# ВІСНИК

Національного університету
водного господарства та
природокористування

**ISSN 2306-5478**
В И П У С К 2(98)


---


https://doi.org/10.31713/vs220220

Заснований
у 1999 р.

Збірник наукових праць
затверджений
Наказом Міністерства освіти і науки
України № 1188
від 04 вересня 2020 р. категорія «Б»
спеціальності – 101, 201


Збірник наукових праць

## Сільськогосподарські науки


Адреса редколегії:
33028, м. Рівне, вул. Соборна, 11,
НУВГП

Телефон: (0362)63-57-31



© Національний університет водного господарства
та природокористування, 2022

У збірнику опубліковані наукові статті з екології, сільськогосподарських меліорацій (сільськогосподарські науки), агроґрунтознавства та агрофізики, раціонального використання природних ресурсів, водних біоресурсів. Призначений для наукових працівників, інженерів, аспірантів та студентів навчальних закладів.

**Головний редактор**: Мошинський В. С.,
д.с.-г.н., професор, ректор.
**Заступник головного редактора**: Савіна Н. Б.,
д.е.н., професор, проректор з наукової роботи та
міжнародних зв'язків.
**Відповідальний секретар**: Вознюк Н. М.,
к.с.-г.н., доцент, професор кафедри екології,
технології захисту навколишнього
середовища та лісового господарства.

**Редакційна колегія:**

**Клименко М. О.,** д.с.-г.н., професор, завідувач кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства (НУВГП, Рівне)
**Прищепа А. М.,** д.с.-г.н., професор, директор навчально-наукового інституту агроекології та землеустрою (НУВГП, Рівне)
**Лико Д. В.,** д.с.-г.н., професор, завідувач кафедри екології, географії та туризму (Рівненський державний гуманітарний університет, Рівне)
**Польовий В. М.,** д.с.-г.н., професор, академік НААН України, професор кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства (НУВГП, Рівне)
**Скрипчук П. М.,** д.е.н., професор, професор кафедри менеджменту (НУВГП, Рівне)
**Гриб Й. В.,** д.б.н., професор, професор кафедри водних біоресурсів (НУВГП, Рівне)
**Клименко О. М.,** д.с.-г.н., професор, професор кафедри туризму та готельно-ресторанної справи (НУВГП, Рівне)
**Бєдункова О. О.,** д.б.н., доцент, професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства (НУВГП, Рівне)
**Гроховська Ю. Р.,** д.с.-г.н., професор, професор кафедри водних біоресурсів (НУВГП, Рівне)
**Лисиця А. В.,** д.б.н., доцент, професор кафедри екології, географії та туризму (Рівненський державний гуманітарний університет, Рівне)
**Мудрак О. В.,** д.с.-г.н., професор, завідувач кафедри екології, природничих та математичних наук (Комунальний вищий навчальний заклад «Вінницька академія неперервної освіти» (м. Вінниця)
**Ковальчук Н. С.,** к.с.-г.н., доцент, доцент кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства (НУВГП, Рівне)
**Ліхо О. А.,** к.с.-г.н., доцент, доцент кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства (НУВГП, Рівне)
**Личук Тарас,** Міністерство сільського господарства Канади, головний науковий співробітник, керівник дослідницької програми точного землеробства, Ph.D (Оттава, Канада)
**Панасюк Даміан,** доктор філософії (Wydział Inżynierii Środowiska), професор факультету біології та екології, Університет кардинала Стефана Вишинського (м. Варшава, Польща)

Матеріали збірника розглянуто і рекомендовано до видання
Вченою радою університету 27 травня 2022 р., протокол № 4.

Адреса редколегії: 33028, м. Рівне, вул. Соборна, 11, НУВГП
© Національний університет водного господарства
та природокористування, 2022

# BULLETIN

**NATIONAL UNIVERSITY OF WATER AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING**

**ISSN 2306-5478**
VOLUME 2(98)

https://doi.org/10.31713/vs220220

Founded
In 1999

The given Collection of Scientific Papers is approved by the Decree of the Ministry of Education and Science of Ukraine # 1188 dated September 4, 2020, category "B" (majors: 101, 201)


Collection of Scientific Papers

## Agricultural Sciences


Scientific Editorial Board Address:
33028 Rivne, vul. Soborna, 11, NUWEE

Tel: (0362)63-57-31



© National University of Water and Environmental Engineering, 2022

The collection contains scientific papers on ecology, agricultural reclamation (agricultural sciences), agricultural soil science and agrophysics, rational use of natural resources and water bioresources. The given Bulletin is designed for scientists, engineers, graduate students and undergraduate students of educational establishments.

**Senior Editor:** Moshynskyi V. S.,
Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Rector.
**Deputy Editor:** Savina N. B., Doctor of Economics, Professor,
Vice-Rector for Research and International Relations.
**Executive Secretary:** Vozniuk N. M.,
Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Professor of Ecology, Technologies of Environmental Protection and Forestry Department.

## Scientific Editorial Board:

**Klymenko M. O.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of Ecology, Technologies of Environmental Protection and Forestry Department (NUWEE, Rivne)
**Pryshchepa A. M.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director of Institute of Agroecology and Land Management (NUWEE, Rivne)
**Lyko D. V.,** Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of Ecology, Geography and Tourism Department (Rivne State Humanitarian University)
**Polovyi V. M.,** Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of NAAS of Ukraine, Professor of Agrochemistry, Soil Science and Agriculture Department (NUWEE, Rivne)
**Skrypchuk P. M.** Doctor of Economics, Professor, Professor of Management Department (NUWEE, Rivne)
**Hryb Y. V.,** Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of Water Bioresources Department (NUWEE, Rivne)
**Klymenko O. M.,** Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of Tourism and Hotel and Restaurant Business Department (NUWEE, Rivne)
**Biedunkova O. O.,** Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of Ecology, Technologies of Environmental Protection and Forestry Department (NUWEE, Rivne)
**Hrokhovska Y. R.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of Water Bioresources Department (NUWEE, Rivne)
**Lysytsia A. V.**, Doctor of Biological Sciences, Professor of Ecology, Geography and Tourism Department (Rivne State Humanitarian University)
**Mudrak O. V.**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology, Natural and Mathematical Sciences (Municipal Higher Educational Institution «Vinnytsia Academy of Continuing Education») (Vinnytsia)
**Kovalchuk N. S.**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Ecology, Technologies of Environmental Protection and Forestry Department (NUWEE, Rivne)
**Likho O. A.,** Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Ecology, Technologies of Environmental Protection and Forestry Department (NUWEE, Rivne)
**Lychuk Taras**, Department of Agriculture of Canada, chief researcher, head of the research program of precision agriculture, Ph.D (Ottawa, Canada)
**Panasiuk Damian**, Doctor of Philosophy, Professor of Biology and Environmental Sciences Faculty, Cardinal Stefan Wyszynski University in Warsaw (Warsaw, Poland)

All papers have been reviewed and accepted for publication by the Academic Council of the University on May 27, 2022, Academic Council Meeting Minutes #4.

Scientific Editorial Board Address: 33028, Rivne, vul. Soborna, 11, NUWEE
© National University of Water and Environmental Engineering, 2022

**УДК 633.111;631.527** https://doi.org/10.31713/vs220221

**Базалій В. В., д.с.-г.н., професор, Домарацький Є. О., д.с.-г.н., професор, Козлова О. П., к.с.-г.н., доцент** (Херсонський державний аграрно-економічний університет), **Базалій Г. Г., к.с.-г.н., старший науковий співробітник** (Інститут зрошуваного землеробства НААН України), **Добровольський А. В., к.с.-г. н., доцент** (Миколаївський національний аграрний університет), **Вознюк Н. М., к.с.-г.н., професор** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

## ГЕНЕТИЧНИЙ КОНТРОЛЬ, МІНЛИВІСТЬ СТІЙКОСТІ ДО БУРОЇ ІРЖІ У ГІБРИДІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ ЗА РІЗНИХ УМОВ ВИРОЩУВАННЯ

**У статі наведено системи, які визначають характер успадкування стійкості рослин до патогенів, нерідко досить складні, а генетичний аналіз вказує не прояв комплементарної модифікаційної і епістатичної взаємодії генів, які контролюють і змінюють ефект основних генів стійкості.**

**Велике значення має еколого-генетичний підхід вивчення причин багатьох суперечливих літературних тлумачень і встановлення своїх поглядів відносно оцінки генетичних джерел олігогенної і особливо полігенної стійкості рослин для конкретних умов зовнішнього середовища.**

**Доведено, що найбільш перспективним напрямом у створені стійких сортів до бурої іржі є синтетичне селекції, тобто збереження генів специфічної і неспецифічної стійкості в одному сорті. Використання джерел стійкості в селекційному процесі повинен передувати аналіз їх генетичного контролю з подальшим формуванням банку генів стійкості. Основою для їх створення є інформація, про генетичну вірулентність патогена, її мінливості та взаємодії з генами стійкості. Кінцевою метою є ізоляція в рекулентний сорт.**

**За стійкістю до бурої іржі цінність представляють комбінації Обрій/Санія, № 9314/Одеська напівкарликова, Херсонська безоста/№ 9471, більшість рослин уражалась незначною мірою – в межах 0–10%.**

**У гібридних популяцій з домінуванням польової стійкості до бурої іржі добір позитивних варіантів в $F_2$ практично неможливий, тому що, нащадками з високою стійкістю значною мірою гетерози-**

**готні і виділення гомозиготних стійких біотипів можливе лише в $F_3$-$F_4$.**

**У схрещуваннях з участю сортів з домінантним контролем стійкістю до бурої іржі в розщеплюючих генераціях спостерігалось виділення біотипів з високою стійкістю, генетичною основою яких була кумулятивна і комплементарна взаємодія відповідних олігогенів з малими генами стійкості, а в деяких гібридів відмічено посилення (послаблення) їх дії генами модифікаторами при зміні умов вирощування (зрошення, без зрошення).**

***Ключові слова:*** **генотип; схрещування; пшениця озима; зрошення; без зрошення; сорт.**

**Постановка проблеми.** Важливим компонентом потенціалу онтогенетичної адаптивності рослин пшениці озимої м'якої є їх стійкість до біотичних факторів. За даними вчених міжнародного центру CIMMYT [1], пшениця уражується збудниками багатьох грибних, бактеріальних, вірусних хвороб. Зустрічаються також фізіолого-генетичні хвороби обумовлені дисбалансом мінерального живлення або іншими абіотичними чинниками.

Кожного року збитки продукції рослинництва в світовому масштабі в результаті ураження агроценозів хворобами досягають 30–40% [2–5]. Недобір урожаю колосових від комплексу хвороб в Україні може становити в середньому 12–18%, а в роки епіфітотій – 25–30% [6]. За даними Л.Т. Бабаянца [7], у степу України хвороби пшениці одним із основних факторів, що дестабілізують виробництво зерна цієї культури. Кожних п'ять років спостерігаються епіфітотії бурої іржі, від якої недобором врожаю зерна сприйнятливих сортів пшениці сягають 30–40%.

Дослідження стійкості вітчизняних і зарубіжних сортів показує, що більшість із них сприйнятливі до збудників більшості хвороб, тільки деякі з них проявляють стійкість до окремих патогенів. Дуже часто стійкі сорти мають недоліки за іншими ознаками і властивостями. Необхідність залучення у гібридизацію великої кількості донорів стійкості ускладнює процес селекції. Тому досить обґрунтованим є створення, насамперед, вихідного селекційного матеріалу – донорів групової стійкості, що має одночасно і інші цінні ознаки і властивості, а потім – сортів для сільськогосподарського використання [8].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Збудник бурої іржі *Puccinia recondita f. sp. tritici* Rob. ex Desm (*P. triticina* Erikss) є одним із найбільш шкодочинних захворювань. Шкідливість полягає у змен-

шенні асиміляційної поверхні листя, порушенні процесів дихання і водного балансу, що спричиняє передчасне відмирання листя і зменшення кількості коренів. Це спричиняє передчасне дозрівання, зниження кількості зернівок, їх недорозвиненість, щуплість, зниження показників якості зерна та насіння і уражені рослини проявляють нижчу посухостійкість [9; 10].

За відомостями вчених [11] частка стійких проти захворювань сортів озимої пшениці у зарубіжних країнах становить 70–90%, тоді як у нашій країні вона сягає лише 20%.

Найбільш перспективним напрямом у створені стійких сортів до бурої іржі є синтетичне селекції, тобто збереження генів специфічної і неспецифічної стійкості в одному сорті. Використання джерел стійкості в селекційному процесі повинен передувати аналіз їх генетичного контролю з подальшим формуванням банку генів стійкості. Основою для їх створення є інформація, про генетичну вірулентність патогена, її мінливості та взаємодії з генами стійкості. Кінцевою метою є ізоляція в рекулентний сорт [12].

На думку вчених СГІ [13] селекція озимої м'якої пшениці за останні десятиріччя в ряді країн світу досягла великих успіхів в першу чергу завдяки широкому використанні генетичного різноманіття виду. З іншого боку м'яка озима пшениця має багато даних і культурних спів родів, які можуть бути використані, як генетичні джерела ряду цінних господарських ознак.

Цей потенціал практичною селекцією використаний незначно. Використання цих можливостей заважає недостатнє вивчення самих джерел та закономірностей мінливості гібридних поколінь від тісних віддалених схрещувань.

Весь спектр особливостей успадкування стійкості рослин до бурої іржі та борошнистої роси, може розділити на моно-олігенний і полігенний. При цьому олігенні стійкість у більшості випадків, контролюється домінантними генами і порівняно слабко змінюється залежно від умов зовнішнього довкілля [2]. Але є інформація [14; 15], про те, що її мінливість залежить від температури і освітлення. У результаті один і той же олігоген може бути домінантними за стійкістю до однієї раси патогена і рецесивним до іншої раси того ж патогена; це напевно, можна пояснити наявністю у олігогенів алельних серій [16], і неоднозначністю в агресивності різних рас патогенів.

Системи, які визначають характер успадкування стійкості рослин до патогенів, нерідко досить складні, а генетичний аналіз вказує

не прояв комплементарної модифікаційної і епістатичної взаємодії генів, які контролюють і змінюють ефект основних генів стійкості [15].

Велике значення має еколого-генетичний підхід вивчення причин багатьох суперечливих літературних тлумачень і встановлення своїх поглядів відносно оцінки генетичних джерел олігогенної і особливо полігенної стійкості рослин для конкретних умов зовнішнього середовища.

**Матеріали та методика досліджень.** У дослідженнях використовували сорти і форми пшениці озимої різного генетичного і екологічного походження. Ряд гібридних комбінацій, що спрямовано використовувались у програмі адаптивної селекції, всебічно вивчались за різних умов вирощування ( зрошення, без зрошення).

Вихідні форми і сорти для прямих і зворотних схрещувань відбирались, таким чином, щоб забезпечити гібридам комплекс прояву цінних біологічних і господарських ознак.

Дослідження проводились у 2015–2021 роках на дослідних полях Херсонського державного аграрно-економічного університету і Асканійській дослідній станції ІЗЗ НАН України.

Генетично-статистичний аналіз проводили відповідно методичних вказівок [16].

Інтенсивність і тип ураження грибковими патогенами (бура іржа, борошниста роса) визначали відповідно загальноприйнятої методики в країнах РЕВ [5].

**Результати досліджень.** Стійкість рослин пшениці озимої до грибкових захворювань пов'язана з генетичним контролем і складною системою їх морфо-фізіологічних особливостей. Крім цього вони можуть не хворіти, якщо фенофази сортів пшениці не збігаються з циклами розвитку патогенів.

У зв'язку з цим заслуговує на увагу можливість одержання нових коадаптивних блоків генів, які контролюють комплексну стійкість рослин до патогенів принаймні в зонах діяльності селекцентру.

У процесі селекційно-генетичних досліджень в умовах зрошення і без зрошення нами вивчено значну кількість гібридних популяцій з різними генетичними системами стійкості до бурої іржі і борошнистої роси. До гібридизації залучалися сорти не лише з домінантною стійкістю, а також з напівдомінантною, що дало можливість створити генетичне середовище для широкого формоутворення.

Результати наших досліджень, показали, що в умовах зрошення польова стійкість до бурої іржі, може успадковуватись як доміна-

нтна, напівдомінантна і рецесивна ознака залежно від генетичного контролю її вихідних батьківських форм ( табл. 1).

Таблиця 1

Успадкування стійкості до бурої іржі у гібридів пшениці озимої

| Комбінації | Ступінь ураження рослин, % | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | ♀ | $F_1$ | ♂ | ♀ | $F_2$ | ♂ |
| 2015–2018 рр. | | | | | | |
| Одеська напів- карликова/Русалка | 50,3 | 5,5 | 2,8 | 49,4 | 4,8 | 2,6 |
| Одеська 267/Русалка | 25,5 | 15,2 | 5,5 | 25,0 | 16,3 | 6,8 |
| Дріада 1/Русалка | 45,5 | 18,4 | 2,5 | 43,7 | 20,1 | 2,5 |
| № 9314/Одеська напівкарликова | 1,0 | 18,4 | 44,1 | 0,1 | 10,9 | 40,4 |
| № 9314/Одеська 267 | 1,0 | 16,4 | 42,1 | 0,1 | 12,9 | 42,4 |
| 2018–2019 рр. | | | | | | |
| №9314/Херсонська остиста | 1,0 | 15,5 | 22,4 | 2,8 | 13,2 | 26,4 |
| №9471/Херсонська остиста | 0,1 | 10,5 | 22,4 | 1,8 | 12,0 | 20,8 |
| Обрій/Санія | 5,0 | 0,1 | 1,0 | 5,5 | 1,4 | 0,1 |
| № 9471/Херсонська б/о | 1,0 | 10,4 | 18,1 | 2,8 | 15,0 | 16,5 |
| Мрія Херсона/Юна | 18,5 | 26,0 | 38,0 | 24,3 | 23,4 | 46,4 |
| Вікторія Одеська/Юна | 10,4 | 18,4 | 25,5 | 13,5 | 10,7 | 35,4 |
| №9314/Херсонська б/о | 1,0 | 13,2 | 22,4 | 2,8 | 13,2 | 28,4 |
| 2020–2021 рр. | | | | | | |
| Херсонська 99/ Русалка | 15,0 | 20,6 | 20,4 | 29,0 | 35,7 | 27,3 |
| Дріада/Nevesinka | 15,5 | 12,8 | 10,0 | 11,6 | 14,5 | 10,2 |
| Nevesinka/Херсонська б/о | 10,0 | 20,8 | 20,4 | 10,2 | 14,7 | 18,3 |
| Херсонська б/о/ № 9471 | 20,4 | 10,8 | 10,0 | 27,3 | 32,0 | 15,0 |
| Знахідка од./Херсонська б/о | 10,4 | 18,4 | 25,5 | 13,5 | 30,0 | 20,4 |
| Зерноградка 6/Херсонська 86 | 10,0 | 12,8 | 15,5 | 10,2 | 14,8 | 11,3 |

При цьому установлено, що у гібридів від схрещування одного і того ж стійкого сорту (№ 9314, 9471, Русалка) з різними не стійкими сортами (Одеська напівкарликова, Одеська 267, Дріада 1) характер ураження хворобою може бути різний. При схрещуванні сортів Русалка, № 9471, № 9314, які володіють високою польовою стійкістю з нестійкими сортами, як правило, домінувала висока стійкість. Це означає, що польова стійкість до бурої іржі проявляє складний характер успадкування, генетичною основою якого являється взаємодія олігогенів стійкості донора з генами іншого компонента схрещування. У результаті такої взаємодії в $F_1$ може проявлятись ефект гетеро-

зису, цей тип успадкування характерний для гібридів Херсонська 99/Русалка, Херсонська безоста/№ 9471, Дріада/Nevesinka, а також у комбінацій схрещування середньостійких сортів з неідентичними генами. Підвищення стійкості у таких гібридів можна пояснити тим, що у компонентів схрещування малі гени адаптивно взаємодіють з основними генами стійкості.

З набору вивчених комбінацій схрещування олігогенна стійкість більшою мірою контролювалася домінантними генами, або блоком домінантних алелей, які ймовірно проявляли тенденцію до спільної локації в хромосомі, функціонуючі за системою одного комплексного гена стійкості (табл. 2).

Таблиця 2

Генетичний контроль стійкості до бурої іржі гібридів пшениці озимої

| Комбінації | Вивчено рослин, шт. | в.т.ч.з ураженням | | Теоретичне співвідношення, R:S | $X^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | | стійких R | нестійких, S | | |
| 2018–2019 рр. | | | | | |
| №9314/ Херсонська остиста | 125 | 74 | 51 | 9:7 | 2,06 |
| №9471/Херсонська остиста | 100 | 90 | 10 | 15:1 | 0,17 |
| Обрій/Санія | 101 | 95 | 5 | 15:1 | 0,66 |
| № 9471/Херсонська б/о | 90 | 41 | 49 | 7:9 | 0,61 |
| Мрія Херсона/Юна | 139 | 51 | 88 | 7:9 | 1,25 |
| Вікторія Одеська/Юна | 140 | 106 | 34 | 3:1 | 0,16 |
| №9314/Херсонська б/о | 147 | 105 | 42 | 3:1 | 1,08 |
| 2020–2021 рр. | | | | | |
| Херсонська 99/ Русалка | 153 | 34 | 119 | 1:3 | 0,62 |
| Дріада/Nevesinka | 100 | 86 | 14 | 13:3 | 1,04 |
| Nevesinka/Херсонська б/о | 140 | 106 | 34 | 3:1 | 0,88 |
| Херсонська б/о/ № 9471 | 147 | 105 | 42 | 3:1 | 1,08 |
| Знахідка од./ Херсонська б/о | 80 | 49 | 31 | 9:7 | 0,80 |
| Зерноградка 6/Херсонська 86 | 113 | 99 | 14 | 3:1 | 1,17 |

Але у деяких гібридних популяцій (Херсонська 99/Русалка) спостерігався рецесивний контроль стійкості, що певно пов'язана з модифікуючими чинниками зовнішнього довкілля, за яких один і той же олігоген може змінювати свою дію за стійкістю патогена.

Включення в гібридизацію нестійкого сорту пшениці озимої Юна в деяких випадках зумовлено домінування ураженості рослин бурою іржею ( 7:a:$x^2$ = 0,61-1,25), що відповідає наявності гіпостатичного епістазу, а зворотні схрещування з даних сортам привели до повного домінування нестійких адаптивних генів (1:25) і гіпостатичних генів без власного фенотипового прояву (3:13).

