребления. За последнее двадцатипятилетие эти показатели снизились по сравнению с предыдущим циклом. Из-за повышения засушливости ухудшилась влагообеспеченность почвы. Доказано, что лучшие условия по влагообеспеченности и водопотреблению для посева озимой пшеницы сместились в сторону более поздних сроков. Установлены изменения относительно размеров водопотребления растениями озимой пшеницы по периодам вегетации. В течение 21 года по черному пару наивысшую урожайность сорт Альбатрос одесский обеспечил при посеве 25 сентября — 6,08 т/га, а коэффициент водопотребления имел минимальное значение  $-428 \text{ м}^3/\text{т}$ .

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** сроки посева, озимая пшеница, запасы продуктивной влаги в почве, урожайность, коэффициент водопотребления, водопотребление.

**Григоренко Т.В.<sup>1</sup>, Постоенко Д.М.<sup>2</sup>, Шумигай И.В.<sup>2</sup>, Добрянская А.П.<sup>1</sup>, Базаева А.М.<sup>1</sup>** Экологическое состояние рыбных прудов при выращивании популяций Антонинско-Зозуленецкой породы карпа // *Агроэкологический журнал*. — 2019. — № 4. — С. 65–73.

<sup>1</sup> *Институт рыбного хозяйства НААН*

<sup>2</sup> *Институт агроэкологии и природопользования НААН*

*e-mail: dmytroiap@gmail.com*

Приведены результаты исследований по изучению экологических условий при выращивании разновозрастных групп карпа Антонинско-Зозуленецкого массива в условиях рыбхоза «Старая Синява» ПАО «Хмельницькрийбхоз». Установлено, что экологические условия выростных и нагульного прудов рыбхоза «Старая Синява» были удовлетворительными, в частности гидрохимический режим рыбоводческих прудов был пригодным для выращивания рыбы. Состояние природной кормовой базы рыбных прудов по интенсивности развития фитопланктона ( $0,94-4,23 \text{ мг/дм}^3$ ) был низким, а по интенсивности зоопланктона ( $3,22-20,29 \text{ г/м}^3$ ) и зообентоса ( $2,45-7,98 \text{ г/м}^2$ ) достаточен для обеспечения пищевых потребностей молодежи и старших возрастных групп карпа.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** экологические условия, рыбоводческие пруды, гидрохимический режим, естественная кормовая база, фитопланктон, зоопланктон, зообентос, карп, популяция Антонинско-Зозуленецкого типа.

**Пинчук В.А., Бородай В.П.** Эффективность использования азота в промышленном животноводстве Украины // *Агроэкологический журнал*. — 2019. — № 4. — С. 74–84.

*Институт агроэкологии и природопользования НААН*

*e-mail: pinchuk\_vo@ukr.net*

Исследовано современное состояние потоков азота в процессе промышленного производства продукции животноводства на уровне административных областей Украины: поступление азота с кормами, депонирование в молоко, мясе и яйцах, выделение с гноем и эмиссия азота с аммиаком. Установлено, что в 2016 г. больше азота в составе кормов поступило на кормление: КРС — 45%, птицы — 29 и свиней — 26% от общих затрат в отрасли животноводства. В общем, в 2016 г. в составе продукции животноводства депонировалось 45,73 тыс. т N/год, в т.ч.: продукции птицеводства — 22,51, скотоводства — 15,38 и свиноводства — 7,84. Рассчитано, что с пометом птицы в Украине выделилось 43,3 тыс. т N/год, что составляет 41,8% от азота кормов, с навозом КРС — 67,0, или 41,6, с навозом свиней — 27,4 тыс. т/год, или 30,0% соответственно. С учетом распространенных в Украине систем хранения и использования навоза в животноводческих предприятиях различной специализации установлено следующее: наибольшее количество аммиака выделяется на единицу прироста живой массы КРС — 150,1 кг  $\text{NH}_3/\text{т}/\text{год}$ , свиней — 26,0 и производство яиц — 55,8; наименьшее количество: на производство молока КРС — 8,6 и на единицу прироста живой массы птицы — 18,9 кг  $\text{NH}_3/\text{т}/\text{год}$ . В целом, в Украине в животноводческих сельскохозяйственных предприятиях (2016 г.) навоз является источником выбросов 63,1 тыс. т аммиака, или потерь 52,1 тыс. т азота, в т.ч.: от птицеводства — 39,2%, скотоводства — 36,9 и свиноводства — 23,9%. Установлено, что в зависимости от вида сельскохозяйственных животных в промышленном животноводстве лишь 8,6–21,7% азота кормов деponируется в продуктах питания, а остальной азот выделяется из побочной продукцией в окружающую среду. Для сравнения, эффективность использования азота в животноводстве ЕС составляет 21–27%. В последние годы в Украине наблюдается тенденция к интенсивному увеличению численности птицы, которая имеет более высокий показатель усвоения питательных веществ корма, чем КРС или свиньи.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** промышленное животноводство, потоки азота, эффективность использования азота, продукция животноводства, навоз, аммиак.

**Симочко Л.Ю.<sup>1,3</sup>, Марийчук Р.Т.<sup>2</sup>, Демянюк Е.С.<sup>3</sup>, Симочко В.В.<sup>1</sup>** Антибиотики в агроэкосистемах: микробиом и резистом почвы // *Агроэкологический журнал*. — 2019. — № 4. — С. 85–92.



<sup>1</sup> Ужгородский национальный университет

<sup>2</sup> Прешовский университет, Словакия

<sup>3</sup> Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: lyudmilassem@gmail.com

Известно, что загрязнение агроэкосистем антибиотиками является актуальной проблемой современности. Влияние загрязнения антибиотиками на окружающую среду, здоровье человека и животных изучено мало. Антибиотики играют ключевую роль в борьбе с инфекционными заболеваниями у людей, животных и аквакультуре во всем мире. Поступление все большего числа антибиотиков в воду и почву приводит к потенциальным угрозам для всех микроорганизмов в данных средах. Загрязнение окружающей природной среды антибиотиками является одним из факторов, определяющих формирование бактериальной резистентности. Фторхинолоны — один из наиболее распространенных классов антибиотиков. Энрофлоксацин относится к классу антибиотиков фторхинолонов, который интенсивно используют для лечения бактериальных инфекций в ветеринарии. В окружающей среде энрофлоксацин подвергается деградации при различных условиях, в т.ч. путем фотолиза, биodeградации и окисления минеральными оксидами, но он не является чувствительным к гидролизу. Несмотря на эти механизмы деградации, время полураспада энрофлоксацина в окружающей среде является довольно долгим. Было оценено влияние энрофлоксацина на активность и структуру микробиома почвы. В модельных экосистемах с различной концентрацией энрофлоксацина культивировали: *Lactuca sativa var. crispata*, *Anethum graveolens*, *Thymus serpyllum*, *Mentha piperita*, *Calendula officinalis*. Наиболее активно энрофлоксацин из почвы поглощали следующие сельскохозяйственные растения: *Lactuca sativa var. crispata* и *Calendula officinalis*. Почва с высокой концентрацией антибиотика характеризовалась низким содержанием микроорганизмов, фиксирующих азот, и значительным количеством олиготрофной и спорообразующей микробиоты. Загрязнение антибиотиками также является важным фактором формирования резистоста почвы — совокупности почвенных микроорганизмов с высоким уровнем устойчивости к антибиотикам. Из почвы модельных агроэкосистем было выделено 37 устойчивых к антибиотикам бактериальных изолятов. Установлено, что все изоляты устойчивы к антибактериальным препаратам, из которых более 64% были резистентными к 12 антибиотикам (практически всех классов). В эксперименте было выделено пять бактерий, устойчивых ко всем тестируемым антибиотикам — анаэробные бактерии: *Clostridium difficile*, *Clostridium perfringens* и аэробные бактерии: *Enterococcus faecalis*, *Yersinia enterocolitica*, *Enterobacter cloacae*. Все они являются устойчивыми к антибиотикам, а также и возбу-