При зворотніх схрещуваннях позитивний ефект реципрокної різниці спостерігався лише в тому випадку, коли донором високої стійкості була материнська форма. При цьому у деяких комбінацій вищеплялись стійкі гомозиготні біотипи з типом реакцій 0–1. Можна припустити, що гени цих донорів (№ 9314, 9411, Nevesinka, Санія, Обрій) більш ефективні при взаємодії з цитоплазмою материнської форми.

Але на думку академіка Лук'яненка П.П. [2] , метод багаторазових бекросів при селекції на стійкість до бурої іржі неефективний, тому, що навіть при одноразовому зворотньому схрещуванні з поліпсокуючим сортом ознаки стійкості сорту цілком поглинаються і стійкі форми в гібридних популяціях не вищепляються. Цей випадок, з нашої точки зору, можна пояснити полігенним контролем ознаки стійкості і дією генів модифікаторів, яку практичну не вдалося передати зворотними схрещуваннями.

Нарівні з основними генами стійкості до бурої іржі нами виявлено дію генів – модифікаторів, які здатні посилювати або послаблять дію олігогенів за різних умов вирощування (табл. 3).

Таблиця 3

Генетичний контроль до бурої іржі гібридів пшениці озимої за різних умов вирощування (2020–2021 рр.)

| Комбінації | Зрошення | | | Без зрошення | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | вивчених рослин, шт. | R:S | $X^2$ | вивчених рослин, шт. | R:S | $X^2$ |
| Херсонська 99/ Русалка | 153 | 1:3 | 0,62 | 102 | 3:13 | 1,54 |
| Дріада 1/ Nevesinka | 100 | 13:3 | 10,4 | 68 | 9:7 | 1,98 |
| Nevesinka/ Херсонська б/о | 140 | 3:1 | 0,88 | 54 | 3:1 | 0,81 |

продовження табл. 3

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Херсонська б/о/ № 9471 | 147 | 3:1 | 10,8 | 72 | 13:3 | 1,31 |
| Знахідка од./ Херсонська б/о | 80 | 9:7 | 0,80 | 68 | 9:7 | 0,68 |
| Зерноградка 6/ Херсонська 96 | 113 | 3:1 | 1,17 | 84 | 3:1 | 1,16 |
| № 9314/ Од. напівкарликова | 90 | 7:9 | 0,61 | 84 | 9:7 | 0,68 |
| Тракія/Херсонська 86 | 104 | 3:13 | 1,62 | 79 | 7:9 | 1,24 |
| Обрій/Санія | 100 | 15:1 | 0,80 | 119 | 9:7 | 0,35 |

У деяких гібридних популяціях спостерігалась зміна типу ураження, особливо це характерно для комбінацій, які створювались на основі сортів, що несуть дин і той же ген стійкості до бурої іржі.

Залежно від умов вирощування (зрошення, без зрошення) і характеру розщеплення в гібридних популяцій спостерігалась дія генів- модифікаторів, які в деяких випадках посилювали ступінь стійкості в інших їх дія була спрямована в протилежний бік.

Експериментальні дані виявили, що у гібрида Дріада 1/Nevesinka характер розщеплення досить складний, це зумовлено функціональною взаємодією сильних генів сорту Nevesinka слабких – сорту пшениці озимої Дріада 1 (табл. 4).

Таблиця 4

Характер прояву стійкості до бурої іржі у нащадків добору з $F_2$ гібридних популяцій пшениці озимої

| Інтенсивність ураження в $F_2$, % | Вивчено сімей $F_3$, всього | У тому числі | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | гомозиготних | гетерозиготних | | |
| | | | R(S) | R+S | S(R) |
| Дріаді 1 /Nevesinka | | | | | |
| 0-0,1 | 24 | 22 | 1 | 1 | 0 |
| 1-5 | 455 | 176 | 151 | 121 | 7 |
| 10-30 | 216 | 193 | 2 | 4 | 17 |
| ≥30 | 51 | 48 | 0 | 0 | 0 |
| Обрій/Санія | | | | | |
| 0-0,1 | 254 | 119 | 101 | 34 | 0 |
| 1-5 | 94 | 62 | 12 | 18 | 2 |
| 10-30 | 21 | 8 | 6 | 4 | 3 |
| ≥30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| № 9314/Одеська напівкарликова | | | | | |
| 0-0,1 | 40 | 34 | 6 | 0 | 0 |

продовження табл. 4

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 1-5 | 108 | 67 | 21 | 13 | 7 |
| 10-30 | 118 | 54 | 58 | 2 | 4 |
| ≥30 | 38 | 34 | 4 | 0 | 0 |
| Херсонська безоста/№9471 | | | | | |
| 0-0,1 | 56 | 42 | 7 | 3 | 4 |
| 1-5 | 148 | 108 | 22 | 10 | 8 |
| 10-30 | 70 | 46 | 15 | 9 | 0 |
| ≥30 | 20 | 15 | 4 | 0 | 1 |

У цьому сорті розподіл рослин за стійкістю до бурої іржі відповідає мінливості кількісної ознаки. З великою часткою прояву форм з інтенсивністю ураження 1–5%. У $F_3$ найбільш константними за стійкістю були нащадки рослин з інтенсивністю ураження 0–0,1% і більше 30%, що відповідає крайнім групам біотичного розподілу сімей.

За стійкістю до бурої іржі цінність представляють комбінації Обрій /Санія, № 9314/Одеська напівкарликова, Херсонська безоста/№ 9471, більшість рослин уражалась незначною мірою – в межах 0–10%.

**Висновки.** У гібридних популяцій з домінуванням польової стійкості до бурої іржі добір позитивних варіантів в $F_2$ практично неможливий, тому що, нащадками з високою стійкістю значною мірою гетерозиготні і виділення гомозиготних стійких біотипів можливе лише в $F_3$-$F_4$.

У схрещуваннях з участю сортів з домінантним контролем стійкістю до бурої іржі в розщеплюючих генераціях спостерігалось виділення біотипів з високою стійкістю, генетиною основою яких була кумулятивна і комплементарна взаємодія відповідних олігогенів з малими генами стійкості, а в деяких гібридів відмічено посилення (послаблення) їх дії генами модифікаторами при зміні умов вирощування (зрошення, без зрошення).

**1.** Файт В. І., Мартинюк В. Р. Фотоперіодична чутливість та яровізаційна потреба сучасних сортів озимої м'якої пшениці селекції СГІ. *Зб. наук. пр. СГІ*. Одеса, 2002. Вип. 2 (42). С. 30–35. **2.** Стельмах А. Ф., Файт В. И., Мартинюк В. Р. Различие генетических систем контроля фотореакции яровизационой потребности у озимой пшеницы. *Цитология и генетика*. 2001. № 3. Т. 35. С. 3–9. **3.** Стельмах А. Ф., Литвиненко М. А., Файт В. І. Яровізаційна потреба

та фіто чутливість сучасних генотипів озимої м'якої пшениці. *Зб. наук. пр. СГІ*. 2004. Вип. 5 (45). С. 118–127. **4.** Литвиненко М. А. Тривалість вегетаційного періоду в зв'язку з урожайністю й посухостійкістю сортів озимої пшениці на півдні України. *Зб. наук. пр. СГІ*. 2004. Вип. 5(4). С. 91–104. **5.** Файт В. И., Федорова В. О., Нагуляк О. Н. и др. Связь фенотипических и генотипических различий по продолжительности яровизации и фотопериодической чувствительности с морозостойкостью озимой пшеницы. *Зб. науч. тр. Уманського державного аграрного університету*. *Біологічні науки і проблеми рослинництва*. 2003. Умань, 2003. Сп. випуск. С. 359–364. **6.** Лифенко С. Ф. Эффективность использования установок искусственного климата в селекции озимой пшеницы. *Сб. использование искусственного климата в селекц.-генет. исследованиях*. Одесса, 1988. С. 12–21. **7.** Литвиненко Н. А., Козлов В. В. Связь темпов осеннего и весеннего роста и развития растений с продуктивностью и морозостойкостью у озимой пшеницы. *Технология возделывания зерновых культур и проблемы их селекции*. Мироновка, 1990. С. 24–31. **8.** Файт В. И. Создание почти изогенных линий мягкой озимой пшеницы по генам контроля продолжительности яровизации – VRD. *Зб. наук. пр. СГІ*. Одеса, 2002. Вип. 2(42). С. 37–45. **9.** Федоров Л. К. Особенности онтогенеза, определяющие скороспелость и продуктивность зерновых культур. *Вестник семеноводства в СНГ*. 2001. № 4. С. 40–41. **10.** *Hooqendoorn J. Arq. Sci*. 1985. 104. № 3. P. 493–500. **11.** Ригин Б. В., Скурыгина Н. Р. Генетика признаков пшеницы. Физиологические признаки. *Генетика культурных растений. Зерновые культуры*. Л., 1986. С. 103–110. **12.** Носатовский А. И. Пшеница. М., 1965. 567 с. **13.** Разумов В. И. Среда и развитие растений. Л-М., 1961. 368 с. **14.** Удовенко Г. В., Кожушко Н. Н., Виноградова В. В. Физиологические аспекты селекции на засухоустойчивость и зимостойкость. *Селекция и семеноводство*. 1983. № 2. С. 7–10. **15.** Нетіс І. Т. Характер осені і весни та посіви озимої пшениці : монографія. Херсон : Айлант, 2004. 152 с. **16.** Рокицький П. Ф. Введение в статистическую генетику. Минск : Высшая школа. 1978. 448 с.

## REFERENCES:

**1.** Fait V. I., Martyniuk V. R. Fotoperiodychna chutlyvist ta yarovizatsiina potreba suchasnykh sortiv ozymoi m'iakoi pshenytsi selektsii SHI. *Zb. nauk. pr. SHI*. Odesa, 2002. Vyp. 2 (42). S. 30–35. **2.** 2. Stelmah A. F., Fayt V. I., Martinyuk V. R. Razlichie geneticheskih sistem kontrolya fotoreaktsii yarovizatsionoy potrebnosti u ozimoy pshenitsyi. *Tsitologiya i genetika*. 2001. № 3. T. 35. S. 3–9. **3.** Stelmakh A. F., Lytvynenko M. A., Fait V. I. Yarovizatsiina potreba ta fito chutlyvist suchasnykh henotypiv ozymoi miakoi pshenytsi. *Zb. nauk. pr. SHI*. 2004. Vyp. 5 (45). S. 118–127. **4.** Lytvynenko M. A. Tryvalist

vehetatsiinoho periodu v zviazku z urozhainistiu y posukhostiikistiu sortiv ozymoi pshenytsi na pivdni Ukrainy. *Zb. nauk. pr. SHI*. 2004. Vyp. 5(4). S. 91–104. **5.** Fayt V. I., Fedorova V. O., Nagulyak O. N. i dr. Svyaz fenotipicheskih i genotipicheskih razlichiy po prodoljitelnosti yarovizatsii i fotoperiodicheskoy chuvstvitelnosti s morozostoykostyu ozimoy pshenitsyi. *Zb. nauch. tr. Umanskogo derjavnogo agrarnogo universitetu. Biologichni nauki i problemi roslinnitstva*. 2003. Uman, 2003. Sp. vipusk. S. 359–364. **6.** Lifenko S. F. Effektivnost ispolzovaniya ustanovok iskusstvennogo klimata v selektsii ozimoy pshenitsyi. *Sb. ispolzovanie iskusstvennogo klimata v selekts.-genet. issledovaniyah*. Odessa, 1988. S. 12–21. **7.** Litvinenko N. A., Kozlov V. V. Svyaz tempov osennego i vesennego rosta i razvitiya rasteniy s produktivnostyu i morozostoykostyu u ozimoy pshenitsyi. *Tehnologiya vozdelyivaniya zernovyih kultur i problemyi ih selektsii*. Mironovka, 1990. S. 24–31. **8.** Fayt V. I. Sozdanie pochti izogennyih liniy myagkoy ozimoy pshenitsyi po genam kontrolya prodoljitelnosti yarovizatsii – VRD. *Zb. nauk. pr. SGI*. Odesa, 2002. Vip. 2(42). S. 37–45. **9.** Fedorov L. K. Osobennosti ontogeneza, opredelyayuschie skorospelost i produktivnost zernovyih kultur. *Vestnik semenovodstva v SNG*. 2001. № 4. S. 40–41. **10.** *Hooqendoorn J. Arq. Sci*. 1985. 104. № 3. P. 493–500. **11.** Rigin B. V., Skuryigina N. R. Genetika priznakov pshenitsyi. Fiziologicheskie priznaki. *Genetika kulturnyih rasteniy. Zernovyie kulturyi*. L., 1986. S. 103–110. **12.** Nosatovskiy A. I. Pshenitsa. M., 1965. 567 s. **13.** Razumov V. I. Sreda i razvitie rasteniy. L-M., 1961. 368 s. **14.** Udovenko G. V., Kojushko N. N., Vinogradova V. V. Fiziologicheskie aspektyi selektsii na zasuhoustoychivost i zimostoykost. *Selektsiya i semenovodstvo*. 1983. № 2. S. 7–10. **15.** Netis I. T. Kharakter oseni i vesny ta posivy ozymoi pshenytsi : monohrafiia. Kherson : Ailant, 2004. 152 s. **16.** Rokitskiy P. F. Vvedenie v statisticheskuyu genetiku. Minsk : Vyisshaya shkola. 1978. 448 s.

**Bazalii V. V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor,**
**Domaratskyi E. O., Doctor of Agricultural Sciences, Professor,**
**Kozlova O. P., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.)**, **Associate Professor** (Kherson State Agrarian and Economic University),
**Bazalii H. H., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.),**
**Senior Research Fellow** (Institute of Irrigated Agriculture NAAS of Ukraine), **Dobrovolskyi A. V., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.)**, **Associate Professor** (Nikolaev National Agrarian University),
**Vozniuk N. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## GENETIC CONTROL, VARIABILITY OF RESISTANCE TO BROWN RAST IN WINTER WHEAT HYBRIDS UNDER DIFFERENT GROWING CONDITIONS

**The article presents systems that determine the nature of inheritance of plant resistance to pathogens, often quite complex, and genetic analysis indicates no manifestation of complementary modification and epistatic interaction of genes that control and alter the effect of major resistance genes.**

**Of great importance is the ecological-genetic approach to studying the causes of many conflicting literary interpretations and establishing their views on the assessment of genetic sources of oligogenic and especially polygenic resistance of plants to specific environmental conditions.**

**It is proved that the most promising direction in the creation of resistant varieties to brown rust is synthetic selection, ie the preservation of genes of specific and nonspecific resistance in one variety. The use of sources of resistance in the selection process should be preceded by analysis of their genetic control with the subsequent formation of a bank of resistance genes. The basis for their creation is information about the genetic virulence of the pathogen, its variability and interaction with resistance genes. The ultimate goal is isolation in the recultivated variety.**

**In terms of resistance to brown rust, the combinations Obriv/Sania, №9314/Odesa semi-dwarf, Kherson/№ 9471 are valuable, most plants were slightly affected – within 0–10%.**

**In hybrid populations with a predominance of field resistance to brown rust, the selection of positive variants in F2 is almost impossi-**

**ble, because the offspring with high resistance are largely heterozygous and isolation of homozygous resistant biotypes is possible only in F3-F4.**

**In crosses with varieties with dominant control of brown rust resistance in cleavage generations, the isolation of biotypes with high resistance was observed, the genetic basis of which was the cumulative and complementary interaction of relevant oligogens with small resistance genes, and in some hybrids when changing growing conditions (irrigation, without irrigation).**

***Keywords:*** **genotype; crossbreeding; winter wheat; irrigation; without irrigation; variety.**

**УДК 504.53.062.4** https://doi.org/10.31713/vs220222

**Бєдункова О. О., д.б.н., професор, Ціпан Ю. Р., аспірант**
(Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, o.o.biedunkova@nuwm.edu.ua; y.r.tsipan@nuwm.edu.ua)

# ПРОСТОРОВА МІНЛИВІСТЬ ҐРУНТОВОЇ МЕЗОФАУНИ ЗАЛЕЖНО ВІД ГІДРОТЕРМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛІСОВОГО ҐРУНТУ

**Тварини ґрунту беруть участь у більшості ключових екосистемних процесів і функцій. При цьому антропогенне втручання в екосистему призводить до зменшення або збільшення чисельності виду або частоти їх зустрічі, що надалі призводить до перебудови структури біоценозів.**

**Метою нашого дослідження було визначення біомаси та кількості ґрунтової мезофауни суборів південно-східної частини Волинського Полісся на ділянках лісу з різним рівнем антропогенного навантаження. Ґрунтово-зоологічні дослідження проводились методом ручного перебирання зразків ґрунту і подальшого визначення розмірів біомаси і середньої кількості ґрунтової мезофауни. Температура ґрунту була визначена на місці проведення досліджень. Вологість ґрунту визначалася після доставки відібраних зразків у лабораторію. Всі визначення були виконані в трикратному повторенні і підлягали статистичній обробці. Роботи проводилися на ділянках лісу, що мають один тип ґрунту, розріджений деревостан, переважно соснових порід і листяної деревини природного походження: ділянка № 1 розташована біля траси, де обладнано ділянку для пікніків; ділянка № 2 знаходиться в межах лісу, що не потерпає від антропогенного навантаження; ділянка № 3 – ділянка лісу в перші місяці після пожежі середньої інтенсивної; ділянка № 4 – після суцільної вирубки лісу. Період досліджень – червень 2021 року.**

**Крім того, ми помітили, що значення біомаси і чисельності ґрунтової мезофауни, хоча і відрізнялись на ділянках лісу різними видами антропогенного навантаження, але не мали прямого відношення до наявності або відсутності факторів антропогенного пресу. Зокрема, найвищі значення біомаси ґрунтових тварин були характерні для рекреаційної зони (3,78±0,41 г/м$^2$) і площі в межах**

**лісу без антропогенного навантаження (2,25±0,71 г/м$^2$). Аналіз впливу температури і вологості ґрунту на розподіл безхребетних свідчить про відсутність прямої залежності між окремо взятими чинниками гідротермального режиму. Однак спільна дія цих факторів має очевидний вплив як на розмір біомаси (r=0,81; p=0,009), так і на кількість тварин (r=0,91; p=0,0004).**

***Ключові слова:*** **ґрунт; мезофауна; гідротермічний режим; біомаса; чисельність.**

**Вступ.** Ґрунтова мезофауна бере участь у більшості ключових екосистемних процесах та функціях. Ці організми впливають на генезис, фізичні та хімічні властивості ґрунту, темпи кругообігу речовин, родючість ґрунту. Результатом життєдіяльності ґрунтової мезофауни є прискорення гуміфікації та мінералізації рослинних решток, підвищення пористості ґрунту, його проникність для повітря та вологи. Організми ґрунту здатні поглиблювати гумусовий горизонт, у результаті переміщення часток детриту, чим забезпечують водотривку структуру ґрунту. Одночасно, антропогенне втручання в екосистеми призводить до зменшення або збільшення числа видів або частоти їх зустрічі, що в подальшому призводить до перебудови структури біоценозу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Більшість сучасних досліджень, спрямованих на вивчення ґрунтової макро-, мезо- та мікрофауни свідчать про значну діагностичну цінність ґрунтових організмів. Це пов'язано з тим, що ґрунтові тваринні організми приурочені до конкретного біотопу, що робить їх такими ж важливими індикаторами умов досліджуваних ділянок, як і рослинний покрив [1].

Аналіз просторової та часової мінливості ґрунтової фауни дозволяє відстежити особливості формування угрупувань безхребетних у відповідь на дію екзогенних факторів як природного так і антропогенного походження [2–4]. Однак, тут важливо враховувати, що будь які прояви мінливості ґрунтової фауни можуть бути пов'язані з просторовою неоднорідністю, або з сезонними чи річними змінами [5].

Наприклад, на просторовий розподіл угрупувань ґрунтових безхребетних впливають абіотичні та біотичні фактори як надземні так і підземні, включаючи рослинні угрупування, властивості самого ґрунту та інші фактори [6-8]. Часова динаміка, яка значною мірою залежить від кліматичних факторів, у першу чергу позначається на видовому складі ґрунтових безхребетних [9; 10].

**Мета, завдання та методики проведення досліджень.** Метою наших досліджень було визначення біомаси та чисельності ґрунтової мезофауни суборів південно-східної частини Волинського Полісся на ділянках лісу з різним рівнем антропогенного навантаження.

Ґрунтово-зоологічні дослідження проводили методом ручного розбирання ґрунтових зразків [1] з прикопками 50х50х10 см у трикратній повторності на кожній із досліджуваних ділянок. Визначення ваги зібраних представників ґрунтової мезофауни проводили безпосередньо на місці за допомогою прецизійної лабораторної ваги моделі ТВЕ-2,1-0,01-а, ІІ класу точності згідно з ДСТУ EN 45501. Оцінку біомаси проводили шляхом перерахунку в г/м$^2$, чисельність представників виражали в екз/м$^2$. Температуру ґрунту на місці відбору зразків визначали за допомогою цифрового термометру ТР-101 (в-во Китай); вологість ґрунту – за допомогою термостатно-вагового методу [11] після доставки ґрунту в лабораторію. Повторність вимірювання кожного показника була трикратною. Статистичну обробку отриманих значень виконували за допомогою програмного забезпечення Statistica 8.0.

Роботи проводили на ділянках лісу у межах суборів південно-східної частини Волинського Полісся. Ділянка №1 (50°54'24.6"N 26°29'45.5"E) розташована поблизу автомобільної траси, де наявні обладнані зони для пікніків, помітні зміни лісової підстилки, несанкціоновані звалища сміття та залишки від розведення багаття. Ділянка №2 (50°47'53.0"N 27°03'58.4"E) знаходиться в межах лісництва, яка не зазнає впливу антропогенного навантаження. Ділянка №3 (50°50'44.4"N 26°56'30.0"E) – лісова територія в перші місяці після пожежі середньої інтенсивності. Ділянка №4 (50°48'05.1"N 27°05'21.4"E) – після суцільної рубки лісу. Всі досліджувані ділянки мають дерново-середньопідзолистий поверхнево-оглеєний суглинковий тип ґрунту із розріджений деревостаном, переважно соснових порід та листяного підліску природного походження, тип лісорослинних умов В2 – свіжі субори. Період досліджень – червень 2021 р.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Обстеження ділянки №1, виявило, що середня біомаса ґрунтової мезофауни становила величину 3,78±0,41 г/м$^2$. Обстеження ділянки №2 середню біомаси ґрунтової мезофауни виявило на рівні 2,25±0,71 г/м$^2$. На ділянці №3 біомаса досліджуваних безхребетних становила 0,22±0,06 г/м$^2$, а на ділянці №4 була у середньому 1,22±0,28 г/м$^2$. Відповідно, загальна чисельність представників ґрунтової мезофауни на досліджуваних

лісових ділянках становила: 30,0±2,65 на ділянці №1; 17,0±2,16 на ділянці №2; 7,3±1,78 на ділянці №3 та 4,3±1,11 екз/м$^2$ на ділянці № 4 (рис. 1).

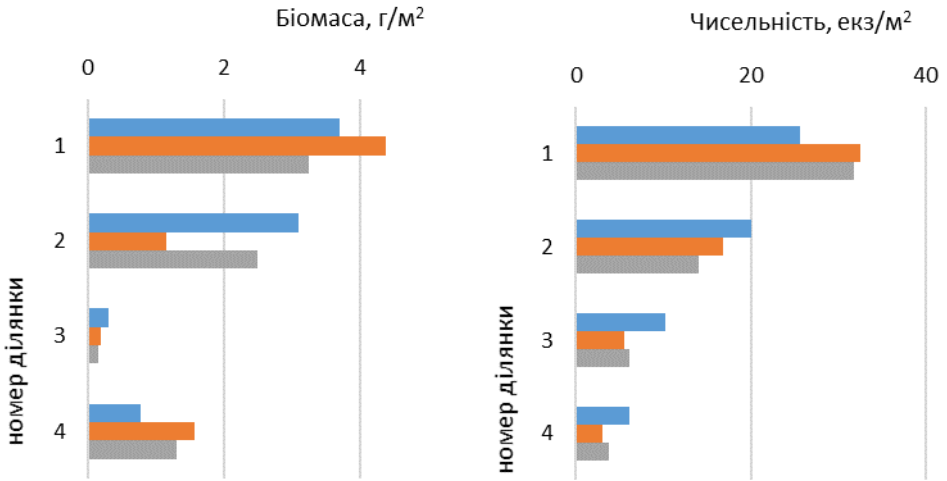



Рис. 1. Просторовий розподіл біомаси та чисельності ґрунтової мезофауни на досліджуваних ділянках суборів

Вимірювання фізичних показників ґрунту виявило, що найвищі значення вологості в досліджуваному шарі мали ділянки №2 (15%) та №1 (13%). Вологість ґрунту виявилась помітно нижчою на ділянці після лісової пожежі (11%), а на ділянці лісу після суцільної рубки вона становила 12%. При цьому, показники температури ґрунту, відповідно на ділянках №№ 1–4 були наступними: 14,13±0,16; 12,17±0,08; 15,27±0,17 та 14,23±0,11° С.

Залежність між величинами біомаси та чисельності ґрунтової мезофауни та гідротермічними показниками лісового ґрунту на досліджуваних ділянках найбільш наглядно ілюструється поліноміальною кривою (рис. 2, рис. 3).

Лінійна залежність між біомасою тварин (x) та температурою ґрунту (y) описувалась рівнянням $y = 14,564 - 0,3288x$, а між біомасою (x) та вологістю (y) рівнянням $y = 11,6438 + 0,5924x$. Як у поліноміальних, так і у лінійних рівняннях, кореляційні коефіцієнти представлених залежностей характеризували середню тісноту зв'язку без підтвердження статистичної ймовірності: $r = -0,4108$ ($p = 0,1846$) та $r = 0,5649$ ($p = 0,0556$) відповідно.

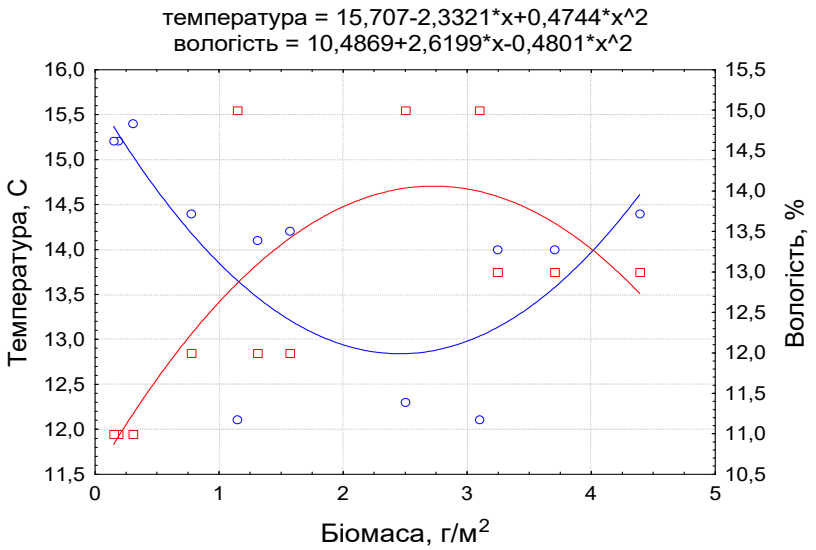



Рис. 2. Взаємозалежність між біомасою ґрунтової мезофауни та гідротермічними показниками лісового ґрунту

Лінійна залежність між чисельністю ґрунтової мезофауни (x) та температурою ґрунту (y) описувалась рівнянням y = 14,4181 - 0,0319x, а між чисельністю тварин (x) та вологістю ґрунту (y) рівнянням y = 11,7204 + 0,0702x. В обох випадках, залежність чисельності тварин та температури ґрунту мала слабку кореляцію без статистичної ймовірності: r = -0,2909; p = 0,3589, а залежність чисельності та вологості – середню кореляцію без статистично підтвердженої ймовірності: r = 0,4885; p = 0,1071.

Проте, побудова багатофакторної регресійної залежності дозволила встановити присутність статистично значимого впливу сумісної дії гідротермічних характеристик ґрунту на біомасу та чисельність ґрунтової мезофауни. Так, отримані регресійні рівняння, що відображують формування величини біомаси (Б, г/м$^2$) і чисельності (Ч, екз/м$^2$) ґрунтової мезофауни під дією температури (Т, ° С) та вологості (В, %) ґрунту мали вигляд:

$$Б = -75{,}033 + 2{,}890 \cdot T + 2{,}395 \cdot B \text{ (r=0,81; F=8,31; p=0,009);} \quad (1)$$

$$Б = -708{,}833 + 3{,}190 \cdot T + 5{,}586 \cdot B \text{ (r=0,91; F=20,97; p=0,0004),} \quad (2)$$

де *r* – загальний коефіцієнт кореляції регресійного рівняння; *F* – статистичний критерій Фішера; *p* – довірчій рівень статистичної ймовір-

ності.

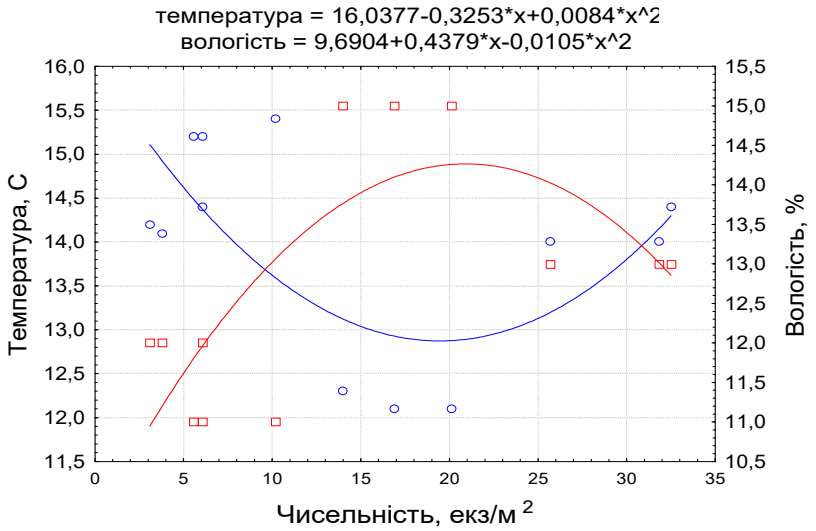



Рис. 3. Взаємозалежність між чисельністю ґрунтової мезофауни та гідротермічними показниками лісового ґрунту

Отримані рівняння доводять, що біомаса і чисельність ґрунтових безхребетних є результатом складної взаємодії комплексної дії абіотичних факторів середовища, зокрема температури та вологості ґрунту, які формують гідротермічний режим біотопів існування тварин. Крім того, нами було помічено, що величини біомаси та чисельності ґрунтової мезофауни хоча і відрізняються на ділянках лісу з різним видом антропогенного навантаження, проте не мають безпосереднього відношення до наявності або відсутності факторів антропогенного пресу. Зокрема, найвищі значення біомаси ґрунтових тварин були характерні для рекреаційної ділянки (3,78±0,41 г/м$^2$) та ділянки в межах лісництва (2,25±0,71 г/м$^2$), позбавленої антропогенного навантаження. Припускаємо, що в межах першої ділянки порівняно високі значення досліджуваного показника пов'язані з присутністю в ґрунті більшої кількості органічних речовин, які потрапляють у нього внаслідок наявності тут харчових залишків та іншого сміття. Одночасно, чисельність виявлених представників ґрунтової мезофауни на ділянці №1 (30,0±2,65 екз/м$^2$) була майже вдвічі вищою за їх кількість у межах другої ділянки (17,0±2,16 екз/м$^2$). Біомаса та чисельність тварин на ділянках після лісової пожежі та суцільної рубки були вкрай низькими, відповідно 0,22±0,06 г/м$^2$ при 7,3±1,78 екз/м$^2$ та 1,22±0,28 г/м$^2$ при 4,3±1,11 екз/м$^2$.

**Висновки.** Отримані результати визначення біомаси ґрунтової мезофауни на ділянках лісу з різним рівнем антропогенного навантаження демонструють їх помітну просторову мінливість. Аналіз впливу температури та вологості ґрунту на розподіл безхребетних свідчить про відсутність прямої залежності між окремо взятими факторами гідротермічного режиму. Однак, сумісна дія цих факторів має очевидний вплив як на величину біомаси (r=0,81; p=0,009) так і на чисельність тварин (r=0,91; p=0,0004). Для більш точного розуміння кількісних та якісних змін ґрунтово-зоологічних комплексів лісових біогеоценозів, вважаємо за доцільне продовжити відстеження впливу природних та антропогенних факторів на просторову мінливість мезофауни в умовах суборів південно-східної частини Волинського Полісся, впродовж різних сезонів року.

**1.** Гиляров М. С. Зоологический метод диагностики почв. М. : Наука, 1965. 281 с. **2.** Пахомов О. С., Кунах О. М. Функціональне різноманіття ґрунтової мезофауни заплавних степових лісів в умовах штучного забруднення середовища : монографія. Д. : Вид-во ДНУ, 2005. 204 с. **3.** Симочко В. В., Симочко Л. Ю. Екологічний стан мікробного ценозу ґрунту в примагістральних біогеоценозах. *Науковий вісник Ужгородського університету. Сер. Біологія*. 2009. Вип. 26. С. 148–153. **4.** Симочко В. В., Симочко Л. Ю. Мезофауна ґрунту антропогенно трансформованих біогеоценозів. *Науковий вісник Ужгородського університету. Сер. Біологія*. 2010. Вип. 29. С. 87–92. **5.** Wu P., Wang C. Differences in spatiotemporal dynamics between soil macrofauna and mesofauna communities in forest ecosystems: The significance for soil fauna diversity monitoring. *Geoderma*. 2019. Vol. 337, 2019. P. 266–272. **6.** Киричок Л. Г., Ильенко Н. Н., Бескровная Е. В. Структура угруповань мезофауни в захисно-декоративних насадженнях на териконах вугільних шахт Донбасу. *Вестник зоологии*. 2006. № 5. Т. 40. С. 437–443. **7.** Ammer S., Weber K., Abs C., Ammer C., Prietzel J. Factors influencing the distribution and abundance of earthworm communities in pure and converted Scots pine stands. *Appl. Soil Ecol*. 2006. Vol. 33(1). P. 10–21. **8.** Маслікова К. П. Екоморфічна структура угруповань ґрунтової мезофауни техноземів Нікопольського марганцеворудного басейну. *Biosystems Diversity*. 2018. Vol. 26(2). P. 85–91. **9.** Kardol P., Reynolds W. N., Norby R. J., Classen A. T. Climate change effects on soil microarthropod abundance and community structure. *Appl. Soil Ecol*. 2011. Vol. 47 (1). P. 37–44. **10.** Кунах О. М. Просторова екології ґрунтових тварин степового Придніпров'я : дисертація … д-ра біолог. наук : 03.00.16 / Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара Міністерства освіти і науки України. Дніпро, 2018. 584 с. URL: https://www.dnu.dp.ua/docs/ndc/dissertations/D08.051.04/dissertation_5b23e462db36e.pdf (дата звернення 29.04.2022). **11.** Практикум з грунтознавства / Тихоненко Д. Г., Дегтярьов В. В., Крохін С. В. та ін. Вінниця : Нова книга, 2008. 448 с.

## REFERENCES:

**1.** Gilyarov M. S. Zoologicheskiy metod diagnostiki pochv. M. : Nauka, 1965. 281 s. **2.** Pakhomov O. S., Kunakh O. M. Funktsionalne riznomanittia gruntovoi mezofauny zaplavnykh stepovykh lisiv v umovakh shtuchnoho zabrudnennia seredovyshcha : monohrafiia. D. : Vyd-vo DNU, 2005. 204 c. **3.** Symochko V. V., Symochko L. Yu. Ekolohichnyi stan mikrobnoho tsenozu gruntu v prymahistralnykh bioheotsenozakh. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Ser. Biolohiia*. 2009. Vyp. 26. S. 148–153. **4.** Symochko V. V., Symochko L. Yu. Mezofauna gruntu antropohenno transformovanykh bioheotsenoziv. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Ser. Biolohiia*. 2010. Vyp. 29. S. 87–92. **5.** Wu P., Wang C. Differences in spatiotemporal dynamics between soil macrofauna and mesofauna communities in forest ecosystems: The significance for soil fauna diversity monitoring. *Geoderma*. 2019. Vol. 337, 2019. P. 266–272. **6.** Kyrychok L. H., Ylenko N. N., Beskrovnaia E. V. Struktura uhrupovan mezofauny v zakhysno-dekoratyvnykh nasadzhenniakh na terykonakh vuhilnykh shakht Donbasu. *Vestnik zoologii*. 2006. № 5. T. 40. S. 437–443. **7.** Ammer S., Weber K., Abs C., Ammer C., Prietzel J. Factors influencing the distribution and abundance of earthworm communities in pure and converted Scots pine stands. *Appl. Soil Ecol*. 2006. Vol. 33(1). P. 10–21. **8.** Maslikova K. P. Ekomorfichna struktura uhrupovan gruntovoi mezofauny tekhnozemiv Nikopolskoho marhantsevorudnoho baseinu. *Biosystems Diversity*. 2018. Vol. 26(2). P. 85–91. **9.** Kardol P., Reynolds W. N., Norby R. J., Classen A. T. Climate change effects on soil microarthropod abundance and community structure. *Appl. Soil Ecol*. 2011. Vol. 47 (1). P. 37–44. **10.** Kunakh O. M. Prostorova ekolohii gruntovykh tvaryn stepovoho Prydniprovia : dysertatsiia … d-ra bioloh. nauk : 03.00.16 / Dniprovskyi natsionalnyi univer-sytet imeni Olesia Honchara Ministerstva osvity i nauky Ukrainy. Dnipro, 2018. 584 s. URL: https://www.dnu.dp.ua/docs/ndc/dissertations/D08.051.04/dissertation_5b23e462db36e.pdf (data zvernennia 29.04.2022). **11.** Praktykum z hruntoznavstva / Tykhonenko D. H., Dehtiarov V. V., Krokhin S. V. ta in. Vinnytsia : Nova knyha, 2008. 448 s.

---

**Biedunkova O. O., Doctor of Biological Sciences, Professor,**
**Tsipan Yu. R., Post-graduate Student** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## SPATIAL VARIABILITY OF SOIL MESOFAUNA DEPENDING ON THE HYDROTHERMAL PROPERTIES OF THE SOIL

**Animals of soil participate in most key ecosystem processes and functions. At the same time, anthropogenic interference in the ecosys-**

**tem leads to a decrease or increase in the number of species or frequency of their meeting, which further leads to the restructuring of the biocenosis structure.**

**The purpose of our research was to determine biomass and quantity of soil mesofauna of sub-regions of the south-eastern part of Volyn Polissya on sections of the forest with different levels of anthropogenic loading. Soil-zoological studies carried out by the method of manual dissolving of soil samples and further determination of the size of biomass and the average number of soil mesofauna. The soil temperature was determined at the site of the research. Soil moisture was determined after delivery of selected samples in the laboratory. All the definitions were performed in three-fold repetition and were subject to statistical processing. The works were carried out on plots of wood, which have one type of soil, cut wood, mainly pine breeds and leaf-wood of natural origin: Site №1 is located near the highway, where the area for picnics is equipped; site №2 is within the limits of the forest, which is not affected by anthropogenic loading; site №3 is the forest area in the first months after the medium intensity fire; site №4 is after the solid felling of forest. Research period – June 2021.**

**In addition, we have noticed that the values of biomass and the number of soils mesofauna, although they differ on sections of the forest with different types of anthropogenic loading, but have no direct relation to the presence or absence of factors of anthropogenic press. In particular, the highest values of biomass of soil animals were characteristic for recreational area (3,78±0,41 g/m$^2$) and area within the forest (2,25±0,71 g/m$^2$), without anthropogenic loading. The analysis of the influence of temperature and moisture of soil on distribution of invertebrates testifies to absence of direct dependence between separately taken factors of hydrothermal regime. However, the joint action of these factors has an obvious influence both on the size of biomass (r=0,81; p=0,009) and on the number of animals (r=0,91; p=0,0004).**

***Keywords:*** **soil; mesofauna; hydrothermal regime; biomass; number.**

**УДК 504.674(477.8)** https://doi.org/10.31713/vs220223

**Варжель О. В., здобувач третього рівня вищої освіти** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, varzhel_m16@nuwm.edu.ua)

## ОЦІНЮВАННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ДЛЯ НАСЕЛЕННЯ РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТІ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЯКОСТІ ДОВКІЛЛЯ

**У статті розглянута проблема впливу показників якості довкілля на стан екологічної безпеки населення області. Показано, що стан території області характеризується наступними показниками якості довкілля: викидами в атмосферне повітря від стаціонарних джерел 14,1 тис. т, а від пересувних за 2000 р. – 35,6 тис. т.; високими показниками невідповідності якості питної води нормативам (32% за хімічними, 26,8% за мікробіологічними); високою розораністю (71%); наявністю від'ємного балансу гумусу (від 0,15 до 0,41 т/рік) та підкисленням ґрунтового покриву; низькою лісистістю (35%). Установлено, що поширеність хвороб населення області у значній мірі обумовлюється показниками якості довкілля, а саме: органів дихання від наявності лісів, густини потоку радону з поверхні ґрунту, сумарного забруднення атмосферного повітря від стаціонарних пересувних джерел; органів травлення від невідповідності якості питної води вимогам ДСанПіНу за хімічними і мікробіологічними показниками, та вмісту цезію-137 у ґрунтах області; новоутворень від наявності лісів, густини потоку радону з поверхні ґрунту, сумарного забруднення атмосферного повітря від стаціонарних і пересувних джерел. Вплив показників якості довкілля на поширеність хвороб органів дихання, травлення і новоутворень описуються багатофакторними лінійними залежностями при множинних коефіцієнтах детермінації від 0,288 до 0,712, а на рівень екологічної безпеки також багатофакторними лінійними залежностями при множинних коефіцієнтах детермінації від 0,262 до 0,681. Залежність смертності дітей до 1-гороку залежить від: наявності лісів і лісовкритих площ і описується рівняннями спадаючої прямої при $R^2$ – 0,511; густини потоку радону з поверхні ґрунту і описується рівняннями зростаючої прямої при $R^2$ – 0,495. Зазначається, що за показниками екологічної безпеки встановлених за залежностями територія області оцінюється: за поширеності хво-**

**роб органів дихання категорією загрози (від 0,25 до 0,3); поширеністю хвороб органів травлення категорією ризик (від 0,54 до 0,61); новоутворень категоріями 1 район безпека (0,69), 14 районів ризику (0,62–0,56), 1 район загрози (0,43), які лише на ± 15% відрізняється від оцінки проведеної за фактичними даними.**

***Ключові слова:*** **якість довкілля; хвороби; екологічна безпека; безпека; ризик; загроза; небезпека; математичні залежності.**

**Постановка проблеми.** Кінець XX і початок XXI століття для більшості країн характеризується зростаючим рівнем антропогенного навантаження внаслідок збільшення обсягів викидів до атмосфери та скидів до водних об'єктів забруднюючих речовин, деградацією ґрунтового покриву в процесі їх нераціонального використання і радіоактивного забруднення, виснаженням невідновних і погіршенням стану відновних природних ресурсів. На тлі цих небажаних змін на значних територіях України формується несприятливий екологічний стан довкілля для життєдіяльності людини, що суттєво погіршує медико-демографічну ситуацію [1–4].

Виникає потреба у встановленні як показників якості довкілля, які найбільш суттєво впливають на поширення хвороб серед населення, так і розрахунків та визначення ступенів екологічного ризику для населення, що проживає на окремих територіях. Тому актуальною екологічною проблемою є визначення екологічного ризику для населення, яке базується на окремих показниках якості довкілля територій.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Чисельні дослідження показують високу залежність поширеності майже всіх хвороб від впливу негативних чинників забрудненого довкілля і насамперед: забрудненості атмосферного повітря; споживанням населення продуктів харчування з високим вмістом важких металів, радіонуклідів; питної води, яка не відповідає нормативам; погіршенням рівня санітарно-епідеміологічного благополуччя; надходження радону до приміщень будинків [5–8; 10].

Виявлені тенденції до зростання рівнів захворюваності населення в залежності від стану довкілля засвідчують необхідність її призупинення на основі поступового покращення кількісних і якісних параметрів деструктивних екологічних чинників.

**Мета і завдання досліджень** полягала в оцінюванні екологічного ризику для населення області з урахуванням змін величин показників якості довкілля.

Досягнення мети передбачало вивчення наступних завдань: оцінювання сучасного екологічного стану агросфери області; виокремлення домінантних деструктивних природних і антропогенних факторів, які впливають на формування екологічного ризику для населення; кількісного і якісного оцінювання впливу показників якості довкілля на рівні захворюваності населення; визначення екологічних ризиків для населення області.