дителями инфекционных болезней, вызывающих угрозу для здоровья человека. Загрязнение почвы антибиотиками вызывает негативные изменения в микробных сообществах и является одним из важных факторов формирования резистоста почвы.

К л ю ч е в ы е с л о в а: почва, микробиом, резистом, антибиотик, загрязнения.

**Шевчик Т.В.<sup>1</sup>, Фицайло Т.В.<sup>2</sup>, Соломаха И.В.<sup>3</sup>**  
Геоботаническая и фитоиндикационная характеристика ценопопуляций *Amorpha fruticosa* L. в условиях серийных ценозов поймы в нижнем бьефе Каневской ГЭС // Агроэкологический журнал. — 2019. — № 4. — С. 93–107.

<sup>1</sup> ННЦ «Институт биологии и медицины» КНУ имени Тараса Шевченко

<sup>2</sup> Институт ботаники им. М.Г. Холодного НАН Украины

<sup>3</sup> Институт агроэкологии и природопользования НААН

e-mail: i\_solo@ukr.net

На основе геоботанических описаний фитоценозов с участием *Amorpha fruticosa* L., являющихся отдельными этапами первичной сукцессии различных высотных уровней поймы, сделанных на территории островов ниже Каневской ГЭС, приведена общая характеристика динамики растительного покрова с участием данного вида. Используя метод фитоиндикации, определены основные характеристики показателей экологических факторов и направления их изменений в процессе ксеро-, мезо- и гидросерии. Выявлено, что *A. fruticosa*, имея широкий фитоценотический диапазон, входит в состав фитоценозов на всех этапах сукцессии трех уровней поймы Среднего Днестра. Закономерными в процессе сукцессии являются следующие качественные и количественные изменения геоботанических характеристик фитоценозов: количество видов и их состав, роль *A. fruticosa* как ценозообразователя, возрастная структура ее ценопопуляций. На основе метода фитоиндикации исследованы различия фитоценозов, выявлен относительно широкий диапазон экотопов, различающихся по факторам влажности и аэрации почвы, благоприятных для роста *A. fruticosa*, а также закономерные тренды изменений большинства экологических факторов в процессе сукцессии.

К л ю ч е в ы е с л о в а: фитоиндикация, экологические факторы, *Amorpha fruticosa* L., ксеро-, мезо-, гидросерии.

**Деревянко С.В.<sup>1</sup>, Решотько Л.Н.<sup>1</sup>, Васильченко А.В.<sup>1</sup>, Дмитрук О.А.<sup>1</sup>, Харчук М.С.<sup>2</sup>**  
Токсичность композиции наночастиц неметаллов в культуре клеток почки эмбриона свиньи // Агроэкологический журнал. — 2019. — № 4. — С. 107–111.

<sup>1</sup> Институт сельскохозяйственной микробиологии и агропромышленного производства НААН



<sup>2</sup> *Институт микробиологии и вирусологии имени Д.К. Заболотного НАН Украины*  
e-mail: biopreparat@i.ua

Установлено, что композиция наночастиц (НЧ) йода и серы содержит треугольные частицы размерами 30–50 нм, округлые и неправильной формы частицы размером 60–70 нм и их агрегаты округлой и неправильной формы размерами 150–200 нм. В композиции НЧ селена и йода выявлены отдельные частицы треугольной формы с длинной стороны около 30 нм и неправильной формы размером 10–60 нм, а также их агрегаты округлой и неправильной формы размером 150–200 нм. Максимально допустимая концентрация композиции НЧ йода и серы для перевиваемой культуры клеток почки эмбриона свиньи составляет 5 мкг/см<sup>3</sup>, композиции НЧ селена и йода — 0,5 мкг/см<sup>3</sup>. Установлено, что обе композиции НЧ неметаллов являются нетоксичными для белых мышей в концентрации 2000 мг/кг.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** наночастицы неметаллов, цитотоксичность, максимально допустимая концентрация, острая токсичность.

**Якимович Е.А.** Вредоносность сорных растений на плантациях эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) // *Агроэкологический журнал*. — 2019. — № 4. — С. 112–118.

*Институт защиты растений, Беларусь*  
e-mail: belizr@tut.by

Установлено, что удаление сорняков на плантациях эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) следует проводить в фазу 1–2 настоящих листьев культуры (40–50 дней после посева), так как засоренность посевов приводит к снижению урожайности травы на 23,2% (второй и третий годы вегетации), корневищ с корнями — на 28,9%.

В результате длительного роста сорняков — до фазы 2–3 и 3–4 листьев — теряется 44,2 и 50,9% урожая травы и 40,3 и 62,9% корневищ с корнями соответственно.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** эхинацея пурпурная, сорные растения, вредоносность, потери урожая.

**Шкапенко В.В.<sup>1</sup>, Мусич Е.Г.<sup>1</sup>, Демянюк Е.С.<sup>2</sup>, Благинина А.А.<sup>2</sup>** Экологические аспекты биокоррозии бетонных конструкций // *Агроэкологический журнал*. — 2019. — № 4. — С. 119–128.

<sup>1</sup> *ГУ «Институт геохимии окружающей среды НАН Украины»*

<sup>2</sup> *Институт агроэкологии и природопользования НААН*

e-mail: shkapenko.viktoriya@gmail.com

Установлено, что мировые потери от биоповреждений являются значительными, больше половины которых составляют именно микробиологические повреждения, что приводит к нарушению структурных и функциональных характеристик материала. Изменение свойств или характеристики материала происходит в результате химических реакций, спровоцированных микроорганизмами при взаимодействии с материалом. Наиболее распространенными и коррозионно-активными микроорганизмами являются три группы бактерий: аэробные, анаэробные, силикатные. Поскольку основные биоповреждения строительных промышленных материалов зависят от корродированного материала и условий его пребывания, актуальной остается разработка как общих, так и специфических адресных подходов защиты от микробиологической коррозии.