Об'єктом досліджень є процеси впливу окремих показників якості довкілля на захворюваність населення та формування екологічних ризиків для населення області.

Предметом досліджень є показники, які характеризують якість довкілля, рівні захворюваності та величини екологічних ризиків для населення області. Рівень екологічної безпеки визначали за кількісними і якісними показниками: 1,0–0,6835 – безпека; 0,6835–0,4851 – ризик; 0,4851–0,1902 – загроза; 0,1902–0 – небезпека [9].

**Методи дослідження**. У дослідженнях використовувалися загальнонаукові методи (аналізу, узагальнення, абстрагування, синтезу), кореляційного та регресійного аналізу з використанням програм Microsoft Excel. Базою даних для досліджень були матеріали по районах Рівненської області за 2000–2019 рр. наведені у щорічниках «Доповідях про стан навколишнього середовища» у Рівненській області та звітності Головного управління статистики Рівненської області [5–8].

**Результати досліджень**. Територія Рівненської області розташована на північному заході України, яка займає площу у 20051 км$^2$, що становить біля 3,1% від загальної території держави. За адміністративним поділом область поділена на 16 районів з обласним центром у м. Рівне. Рельєф області переважно рівнинний з абсолютними висотами на півночі 134 м, а на крайньому південному заході до 372 м. Середня висота області складає 184 м над рівнем моря. Чисельність населення станом на 01.01.2019 р в області мешкало 1152,3 тис. осіб.

Екологічний стан території області характеризується наступними показниками якості довкілля:

1) Викидами в атмосферне повітря від стаціонарних джерел (2000 р. – 14,1; 2018 р. – 9,1 тис. т), а від пересувних (2000 р. – 35,6; 2018 р. – 45 тис. т) забруднюючих речовин, а саме: оксид вуглецю, діоксид та інші сполуки сірки, сполуки азоту, суспендовані тверді частки, леткі органічні сполуки.

2) Незадовільною якістю питної води. З 506 об'єктів централізованого водопостачання забраної із джерел підземних водоносних горизонтів, дослідженнями якої за санітарно – хімічними показниками було у 2018 році встановлено, що з відібраних 4256 проб води 1644 з них не відповідали вимогам ДСанПІНу (38,6%), а за мікробіологічними показниками із 4335 проб у 698 випадках мало місце відхилення від нормативних значень (16,1%). Невідповідність якості води нормативам санітарно-хімічним показникам із джерел децентралізованого водопостачання у 2018 році досягла значень 32%, а за мікробіологічними 26,8%. Невідповідність питної води вимогам нормативів спричинена, в основному, перевищенням вмісту заліза, нітратів та низького вмісту йоду, фтору і магнію [5–7].

3) Несприятливою структурою земельного фонду області, в якій (46,2%) земель належить сільськогосподарським угіддям: із них на ріллю припадає 71%, перелоги 0,4%, сіножаті і пасовища 27%, багаторічні насадження 1,3%.

4) Деградацією ґрунтового покриву внаслідок втрати в орних землях гумусу та формування від'ємного балансу гумусу (від 0,15 до 0,41 т/рік), підкислення ґрунтового розчину (0,01-0,05 од. pH), проявів вітрової і водної ерозії (0,3 г/см$^3$).

5) Низькою лісистістю: 35% лісів, 39,7% лісів і лісовкритих площ; та високою розораністю територій області.

6) Надходженням з поверхні ґрунту до атмосфери значних концентрацій радону від 20 до 89 мБк/(м$^2$*с).

Поширеність хвороб органів дихання серед населення області у 2018 році становила 3699 випадків на 10000 осіб, тоді як по районам коливалась в межах від 1936 у Дубенському до 5111 у Рівненському. Значну роль у поширеності хвороб органів дихання відіграють екологічні фактори, а саме: наявність лісів і лісовкривних площ, густини потоку радону з поверхні ґрунту, забруднення атмосферного повітря. Отримані нами багатофакторні лінійні залежності впливу цих екологічних факторів на величини поширеності хвороб органів дихання і екологічну безпеку мають вид:

Для поширеності хвороб:

$$y_1 = 3907{,}1 - 11{,}689x_1 + 1{,}967x_2 - 9{,}883x_3 ; \quad (1)$$

$$R^2 = 0{,}334,$$

де $y_1$ – поширеність хвороб органів дихання, випадків на 10000 осіб; $x_1$ – лісистість, %; $x_2$ – густина потоку радону з ґрунту, мБк/(м$^2$*с); $x_3$ – викиди забруднюючих речовин в атмосферу від стаціонарних і пересувних джерел, кг/людину.

Для розрахунку показників екологічної безпеки ($y_2$, од.):

$$y_2 = 0{,}246 + 0{,}001x_1 - 0{,}0001x_2 + 0{,}001x_3 ; \quad (2)$$

$R^2 = 0{,}295$.

Як свідчать дані перевірки придатності отриманих багатофакторних лінійних залежностей поширеності хвороб органів дихання від екологічних факторів 1 і 2 при множинних коефіцієнтах детермінації 0,334 і 0,295, вони є придатними для здійснення прогнозів на ближню перспективу стосовно як динаміки їх зміни, так і прогнозу стану екологічної безпеки (табл. 1).

Підтвердженням цьому є незначний відсоток відхилень розрахованих за залежностями (1) величин поширеності хвороб органів дихання від фактичних від 0,4 до 22% та величин екологічної безпеки залежність (2) від 0 до 18,8%.

Поширеність хвороб органів травлення серед населення області судячи з даних по районам коливалась в межах від 1065 у Радивилівському до 2451 у Сарненському випадків на 10000 осіб. Виникненню та поширеності хвороб органів травлення на нашу думку також відіграють екологічні фактори, а саме: невідповідність якості питної води вимогам ДСанПіНу за хімічними і мікробіологічними показниками та вмісту цезію-137 у ґрунтах області.

Отримані нами багатофакторні лінійні залежності впливу цих екологічних факторів на величини поширеності хвороб органів травлення і екологічну безпеку мають вид:

Для поширеності хвороб:

$$y_3 = 1292{,}7 + 12{,}307x_4 + 0{,}504x_5 + 236{,}4x_6; \quad (3)$$

$R^2 = 0{,}288$,

де $y_3$ – поширеність хвороб органів травлення, випадків на 10000 осіб; $x_4$ – невідповідність якості питної води за хімічними показниками,%; $x_5$ – невідповідність якості питної води за мікробіологічними показниками,%; $x_6$ – вміст цезію-137 у ґрунтах, Кі/км$^2$.

Для розрахунку показників екологічної безпеки ($y_4$, од.):

$$y_4 = 0{,}643 - 0{,}002x_4 - 0{,}0002x_5 - 0{,}045x_6; \quad (4)$$

$R^2 = 0{,}262$.

Відсоток відхилень розрахованих за залежностями (3) величин поширеності хвороб органів травлення від фактичних становлять 2 – 20,9%, а величин екологічної безпеки залежність (4) від 0 до 20,4% (табл. 2).

Таблиця 1

Розрахунок поширеності хвороб органів дихання від показників лісистості, густини потоку радону з поверхні ґрунту, величин викидів забруднюючих речовин від стаціонарних і пересувних джерел в атмосферу

| Назва району | На 10000 осіб | | | | Нормовані у шкалу 0-1 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Факт. | Розрах. | ± | % | Факт. | Розрах. | ± | % |
| Березнівський | 335 | 3290 | -60 | -1,8 | 0,31 | 0,30 | -0,01 | -3,2 |
| Володимирецький | 3375 | 3316 | -59 | -1,8 | 0,30 | 0,30 | 0 | 0 |
| Дубровицький | 3394 | 3329 | -65 | -1,9 | 0,30 | 0,30 | 0 | 0 |
| Зарічненський | 1950 | 3353 | +1403 | +72 | 0,54 | 0,30 | -0,24 | -44,4 |
| Костопільський | 3034 | 3398 | +364 | +12 | 0,35 | 0,29 | -0,06 | -17,1 |
| Рокитнівський | 3359 | 3185 | -174 | -5,2 | 0,31 | 0,31 | 0 | 0 |
| Сарненський | 4226 | 3296 | -930 | -22 | 0,20 | 0,30 | +0,1 | +50 |
| **По Поліссю** | 3240 | 3308 | +68 | +2,0 | 0,32 | 0,30 | -0,02 | -6,2 |
| Гощанський | 3967 | 3885 | -82 | -2,1 | 0,23 | 0,25 | +0,02 | +8,7 |
| Демидівський | 3919 | 3933 | +14,4 | +0,4 | 0,24 | 0,25 | +0,01 | +4,2 |
| Дубенський | 1936 | 3659 | +1723 | +89 | 0,54 | 0,27 | -0,27 | -50 |
| Здолбунівський | 3449 | 3319 | -130 | -3,8 | 0,29 | 0,31 | +0,02 | +6,9 |
| Корецький | 3268 | 3853 | +584 | +17,9 | 0,32 | 0,26 | -0,06 | -18,8 |
| Млинівський | 3976 | 3878 | -98 | -2,5 | 0,23 | 0,25 | +0,02 | +8,7 |
| Острозький | 3975 | 3651 | -324 | -8,2 | 0,23 | 0,27 | +0,04 | +17,4 |
| Радивилівський | 4519 | 3871 | -648 | -14,3 | 0,18 | 0,26 | +0,08 | +44,4 |
| Рівненський | 5111 | 3606 | -1509 | -29,5 | 0,13 | 0,28 | +0,15 | +115,4 |
| **По Лісостепу** | 3791 | 3713 | +78 | +2,1 | 0,25 | 0,27 | +0,02 | +8,0 |

Примітка: відхилення розрахованих показників від фактичних понад 20% свідчить про те, що у структурі поширеності хвороб органів дихання можуть відігравати інші невраховані показники якості довкілля.

Таблиця 2

Розрахунок поширеності хвороб органів травлення від показників невідповідності якості питної води за хімічними, мікробіологічними показниками і вмістом цезію-137 в ґрунті

| Назва району | На 10000 осіб | | | | Нормовані у шкалу 0-1 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Факт. | Розрах. | ± | % | Факт. | Розрах. | ± | % |
| Березнівський | 2262 | 1693 | -569 | -25 | 0,46 | 0,58 | +0,12 | +26 |
| Володимирецький | 1736 | 1859 | +123 | +7 | 0,56 | 0,54 | -0,02 | -3,6 |
| Дубровицький | 1204 | 1834 | +630 | +52,3 | 0,67 | 0,55 | -0,12 | -17,9 |
| Зарічненський | 1611 | 1704 | +93 | +5,8 | 0,58 | 0,59 | +0,01 | +1,7 |
| Костопільський | 1717 | 1750 | +33 | +2 | 0,56 | 0,56 | 0 | 0 |
| Рокитнівський | 1862 | 1665 | -197 | -10,6 | 0,53 | 0,57 | +0,04 | +7,5 |
| Сарненський | 2451 | 1835 | -616 | -25,1 | 0,43 | 0,55 | +0,12 | +28 |
| **По Поліссю** | 1834 | 1750 | -84 | -4,6 | 0,54 | 0,56 | +0,02 | +3,7 |
| Гощанський | 1863 | 1668 | -195 | -10,5 | 0,53 | 0,58 | +0,05 | +9,4 |
| Демидівський | 2076 | 1578 | -498 | -23,9 | 0,49 | 0,59 | +0,1 | +20,4 |
| Дубенський | 753 | 1605 | +852 | +113 | 0,78 | 0,59 | -0,19 | -24,4 |
| Здолбунівський | 1325 | 1626 | +301 | +22,8 | 0,64 | 0,59 | -0,05 | -7,8 |
| Корецький | 1746 | 1559 | -187 | -10,7 | 0,55 | 0,60 | +0,05 | +8,7 |
| Млинівський | 1377 | 1513 | +136 | +9,8 | 0,63 | 0,60 | -0,03 | -4,8 |
| Острозький | 1850 | 1463 | -387 | -20,9 | 0,53 | 0,61 | +0,08 | +15,1 |
| Радивилівський | 1065 | 1499 | +433 | +40,7 | 0,70 | 0,61 | -0,09 | -12,8 |
| Рівненський | 1606 | 1762 | +156 | +9,7 | 0,58 | 0,56 | -0,02 | -3,4 |
| **По Лісостепу** | 1518 | 1588 | +70 | +4,6 | 0,60 | 0,59 | -0,01 | -1,7 |

Примітка: відхилення розрахованих показників від фактичних понад 20% свідчить про те, що у структурі поширеності хвороб органів травлення можуть відігравати інші невраховані показники якості довкілля.

Онкологічна ситуація в області характеризується значною поширеністю злоякісних новоутворень серед населення. Станом на 01.01.2018 року поширеність злоякісних новоутворень становила 275 випадків на 10000 осіб. За останні роки поширеність новоутворень серед населення області зросла на 7,1%. Вищий від загальнообласного цей показник у Здолбунівському, Млинівському, Корецькому, Радивилівському, Костопільському районах.

Зростання поширеності новоутворень у населення області можна пояснити впливом екологічних факторів, насамперед: наявності на території лісів і лісовкритих площ, густини потоку радону з поверхні ґрунту та викидів забруднюючих речовин в атмосферу від стаціонарних та пересувних джерел. Отримані нами багатофакторні лінійні залежності впливу цих факторів на величину поширеності новоутворень і екологічну безпеку мають вид:

Для поширеності новоутворень:

$$y_5 = 331{,}9 - 1{,}79x_1 + 0{,}504x_5 + 236{,}4x_6; \quad (5)$$

$R^2 = 0{,}288,$

де $y_5$ – поширеність новоутворень на 10000 осіб; $x_1, x_2, x_3$ наведені у залежностях 1, 2.

Для розрахунку показників екологічної безпеки ($y_6$, од.):

$$y_6 = 0{,}517 + 0{,}0023x_1 + 0{,}0008x_2 - 0{,}004x_3; \quad (6)$$

$R^2 = 0{,}681.$

Як свідчать дані розрахунків наведених у табл. 3 відсоток відхилень розрахованих за залежностями (5) величин поширеності новоутворень від фактичних становлять 0–19,4%, а величин екологічної безпеки залежність (6) від 0 до 15,7%.

Показники смертності дітей віком до 1 року в останні роки в області утримуються майже на одному рівні впродовж 2015–2017 років (у 2015 – 8,51, у 2016 році – 8,31, у 2017 році – 8,26) з деяким зниженням у 2018 – 6,41, та 2020 році – 5,3 на 1000 народжених живими.

Вищою середнього обласного показника смертність дітей до 1 року зареєстрована на період 2017–2018 років у Березнівському, Дубровицькому, Рокитнівському, Дубенському, Корецькому, Млинівському, Острозькому районах (табл. 4).

Таблиця 3

Розрахунок поширеності новоутворень від показників лісистості, густини потоку радону з поверхні ґрунту, величини викидів забруднюючих речовин від стаціонарних і пересувних джерел в атмосферу

| Назва району | На 10000 осіб | | | | Нормовані у шкалу 0-1 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Факт. | Розрах. | ± | % | Факт. | Розрах. | ± | % |
| Березнівський | 292,7 | 233,4 | -59,3 | -20,2 | 0,57 | 0,65 | +0,08 | +13,5 |
| Володимирецький | 252,6 | 236,5 | -16,1 | -6,4 | 0,62 | 0,64 | +0,02 | +3,8 |
| Дубровицький | 288,6 | 244,5 | -44,3 | -15,3 | 0,58 | 0,63 | +0,05 | +9,4 |
| Зарічненський | 182,8 | 277,5 | +94,7 | -51,8 | 0,72 | 0,60 | -0,12 | -16,7 |
| Костопільський | 317,6 | 275,9 | -41,7 | -13,1 | 0,54 | 0,60 | +0,06 | +11,1 |
| Рокитнівський | 175,3 | 208 | +32,4 | +18,5 | 0,73 | 0,69 | -0,04 | -5,5 |
| Сарненський | 245,4 | 249,1 | +3,7 | +1,5 | 0,63 | 0,63 | 0 | 0 |
| **По Поліссю** | 250,7 | 246,6 | -4,1 | -1,6 | 0,63 | 0,63 | 0 | 0 |
| Гощанський | 260,5 | 306,2 | +45,7 | +17,5 | 0,61 | 0,56 | -0,05 | -8,2 |
| Демидівський | 322 | 288 | -34 | -10,6 | 0,54 | 0,57 | +0,03 | -5,6 |
| Дубенський | 212,5 | 293 | +80,5 | +37,9 | 0,68 | 0,59 | -0,09 | -13,2 |
| Здолбунівський | 494,8 | 448 | -46,8 | -9,5 | 0,35 | 0,43 | +0,08 | +22,8 |
| Корецький | 308,6 | 276,6 | -32 | -10,4 | 0,55 | 0,60 | +0,05 | +9,1 |
| Млинівський | 349,3 | 281,6 | -68 | -19,4 | 0,51 | 0,59 | +0,08 | +15,7 |
| Острозький | 281,2 | 279,3 | -19 | -6,8 | 0,59 | 0,59 | 0 | 0 |
| Радивилівський | 258,4 | 258,4 | 0 | 0 | 0,62 | 0,62 | 0 | 0 |
| Рівненський | 226,5 | 314,4 | +88 | +39 | 0,66 | 0,56 | -0,1 | -15,2 |
| **По Лісостепу** | 301,5 | 307 | +5,8 | +1,9 | 0,56 | 0,56 | 0 | 0 |

Примітка: відхилення розрахованих показників від фактичних понад 20% свідчить про те, що у структурі поширеності новоутворень можуть відігравати інші невраховані показники якості довкілля.

Таблиця 4

Розрахунок смертності дітей до 1-го року народжених живими від показників лісистості і густини потоку радону з поверхні ґрунту

| Назва району | На 10000 осіб | | | | Нормовані у шкалу 0-1 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Факт. | Розрах. | ± | % | Факт. | Розрах. | ± | % |
| Березнівський | 8,8 | 7,42 | -1,38 | -15,7 | 8,8 | 7,3 | -1,5 | -17,0 |
| Володимирецький | 8,3 | 7,58 | -0,72 | -8,7 | 8,3 | 7,4 | -0,9 | -10,8 |
| Дубровицький | 8,8 | 7,73 | -1,07 | -12,2 | 8,8 | 7,6 | -1,2 | -13,6 |
| Зарічненський | 6,1 | 8,27 | +2,17 | +35,6 | 6,1 | 7,0 | +0,9 | +14,8 |
| Костопільський | 6,0 | 8,43 | +2,43 | +40,5 | 6,0 | 7,7 | +1,7 | +28,3 |
| Рокитнівський | 9,2 | 6,5 | -2,7 | -29,3 | 9,2 | 9,5 | +0,28 | +3,0 |
| Сарненський | 7,8 | 7,65 | -0,15 | -1,9 | 7,8 | 7,0 | -0,8 | -10,2 |
| **По Поліссю** | 7,0 | 7,65 | +0,65 | +9,3 | 7,0 | 7,6 | +0,6 | +8,6 |
| Гощанський | 9,8 | 11,1 | +1,26 | +12,8 | 9,8 | 8,9 | -0,9 | -9,2 |
| Демидівський | 6,8 | 11,14 | +4,34 | +63,8 | 6,8 | 9,6 | +2,8 | +41,2 |
| Дубенський | 10,2 | 9,7 | -0,5 | +4,9 | 10,2 | 10,3 | +0,1 | +0,98 |
| Здолбунівський | 3,7 | 10 | +6,27 | +169,4 | 3,7 | 10,0 | +6,3 | +170,3 |
| Корецький | 12,9 | 10,5 | -2,4 | -18,6 | 12,9 | 9,5 | -3,4 | -26,4 |
| Млинівський | 10,6 | 10,7 | +0,1 | +0,94 | 10,6 | 10,0 | -0,6 | -5,7 |
| Острозький | 12,2 | 9,66 | -2,54 | -20,8 | 12,2 | 8,0 | -4,2 | -34,4 |
| Радивилівський | 8,2 | 10,30 | +2,08 | +25,4 | 8,2 | 11,2 | +3,0 | +36,6 |
| Рівненський | 8,0 | 9,82 | +1,82 | +22,8 | 8,0 | 8,8 | +0,8 | +10,0 |
| **По Лісостепу** | 9,2 | 10,2 | +1,01 | +11,0 | 9,2 | 9,6 | +0,4 | +4,3 |

На підставі кореляційного і регресійного аналізу було встановлено, що смертність дітей до 1-го року обумовлюється у значній мірі такими екологічними факторами як лісистістю, так і густиною потоку радону з ґрунту. Рівняння залежності смертності дітей до 1-го року від лісистості має вид спадаючої прямої:

$$y_7 = 11,6 - 0,0774x_1 ; \quad (7)$$
$$R^2 = 0,511,$$

де $y_7$ – смертність дітей до 1-го року, випадків на 1000 народжених живими; $x_1$ – лісистість території, %,

а від густини потоку радону з поверхні ґрунту зростаючої прямої:

$$y_8 = 6,5 + 0,0533x_2 ; \quad (8)$$
$$R^2 = 0,495,$$

де $y_8$ – смертність дітей до 1-го року, випадків на 1000 народжених живими; $x_2$ - густина потоку радону з ґрунту, мБк/(м$^2$*с).

Як свідчать дані розрахунків наведених у табл. 4 відсоток відхилень встановлених за залежністю 7 смертністю дітей до 1-го року від фактичних не перевищує 20% за виключенням даних на Зарічненському (+35,6%), Костопільському (+40,5%), Рокитнівському (-29,3%), Демидівському (+63,8%), Здолбунівському (+169,4%), Радивилівському (+25,4%), Рівненському (+22,8%) районах.

Перевірка залежності 8 показала, що перевищення 20% розрахованих величин смертності дітей до 1-го року від фактичних було виявлено для Костопільського (+28,3%), Демидівського (+41,2%), Здолбунівского (+170,3%), Корецького (-26,4%), Острозького (-34,4%), Радивилівського (+36,6%) районів.

Наявність встановлених випадків відхилень понад 20% свідчать про те, що в структурі причин смертності новонароджених питому вагу можуть мати інші фактори, а саме: рівень надання медичних послуг (Рівненський, Здолбунівський, Костопільський, Острозький райони); рівень соціо-економічного розвитку територій (Рокитнівський, Зарічненський, Радивилівський, Демидівський, Корецький райони).

**Висновки**

1. Екологічний стан території області характеризується наступними показниками якості довкілля: викидами в атмосферне повітря від стаціонарних джерел 14,1 тис. т, а від пересувних за 2000 р. – 35,6 тис. т; високими показниками невідповідності якості питної води нормативам (32% за хімічними, 26,8% за мікробіологічними); високою розораністю (71%); наявністю від'ємного балансу гумусу (від 0,15

до 0,41 т/рік) та підкисленням ґрунтового покриву; низькою лісистістю (35%).

2. Поширеність хвороб населення області у значній мірі обумовлюється показниками якості довкілля, а саме: органів дихання від наявності лісів, густини потоку радону з поверхні ґрунту, сумарного забруднення атмосферного повітря від стаціонарних пересувних джерел; органів травлення від невідповідності якості питної води вимогам ДСанПіНу за хімічними і мікробіологічними показниками, та вмісту цезію-137 у ґрунтах області; новоутворень від наявності лісів, густини потоку радону з поверхні ґрунту, сумарного забруднення атмосферного повітря від стаціонарних і пересувних джерел.

3. Вплив показників якості довкілля на поширеність хвороб органів дихання, травлення і новоутворень описуються багатофакторними лінійними залежностями при множинних коефіцієнтах детермінації від 0,288 до 0,712, а на рівень екологічної безпеки також багатофакторними лінійними залежностями при множинних коефіцієнтах детермінації від 0,262 до 0,681.

4. Залежність смертності дітей до 1-гороку залежить від: наявності лісів і лісовкритих площ і описується рівняннями спадаючої прямої при $R^2$ - 0,511; густини потоку радону з поверхні ґрунту і описується рівняннями зростаючої прямої при $R^2$ - 0,495.

5. За показниками екологічної безпеки встановлених за залежностями 2, 4, 6 територія області оцінюється: від поширеності хвороб органів дихання категорією загрози (від 0,25 до 0,3); поширеністю хвороб органів травлення категорією ризик (від 0,54 до 0,61); новоутворень категоріями 1 район безпека (0,69), 14 районів ризику (0,62–0,56), 1 район загрози (0,43), які лише на +- 15% відрізняються від оцінки проведеної за фактичними даними.

**1.** Звонкова Т. В., Саушкина Ю. Г., Смирнова Е. В. Региональный географический прогноз. М. : Наука, 1977. 252 с. **2.** Гуцуляк В. М. Медична географія (екологічні аспекти). Чернівці : Рута, 1997. 72 с. **3.** Кушнірук Ю. С., Скринчук П. М. Еколого-демографічні проблеми Рівненської області. *Вісник Рівненського Державного технічного університету*. Рівне, 2000. № 3(5). Ч. 1. С. 53–61. **4.** Кушнірук Ю. С. Оцінка медико-екологічного ризику за станом навколишнього середовища на прикладі Рівненської області. *Наукові захисти Тернопільського державного педагогічного університету*. *Сер. Географія*. Тернопіль, 2006. № 2. С. 177–179. **5.** Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Рівненській області у 2018 р. Рівне, 2019. 300 с. **6.** Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Рівненській

області у 2019 р. Рівне, 2020. **7.** Доповідь про стан навколишнього природного середовища в Рівненській області у 2020 р. Рівне, 2021. **8.** Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2002 році / Міністерство екології та природних ресурсів України. 2002. 162 с. **9.** Герасимчук З. В., Олексюк А. О. Екологічна безпека регіону: діагностика та механізми забезпечення : монографія. Луцьк : Надстир'я, 2007. 280 с. **10.** Клименко М. О., Лебедь О. О. Дослідження об'ємної активності радону внутрішньо-будинкового повітря м. Рівного. *Вісник Кременчуцького Національного університету імені Михайла Остроградського*. № 3/2017(104). Ч. 1. С. 124–129.

## REFERENCES:

**1.** Zvonkova T. V., Saushkina YU. G., Smirnova E. V. Regionalnyiy geograficheskiy prognoz. M. : Nauka, 1977. 252 s. **2.** Hutsuliak V. M. Medychna heohrafiia (ekolohichni aspekty). Chernivtsi : Ruta, 1997. 72 s. **3.** Kushniruk Yu. S., Skrynchuk P. M. Ekoloho-demohrafichni problemy Rivnenskoi oblasti. *Visnyk Rivnenskoho Derzhavnoho tekhnichnoho universytetu*. Rivne, 2000. № 3(5). Ch. 1. S. 53–61. **4.** Kushniruk Yu. S. Otsinka medyko-ekolohichnoho ryzyku za stanom navkolyshnoho seredovyshcha na prykladi Rivnenskoi oblasti. *Naukovi zakhysty Ternopilskoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu. Ser. Heohrafiia*. Ternopil, 2006. № 2. S. 177–179. **5.** Dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha v Rivnenskii oblasti u 2018 r. Rivne, 2019. 300 s. **6.** Dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha v Rivnenskii oblasti u 2019 r. Rivne, 2020. **7.** Dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha v Rivnenskii oblasti u 2020 r. Rivne, 2021. **8.** Natsionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha v Ukraini u 2002 rotsi / Ministerstvo ekolohii ta pryrodnykh resursiv Ukrainy. 2002. 162 s. **9.** Herasymchuk Z. V., Oleksiuk A. O. Ekolohichna bezpeka rehionu: diahnostyka ta mekhanizmy zabezpechennia : monohrafiia. Lutsk : Nadstyria, 2007. 280 s. **10.** Klymenko M. O., Lebed O. O. Doslidzhennia obiemnoi aktyvnosti radonu vnutrishno-budynkovoho povitria m. Rivnoho. *Visnyk Kremenchutskoho Natsionalnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskoho*. № 3/2017(104). Ch. 1. S. 124–129.

**Varzhel O. V., Post-graduate Student** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## EVALUATION OF ECOLOGICAL RISKS FOR THE INHABITANTS OF RIVNE REGION ACCORDING TO THE INDICES OF ENVIRONMENT QUALITY

**The article considers the problem of the impact of environment quality indices on the state of ecological safety of region inhabitants. It is cleared up that the state of the region territory is characterized by the following indices of environment quality: emissions into atmospheric air from stationary sources that contain 14,1 thousand tons, from the mobile ones 35,6 thousand tons in 2000; high indices of the discrepancy of fresh water quality with the standards (32 percent chemical and 26,8 percent microbiological), wide ploughing up (71 percent); the presence of negative humus balance, from 0,15 to 0,41 tons a year, acidulation of soil covering and low woodiness (35 percent).**

**It is ascertained that prevalence of diseases of region inhabitants depends on the indices of environment quality, e.g. diseases of breathing organs depend on the presence of forests, the consistence of radon flow from the soil surface, summary pollution of atmospheric air by stationary and mobile sources; diseases of digestion organs are caused by the discrepancy of fresh water quality with the standards of State Standard of Technical Conditions according to chemical and microbiological indices and the contents of Caesium-137 in the soils of the region; neoplasms depend on the presence of forests, the consistence of radon flow from the soil surface, summary pollution of atmospheric air by stationary and mobile sources.**

**The impact of environment quality indices on the prevalence of the diseases of breathing and digestion organs, neoplasms are described by polyfactorial linear dependencies with multiplying coefficients of determination from 0,288 to 0,712 and on the level of ecological safety by polyfactorial linear dependencies with multiplying coefficients of determination from 0,262 to 0,681.**

**The dependency of children's mortality under a year of life depends on the presence of forests and areas covered with forests, it is described by the equation of falling down straight line with $R^2$ – 0,511 and the consistence of radon flow from the soil surface which is described by the equations of rising straight line with $R^2$ - 0,495. It is**

**pointed out that according to the indices of ecological safety ascertained with the help of dependencies the territory of the region is evaluated according to the prevalence of diseases of breathing organs by the category of threat (from 0,25 to 0,3), the prevalence of digest organs diseases by the category of risk (from 0,54 to 0,61), neoplasms by the categories of safety, one district (0,69), 14 districts under risk (0,62–0,56), one district under threat (0,43) which are only different by ± 15 percent from the evaluation fulfilled according to the based on facts data.**

***Keywords:*** **environment quality; diseases; ecological safety; risk; threat; danger; mathematical dependencies.**

**УДК 504.064.3+502.45** https://doi.org/10.31713/vs220224

**Глухонець А. О., к.т.н., доцент, Морозова Т. В., к.б.н., доцент, Морозов А. В., аспірант, Кобзиста О. П., к.б.н., доцент, Самойленко І. В.** (Національний транспортний університет, м. Київ), **Стецюк Л. М., к.с.-г.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, tetiana.morozova@ukr.net)

# ВИКОРИСТАННЯ ГІС ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ СИСТЕМ МОНІТОРИНГУ ОБ'ЄКТІВ ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ УКРАЇНИ

**Природно-заповідний фонд (ПЗФ) має особливу природоохоронну, наукову, естетичну, рекреаційну цінність, створений для збереження природного різноманіття ландшафтів, генофонду популяцій, підтримки загальної екологічної рівноваги та фонового моніторингу довкілля. Для моніторингу об'єктів ПЗФ формується сучасна база даних. У цьому контексті особливого значення мають ГІС-технології і геоінформаційне забезпечення, необхідне для створення відповідної бази даних. Моніторинг об'єктів ПЗФ потрібен для вивчення природних процесів, спостереження за їх змінами, складання екологічного прогнозу, розробки науково обґрунтованих рекомендацій щодо підвищення ефективності використання земель, побудови систем охорони і відновлення природних ресурсів, біоти та особливо цінних об'єктів.**

**У статті розглянуто основи геоінформаційних технологій, та їх використання у сфері екології та охорони довкілля. Описані джерела одержання екологічної інформації. Наведені основні положення та структура географічних інформаційних систем. Викладені базові поняття створення картографічних онлайн сервісів для десктопів та смартфонів присвячених візуалізації території об'єктів охорони, зокрема, розміщення біоти та інших об'єктів інтересу відвідувачів. Проаналізовані і узагальнені методики моніторингу заповідних територій із застосуванням ГІС.**

**Удосконалено методику моніторингу біоти на території об'єктів природно-заповідного фонду. Запропоновано алгоритм збирання просторових даних користувачами за допомогою вебформ, упорядкування структури баз даних, створення карт засобами ГІС (QGIS), аналізу та прийняття управлінських рішень.**

**Апробовано методику створення баз даних в форматі OSM. Здійснено введення інформації щодо розміщення вікових дерев вздовж екостежки «Мурафська дача» на території НПП «Слобожанський» за допомогою програмного забезпечення NextGis Mobile та Openstreetmap.**

**Надано пропозиції для Мінприроди, науковців, та установ ПЗФ щодо вдосконалення ГІС та основні напрямки їх розвитку застосування в заповідній справі: доступ через вебмережу до моніторингової інформації про об'єкти та території ПЗФ; створення і затвердження стандартів ISO, щодо геоінформаційної обробки екоданих; створення методичних рекомендацій, класифікаторів атрибутивної інформації для створення єдиної бази даних флори, фауни і ландшафтів у межах ПЗФ.**

***Ключові слова:*** **геоінформаційні технології; природно-заповідний фонд; екологічний моніторинг; екосистеми.**

**Постановка проблеми.** Використання сучасного технічного та програмного інструментарію (геоінформаційних систем, безпілотних літальних апаратів, мобільних пристроїв) для навігації та збору даних наразі набуває все більшої актуальності. Це першочергово обумовлено їхнім розвитком від мейнфреймів до сучасних ВебГІС, тісно пов'язаних із розвитком інформаційно-комунікаційних технологій. Базисом є геоінформаційна модель, яка дозволяє абстрагувати і структурувати різноманітні види геоінформації.

Складна, багатокомпонентна система ГІС, по суті є інструментом для вирішення спеціальних завдань: ефективного внесення, зберігання, відновлення, обробки, аналізу та прогнозування наслідків та візуалізації географічно прив'язаної інформації. Використовується для вирішення практичних завдань, зокрема, забезпечення екологічної безпеки й збалансованого розвитку регіонів.

ГІС працюють із векторними та табличними даними, наявна інформація у вигляді картографічного подання, оптимального для кожного конкретного завдання, а також інформація від датчиків в реальному часі. Інформація подається у вигляді шарів і відображається на веб картах. Абстрагування дозволяє максимально зібрати інформацію з різних джерел і узагальнити її у вигляді веб карти. Це дає можливість використовувати відкриті сервіси та інтегрувати їх у новий проєкт. По суті – це нова архітектура, що дозволяє використовувати та інтегрувати традиційні методи, формуючи автоматизовану

систему управління, яка може керуватися мобільними пристроями. Таким чином, реалізується нова парадигма всезагального доступу до географічної інформації та можливості використовувати її для різних цілей.

Зібрана воєдино в зручній для аналізу формі, інформація про біорізноманіття, адміністративний, господарський, ландшафтний, геоморфологічний устрій територій є основою для ефективного планування й управління природно-заповідного фонду, встановлення системи моніторингу. Питання щодо моніторингу об'єктів ПЗФ відповідають концептуальним принципам Стратегії сталого розвитку України до 2030 року [14]. Це, в свою чергу, дозволить збільшити площу територій заповідання, забезпечити збереження, відновлення та збалансоване використання наземних і прісноводних екосистем, вжити кардинальних заходів щодо припинення деградації природних оселищ, мінімізувати втрати біо- та ландшафтного різноманіття.

Управління територіями ПЗФ вимагають оперування знаннями не тільки в царині біології, екології і менеджменту, а й широке використання технічних засобів керування і візуалізації різноманітних даних (зокрема просторових). Головним інструментом управління просторовими даними є геоінформаційні системи (ГІС). Для цього необхідно розглянути організаційні засади створення автоматизованих систем моніторингу для управління об'єктами ПЗФ.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Зростання масштабів господарської діяльності людини, бурхливий розвиток науково-технічного прогресу посилили негативний вплив на природу, призвели до розбалансованості екологічної рівноваги на планеті. Питання збереження природи переросли в проблему виживання цивілізації, а отже, в кризу переходу від стихійного розвитку локальних цивілізацій, до світової цивілізації, довгострокове існування якої можливе лише в межах чітко заданих навантажень на природні комплекси [8].

Сучасні геоінформаційні системи мають широкий спектр можливостей, однак у зв'язку з постійним розвитком технологій і всезростаючими вимогами до інформаційних систем є необхідність їхнього удосконалення через ускладнення розрахунків, збільшення транзакцій за одиницю часу, отримуючи більшу точність і достовірність результатів. Питання використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій для створення нових механізмів удосконалення геоінформаційних систем досліджували А. Берлянт, Н. Коновалова, Е. Карпов., А. Біатов Серед зарубіжних науковців роз-

глядали та досліджували застосування ГІС  Д. Мартін, П. Тєйлор, М. Ваховіч та інші. Проте особливості застосування геоінформаційних технологій та умови впровадження їх в управління територіями ПЗФ у науковій літературі висвітлено недостатньо.

**Мета і завдання дослідження.** Визначення напрямів модернізації використання ГІС для моніторингу об'єктів та територій ПЗФ України для проектування і забезпечення діяльності.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Загальні правові основи організації, охорони, ефективного використання ПЗФ України, відтворення його природних комплексів та об'єктів регулюються Законом України, в якому визначені основні цілі створення ПЗФ [13]: збереження природного різноманіття ландшафтів та генофонду тваринного і рослинного світу; підтримання загального екологічного балансу; забезпечення фонового моніторингу довкілля.

Моніторингові дослідження дозволяють виявляти негативні чинники, охарактеризувати зв'язки між компонентами екосистем та спостерігати природні процеси одночасно на великих територіях. Моніторинг популяцій тварин і рослин – одне з основних завдань наукової діяльності на територіях ПЗФ [7]. Особлива увага приділяється видам Червоної книги України; видам з додатків 1, 2 і 3 до Конвенції про охорону дикої флори і фауни та природних середовищ існування у Європі (Бернської Конвенції) та з додатку 1 Резолюції №6 (1998) даної Конвенції; рослинним угрупованням, занесеним до Зеленої книги України; природним оселищам (біотопам), що підлягають збереженню з додатку Резолюції 4 (1998) до Бернської Конвенції.

Важливою складовою є планування рекреаційної діяльності парку: проектування екологічних стежок і туристичних маршрутів; визначення рекреаційного навантаження; виділення ділянок несанкціонованої рекреаційної діяльності; моделювання зон видимості туристичних стоянок на маршруті. А П. Біатов [2–4] розробив проєкт структури геоінформаційного забезпечення на прикладі Національного природного парку (рис. 1).

Однак, варто зазначити, що широкому використанню ГІС перешкоджає різнорідність форм зберігання вихідних даних (описів, карт, картосхем, баз даних), низька доступність первинних даних, а також висока трудомісткість підготовки базової системи, що містить основні шари ГІС [3].

ГІС-проєкт об'єкта природно-заповідного фонду призначений для формування та відображення тематичних даних, що містять гра-

фічну й атрибутивну інформацію. Крім того, є можливість формувати тематичні карти щодо особливостей території (водні об'єкти, рідкісні тварини та рослини, природно-територіальний комплекс та його функціональна структура, землекористування, населені пункти, шляхи сполучення).

Рис. 1. Проект структури геоінформаційного забезпечення НПП [2–4]

Алгоритм конструктивно-географічного моніторингу національних природних парків, запропонований А.П. Біатовим [4] та удосконалений нами (рис. 2) дає можливість обґрунтувати виділення меж природних парків та організації їхньої території. З використанням сучасних ГІС-технологій усі вихідні дані заносять до геоінформаційної бази даних. Для цього вони мають бути структуровані та географічно прив'язані.

Вивчення сучасної ландшафтної структури парку дає можливості для визначення стійкості, привабливості та інформативності й розрахунку антропогенної зміненості природно-територіальних комплексів. Карта природно-територіальних комплексів дозволяє найповніше охарактеризувати територію та врахувати її природні особливості й різноманіття [3].

Одним із пріоритетних напрямків роботи наукового відділу НПП є проведення польових досліджень, методом закладання моніторингових площадок, які мають велике практичне значення для систематичного ведення моніторингової роботи. Польові дослідження передбачає безпосередню участь дослідника в зборі необхідної первинної інформації. Це достатньо трудомісткий процес. При такому дослідженні складається анкета, формується вибірка, а потім аналізуються та інтерпретуються дані.

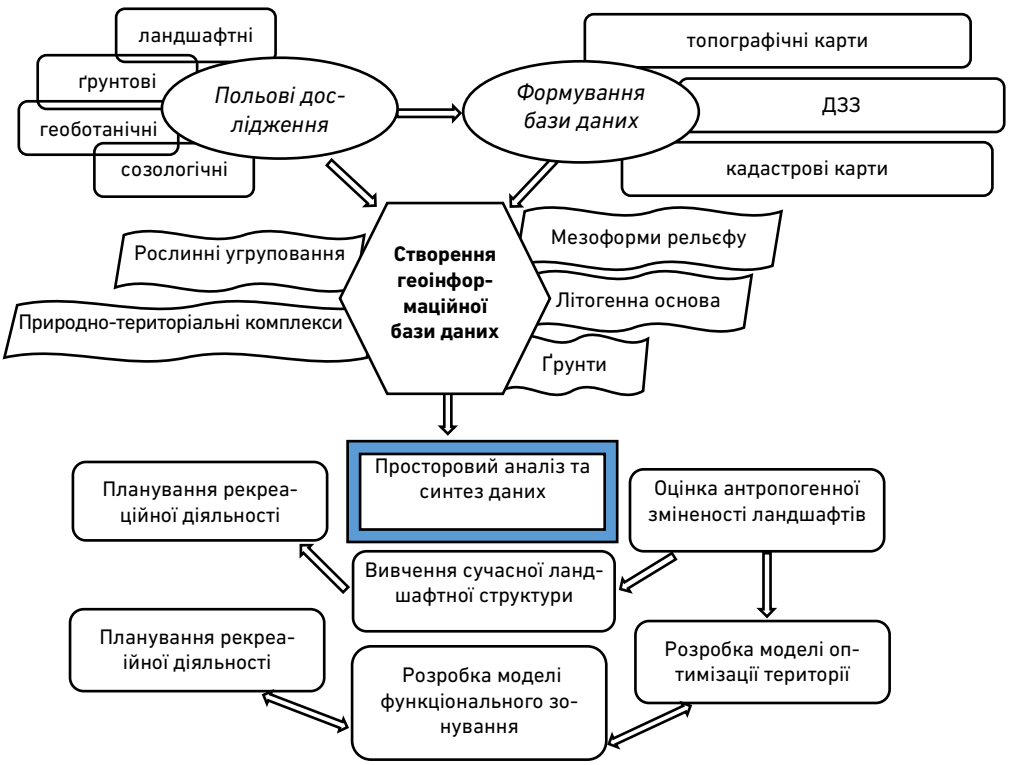



Рис. 2. Алгоритм конструктивно-географічного забезпечення моніторингу національних парків засобами геоінформаційних технологій

Система спостережень будується на основі вимірювань на регіональних станціях фонового моніторингу, а також на пунктах постійного спостереження, розміщених на території суб'єктів моніторингу у певному порядку з урахуванням басейнів рік, геоботанічного та ландшафтного районування, умов вологомасопереносу, інтенсивності антропогенних навантажень. Організація моніторингової роботи

має важливе значення не тільки з точки зору збереження біорізноманіття, але і для прийняття ефективних заходів щодо управління, раціонального використання, відтворення і охорони рослинного та тваринного світу [4]. Отримані матеріали із моніторингових площадок дають змогу проаналізувати характер змін чисельності популяцій та фенологічні спостереження.

Таким чином, ГІС-технології з одного боку, дають можливість провести моніторинг природозаповідних територій з огляду на їхнє використання в господарській діяльності та рівень антропогенної зміненості, а з іншого – спроєктувати парк з урахуванням природних особливостей території, зокрема, ландшафтного й біологічного різноманіття, що є ключовими під час функціонування природоохоронних об'єктів.

Важливою характеристикою даних про ПЗФ є просторове розміщення об'єктів, процесів, подій, тому інформаційна система ПЗФ – це геоінформаційна система. ГІС на відміну від інших інформаційних систем, більшою мірою використовує спеціалізовані формати геоданих, просторові бази даних, картографічні інтерфейси.

Дослідження проводили на території Національного природного парку «Слобожанський», який створено відповідно до Указу Президента України № 1047 від 11 грудня 2009 року. Парк є об'єктом природно-заповідного фонду загальнодержавного значення, що розташований на території Краснокутського району Харківської області. Площа НПП становить 5244 га [10].