**К л ю ч е в ы е с л о в а:** бетон, микроорганизмы, коррозия, средства защиты.

## ABSTRACT

**Furdychko O., Drobot O., Kuchma T., Iliencko T.** Assessment of forest ecosystem services based on Earth remote sensing data // *Agroecological journal*. — 2019. — No. 4. — P. 6–16.

*Institute of Agroecology and Natural Management*  
e-mail: tliiencko@gmail.com

The relevance of ecosystem services assessment as one of EU priorities on biodiversity conservation and environmental management is substantiated. The experience of remote sensing application for direct and indirect assessment of ecosystems structure and biophysical processes that affect the ability of ecosystem to provide appropriate ecosystem services is summarized. A list of indicators of ecosystem func-

tions has been developed, which can be determined according to Earth observation data. The ecosystem services of forests were estimated based on remote sensing data using the example of a test research area of the Drevlyansky Nature Reserve. In particular, the results of the assessment of ecosystem services for carbon sequestration, biodiversity conservation and climate regulation (cooling) by the forests of the Drevlyansky Nature Reserve are presented. It was confirmed that Earth observation data allow increasing the accuracy and objectivity of the ecosystem services assessment and mapping and should be used as a tool for the environmental policy implementation and sustainable nature management.

**Key words:** ecosystem services, remote sensing, Earth observation, Sentinel-2, Landsat-8, forest ecosystems, Drevlyansky Nature Reserve.

**Sobko V., Malzhenska M., Paliychuk O.** The advantages of using open source GIS for soil mapping // *Agroecological journal*. – 2019. – No. 4. – P. 17–21.

*Chernivtsi branch of State Institution «Institute of Soil Protection of Ukraine»*

*e-mail: malzenska@gmail.com*

This article analyzes opportunities, state of development, popularity and prevalence of using free-licensed geoinformation systems in the world and in Ukraine; possibilities of using free GIS for soil mapping and individual agricultural soils of Chernivtsi affiliate of DU «Derzhgruntokhorona» were evaluated. The article examines the popularity of geoinformation systems with a free GNU GPL public license in the world and Ukraine, describes some interesting facts about using this software in the world for large-scale projects in science and business, reviews the achievements of scientists in creating soil maps and opportunities for updating them with the help of free code software. New techniques for soil mapping are currently being developed in Ukraine, based on the use of multispectral space scan data, geoinformation systems etc. The cost of proprietary software is quite high as for the financial capacity of state institutions in Ukraine, so in our view, a good alternative for government agencies is to use non-profit distributed GIS and build predictive soil maps using them. Such maps can be used to create a National Soil Database and integrate it into SOTER, SOVEUR or similar international systems.

**Key words:** free software geoinformation systems, GIS, free software, soil map, maps of agricultural production groups, QGIS, ArcGis, remote sensing.

**Bondar Yu.<sup>1</sup>, Dmytrenko O.<sup>2</sup>, Kovalova S.<sup>3</sup>, Tkachenko-Kanarska S.<sup>2</sup>** Importance of cap mushrooms in <sup>137</sup>Cs migration in Chernihiv region // *Agroecological journal*. – 2019. – No. 4. – P. 22–28.

<sup>1</sup> *National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

<sup>2</sup> *State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine»*

<sup>3</sup> *Zhytomyr branch of State Institution «Institute of Soil Protection of Ukraine»*

*e-mail: a995000128@gmail.com*

Forest ecosystems are of great importance in redistribution and fixation of radionuclides in the environment. Especially in recent decades, as a result of the accident at the Chernobyl nuclear power plant the estimation of radionuclide levels in toxic and edible mushrooms has been of interest because some of them have been proven to be hyperaccumulators of pollutants. This study investigates <sup>137</sup>Cs contents

in soil, duff and mushrooms from forest ecosystems of Chernihiv region. In 2018, the specific activity of the experimental polygon soils was low and ranged from 62 to 400 Bq/kg. The highest level of radiation background was recorded at the place of selection of toxic mushroom *Paxillus involutus* – 0.16 μSv/hour, and the lowest – at the point of selection of *Tricholoma maequestre* – 0.08 μSv/hour. The specific activity of <sup>137</sup>Cs in the forest litter of the experimental polygon was in the range from 627 to 2366 Bq/kg and it was an order of magnitude higher than that for soil samples. Experimental studies have shown that mushrooms were the most radioactive contaminated component of forest ecosystems. Excessive <sup>137</sup>Cs content for acceptable level in mushrooms was found to be an order of magnitude or two orders of magnitude compared with the soil on which the fruit bodies were found, namely 38 times in the *Leccinum scabrum* Bull. ex Fr., 36 times in *Russula vesca* Fr., in the *Amanita phalloides* Secr. and *Tricholoma equestre* Carolus Linnaeus – in 33 times and in *Armillaria mellea* Kumm. – 30 times. The mushrooms role in increasing the migration ability of radionuclides has been determined. Scientific studies have shown a significant increase in the bioavailability of radionuclides <sup>137</sup>Cs in forest ecosystems with the help of fungus-macromycetes and associated probably increase in the incidence of disease in sampling areas.

**Key words:** mushrooms, accident at the Chernobyl nuclear power plant, activity level, migration, <sup>137</sup>Cs.

**Romanova S., Hulvanskyi I., Zadorozhna S., Matvieieva V.** Humus balance in short-term crop rotation // *Agroecological journal*. – 2019. – No. 4. – P. 29–32.

*Kirovohrad branch of State Institution «Institute of Soil Protection of Ukraine»*

*e-mail: svet-lana-z11@ukr.net*

The results of studies of humus dynamics under five-field field rotation (2013–2017) are presented. It was investigated that among four crop rotations, deficient humus balance for rotation was provided only by winter wheat and corn for grain in all three variants of fertilizing system. In the non-fertilizer version, winter wheat accumulated 7.27 t/ha of surface-root residues, which, in the process of humification, provided 1.45 t/ha of humus in the soil. Thus, humus supply exceeded the losses by 0.20 t/ha. In the version with applying only mineral fertilizers (N<sub>90</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>), the excess of the humus yield over losses was 0.32 t/ha, and the additional by-products – 2.04 t/ha. Similar results were obtained for maize on grain. Humus deficiency is observed in all fertilizer variants for soybeans and sunflowers. The highest humus losses (–0.82 t/ha) of soybeans and (–1.06 t/ha) of sunflower are recorded in the version without fertilizer. Humus losses on the steam field variant averaged 2.0 t/ha and, when

applying the sidereal crop (corn in the milky-waxy phase), they decreased to – 0.62 t/ha. Applying of mineral fertilizers contributed to a slight decrease in humus losses in both cultures, whereas when adding by-products, humus losses were at the level of error. In short field crop rotation with the cultivation of winter wheat, corn soybeans for grain, sunflower, and the inclusion of the steam field, a deficient humus balance is achieved only when optimal doses of fertilizers are applied to each crop, combined with by-product yield of each crop.