Зазвичай, дослідження території має кілька етапів, що являють собою замкнену ланку, результатом якої є карти досліджуваної території. За класичною методикою, дослідження включає камеральний і польовий етапи. Польовий етап передбачає перевірку укладеної в камеральних умовах карти на достовірність. Камеральний етап дослідження передбачає аналіз результатів рекогностування території, літературних та фондових матеріалів, даних ДЗЗ, результатом якого є укладання карти-гіпотези. Завершальним етапом є укладання карти території дослідження в камеральних умовах.

Для організації моніторингу популяцій ключових видів флори чи фауни пропонуємо використовувати схему, представлену на рис. 3. Запропонована схема моніторингу дозволяє організувати зручне зберігання і аналіз даних. Регулярне заповнення атрибутивних таблиць дозволить відстежувати стан популяцій ключових видів флори та фауни чи інших досліджуваних об'єктів і оперативно виявляти зміни.

*Використання NextGIS Mobile* дозволяє суттєво скоротити тривалість польових досліджень і час обробки даних на камеральному етапі, результатом польових досліджень з використанням NextGIS Mobile є база даних просторово прив'язаних точок дослідження типових біоценозів та ландшафтів.

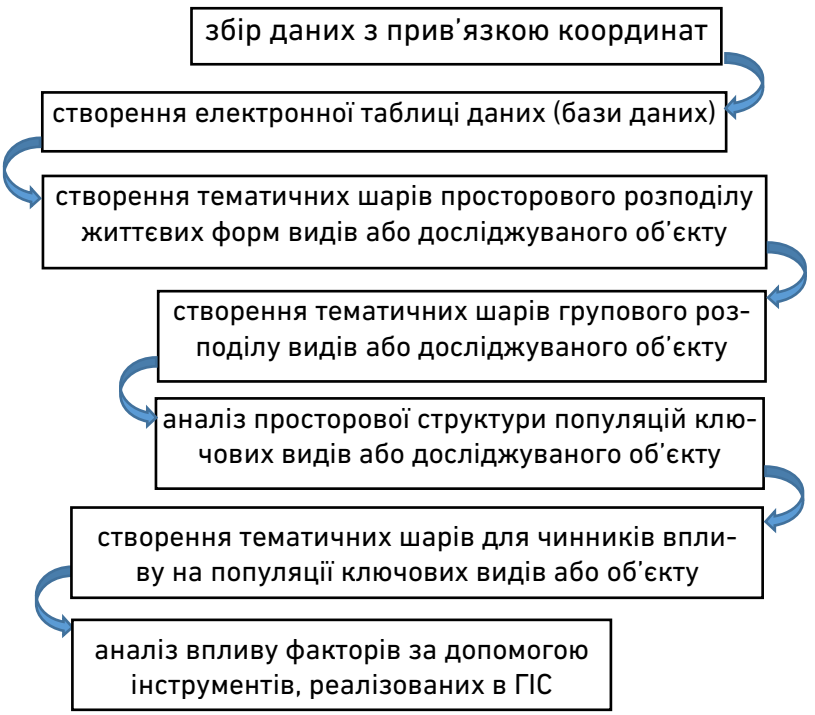



Рис. 3. Схема моніторингу популяцій ключових видів флори чи фауни

Серед недоліків використання можна назвати такі: залежність від технік, тривалий час створення бази даних для польового збору та її громіздкість; унікальність набору доменів для певної території.

*Створення електронної таблиці даних* (або бази даних). Всі польові дані формуються в текстовому файлі з розширенням .CSV, що потім перетворюються в електронну таблицю з організованими даними відповідно до задач та цілей дослідження.

Можна провести аналогію між елементами реляційної моделі даних і елементами моделі «сутність-зв'язок». Реляційні відносини відповідають наборам сутностей, а кортежі – сутностям. Тому, як і в

моделі «сутність-зв'язок», стовпці таблиці, являють собою реляційне відношення і їх називають атрибутами.

Модель «сутність-зв'язок» призначена для графічного зображення сутностей певної предметної області, їх параметрів та зв'язків між ними. Модель «сутність-зв'язок» називають ER-модель (*entity-relationship*), а процес її побудови – ER-моделювання / семантичне моделювання. Діаграми сутність-зв'язок дозволяють використовувати наочні графічні позначення для моделювання сутностей та їх взаємозв'язків [19].

Діаграма «сутність-зв'язок» дозволяє знайдемо об'єкти предметної області. Узагальнений розгляд об'єктів (типізація) дає можливість виділити множину об'єктів однакової структури і поведінки. У результаті формуються класи (абстракція), що відповідає певному набору об'єктів [5]. Центральним класом моделі є «точки збору даних». Передбачається, що збір даних буде здійснюватися за допомогою інстальованих на смартфонах відвідувачів програм. Ми пропонуємо застосунок через інтерфейс спеціальних веб-додатків, NextGIS Mobile.

*Створення тематичних шарів в ГІС.* Основою візуального представлення даних за використання ГІС-технологій є графічне середовище, основу якого становлять векторні й растрові (коміркові) моделі. Дані інтегрують у вигляді тематичних точкових шарів. Кожна точка відповідає зустрічі або знахідці досліджуваної життєвої форми флори чи фауни або іншого досліджуваного об'єкта. Візуалізація цієї інформації дозволяє оцінити просторовий розподіл окремих груп життєвих форм, екологічну нішу виду, визначити території, що піддаються найбільшому впливу на природні комплекси [4].

Для укладання карти запропоновано використання програмного продукту NextGIS QGIS (повнофункціональна ГІС), призначена для створення і редагування даних, карт, виконання аналітичних операцій. Інтерфейс користувача представлено на рисунку 4.

На основі даних щодо розміщення об'єктів картографування створюється тематичний векторний шар. Такі дослідження дозволяють оцінити життєвонеобхідні/найважливіші території для флори, фауни, об'єктів, проаналізувати використання ділянки тваринами чи рослинами, планувати господарські заходи з урахуванням мінімального впливу на біоту [2].

*Створення тематичних шарів для факторів*, які впливають на популяції. Можна створювати тематичні шари лісових масивів, водних об'єктів, вирубок, населених пунктів, лісових доріг для території НПП.

*Аналіз впливу факторів за допомогою інструментів, реалізованих в ГІС.* Залежно від поставлених завдань підбираються методи просторового аналізу, які найкращим чином будуть виявляти вплив тих чи інших факторів.

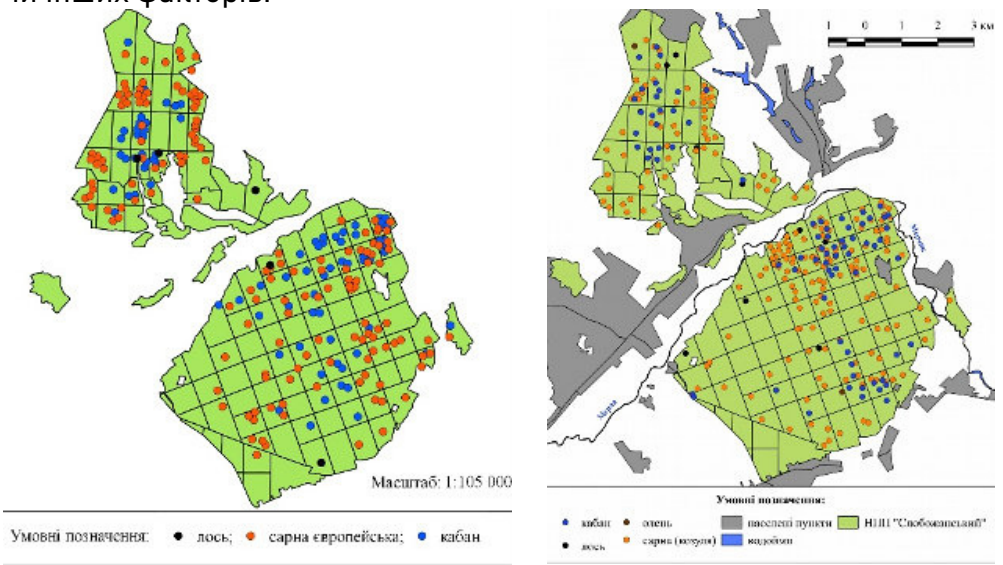



Рис. 4. Відображення просторової структури популяцій

Розробка стратегії розвитку будь-якого ієрархічного рівня включає такі етапи: збір даних, формулювання візії, планування і впровадження стратегічних кроків, оцінка досвіду й оновлення планувальних документів. Наразі, результати моніторингу, зазвичай, оформлені у табличній або текстовій формі. Слід зауважити, що ефективність використання зібраних даних суттєво зростає, якщо вони представлені у просторі (картографічно звізуалізовані). Тобто, у системі моніторингу важливе місце повинно відводитися картографічній підсистемі – побудові й аналізу картографічних матеріалів різного змісту, найчастіше, засобами геоінформаційних технологій. У Законі України про «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» картографічний моніторинг визначено, як систему безперервного спостереження за земною поверхнею з метою вивчення стану місцевості [15].

Для прикладу ми виконаємо картографічне моделювання введення інформації щодо розміщення вікових дерев вздовж екостежки «Мурафська дача» на території НПП «Слобожанський» (рис. 5). Використавши в якості основи карту OpenStreetMap роздільною здатністю

0,5 м, визначено територію (площа 2.6 км), яку займає екостежка «Мурафська дача» в межах НПП «Слобожанський». Цю територію займає високопродуктивний дубовий деревостан природного насіннєвого походження у вологій кленово-липовій діброві. Червоною стрічкою позначено лісостежку «Мурафська дача», графічними деревами показано вікові дерева.

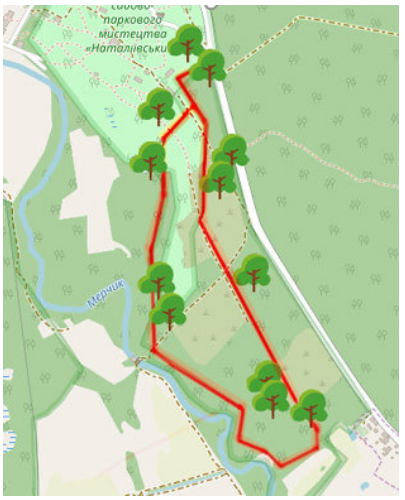



Рис. 5. Вікові дерева на екостежці «Мурафська дача»

Перевагою використання ГІС у картографуванні є скорочення часу камеральних і польових робіт за рахунок часткової автоматизації ряду операцій, точна просторова й часова фіксація, що дає змогу перевірити матеріали спостережень, повторити їх в інший сезон.

Екологи на основі просторово прив'язаної інформації можуть вирішувати завдання різного спектру: аналізувати зміни у довкіллі під впливом природних і техногенних факторів; раціонально використовувати природні ресурси; мінімізувати збитки та запобігати виникненню техногенних катастроф; мінімізувати соціальні ризики.

В результаті аналізу досвіду використання ГІС в заповідній справі: міжнародний та державний рівень, було визначено постійне зростання частки картографічних онлайн сервісів для десктопів та смартфонів присвячених візуалізації території об'єктів охорони та розміщення біоти та інших об'єктів інтересу відвідувачів. Проаналізовані і узагальнені методики моніторингу заповідних територій із застосуванням ГІС. Незважаючи на переваги застосування ГІС для збирання, упорядкування і застосування просторової екоінформації наявні певні проблеми щодо організації моніторингу з застосуванням ГІС. Зокрема, відсутність

- ✓ координації фінансування між Мінприроди та виконавцями;
- ✓ методичних рекомендацій на державному рівні щодо моніторингу;
- ✓ системи кваліфікаційного підбору та професійної підготовки кадрів для геомоніторингу;

✓ моніторингу стану мережі об'єктів та територій ПЗФ, а також низька проінформованість населення про об'єкти та території ПЗФ, їх мету й завдання та проблеми у сфері стандартизації (держстнд/ISO просторові дані, геоматика – не пристосовані до екологічних задач).

Здійснено окремі кроки щодо розроблення методики моніторингу біоти на території об'єктів природно-заповідного фонду. Запропоновано алгоритм збирання просторових даних окремими користувачами за допомогою веб-форм, упорядкування структури баз даних, створення карт засобами ГІС (QGIS), аналізу та прийняття управлінських рішень.

Апробовано методику створення баз даних в форматі OSM. Здійснено введення інформації щодо розміщення вікових дерев вздовж екостежки за допомогою програмного забезпечення NextGis Mobile та Openstreetmap.

Для Мінприроди, науковців, та установ ПЗФ надано пропозиції, вдосконалення та основні напрямки розвитку застосування ГІС в заповідній справі: доступ через вебмережу до моніторингової інформації про об'єкти та території ПЗФ; створення і затвердження стандартів ISO, щодо геоінформаційної обробки екоданих; створення методичних рекомендацій, класифікаторів атрибутивної інформації для створення єдиної бази даних флори, фауни і ландшафтів у межах ПЗФ.

**Висновки.** ГІС-технології дають можливість проєктувати території ПЗФ з урахуванням природних особливостей, господарської та антропогенної зміненості Веб ГІС – це мережевий варіант інформаційної структури, де доступ до інформації відкрито всім, що особливо актуально в умовах діджиталізації в Україні. Перевагою використання ГІС у ландшафтному картографуванні є скорочення часу камеральних і польових робіт за рахунок часткової автоматизації ряду операцій, точна просторова й часова фіксація, що дає змогу перевірити матеріали спостережень, повторити їх в інший сезон.

**1.** Андрейчук Ю. М. ГІС в екологічних дослідженнях та природоохоронний справі. Л. : WWF, 2015. 286 с. **2.** Біатов А. П. ГІС і заповідні території : матеріали І науково-методичного семінару. Х. : ТОВ «Друкарня Мадрид», 2013. 50 с. **3.** Біатов А. П. ГІС і заповідні території : метаріали ІІІ науково-методичного семінару. Х. : ТОВ «Друкарня Мадрид», 2016. 110 с. **4.** Біатов А. П. Досвід накопичення наукових даних, адаптованих для візуалізації ГІС на територіях природно-заповідного фонду. Х. : Гола Пристань: українське теріологічне товариство, 2012. 15 с. **5.** Буй Д. Б. Формалізація моделі «Сут-

ність–зв'язок» : монографія К. : КНУ ім. Т. Шевченко, 2011. 175 с. **6.** Букша І. Ф. Інвентаризація та моніторинг лісових екосистем на територіях ПЗФ. *V міжнар. наук.-практ. конф*. : зб. наук. ст. Х. : ВД Райдер, 2009. С. 92–98. **7.** Ляшенко Д. О. Геоінформаційне картографування в Україні. К. : Наукова думка, 2011. 102 с. **8.** Мокін В. Б. Геоінформаційні системи в екології. В. : ВНТУ, 2014. 194 с. **9.** Офіційний сайт компанії NextGIS Mobile. URL: http://nextgis.ru/nextgis-mobile/ (дата звернення: 04.05.2022). **10.** Офіційний сайт НПП «Слобожанський». URL: http://slobozhanskyi.in.ua/ (дата звернення: 04.05.2022). **11.** Офіційний сайт проекту «Природоохоронні ГІС України». SCGS. URL: https://scgis.org.ua/ (дата звернення: 04.05.2022). **12.** Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 р. № 1264-XII: станом на 01 січня. 2022 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text (дата звернення: 09.09.2022). **13.** Про природно-заповідний фонд України : Закон України від 16.06.1992 р. № 2457-XII: станом на 08 серп. 2021 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text (дата звернення: 08.09.2022). **14.** Про Стратегію сталого розвитку України до 2030 року : проект Закону України від 07.08.2018 № 9015. URL: https://ips.ligazakon.net/document/JH6YF00A?an=332 (дата звернення: 08.09.2022). **15.** Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність : Закон України від 23.12.1998 р. № 353-XIV станом на 20 серп. 2021 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text (дата звернення: 09.09.2022). **16.** Про Національну інфраструктуру геопросторових даних : проект Закону України № 7523 від 23.01.2018. *Відомості верховної ради України*. 2018. К. : Пралам. вид-во, 2018. 10 с. **17.** Середньостроковий план пріоритетних дій Уряду до 2020 року. К. : Пралам. вид-во, 2017. 367 с. **18.** Творошенко І. С. Геоінформаційні системи в задачах моніторингу : конспект лекцій з дисципліни / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Х. : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 55 с. **19.** Шекшар Ш., Санжей Ч. Основы пространственных баз данных. М. : Образ, 2004. 160 с.

## REFERENCES:

**1.** Andreichuk Yu. M. HIS v ekolohichnykh doslidzhenniakh ta pryrodookhoronnyi spravi. L. : WWF, 2015. 286 s. **2.** Biatov A. P. HIS i zapovidni terytorii : metarialy I naukovo-metodychnoho seminaru. Kh. : TOV «Drukarnia Madryd», 2013. 50 s. **3.** Biatov A. P. HIS i zapovidni terytorii : metarialy III naukovo-metodychnoho seminaru. Kh. : TOV «Drukarnia Madryd», 2016. 110 s. **4.** Biatov A. P. Dosvid nakopychennia naukovykh danykh, adaptovanykh dlia vizualizatsii HIS na terytoriiakh pryrodno-zapovidnoho fondu. Kh. : Hola Prystan: ukrayinske teriolohichne tovarystvo, 2012. 15 s. **5.** Bui D. B. Formalizatsiia modeli «Sutnist–zviazok» : monohrafiia K. : KNU im. T. Shevchenko, 2011. 175 s. **6.** Buksha I. F. Inverytaryzatsiia ta monitorynh lisovykh ekosystem na terytoriiakh PZF. *V mizhnar. nauk.-prakt. konf*. : zb. nauk. st. Kh. : VD Raider, 2009. S. 92–98. **7.** Liashenko D. O. Heoinformatsiine

kartohrafuvannia v Ukraini. K. : Naukova dumka, 2011. 102 s. **8.** Mokin V. B. Heoinformatsiini systemy v ekolohii. V. : VNTU, 2014. 194 s. **9.** Ofitsiinyi sait kompanii NextGIS Mobile. URL: http://nextgis.ru/nextgis-mobile/ (data zvernennia: 04.05.2022). **10.** Ofitsiinyi sait NPP «Slobozhanskyi». URL: http://slobozhanskyi.in.ua/ (data zvernennia: 04.05.2022). **11.** Ofitsiinyi sait proektu «Pryrodookhoronni HIS Ukrainy». SCGS. URL: https://scgis.org.ua/ (data zvernennia: 04.05.2022). **12.** Pro okhoronu nav-kolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha : Zakon Ukrainy vid 25.06.1991 r. № 1264-XII: stanom na 01 sichnia. 2022 r. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text (data zvernennia: 09.09.2022). **13.** Pro pryrodno-zapovidnyi fond Ukrainy : Zakon Ukrainy vid 16.06.1992 r. № 2457-KhII: stanom na 08 serp. 2021 r. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2456-12#Text (data zvernennia: 08.09.2022). **14.** Pro Stratehiiu staloho rozvytku Ukrainy do 2030 roku : proekt Zakonu Ukrainy vid 07.08.2018 № 9015. URL: https://ips.ligazakon.net/document/JH6YF00A?an=332 (data zvernennia: 08.09.2022). **15.** Pro topohrafo-heodezychnu i kartohrafichnu diialnist : Zakon Ukrainy vid 23.12.1998 r. № 353-XIV stanom na 20 serp. 2021 r. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/353-14#Text (data zvernennia: 09.09.2022). **16.** Pro Natsionalnu infrastrukturu heoprostorovykh danykh : proekt Zakonu Ukrainy № 7523 vid 23.01.2018. *Vidomosti verkhovnoi rady Ukrainy*. 2018. K. : Pralam. vyd-vo, 2018. 10 s. **17.** Cerednostrokovyi plan priorytetnykh dii Uriadu do 2020 roku. K. : Pralam. vyd-vo, 2017. 367 s. **18.** Tvoroshenko I. S. Heoinformatsiini systemy v zadachakh monitorynhu : konspekt lektsii z dystsypliny / Kharkiv. nats. un-t misk. hosp-va im. O. M. Beketova. Kh. : KhNUMH im. O. M. Beketova, 2017. 55 s. **19.** Shekshar Sh., Sanjey Ch. Osnovyi prostranstvennyih baz dannyih. M. : Obraz, 2004. 160 s.

---

**Hlukhonets A. O., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Morozova T. V., Candidate of Biological Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Morozov A. V., Post-graduate Student, Kobzysta O. P., Candidate of Biological Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Samoilenko I. V.** (National Transport University, Kyiv), **Stetsiuk L. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## USE OF GIS TECHNOLOGIES FOR MODERNIZATION OF MONITORING SYSTEMS OF NATURAL RESERVES FUND OF UKRAINE

**The Nature Reserve Fund (NRF) has a special environmental,**

**scientific, aesthetic, recreational value, created to preserve the natural diversity of landscapes, the gene pool of populations, maintain general ecological balance and background environmental monitoring. A modern database is being created to monitor NRF facilities. In this context, GIS technologies and geographic information support needed to create an appropriate database are of particular importance. Monitoring of NRF facilities is needed to research natural processes, observe their changes, compile environmental forecasts, development of scientifically based recommendations for improving the efficiency of land use, building systems for protection and restoration of natural resources, biota and especially valuable objects.**

**The article considers the basics of geographic information technologies and their use in the field of ecology and environmental protection. Sources of obtaining ecological information are described. The main provisions and structure of geographic information systems are given. The basic concepts of creating cartographic online services for desktops and smartphones dedicated to the visualization of the territory of protected objects, in particular, the placement of biota and other objects of interest to visitors. Methods of monitoring of protected areas with the use of GIS are analyzed and generalized.**

**The method of biota monitoring on the territory of the nature reserve fund has been improved. Information on the placement of old trees along the eco-trail "Murafska dacha" on the territory of NPP "Slobozhanskyi" was introduced using the software NextGis Mobile and Openstreetmap.**

**Provided proposals to the Ministry of Environment of Ukraine, scientists and institutions of the NRF to improve GIS and the main directions of their development of application in the protected area: access via the web to monitoring information about the objects and territories of the NRF; creation and approval of ISO standards for geoinformation processing of eco-data; creation of methodical recommendations, classifiers of attributive information for creation of the uniform database of flora, fauna and landscapes within NRF.**

***Keywords*: geoinformation technologies; nature reserve fund; ecological monitoring; ecosystems.**

**УДК 504.062:379.8** https://doi.org/10.31713/vs220225

**Громаченко К. Ю., к.с.-г.н., доцент, Яковишина М. С., ст. викладач, Вітрук Н. О., здобувач другого (магістерського) ступеня вищої освіти** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, k.y.gromachenko@nuwm.edu.ua)

# МІЖНАРОДНИЙ ДОСВІД РЕКРЕАЦІЙНОГО ВИКОРИСТАННЯ ПОРУШЕНИХ ЗЕМЕЛЬ

**В основі триєдиної концепції сталого розвитку лежить взаємозалежність трьох ключових аспектів розвитку – екологічного, економічного та соціального. Значні екологічні, економічні та соціальні проблеми виникають у районах, пов'язаних із видобутком корисних копалин, коли виснажуються родовища, а натомість залишаються порушені землі та деградовані ландшафти, зростає рівень безробіття та відбувається демографічний спад. Нині існує значний туристичний попит на огляд техногенних ландшафтів, що є наслідком привернення уваги людства до екологічних проблем. Зокрема, великою популярністю у туристів користуються порушені внаслідок людської діяльності землі з мізерною рослинністю або «бедленди». У статті зроблений аналіз досвіду Німеччини у розвитку туризму на території Нижньої Лужиці – старого промислового регіону з видобутку бурого вугілля. Сучасний образ Лужицького поозер'я як туристичного регіону заснований на трьох основних концепціях: велика кількість водойм, демонстрація промислової спадщини та зелена енергетика. Ревіталізація виснаженого гірничодобувного регіону поєднала екологічне відновлення, економічний та соціальний розвиток шляхом організації нових видів діяльності через туризм, створення робочих місць, розширення туристичної інфраструктури. Іншим яскравим світовим прикладом створення рекреаційної зони на базі техногенних ландшафтів є Сади Бутчартів у Канаді, де колишній вапняковий кар'єр перетворено на паркову зону, що нині приймає більше мільйона туристів на рік. У статті наводяться приклади успішного перетворення колишніх кар'єрів на популярні зони відпочинку та рекреації у Рівненської області, надана характеристика туристичного маршруту «Бурштинові стежки», який включає гранітний кар'єр і землі, порушені масовим незаконним видобутком бурштину. Рівненська область володіє значним природно-**

**рекреаційним потенціалом, а рекреаційно-господарська рекультивація на порушених землях у поєднанні з туристичними ресурсами матиме значний соціальний та екологічний ефект та інтенсивно стимулюватиме розвиток місцевих громад.**

***Ключові слова:*** **бедленди; порушені землі; ревіталізація; рекреація; рекреаційне природокористування; рекультивація; сталий розвиток; туризм.**

**Постановка проблеми**. Нині у сучасному світі поряд із глобальними змінами клімату загострюються й інші проблеми: екологічні, соціально-економічні та політичні. Варто підкреслити, що триєдина концепція сталого розвитку направлена на забезпечення не лише екологічної безпеки, а й економічної та соціальної справедливості, зокрема планується спрямування інвестицій на створення робочих місць, розвиток інноваційних технологій, освіту, охорону здоров'я тощо.

Ефективним інструментом для досягнення фінансової самодостатності місцевих громад, розвитку приватного підприємництва, позитивного впливу на соціальну сферу та мінімізації експлуатації природних ресурсів є туризм та рекреаційне природокористування. Адже туристична діяльність може бути одним із шляхів встановлення партнерства між державними, приватними та суспільними інтересами у природокористуванні, а також значним ресурсом наповнення місцевих бюджетів та генератором розвитку регіонів у різних напрямках, зокрема і у становленні «зеленого» іміджу, тобто активному впровадженні дружніх до довкілля технологій. За даними Всесвітньої туристичної організації ЮНВТО загальна кількість робочих місць, що прямо або опосередковано стосуються сфери туризму, становить 9 відсотків. Сфера туризму та курортів стає однією з основних галузей, що впливає на загальний стан і тенденції світової економіки.

Значні екологічні, економічні та соціальні проблеми виникають у районах, пов'язаних із видобутком корисних копалин, коли виснажуються родовища, а натомість залишаються порушені землі та деградовані ландшафти, зростає рівень безробіття та відбувається демографічний спад.

В Україні нині наявні значні масиви порушених земель, частина яких навіть являють собою справжні «місячні ландшафти» або «бедленди». Так, за офіційними даними Державного агентства лісових ресурсів України, у лісах Волинської, Житомирської та Рівненської

областей внаслідок масового незаконного видобутку бурштину пошкоджено понад 6 тис. га земель та лісових насаджень. Проте, за інформацією екологічних активістів, реальні обсяги порушених земель перевищують офіційну статистику до 6 раз [6]. Значні площі ландшафтів, деградованих в результаті видобутку корисних копалин та відведення під гірничо-промислові об'єкти, знаходяться і в інших регіонах, зокрема промислово розвинутих (Кривий Ріг, Запоріжжя, Дніпро тощо). Варто підкреслити, що внаслідок ведення військових дій в Україні, які супроводжуються вибухами, площа «бедлендів» збільшилася в кілька разів.

На даних територіях не лише необхідно провести обов'язкову рекультивацію порушених земель, а й створити належні умови для ефективного функціонування економічної та соціальної складової життя місцевих громад, що можна досягти за допомогою розвитку туризму.

У багатьох країнах нині впроваджуються державні програми з поступового перетворення старих гірничих та промислових районів на рекреаційні території та туристично привабливі об'єкти. Для України використання міжнародного досвіду у реалізації подібних проєктів є дуже важливим у вирішенні екологічних, економічних та соціальних проблем.

Актуальність даного дослідження підвищує існуюча сучасна тенденція до збільшення туристичного попиту на огляд техногенних ландшафтів, як наслідок звернення уваги людства до глобальних змін клімату та охорони довкілля. В організації більшості сучасних екскурсій все частіше простежується «екологічний мотив», оскільки на таких екскурсіях яскраво видно вплив людини на природу.

**Аналіз останніх досліджень.** Використання об'єктів гірничодобувної промисловості в туристичній та екскурсійній діяльності досліджувала Пацюк Вікторія. У її публікаціях зазначено, що екскурсії на підприємства видобувної промисловості, зокрема, в шахти, рудники, кар'єри відмічені на усіх континентах [5].

Порівняльне оцінювання доцільності застосування різних видів рекультивації на порушених землях зробили Віталіна Федонюк, Віктор Волянський та Микола Федонюк, які підкреслили високу економічну ефективність та перспективність інвестування в проєкти рекреаційно-господарської рекультивації у регіоні Полісся [7].

За результатами досліджень багатьох українських та закордонних авторів, гранітні і базальтові кар'єри у процесі рекультивації

переважно відводять під водойми та утворюють рекреаційні території. Існує ряд публікацій українських авторів, присвячених екологічним проблемам родовищ корисних копалин та їх рекультивації. Зокрема, Євген Іванов, Ірина Гусєва у своїх працях наводять приклади раціонального та екологічно орієнтованого використання відпрацьованих родовищ [3].

Закордонними вченими опубліковано ряд досліджень, присвячених міжнародному досвіду відновлення порушених земель. Мішель Деше детально описав трансформацію у Німеччині колишньої гірничоіндустріальної території з видобутку бурого вугілля на туристично привабливий регіон «Лужицький озерний край» [12].

Питання подальшого використання постмайнінгових територій та бедлендів України для туризму та рекреації, зокрема, його екологічний аспект, потребує додаткових досліджень.

**Мета дослідження:** оцінити можливості та перспективи використання земель, порушених видобутком корисних копалин, для рекреації та туризму в Україні. Для досягнення поставленої мети були окреслені **завдання**: зробити огляд екологічних проблем родовищ корисних копалин та шляхів їх вирішення; зробити огляд успішного світового досвіду використання порушених земель для рекреації та туризму; зробити аналіз потенціалу використання порушених земель Рівненської області для рекреації та туризму.

**Виклад основного матеріалу.** Матеріалом для публікації став огляд світового досвіду рекреаційно-господарської рекультивації.

При розробленні родовищ корисних копалин найбільших трансформаційних змін зазнає природне середовище: суттєво змінюється рельєф території, утворюються кар'єрні виїмки та відвали порід, порушуються ґрунтовий і рослинний покриви, змінюється рівень підземних і ґрунтових вод тощо. Видобуток вугілля відкритим способом та торфорозробки, ведуть не лише до зміни природних ландшафтів, а іноді й до їх руйнування та утворення «бедлендів». Розливи нафти і нафтопродуктів при видобутку і транспортуванні здатні знищити все живе на величезних територіях (акваторіях). Дуже погано позначається на ландшафтах, рослинному і тваринному світі створення інфраструктури, необхідної для вугле, нафто та газовидобутку.

Зазвичай, після гірничо-розвідувальних робіт на порушених землях повинна здійснюватись рекультивація. Розрізняють основні види рекультивації порушених земель: сільськогосподарська рекультивація, яка полягає у створенні на рекультивованих землях кормових і орних угідь, виноградників та садів; водогосподарська

рекультивація, яка передбачає спорудження водойм на місці вироблених кар'єрів; лісогосподарська рекультивація, під час якої відбувається насадження ґрунтозахисних та санітарно-захисних лісосмуг; рекреаційно-господарська рекультивація, що передбачає створення рекреаційних зон, парків, ставків, пляжів; будівельно-господарська, під час якої відбувається освоєння територій кар`єрів та відвалів під житлове та промислове будівництво, використання породи відвалів як будівельних матеріалів тощо; санітарно-гігієнічна рекультивація, під якою розуміють біологічну консервацію порушених земель, рекультивація яких економічно не доцільна; комбінована рекультивація, що включає поєднання різних напрямків рекультивації, наприклад, лісогосподарської або водогосподарської з рекреаційно-господарською. За оцінками експертів саме рекреаційно-господарська рекультивація у порівнянні з іншими видами рекультивації має високу інвестиційну привабливість, оскільки є найбільш рентабельною (більше 70%) – можна при мінімальних капіталовкладеннях реінтегрувати порушені видобутком землі в природне середовище та використовувати дану територію для відпочинку населення [7].

Яскравим світовим прикладом рекреаційно-господарської рекреації є Сади Бутчартів (The Butchart Gardens) у Канаді — колишній виснажений вапняковий кар'єр, який з 1909 року почали рекультивовувати під садово-парковий комплекс, а з 1920-х років набув великої популярності і його відвідали 50 000 осіб. Нині Сади Бутчартів приймають близько мільйона туристів щороку [13].

Сади Боболі в Італії та Бют Шомон у Франції – нині популярні серед туристів парки, теж у минулому були кар'єрами. Нинішній Амфітеатр із зелені – одна із частин парку Садів Боболі, що розташовується за Палацом Пітті у Флоренції, п'ятсот років тому являв собою каменоломню, з якої видобували камінь для будівництва палацу. Бют Шомон – на даний час одна з найбільших зелених зон Парижу, що має особливість вертикального перепаду 30 метрів, а у минулому це теж був вапняковий кар'єр, запаси якого вичерпались у 1850 році і 1864 року розпочались роботи по облаштуванню зони відпочинку для парижан та мешканців околиць. Тобто, ідея ландшафтного підходу щодо перетворення виснажених родовищ на парки, втілювалась у життя кілька століть тому.

Сучасним прикладом як уряд окремої країни використовує туризм для втілення ідеї триєдиної концепції сталого розвитку у реві-

талізацію старого видобувного регіону, є досвід Німеччини. «Лужицький озерний край» (нім. Lausitzer Seenland) – рукотворний ландшафт із тридцяти озер, десять з яких з'єднані судноплавними каналами, нині являє собою регіон із «зеленим» іміджем, а у минулому був великим бедлендом, що складався із мережі кар'єрів з видобутку бурого вугілля відкритим способом. Частина кар'єрів рекультивовувались через заповнення водою та створення рекреаційних зон з метою розвитку водних видів туризму. На деяких кар'єрах була проведена лісогосподарська рекультивація, встановлені вітрові електростанції та сонячні панелі [10; 12].

Досвід Лужицького озерного краю вимагає більш детального аналізу, оскільки в Україні також є значні території з ландшафтами, порушеними видобутком корисних копалин, в регіонах яких потрібно зменшити соціальну напругу, що можна досягти через залучення населення до туристичної діяльності. Таким чином, здійснити еколого-соціально-економічне оновлення регіону.

Використання земель, порушених видобутком корисних копалин, з метою рекреації та туризму є яскравим прикладом збалансованого рекреаційного природокористування. Аналіз проблем виснажених родовищ корисних копалин в Україні показав, що не на всіх кар'єрах і відвалах здійснюється рекультивація. Проте, перші кроки у ревіталізації районів з деградованими ландшафтами через туризм у Рівненській області вже зроблені. Зокрема, на Рівненщині приватними підприємцями нині розробляється проєкт щодо перетворення деградованих ландшафтів навколо Клесова на туристичний об'єкт. Так, упродовж 2020–2021 років у Клесівській ОТГ активно розвивають туристичний маршрут «Бурштинові копальні» [1; 2; 8].

На рис. 1 зображений знімок супутнику Sentinel-2 за 9 вересня 2021 року у комбінації спектральних каналів SWIR, яка відображає воду чорним кольором, рослинність у відтінках зеленого, а грунти та забудовані ділянки мають різні відтінки коричневого.

На даний знімок нами нанесено схему розміщення об'єктів показу на маршруті «Бурштинові копальні»: 1 – діючий кар'єр нерудних корисних копалин ТОВ «Технобуд», який має форму гігантського амфітеатру; 2 – «Тунель кохання» – відрізок залізничної колії від селища Клесів до селища Гранітне (дану місцевість називають «двійником» всесвітньо відомого Тунелю кохання у Клевані); 3 – зона рекреації і відпочинку «Голубе озеро Коплище» – затоплений водою колишній гранітний кар'єр, який являє собою приклад раціонального та екологічно орієнтованого використання відпрацьованих родовищ;

4 – місячні ландшафти – ділянки, що утворились в результаті незаконного видобутку бурштину; 5 – ДП «Бурштин України» – підприємство законного видобутку бурштину; 6 – зачарований ліс – ділянки лісу із деревами незвичайної форми; 7 – Клесівський дендропарк [1; 8].

Рис. 1. Схема розміщення об'єктів показу на маршруті «Бурштинові копальні», накладена на знімок супутнику Sentinel-2 за 9 вересня 2021 року [9]

Проте, варто не забувати про необхідність проведення рекультиваційних робіт деградованих видобутком бурштину ландшафтів. Оскільки, поліські регіони володіють значним рекреаційним потен-

ціалом, то замість руйнування й перетворення Полісся на «бедленд» або «місячний ландшафт», варто провести рекреаційно-господарську рекультивацію порушених земель та залучити місцеве населення до розвитку туризму та рекреаційного природокористування. Для привернення уваги до проблеми порушення земель внаслідок видобутку бурштину варто також розробляти різноманітні еколого-просвітницькі екскурсії, досить важливо правильно розставити акценти і підкреслити проблему знищення великої площі поліських біоценозів. В екскурсійній розповіді варто наголосити, що ліси – один з найважливіших компонентів біосфери, вони відіграють значну водоохоронну і водорегулюючу роль.

Туристичний маршрут «Бурштинові копальні» демонструє, як нелегальний видобуток бурштину через низьку зайнятість населення, низьку екосвідомість та брак коштів на відновлення порушених земель призвели до екологічної і техногенної катастрофи в окремих регіонах українського Полісся, у Рівненській області зокрема. Якщо зробити аналіз досвіду Німеччини, то причиною спустошення величезних площ земель на території Нижньої Лужиці після Другої світової війни в комуністичну епоху, стала надмірна експлуатація земельних ресурсів для видобутку бурого вугілля (досить неякісного палива).

Видобуток бурого вугілля від Лейпцигу до нижньої Лужиці проводився відкритим способом на загальній площі близько 120 000 га. Тому на початку 1990-х років даний регіон мав катастрофічний імідж та зосереджував усі проблеми, які зазвичай приписуються старим промисловим регіонам: деградовані ландшафти та бедленди, високий рівень безробіття, недостатня підготовка місцевого населення, демографічний спад тощо. Перед Німеччиною виникла необхідність розпочати відновлення сильно деградованого середовища в безпрецедентних масштабах. За підтримки уряду нині реалізується програма реабілітації та створення нового постгірничого культурного ландшафту – зроблені великі зусилля з відновлення лісів на великих площах, затоплення залишкових котлованів для формування озерного ландшафту, а також організації нових видів діяльності та створення робочих місць [11; 12].

На даний час новий постмайнінговий ландшафт Лужиці складається з величезних озер, що вкривають близько чверті території, та великих площ лісів. Від початку реалізації проєкту було рекультивовано понад 16 000 га (тобто 20% загальної площі, що експлуатува-

лася з XIX століття). В основному це було зроблено шляхом насадження лісів (8 тис. га), створення в залишкових котлованах озер (4300 га), перетворення в сільськогосподарські угіддя (близько 1000 га) та відведення земель під інше використання (3300 га): парки та зони відпочинку, встановлення фотоелектричних парків і вітрових електростанцій [12].

В Україні був теж розроблений пілотний проєкт з рекультивації земель лісогосподарського призначення, порушених внаслідок незаконного видобування бурштину, який схвалений Кабінетом Міністрів України постановою за N 1063 від 30 листопада 2016 р. і планувався реалізуватись у 2016–2021 рр. Проте, через відсутність законодавчо встановлених преференцій для проведення рекультивації, зазначені роботи так й не почалися [6].

Варто зазначити, що екологічна реабілітація гірничопромислових та деградованих територій передбачає використання комплексу заходів, які спрямовані не лише на відновлення довкілля, а також на економічний та соціальний розвиток місцевих громад.

У Лужиці через зникнення більшості робочих місць, задіяних у видобутку бурого вугілля, також постало питання створення нових видів економічної діяльності. Створення кількох десятків нових озер, дозволило створити передумови для розвитку туризму. З метою приваблення туристів на дану територію був побудований гоночний трек Eurospeedway Lausitz, який відкрився в серпні 2000 року для проведення змагань у американському стилі, створений ботанічний сад та стежки із зразками мінералів, видобутих у шахтах (Findlingspark), на березі озера Шлабендорф створена оригінальна природоохоронна територія (Naturlandschaft Wanninchen) з піщаних дюн і боліт з багатим біорізноманіттям [12].

Лише за кілька років даний озерний регіон став новим туристичним місцем, популяризацією та координацією якого займається туристична федерація, Tourismusverband Lausitzer Seenland. До пандемії, на кінець 2018 року, кількість зареєстрованих ночівель туристів у готелях Лужиці дорівнювала понад 793 000 [12].

Український маршрут «Бурштинові копальні» допомагає розвивати рівненський туроператор «Олександра». Поряд із маршрутом розташована дирекція Рівненського природного заповідника, на базі якого можна проводити еколого-просвітницькі екскурсії. Варто продумати цікаве облаштування екостежок за допомогою різних інтерактивних елементів та фотозон.

У Лужиці на території рекультивованих кар'єрів паралельно з втіленням проєктів з розвитку туризму та рекреації, реалізовувались програми з розвитку відновлюваної енергетики шляхом встановлення вітрових турбін, фотоелектричних парків та вирощування швидкозростаючих дерев в якості енергетичних культур. У Лужиці створений навіть туристичний маршрут «Лужицький шлях енергетичної та промислової спадщини» (Energie Route der Lausitzer Industriekultur), який пов'язаний з Європейським маршрутом промислової спадщини (ERIH) та являє собою мережу з десяти репрезентативних об'єктів з видобутку та переробки бурого вугілля для виробництва енергії. Більшість об'єктів є промисловою спадщиною, зокрема, колишні цегельні заводи (Briquetterie Louise, Energiefabrik Knappenrode), колишні електростанції (Plessa), колишній коксохімічний завод Lauchhammer Bio-Türme, який використовується як місце для різноманітних культурних заходів завдяки своїй зовнішній схожості з фортецею, та колишній конвеєрний міст шахти Klettwitz, який став «сплячою Ейфелевою вежею». Оригінальності маршруту додають діючі об'єкти, такі як нова електростанція Schwarze Pumpe на бурому вугіллі та буровий рудник Welzow, де пропонуються піші, велосипедні та позашляхові екскурсії [12].

Для збереження культурної спадщини шахтарського регіону втілюються проєкти різної тематики, які представляють як промислову та гірничу спадщину. Серед популярних туристичних об'єктів варто також назвати «орієнтир Лужицького озера» («Ростігер Нагель» або «іржавий цвях») – тридцятиметрової висоти символ, з якого відкривається панорамний вид на озерний ландшафт, та який нині є популярним місцем для велосипедистів і любителів роликів [10; 12].

На рис. 2 представлений знімок супутнику Sentinel-2 у комбінації каналів SWIR за 17 червня 2021 року, на який ми нанесли схему розміщення об'єктів показу на маршруті «Лужицький шлях енергетичної та промислової спадщини»: 1 – природоохоронна територія Naturlandschaft Wanninchen, створена на березі озера Шлабендорф; 2 – діючий кар'єр бурого вугілля Welzow; 3 – символ «Rogister Nagel»; 4 – сучасна електростанція Schwarze Pumpe; 5 – колишній цегельний завод Energiefabrik Knappenrode; 6 – гоночний трек Eurospeedway Lausitz; 7 – колишній конвеєрний міст шахти Klettwitz; 8 – ботанічний сад Findlingspark; 9 – колишній коксохімічний завод Lauchhammer Bio-Türme; 10 - колишні електростанції Plessa.