**Key words:** soil, humus balance, mineral fertilizers, incidental output, short-term crop rotation.

**Khytruk O., Zadorozhna S., Matvieieva V., Boiarko Y.** Dynamics of soil acidity in the Steppe // Agroecological journal. – 2019. – No. 4. – P. 32–36.

*Kirovohrad branch of State Institution «Institute of Soil Protection of Ukraine»*

*e-mail: svet-lana-z11@ukr.net*

The dynamics of the soil solution of agricultural lands in Kirovohrad region during five rounds of agrochemical examination was investigated. It is established that during 35 years the amount of close to neutral and slightly alkaline soils in Kirovohrad region has increased but acidic and neutral ones have decreased. Due to the intensive chemicalization of agricultural production in the 1970s and 1980s, 248,3 thousand hectares of deep and ordinary black soils were transferred to the category of acidic soils. It was found that the proportion of soils that have a weakly acidic reaction of soil solution (pH 5.1–5.5) decreased by 11.0%. Currently, the amount of acid soils has decreased and in 2015 amounted to 105,8 thousand hectares. The proportion of soil close to neutral (pH 5.6–6.0) increased significantly from 41.0 in 1995 (VI round) to 55.1% in 2015 (X round). In the redistribution of soils with neutral reaction (pH 6.1–7.0) there were slight changes from 36.6% in 2000 to 31.3% in 2015. Due to the sharp decline in the number of farm animals, the use of organic fertilizers decreased to a negligible amount of 0.1 t/ha (IX–X round). Mineral fertilizer volumes declined rapidly until 2000 and have gradually increased over the last 17 years. Thus, the application of mineral fertilizers in the region increased from 6.9 kg/ha up to 63.5 kg/ha of active substance. In order to reduce the share of acidic soils on agricultural lands in Kirovohrad region under the current conditions of agriculture it is necessary to: reduce the proportion of physiologically acidic mineral fertilizers; to use local agrochemicals, such as defecate, serpentinite, and calcareous metallurgical slag, for chemical reclamation.

**Key words:** soil acidity, agrochemical examination, chemical improvement.

**Cherstvyi S.<sup>1</sup>, Shabanova I.<sup>2</sup>** Value of iron under phosphatic mode in peat soils of Zamhlai bog // Agroecological journal. – 2019. – No. 4. – P. 36–41.

<sup>1</sup> *Chernihiv National University of Technology*

<sup>2</sup> *Chernihiv branch of State Institution «Institute of Soil Protection of Ukraine»*

*e-mail: agrohim@cg.ukrtel.net*

The importance of iron in phosphatum mode of peat soils swamps Zamhlai. Research influence iron phosphate bog peat soils mode Zamhlai found that among the factious composition is dominated by organic phosphates and aluminium phosphate on the mineral. Amount of calcium phosphates on the dried plot is much more in connection with the liming of soils. Among renewal-soluble phosphates the oxide of iron dominates, which is associated with greater aquated soil. Applying further elevated doses of iron and phosphorus, the number of ferrous phosphate increases with a decrease in free iron and phosphorus in the remainder. Only iron or phosphorus amount of ferrous phosphate in soil almost does not change.

**Key words:** peat soils, phosphorus, ferrous phosphate, aluminium phosphate, calcium phosphate, formation.

**Nagorniuk O.<sup>1</sup>, Palapa N.<sup>1</sup>, Temchenko V.<sup>2</sup>, Tkach I.<sup>3</sup>** Importance of material and technical supply of organic production technologies for ecological safety of agro-sphere of Ukraine // Agroecological journal. – 2019. – No. 4. – P. 42–49.

<sup>1</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

<sup>2</sup> *Department of Agroindustrial Development, Ecology and Natural Resources of Vinnytsia Regional State Administration*

<sup>3</sup> *National Pedagogical Dragomanov University*

*e-mail: onagornuk@ukr.net*

Organic production cannot exist without the biosphere – the living shell of the planet. Intensive chemization has led to degradation of the humus (fertile) horizon of the soil, which causes the loss of useful biota and develops disease-causing fauna. Anthropogenic intervention has created a giant «belt» of deserts on the planet, which expands toward the poles and absorbs vegetation, which makes it impossible for organic production to be complete. Much of the land has lost its biosphere due to the intense thoughtless extraction of natural resources from the bowels of the earth, which is usually accompanied by the total deforestation. This activity continues to this day, despite the fact that mankind has invented alternative energy sources that are cheaper than mining industry. The biological quality of food is judged not by its attractive appearance and size, but by its ability to support human health and livelihoods. Traditional farming, unfortunately, has never given enough attention to such an important issue.

**Key words:** agroecology, organic production, technologies of organic production, material and te-

chnical support of organic farming, ecological safety of agrosphere.

**Fedorchuk S.<sup>1</sup>, Trembitska O.<sup>1</sup>, Klymenko T.<sup>1</sup>, Radko B.<sup>1</sup>, Lisovyy M.<sup>2</sup>** Peculiarities of development of potato diseases *Alternaria solani* and *Phytophthora infestans* when applying various types of plants protection // Agroecological journal. — 2019. — No. 4. — P. 50–54.

<sup>1</sup> *Zhytomyr National Agroecological University*

<sup>2</sup> *National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine*

e-mail: e-mail: [Lisova106@ukr.net](mailto:Lisova106@ukr.net)

The article observes peculiarities of the development of *Alternaria solani* and *Phytophthora infestans* potato pathogens for the use of chemical and biological agents and plant growth regulators (PGR) under laboratory conditions. All fungicides of chemical origin — Consento 450 SC, Acrobat MC, Centurion, Anthracol 70 WP, for efficiency were equivalent and showed high efficacy (100%) in laboratory conditions in terms of limiting the development of pathogens of leaf diseases potatoes. The use of biological preparations reduced the development of pathogens of fungi, indicating their effectiveness. The best effect was shown by Phytosporin — M, n — on the 14th day of the experiment, the development of diseases (diameter of the colony on the nutrient medium) was 71.1 and 19.3 mm, which is higher than control at 22.8 and 27.9 mm, respectively. Among PPPs, the most effective for the development of *Phytophthora infestans* was Gumysol, And in relation to *Alternaria solani* — Gumysol, Rh. And Poteitin.

**Key words:** *Alternaria solani*, *Phytophthora infestans*, pathogens, agents, nutrient medium, potatoes.

**Havryliuk L., Kosovska N., Parfenyuk A., Mostovyak I.** Effect of exometabolites of plants of different varieties on radial growth speed of *Fusarium graminearum* // Agroecological journal. — 2019. — No. 4. — P. 55–59.

*Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

e-mail: [410agroeko@gmail.com](mailto:410agroeko@gmail.com)

A large number of *Fusarium* species are capable of synthesizing mycotoxins, which lead to reduced yields and grain quality, as well as food quality, which adversely affects human and animal health. Representatives of the genus *Fusarium gradually* reduce the expression of genes that encode proteins for the synthesis of starch and sucrose in grain cells. During glycolysis, glucose accumulated in the grain is converted into simple components, which are an energy source for phytopathogens and can contribute to the spread of infection in the plant. Soybean of Suzirya variety — (selection of the National Science Center of the Institute of Agriculture of the National Academy

of Agrarian Sciences of Ukraine) and soybean of Kent variety — (SAATBAULINZ selection in Austria) were grown under organic production in the Central Forest-Steppe of Ukraine (IAP NAAS Squirrel Research Station). The results of the influence of exometabolites of plants of soybean of Suzirya and Kent varieties and the technologies of their cultivation on the rate of radial growth of the mycelium of the isolates of the fungus *F. graminearum* are presented. Exometabolites of plants of different soybean varieties have been found to reduce or increase the rate of radial growth of the mycelium depending on the technology of plant cultivation. It has been investigated that the highest antifungal action on the rate of radial growth of the *F. graminearum* mushroom colonies is characterized by exometabolites isolated from the constellations of soybean constellation grown under the action of: Proteger and Rokolta. It is revealed that the highest antifungal activity among exometabolites of Kent soybean plants with respect to the rate of radial growth of the mycelium of the fungus *F. graminearum* is characterized by exometabolites grown by BTU technology. It is established that the influence of exometabolites of plants of different soybean varieties and technologies of their cultivation significantly influence the physiological and biochemical properties of the phytopathogenic and mycotoxic fungus *F. graminearum*.

**Key words:** soybean, radial growth rate, phytopathogenic micromycetes, biological technologies, exometabolites.

**Romanenko A.<sup>1</sup>, Kushch I.<sup>1</sup>, Agafonova A.<sup>1</sup>, Solodushko N.<sup>2</sup>, Usova N.<sup>3</sup>** Water availability and water consumption of winter wheat in the arid conditions of the Steppe // Agroecological journal. — 2019. — No. 4. — P. 59–65.

<sup>1</sup> *Zaporizhzhya branch of State Institution «Institute of Soil Protection of Ukraine»*

<sup>2</sup> *Institute of Grain Crops of NAAS*

<sup>3</sup> *Institute of Oilseeds of NAAS*

e-mail: [zprgrunt@ukr.net](mailto:zprgrunt@ukr.net)

The results of many years of research on water availability and water consumption in winter wheat crops in arid conditions of the Steppe on ordinary heavy loamy chernozems are presented. It was established that climate change significantly influenced the total water discharge during the growing season, as well as the coefficient of water consumption. Over the past twenty-five years these indicators have decreased compared to the previous cycle. Due to increase in aridity, moisture availability of the soil has worsened. It is proved that the best conditions for water supply and water consumption for sowing winter wheat have shifted towards a later date. Changes are established regarding the size of water consumption by winter wheat plants during vegetation periods. Over the course of 21 years in black steam, Albatross Odessa variety provided the highest



yield during sowing on September 25–6.08 t/ha, and water consumption coefficient had a minimum value of 428 m<sup>3</sup>/t.

**Key words:** sowing dates, winter wheat, reserves of productive moisture in the soil, productivity, water consumption coefficient, water consumption.

**Hryhorenko T.<sup>1</sup>, Postoienko D.<sup>2</sup>, Shumyhai I.<sup>2</sup>, Dobrianska O.<sup>1</sup>, Bazaieva A.<sup>1</sup>** Ecological status of fishery ponds for growing populations of Antoninsko-Zozulinetsky scaly carp // *Agroecological journal*. – 2019. – No. 4. – P. 65–73.

<sup>1</sup> *Institute of Fisheries of NAAS*

<sup>2</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

*e-mail: dmytroiap@gmail.com*

The results of researches on the study of ecological conditions in growing the population of different age groups of carp of Antonino-Zozulenets breed in the conditions of fisheries «Stara Sinyava», Private Joint Stock Company «Khmelnyskrybhos» are presented. Generalization of the chemical composition of water is made. The chemical composition of water is constantly changing: water sources of water supply, precipitation, sewage, water flow from near adjacent territories, groundwater filtration, mixing of water from different depths, uneven heating of the sun by water, evaporation etc. Atmospheric and river waters also affect the quality of pond water, diluting it, as well as the biochemical processes occurring in reservoirs. The development of the natural forage base of fishery ponds, the quantitative development of plant plankton both in the cultivation and in the foraging ponds was characterized by low rates. One of the reasons for the low development of phytoplankton in the studied joints is the overgrowth of their higher aquatic vegetation. It is known that higher aquatic vegetation is the main competitor of phytoplankton in the consumption of biogenic elements, inhibits the development of the latter, due to the allocation of metabolites, and changes the conditions of vegetation of the phytoplankton. It was established that the ecological conditions of the cultivation and feeding of the fish farm «Stara Sinyava» were generally satisfactory. The hydrochemical regime of the fish ponds was satisfactory and suitable for fish farming. The state of the natural fodder base of the fishery ponds was low in intensity of development of phytoplankton (0.96–4.23 mg/dm<sup>3</sup>), and in intensity of development of zooplankton (3.22–20.29 g/m<sup>3</sup>) and zoobenthos (2.45–7.98 g/m<sup>2</sup>) sufficient to meet the nutritional requirements of young and older carp groups.

**Key words:** ecological conditions, fish ponds, hydrochemical regime, natural forage, phytoplankton, zooplankton, zoobenthos, carp, antonin-zozulenets massif.

**Pinchuk V., Boroday V.** Nitrogen use efficiency in industrial livestock of Ukraine // *Agroecological journal*. – 2019. – No. 4. – P. 74–84.

*Institute of Agroecology and Environmental management of NAAS*

*e-mail: pinchuk\_vo@ukr.net*

The current state of nitrogen flows in the process of industrial production of livestock products at the level of the administrative regions of Ukraine has been investigated, namely input of nitrogen with animal feeds, nitrogen deposition in milk, meat and eggs, nitrogen release from manure and nitrogen emission with ammonia. It was found that in 2016, the largest amount of N animal feeds – 45% came on feeding of cattle, 29% on feeding poultry and 26% on feeding pigs from total consumption of nitrogen from animal feeds in livestock. In 2016, 45.73 thousand tonnes of N/year were deposited as a part of livestock production, including poultry products – 22.51 thousand tonnes N/year, cattle breeding – 15.38 and swine breeding – 7.84 thousand tonnes N/year. It is estimated that 43.3 thousand tonnes of N/year has been output from the poultry litter in Ukraine, which is 41.8% of the nitrogen from animal feeds. It is established that 67.0 thousand tonnes of N/year (or 41.6% of nitrogen from animal feeds) was released from cattle manure and 27.4 thousand tonnes of N per year – from pig manure (or 30.0% of nitrogen from animal feeds). Taking into account the widespread in Ukraine systems of storage and use of manure in livestock enterprises of different specialization, it is established that the largest amount of ammonia is allocated per unit live weight gain of cattle – 150.1 kg NH<sub>3</sub>/t/year, per unit live weight gain of pigs – 26.0 kg NH<sub>3</sub>/t/year and for egg production – 55.8 kg NH<sub>3</sub>/t/year, and the least amount of ammonia is allocated from cattle milk production – 8.6 kg NH<sub>3</sub>/t/year and per unit live weight gain of poultry – 18.9 kg NH<sub>3</sub>/t/year. In Ukraine, in animal husbandry enterprises (2016), manure is the source of emissions of 63.1 thousand tons of ammonia or losses of 52.1 thousand tons of nitrogen, including in poultry farming – 39.2%, in animal husbandry – 36.9 and pig production – 23.9%. Depending on the species of farm animals, only 8.6–21.7% of the nitrogen of animal feeds is deposited in foods products, and the rest of the nitrogen is released as by-products into the environment. According to the literature, for comparison, the efficiency of nitrogen use in EU livestock is 21–27%. In recent years, there has been a trend in Ukraine of an intensive increase in the number of poultry, which has a higher rate of nutrient absorption from feeds in comparing with cattle or pigs.

**Key words:** industrial livestock, nitrogen flows, nitrogen use efficiency, livestock products, manure, ammonia.

**Symochko L.<sup>1,3</sup>, Mariychuk R.<sup>2</sup>, Demyanyuk O.<sup>3</sup>, Symochko V.<sup>1</sup>** Antibiotics in agroecosystems: soil

microbiome and resistome // Agroecological journal. — 2019. — No. 4. — P. 85–92.

<sup>1</sup> *Uzhhorod National University*

<sup>2</sup> *University of Presov, Slovakia*

<sup>3</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management*

*e-mail: lyudmilassem@gmail.com*

Contamination of agroecosystems with antibiotics is a serious problem nowadays. Impact of antibiotic contaminants into the environment is unknown, and concerns have been raised about the health of humans, animals, and agroecosystems. Despite increased research focused on antibiotics and antibiotic resistance last years, standard methods and practices for analyzing environmental samples are limited and future research needs are becoming evident. Antibiotics play a key role in the management of infectious diseases for humans, animals, livestock, and aquacultures all over the world. The release of increasing amount of antibiotics into waters and soils creates a potential threat to all microorganisms in these environments. Environmental contamination with antibiotics is one of factors that define the health consequences of antibiotic resistance in bacteria. Fluoroquinolones are one of the most used classes of antibiotics. Enrofloxacin belongs to the class of fluoroquinolone antibiotics that have been intensively used for treatment of bacterial infections in veterinary medicine. In the environment enrofloxacin can undergo degradations by different processes including photolysis, biodegradation and oxidation by mineral oxides but it is not sensitive to hydrolysis. Despite these degradation mechanisms, environmental half life time of enrofloxacin is very long. In this study, the effect of enrofloxacin on the activity and structure of soil microbiome was evaluated. In model ecosystems with different concentrations of enrofloxacin we planted *Lactuca sativa* var. *crispa*, *Anethum graveolens*, *Thymus serpyllum*, *Mentha piperita*, *Calendula officinalis*. The most active enrofloxacin from the soil was absorbed by *Lactuca sativa* var. *crispa*, and *Calendula officinalis*. The soil with a high concentration of antibiotic was characterized by a low content of nitrogen-fixing microorganisms and a high number of oligotrophic and spore-forming microbiota. Contamination with antibiotics is also an important factor in formation of soil resistome — the community of soil microorganisms with high level of antibiotic resistance. Thirty seven antibiotic resistant bacterial isolates were cultured from soil. All isolates were multi-drug resistant, of which greater than 64% were resistant to 12 antibiotics, comprising almost all classes of antibiotic. In experiment we isolated 5 bacteria resistant to all tested antibiotics: anaerobic bacteria: *Clostridium difficile*, *Clostridium perfringens* and aerobic bacteria: *Enterococcus faecalis*, *Yersinia enterocolitica*, *Enterobacter cloacae*. All of them are antibiotic resistant and are the causative agents of food borne infections. The antibiotic contamination of the soil, cause negative changes in microbial commu-

nity, and is one of important factors in the formation of soil resistome.

**Key words:** soil, microbiome, resistome, antibiotic, contamination.

**Shevchyk T.<sup>1</sup>, Fitsailo T.<sup>2</sup>, Solomakha I.<sup>3</sup>** Geobotanic and phytoindication characteristics of *Amorpha fruticosa* L. population in the serious coenosis conditions of the floodplain in the lower level Kaniv hydro power plant // Agroecological journal. — 2019. — No. 4. — P. 93–107.

<sup>1</sup> *NSC «Institute of Biology and Medicine» Taras Shevchenko Nation University*

<sup>2</sup> *M.G. Kholodny Institute of Botany NAS of Ukraine*

<sup>3</sup> *Institute of Agroecology and Environmental management of NAAS*

On the basis of geobotanical descriptions of phytocenoses with *Amorpha fruticosa* L., representing primary succession separate stages of different floodplain altitude levels made on the islands territory below the Kaniv hydro power plant, the general characteristic of the vegetation dynamics with this species participation is presented. Using the method of phytoindication, the main characteristics of ecological factors indicators and their change directions during xero-, meso- and hydroseries are determined. The ecological factors indicators were obtained by the method of syphitoindication: soil moisture (Hd), variability of soil moisture (fH), soil aeration (Ae), general soil salt regime (trophic) (SL), soil acidity (Rc), mineral nitrogen content (Nt) and carbonate content (Ca) in the soil, thermal regime (Tm), continental (Kn), frost (cryo) (Cr), climate humidity (humidity) (Om), luminosity (Lc). To compare ecological amplitude and elucidate the relationship between coenoses, the cluster analysis method and the shifted ratio analysis (DCA) method were used. *A. fruticosa*, characterized by a wide phytocenotic range, is included in phytocenoses at all stages of succession of Middle Dnieper floodplain three levels, representing xero-, meso- and hydroseries. During the succession, the qualitative and quantitative changes of such phytocenoses geobotanical characteristics as the species number and their composition, the *A. fruticosa* role as a coenotic agent, the age structure of its co-populations are natural. Also, based on the phytoindication method, the differences of phytocenoses representing xero-, meso- and hydroseries are monitored, a relatively wide range of ecotopes differing in humidity and soil aeration factors, favorable for the growth of *A. fruticosa* regular trend of most ecological factors during xeroseries and hydroseries towards the indices of mesoseries phytocenoses.

**Key words:** phytoindication, ecological factors, *Amorpha fruticosa* L., xero-, meso-, hydroseries.

**Derevianko S.<sup>1</sup>, Reshotko L.<sup>1</sup>, Vasylychenko A.<sup>1</sup>, Dmytruk O.<sup>1</sup>, Kharchuk M.<sup>2</sup>** Toxicity of composi-



tion of non-metal nanoparticles in pig kidney culture cell // Agroecological journal. – 2019. – No. 4. – P. 107–111.

<sup>1</sup> *Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial production of the NAAS of Ukraine*

<sup>2</sup> *Danylo Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of NAS of Ukraine*

*e-mail: biopreparat@i.ua*

The results of the study have established that the composition of iodine and sulfur nanoparticles (NPs) contains triangular particles with the size from 30 to 50 nm, circular and irregular particles with size of 60–70 nm, as well as circular and irregular aggregates of these particles ranging in size from 150 to 200 nm. Free triangular NPs having length of the side 30 nm, free irregularly shaped NPs with size from 10 to 60 nm as well as circular and irregular aggregates of these NPs sized from 150 to 200 nm have been found in the composition of selenium and iodine NPs. Threshold limit value for embryonic swine kidney cell line was  $5 \mu\text{g}/\text{cm}^3$  for the composition of iodine and sulfur NPs and  $0.5 \mu\text{g}/\text{cm}^3$  for the composition of selenium and iodine NPs. It has been shown that both compositions of nonmetal NPs are not toxic for white mice at the dose of 2000 mg/kg if administered orally. Nonmetal NPs show high cytotoxicity, but they are not toxic during oral administration. Relatively high cytotoxicity implies that nonmetal NPs should have high biological activity not only eukaryotic cell cultures, but also in cultures of microorganisms, while nontoxicity during oral administration implies that they should have high biocompatibility. The results of the study show that nonmetal NPs are perspective for the development of antimicrobial agents and for various applications in agriculture.

**Key words:** nonmetal nanoparticles, cytotoxicity, maximum permissible concentration, acute toxicity.

**Yakimovich O.** Weed damage on plantations of purple echinacea (*Echinacea purpurea* (L.) Moench) // Agroecological journal. – 2019. – No. 4. – P. 112–118.

*Plant Protection Institute, Belarus*

*e-mail: belizr@tut.by*

Removal of weeds on the plantations of *Echinacea purpurea* (L.) Moench should be carried out before the phase of 1–2 real leaves of the crop (40–50 days after sowing), since this leads to a decrease in grass yield by 23.2% (second and the third year of vegetation), the harvest of rhizomes with roots – by 28.9%. Due to the growth of weeds up to a phase of 2–3 leaves, 44.2% of the grass yield and 40.3% of the rhizomes with roots are lost, 3–4 leaves – 50.9 and 62.9%, respectively.

**Key words:** *Echinacea purpurea*, weeds, harmfulness, yield loss.

**Shkapenko V.<sup>1</sup>, Musich O.<sup>1</sup>, Demyanyuk O.<sup>2</sup>, Blaginnina A.** The current state of the problem of biocorrosion of concrete structures // Agroecological journal. – 2019. – No. 4. – P. 119–128.

<sup>1</sup> *State Institution «The Institute of Environmental Geochemistry of NAS of Ukraine»*

<sup>2</sup> *Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS*

*e-mail: shkapenko.viktoriya@gmail.com*

World losses from biodeterioration are quite large, more than half of which are precisely microbiological damages that violate the structural and functional characteristics of the material. Microorganisms that provoke the biocorrosion of industrial materials are diverse and specific with respect to materials, types of corrosion and the conditions of these processes, which complicate the application of preventive measures. Microorganisms are catalysts for destructive reactions, synthesizing metabolism products on the surface of materials. The following groups of microorganisms are important in the biological corrosion of concrete:

- aerobic acid-forming bacteria, thionic bacteria – the main ones in the corrosion of concrete due to sulfate attack;

- sulfate-reducing bacteria continue to corrode under anaerobic conditions by transforming sulfuric and organic compounds to hydrogen sulfide;

- silicate bacteria – aerobic microorganisms, the most persistent, long-lived, in the form of spores well survive all environmental problems. Physical-chemical, traditional microbiological and modern molecular genetic methods are used to analyze the bio-damage of industrial materials. With the help of the latter, it was possible to identify dominant species of biodegraders on the analysis of total DNA, and to evaluate the efficiency of processing, the impact of biocides, in the dynamics to trace the development of microbiological corrosion. In order to ensure the suitability of industrial facilities, protective measures are developed in the form of a protective coating and biocidal impurities. In the first embodiment, the adhesion of bacteria to the surface of the material is reduced, which is especially effective in conditions of high humidity. In the second case, ammonophosphate compositions are used to enhance the antimicrobial, hydrophobic properties of the material, reducing the friction of the contact surface. Nanotechnology is widely used. The development of measures to increase the stability of concrete structures requires a comprehensive approach, taking into account not only environmental conditions, but also the functional features of microorganisms, products of their metabolism.

**Key words:** concrete, microorganisms, corrosion, protection methods.

---

## ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

---

**Агафонова Антоніна Валеріївна**, Запорізька філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Запоріжжя, e-mail: zprgrunt@ukr.net

**Базаєва Антоніна Миколаївна**, Інститут рибного господарства НААН, м. Київ, e-mail: a\_bazaeva@ukr.net

**Благініна Анастасія Андріївна**, кандидат біологічних наук, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: agroecology\_naan@ukr.net

**Бондар Юлія Олегівна**, кандидат біологічних наук, доцент, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, e-mail: a995000128@gmail.com

**Бородай Віталій Петрович**, доктор сільськогосподарських наук, професор, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: boroday\_vp@ukr.net

**Боярко Юлія Вікторівна**, Кіровоградська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Кропивницький, Кіровоградська обл., e-mail: yulia-boyarcko@ukr.net

**Васильченко Анатолій Володимирович**, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, м. Чернігів, e-mail: top.leader.number.1@gmail.com

**Гаврилюк Лілія В'ячеславівна**, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: 410agroeko@gmail.com

**Григоренко Тетяна Володимирівна**, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут рибного господарства НААН, м. Київ, e-mail: grygorenko@ukr.net

**Гульванський Ігор Миколайович**, Кіровоградська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Кропивницький, Кіровоградська обл., e-mail: kirovograd@iogu.gov.ua

**Дем'янюк Олена Сергіївна**, доктор сільськогосподарських наук, професор, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: demolena@ukr.net

**Дерев'яно Станіслав Васильович**, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, м. Чернігів, e-mail: biopreparat@i.u

**Дмитренко Ольга Василівна**, кандидат сільськогосподарських наук, ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, e-mail: ecolab23071964@ukr.net

**Дмитрук Оксана Олександрівна**, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, м. Чернігів, e-mail: oks.dmytruk@gmail.com

**Добрянська Ольга Петрівна**, Інститут рибного господарства НААН, м. Київ, e-mail: olya\_dobryanska@ukr.net

**Дребот Оксана Іванівна**, доктор економічних наук, професор, член-кореспондент НААН, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: drebotoksana@gmail.com

**Задорожна Світлана Володимирівна**, Кіровоградська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Кропивницький, Кіровоградська обл., e-mail: svet-lana-z11@ukr.net

**Ільєнко Тетяна Володимирівна**, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: tilienko@gmail.com

**Клименко Тетяна Вікторівна**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Житомирський національний агроекологічний університет, м. Житомир, e-mail: tatiana-radko@ukr.net

**Ковальова Світлана Петрівна**, кандидат сільськогосподарських наук, Житомирська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Житомир, e-mail: Soils1964@ukr.net

**Косовська Надія Анатоліївна**, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: 410agroeko@gmail.com

**Кучма Тетяна Леонідівна**, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агроекології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: tanyakuchma@gmail.com

**Куц Ірина Станіславівна**, Запорізька філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Запоріжжя, e-mail: zprgrunt@ukr.net

**Лісовий Микола Михайлович**, доктор сільськогосподарських наук, професор, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, e-mail: lisova106@ukr.net

**Малженська Мирослава Василівна**, Чернівецька філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Чернівці, e-mail: malzenska@gmail.com

**Марійчук Руслан Тарасович**, кандидат хімічних наук, доцент, Пряшівський університет, м. Пряшів, Словаччина, e-mail: agroecology\_naan@ukr.net

**Матвєєва Валентина Олександрівна**, Кіровоградська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Кропивницький, Кіровоградська обл., e-mail: kirovograd@iogu.gov.ua

**Мостов'як Іван Іванович**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Уманський національний університет садівництва, м. Умань, Черкаська обл., e-mail: zahist@udau.edu.ua

**Мусич Олена Григорівна**, кандидат біологічних наук ДУ «Інститут геохімії навколишнього

середовища НАН України», м. Київ, e-mail: IGNS\_Musych@nas.gov.ua

**Нагорнюк Оксана Миколаївна**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: onagornuk@ukr.net

**Палапа Надія Василівна**, доктор сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: agroecology\_naana@ukr.net

**Палійчук Ольга Миколаївна**, Чернівецька філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Чернівці, e-mail: olgapaliychuk13@gmail.com

**Парфенюк Алла Іванівна**, доктор біологічних наук, професор, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: verespar@ukr.net

**Пінчук Валерій Олександрович**, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: pinchuk\_vo@ukr.net

**Постоєнко Дмитро Миколайович**, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: dmytroiap@gmail.com

**Радко Віктор Григорович**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, Житомирський національний агро-екологічний університет, м. Житомир, e-mail: svetavanasveta@gmail.com

**Решотко Леонід Миколайович**, кандидат біологічних наук, Інститут сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, м. Чернівці, e-mail: volkova1212@ukr.net

**Романенко Олександр Леонідович**, кандидат сільськогосподарських наук, Запорізька філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Запоріжжя, e-mail: zpgrunt@ukr.net

**Романова Світлана Адольфівна**, кандидат сільськогосподарських наук, ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, e-mail: romanowa@iogo.gov.ua

**Симочко Віталій Вікторович**, кандидат біологічних наук, доцент, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, e-mail: vitaliy.symochko@uzhnu.edu.ua

**Симочко Людмила Юріївна**, кандидат біологічних наук, доцент, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, e-mail: lyudmilassem@gmail.com

**Собко Володимир Іванович**, Чернівецька філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Чернівці, e-mail: chernivtsy\_grunt@ukr.net

**Солодушко Микола Миколайович**, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут зернових культур НААН, м. Дніпро, e-mail: inst\_zerna@ukr.net

**Соломаха Ігор Володимирович**, кандидат біологічних наук, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: i\_solo@ukr.net

**Темченко Василь Васильович**, Управління організації виробництва продукції рослинництва та технічної політики Департаменту агропромислового розвитку, екології та природних ресурсів Він-

ницької облдержадміністрації, м. Вінниця, e-mail: vasylytemchenko@ukr.net

**Ткач Іванна Яремівна**, кандидат філософських наук, доцент, Національний педагогічний університет імені М.П. Драгоманова, м. Київ, e-mail: ivanna-tkach@ukr.net

**Ткаченко-Канарська Світлана Петрівна**, «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, e-mail: dilovod@iogo.gov.ua

**Трембіцька Оксана Івнівна**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент Житомирський національний агро-екологічний університет, м. Житомир, e-mail: ksyusha.trembitskaya@gmail.com

**Усова Надія Миколаївна**, Інститут олійних культур НААН, с. Сонячне, Запорізький р-н, Запорізька обл., e-mail: iocnaas@gmail.com

**Федорчук Світлана Володимирівна**, кандидат сільськогосподарських наук, Житомирський національний агро-екологічний університет, м. Житомир, e-mail: svetavanasveta@gmail.com

**Фіцайло Тетяна Василівна**, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, м. Київ, e-mail: tfitsailo@gmail.com

**Фурдичко Орест Іванович**, доктор сільськогосподарських і економічних наук, академік НААН, професор, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: agroecology\_naana@ukr.net

**Харчук Максим Сергійович**, кандидат біологічних наук, Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України, м. Київ, e-mail: sithmex@ukr.net

**Хитрук Олександр Григорович**, Кіровоградська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Кропивницький, Кіровоградська обл., e-mail: zonalna@ukr.net

**Черствий Степан Михайлович**, кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, доцент, Чернівецький національний технологічний університет, м. Чернівці.

**Шабанова Ірина Ігорівна**, Чернівецька філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України», м. Чернівці, e-mail: agroh@cg.ukrtel.net

**Шевчик Тарас Васильович**, ННЦ «Інститут біології та медицини» КНУ імені Тараса Шевченка, м. Київ, e-mail: tarshev@ukr.net

**Шкапенко Вікторія Вікторівна**, кандидат геологічних наук, ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України», м. Київ, e-mail: shkapenko.viktoriya@gmail.com

**Шумигай Інна Вікторівна**, кандидат сільськогосподарських наук, Інститут агро-екології і природокористування НААН, м. Київ, e-mail: innashum27@gmail.com

**Якимович Олена Анатолівна**, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, РУП «Інститут захисту рослин», Республіка Білорусь, e-mail: belizr@tut.by