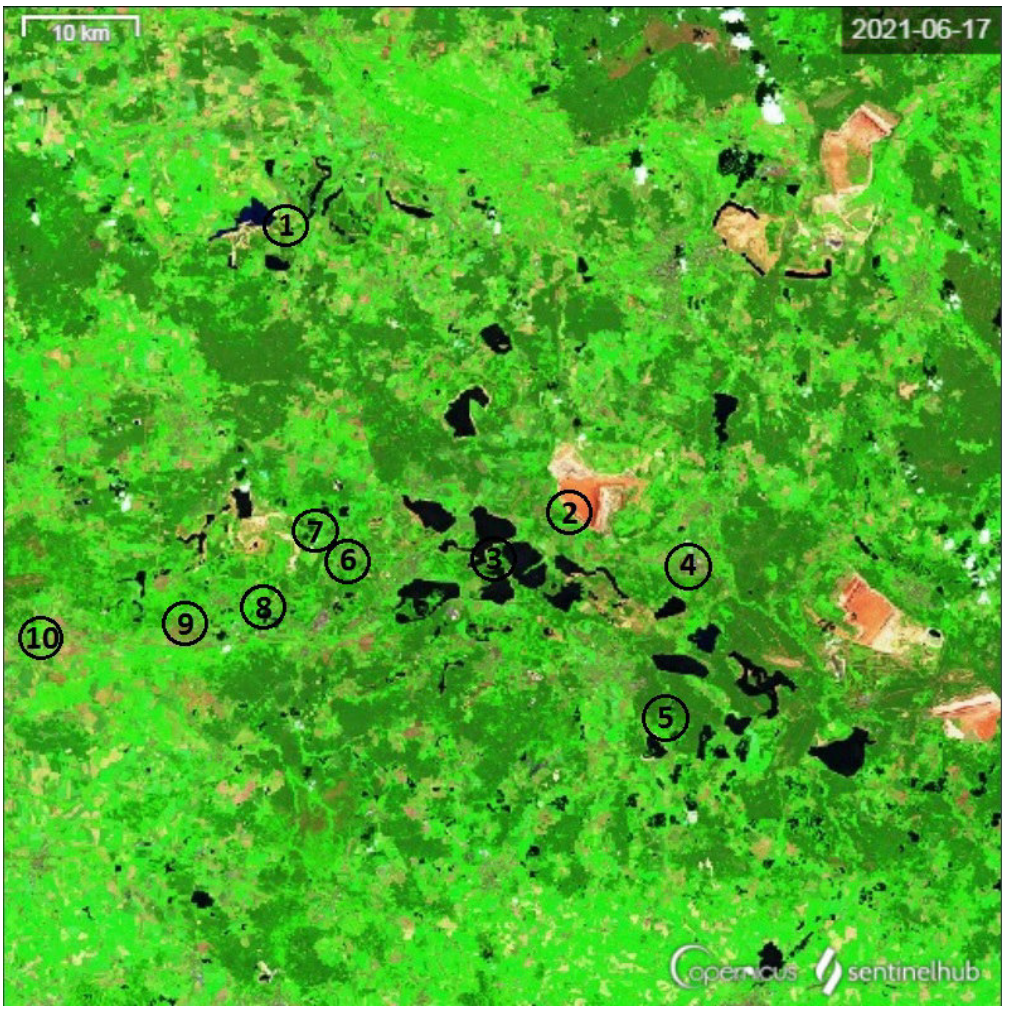



Рис. 2. Схема розміщення об'єктів на маршруті
«Лужицький шлях енергетичної та промислової спадщини», накладена на знімок супутнику Sentinel-2 за 17 червня 2021 року [9]

Отже, Нижня Лужиця перебуває у процесі створення нової ідентичності для себе як туристичного регіону, заснованого на трьох основних концепціях: значні території озер, демонстрація промислової спадщини та зелена енергетика. Саме поєднання даних трьох елементів робить згаданий регіон унікальним. Ревіталізація даного старого гірничодобувного регіону поєднала екологічне відновлення, економічний та соціальний розвиток шляхом організації нових видів діяльності, таких як туризм, створення робочих місць, розширення туристичної інфраструктури, зокрема, під'їзних шляхів до берегів озер, пристаней для яхт із готельно-ресторанними закладами тощо.

Варто зазначити, що на Рівненщині розвідано багато піщано-гравійних, 27 гранітних та 7 базальтових родовищ [3], на яких у перспективі можна провести рекреаційно-господарську рекультивацію, створити водойми, облаштувати місця відпочинку. Адже, навіть після завершення гірничих робіт кар'єри можна використовувати у господарстві та покращувати їх екологічний стан. Зокрема, у с. Хотин, що знаходиться за 9 км від Рівного, є низка колишніх кар'єрів кембрійських глин, які рекультивовано під рекреаційні водойми. Нині біля них у лісі облаштовано базу відпочинку «Партизан», для зручності рекреантів встановлено 34 альтанки. Ще одним перспективним рекреаційним об'єктом можуть стати Базальтові стовпи – нині ця локація користується значною популярністю серед туристів, проте облаштованих місць для відпочинку немає, і офіційно відпочинок може нести небезпеку.

Переймаючи досвід Лужиці, на Рівненщині варто більш інтенсивно впроваджувати відновлювальну енергетику, а для створення оригінального туристичного образу краю доречно використати нематеріальну культурну спадщину. Поліській частині Рівненської області притаманні два елементи з Національного переліку елементів нематеріальної культурної спадщини України: Традиція обряду «Водіння Куста» у селі Сварицевичі і Бортництво [4]. Для туристів також будуть привабливими традиція приготування мацика та звичай вшанування тисячолітніх дерев.

**Висновки.** Отже, Рівненська область володіючи значним природно-рекреаційним потенціалом, має всі передумови для успішного розвитку туризму та рекреації, а рекреаційно-господарська рекультивація на порушених землях у поєднанні з туристичними ресурсами матиме значний соціальний та екологічний ефект та інтенсивно стимулюватиме розвиток місцевих громад.

**1.** Бурштинові місця – для туристів. Що готують на Рівненщині і чому чекають китайців. Суспільне: новини : веб сайт. URL: https://suspilne.media/50858-burstinovi-misca-dla-turistiv-so-gotuut-na-rivnensini-i-comu-cekaut-kitajciv/ (дата звернення: 04.05.2022). **2.** Волкова Л., Яковишина М. Соціально-екологічні аспекти рекреаційного напряму рекультивації ландшафтів, порушених при видобутку корисних копалин. *Науковий процес та наукові підходи: методика та реалізація досліджень* : матеріали конференцій МЦНД (23 жовтня 2020 р., Одеса). Том 2. С. 128–129. URL: https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/mcnd/article/view/5292. (дата звернення: 04.05.2022). **3.** Іванов Є., Гусєва І. Гранітні і базальтові родовища у Рівненській області: стан розроблення та екологічні проблеми. *Тенденції та перспективи розвитку науки і освіти в умовах глобалізації* : матеріали

Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. (30 серпня 2019 р., Переяслав-Хмельницький) : зб. наук. праць. Вип. 50. С. 15–18. **4.** Національний перелік елементів нематеріальної культурної спадщини України / Український центр культурних досліджень. URL: http://uccs.org.ua/natsionalnyj-reiestr-obiektiv/ (дата звернення: 04.05.2022). **5.** Пацюк В. С. Аналіз світового досвіду розвитку індустріального туризму. *Географія та туризм.* 2010. Вип. 3. С. 39–44. **6.** Про рекультивацію порушених земель лісогосподарського призначення : пояснювальна записка до проекту Закону України. URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/GI00719A.html. (дата звернення: 04.05.2022). **7.** Федонюк В. В., Волянський В. О., Федонюк М. А. Порівняльний економічний аналіз проведення рекультивації різних видів на порушених землях. *Актуальні проблеми економіки*. 2016. № 9 (183). С. 203–212. **8.** Яковишина М. С., Вітрук Н. О. Рекреаційне природокористування на землях, порушених видобутком корисних копалин. *Освітні та наукові виміри природничих наук* : зб. матер. II Всеукр. заоч. наук. конф. (8 грудня 2021 р., Суми). С. 161–163. **9.** EO browser. URL: https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/. (дата звернення: 04.05.2022). **10.** Lausitzer Seenland. URL : https://www.lausitzerseenland.de/ (дата звернення: 04.05.2022). **11.** Life after lignite: how Lusatia has returned to nature. THE GUARDIAN : web site. URL: https://www.theguardian.com/environment/2014/sep/10/lusatia-lignite-mining-germany-lake-district. (дата звернення: 04.05.2022). **12.** Michel Deshaies. Metamorphosis of Mining Landscapes in the Lower Lusatian Lignite Basin (Germany): New uses and new image of a mining region. *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère [Online].* 2020. N 7. URL: http://journals.openedition.org/craup/4018 (дата звернення: 04.05.2022). **13.** The Butchart Gardens. URL: https://www.butchartgardens.com/ (дата звернення: 04.05.2022).

## REFERENCES:

**1.** Burshtynovi mistsia – dlia turystiv. Shcho hotuiut na Rivnenshchyni i chomu che-kaiut kytaitsiv. Suspilne: novyny : veb sait. URL: https://suspilne.media/50858-burstinovi-misca-dla-turistiv-so-gotuut-na-rivnensini-i-comu-cekaut-kitajciv/ (data zvernennia: 04.05.2022). **2.** Volkova L., Yakovyshyna M. Sotsialno-ekolohichni aspekty rekreatsiinoho napriamu rekultyvatsii landshaftiv, porushenykh pry vydobutku korysnykh kopalyn. *Naukovyi protses ta naukovi pidkhody: metodyka ta realizatsiia doslidzhen* : materialy konferentsii MTsND (23 zhovtnia 2020 r., Odesa). Tom 2. S. 128–129. URL: https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/mcnd/article/view/5292 (data zvernennia: 04.05.2022). **3.** Ivanov Ye., Husieva I. Hranitni i bazaltovi rodovyshcha u Rivnenskii oblasti: stan rozroblennia ta ekolohichni problemy. *Tendentsii ta perspektyvy rozvytku nauky i osvity v umovakh hlobalizatsii* : ma-

terialy Mizhnar. nauk.-prakt. internet-konf. (30 serpnia 2019 r., Pereiaslav-Khmelnytskyi) : zb. nauk. prats. Vyp. 50. S. 15–18. **4.** Natsionalnyi perelik elementiv nematerialnoi kulturnoi spadshchyny Ukrainy / Ukrayinskyi tsentr kulturnykh doslidzhen. URL: http://uccs.org.ua/natsionalnyj-reiestr-obiektiv/. (data zvernennia: 04.05.2022). **5.** Patsiuk V. S. Analiz svitovoho dosvidu rozvytku industrial-noho turyzmu. *Heohrafiia ta turyzm*. 2010. Vyp. 3. S. 39–44. **6.** Pro rekultyvatsiiu porushenykh zemel lisohospodarskoho pryznachennia : poiasniuvalna zapyska do proektu Zakonu Ukrainy. URL: http://search.ligazakon.ua/l_doc2.nsf/link1/GI00719A.html. (data zvernennia: 04.05.2022). **7.** Fedoniuk V. V., Volianskyi V. O., Fedoniuk M. A. Porivnialnyi ekonomichnyi analiz provedennia rekultyvatsii riznykh vydiv na porushenykh zemliakh. *Aktualni problemy ekonomiky*. 2016. № 9 (183). S. 203–212. **8.** Yakovyshyna M. S., Vitruk N. O. Rekreatsiine pryrodokorystuvannia na zemliakh, porushenykh vydobutkom korysnykh kopalyn. *Osvitni ta naukovi vymiry pryrodnychykh nauk* : zb. mater. II Vseukr. zaoch. nauk. konf. (8 hrudnia 2021 r., Sumy). S. 161–163. **9.** EO browser. URL: https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/ (data zvernennia: 04.05.2022). **10.** Lausitzer Seenland. URL : https://www.lausitzerseenland.de/ (data zvernennia: 04.05.2022). **11.** Life after lignite: how Lusatia has returned to nature. THE GUARDIAN : web site. URL: https://www.theguardian.com/environment/2014/sep/10/lusatia-lignite-mining-germany-lake-district (data zvernennia: 04.05.2022). **12.** Michel Deshaies. Metamorphosis of Mining Landscapes in the Lower Lusatian Lignite Basin (Germany): New uses and new image of a mining region. *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère [Online]*. 2020. N 7. URL: http://journals.openedition.org/craup/4018 (data zvernennia: 04.05.2022). **13.** The Butchart Gardens. URL: https://www.butchartgardens.com/ (data zvernennia: 04.05.2022).

---

**Gromachenko K. Yu., Candidate of Agricultural Sciences (Ph. D.), Associate Professor, Yakovyshyna M. S., Senior Lecturer, Vitruk N. O., Senior Student** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## INTERNATIONAL EXPERIENCE OF TOURISM AND RECREATION ORGANIZATION IN DISTURBED LANDS

**The threefold concept of sustainable development is based on the interdependence of three key aspects of development – environmental, economic and social. Significant environmental, economic and social problems arise in mining areas, when deposits are depleted and land is disturbed and landscapes degraded,**

**unemployment rises and demographics decline. Currently, there is a significant tourist demand for the review of man-made landscapes, which is a consequence of drawing human attention to environmental issues. In particular, lands with sparse vegetation or "badlands" disturbed by human activities are very popular with tourists. The article analyzes the experience of Germany in the development of tourism in the Lower Lusatia – the old industrial region for lignite mining. The modern image of the Lusatian Lake as a tourist region is based on three main concepts: a large number of reservoirs, demonstration of industrial heritage and green energy. The revitalization of the depleted mining region has combined ecological recovery, economic and social development through the organization of new activities through tourism, job creation, expansion of tourist infrastructure. Another striking example of recreational area creation based on man-made landscapes is the Butchart Gardens in Canada, where the former limestone quarry has been transformed into a park area, which now receives more than a million tourists a year. Examples of successful transformation of former quarries of Rivne region into popular recreation and recreation areas are given, a description of the tourist route "Amber Trails", which includes granite quarries and lands disturbed by mass illegal amber mining. Rivne region has significant natural and recreational potential, where recreational and economic reclamation on disturbed lands in combination with tourist resources will have a significant social and environmental effect and will intensively stimulate the development of local communities.**

***Keywords:*** **badlands; disturbed lands; revitalization; recreation; recreational nature management; reclamation; sustainable development; tourism.**

**УДК 502/504:341** https://doi.org/10.31713/vs220226

**Мороз О. Т., старший викладач, Клименко В. О., здобувач вищої освіти третього рівня** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, o.t.moroz@nuwm.edu.ua; v.o.klymenko@nuwm.edu.ua)

# МЕХАНІЗМИ ПРАВОВОГО РЕГУЛЮВАННЯ ЯК ЗАСІБ БОРОТЬБИ З НЕЗАКОННИМ ВИДОБУТКОМ БУРШТИНУ

**Сьогодні на порядку денному стоїть завдання негайного ухвалення низки кардинальних законів щодо збереження національного багатства країни – бурштину та захисту його від розграбування.**

**Механізми правового регулювання видобутку корисних копалин в Україні завжди були і є актуальними та дискусійними з наукової точки зору екологічного права. Законодавчими проблемами, які потребують державного регулювання та відповідного правового регулювання, є незаконний видобуток бурштину, який тривалий час завдав і продовжує завдавати державі значної матеріальної та екологічної шкоди.**

**Актуальність даної теми полягає в тому, що право та його дія в суспільстві є досить складною системою взаємодіючих різних правових явищ, або елементів механізму правового регулювання. Це норми права, закони та інші нормативно-правові акти, реалізація та застосування права, юридична відповідальність тощо.**

**Негативними екологічними наслідками незаконного видобутку бурштину є насамперед деградація зональних ґрунтів та підземних материнських порід, руйнування родючого гумусового елітного шару ґрунтів опідзоленого типу, кореневих систем дерев, заболочення території, зміна рівня води в ґрунті, знищення лісових ресурсів, зміна міграційних процесів фауни регіону.**

**Особи, які здійснюють контрабанду та порушують митні правила, порушують встановлений законодавством України порядок переміщення товарів і транспортних засобів через митний кордон України, завдають шкоди економіці, її культурній спадщині, здоров'ю та громадській безпеці, сприяють розширенню сектору тіньової економіки.**

**Особливої гостроти ця проблема набула у північно-західних районах Полісся, які страждають від нещадного видобутку корисних копалин, а саме бурштину.**

**Проблема виробництва бурштину складна. Вона зачіпає багато аспектів соціально-економічного, освітнього, культурного та політичного життя країни, а також ряд важливих питань природничих наук – геології, геоморфології, палеогеографії та біології, у тому числі екології регіону. Тому вона потребує комплексного вирішення на державному рівні.**

***Ключові слова:*** **бурштин; незаконний видобуток; ресурс; відповідальність.**

**Сьогодні на порядку денному стоїть завдання** невідкладного прийняття ряду кардинальних законів про збереження національного багатства країни – бурштину та захисту його від розграбування.

Відповідно до ст. 13 Конституції України земля, її надра, атмосферне повітря, водні та інші природні ресурси, які знаходяться в межах території України, природні ресурси її континентального шельфу, виключної (морської) економічної зони є об'єктами права власності Українського народу [1].

Механізми правового регулювання видобування корисних копалин в Україні завжди були й є актуальними й дискусійними на наукових теренах екологічного права. Законодавчими проблемами, що потребують державного розв'язання та відповідного правового регулювання, є незаконний (нелегальний) видобуток бурштину, внаслідок стихійного промислу якого тривалий час завдавались і продовжують завдаватись значні матеріальні й екологічні збитки державі. Тому проблеми протидії протиправному надрокористуванню як й іншим видам експлуатації природи виявляють себе серед найбільш значущих для забезпечення прогресивного суспільного розвитку.

**Актуальність даної теми** полягає в тому, що право і його дія в суспільстві – досить складна система взаємодіючих різноманітних юридичних явищ, або елементів механізму правового регулювання. Це норми права, закони і інші нормативно-правові акти, реалізація і застосування права, юридична відповідальність тощо.

Юридична відповідальність – це вид соціальної відповідальності, що полягає в застосуванні державою до правопорушника певних заходів примусу, передбачених санкціями правових норм. Загалом можна виділити дисциплінарну, цивільну, адміністративну, кримінальну відповідальність.

Юридична відповідальність нерозривно пов'язана з державою, нормами права, обов'язками і протиправними діями громадян та їх

об'єднань і юридичних осіб. Держава покладає юридичну відповідальність на суб'єктів права незалежно від їх волі й бажання. Тому ця відповідальність має державно-примусовий характер. Цим вона відрізняється від соціальної відповідальності. Основна риса юридичної відповідальності – штрафне, каральне призначення. При цьому кара – це не самоціль, а засіб перевиховання правопорушника. Поряд з каральною – юридична відповідальність виконує правовідновну функцію. Вона сприяє відновленню суб'єктивних прав особи чи законних інтересів держави.

Нелегальний видобуток бурштину та його наслідки продовжують бути болючими питаннями в соціально-економічному житті України, від яких страждає не тільки природне середовище, а й мешканці, які проживають поблизу територій, де здійснюється безпосередній видобуток цього мінералу.

Негативні екологічні наслідки нелегального видобутку бурштину це в першу чергу деградація зональних ґрунтів та підстильних материнських порід, знищення родючого гумусо-елювіального горизонту ґрунтів підзолистого типу, кореневих систем дерев, заболочення території, зміна рівня ґрунтових вод, знищення лісових ресурсів, зміна міграційних процесів фауни регіону. Найбільш гостро еколого-економічні проблеми обумовлені самовільним видобутком бурштину притаманні Рівненській, Волинській та Житомирській областям, де незаконний видобуток бурштину здійснюється кар'єрним і гідромеханічним способом.

Таким чином незаконне поводження з корисними копалинами може бути визначене з точки зору об'єктивної сторони складів злочинів, що розглядаються, як незаконне видобування корисних копалин, а так само збут, придбання, зберігання, передача, пересилання, перевезення, оброблення, утилізація, знешкодження, видалення або захоронення корисних копалин загальнодержавного значення, законність походження яких не підтверджується відповідними документами.

**Ст. 92 Конституції України встановлено**, що виключно законами України визначаються в тому числі засади цивільно-правової відповідальності; діяння, які є злочинами, адміністративними або дисциплінарними правопорушеннями, та відповідальність за них. Наведене принципове конституційне положення покладене в основу традиційного виділення наступних основних галузевих видів юридичної відповідальності: цивільно-правової, кримінальної, адміністративної та дисциплінарної. Окрім того, з огляду на різні характеристики і ас-

пекти правопорушення як підстави юридичної відповідальності, а також галузеву належність норми, за порушення якої особа має відповідати, суб'єктів, які здійснюють її в певний спосіб, розрізняють також конституційну та матеріальну відповідальність

Відповідальність за порушення екологічного законодавства – це сукупність правових засобів, встановлених законодавством (адміністративним, кримінальним, цивільним, трудовим, фінансовим тощо), які застосовуються у випадках порушення вимог охорони довкілля та екологічної безпеки населення, умов та режиму використання природних ресурсів, заподіяння шкоди навколишньому природному середовищу.

Згідно зі статтею 68 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» є такі види порушень, за які несуть відповідальність винні особи [2]:

порушення прав громадян на екологічно безпечне навколишнє природне середовище;

порушення норм екологічної безпеки;

порушенні вимог законодавства про оцінку впливу на довкілля, у тому числі поданні завідомо неправдивого звіту з оцінки впливу на довкілля чи висновку з оцінки впливу на довкілля;

неврахуванні у встановленому порядку результатів оцінки впливу на довкілля та невиконанні екологічних умов, визначених у висновку з оцінки впливу на довкілля;

порушення екологічних вимог при проектуванні, розміщенні, будівництві, реконструкції, введенні в дію, експлуатації та ліквідації підприємств, споруд, пересувних засобів та інших об'єктів;

допущення наднормативних, аварійних і залпових викидів і скидів забруднюючих речовин та інших шкідливих впливів на навколишнє природне середовище;

перевищення лімітів та порушення інших вимог використання природних ресурсів;

самовільне спеціальне використання природних ресурсів;

невжиття заходів щодо попередження та ліквідації екологічних наслідків аварій та іншого шкідливого впливу на навколишнє природне середовище;

невиконання розпоряджень органів, які здійснюють державний контроль у галузі охорони навколишнього природного середовища, та вчинення опору їх представникам;

порушення природоохоронних вимог при зберіганні, транспортуванні, використанні, знешкодженні та захороненні хімічних засобів захисту рослин, мінеральних добрив, токсичних радіоактивних речовин та відходів;

невиконання вимог охорони територій та об'єктів природно-заповідного фонду та інших територій, що підлягають особливій охороні, видів тварин і рослин, занесених до Червоної книги України;

відмова від надання своєчасної, повної та достовірної інформації про стан навколишнього природного середовища, а також про джерела забруднення, у приховуванні випадків аварійного забруднення навколишнього природного середовища або фальсифікації відомостей про стан екологічної обстановки чи захворюваності населення;

приниження честі і гідності працівників, які здійснюють контроль у галузі охорони навколишнього природного середовища, посягання на їх життя і здоров'я;

порушення природоохоронних вимог під час провадження діяльності, пов'язаної з поводженням із генетично модифікованими організмами;

порушенні вимог законодавства України при здійсненні стратегічної екологічної оцінки.

Законодавством України може бути встановлено відповідальність і за інші його порушення.

Застосування заходів дисциплінарної, адміністративної або кримінальної відповідальності не звільняє винних від компенсації шкоди, заподіяної забрудненням довкілля та погіршенням якості природних ресурсів. У разі, якщо на порушника накладається адміністративний штраф, – це не означає, що вже не будуть нараховуватися збитки за шкоду довкіллю.

Також види порушень, за які несуть відповідальність винні особи визначенні природоохоронним законодавством:

Кодекс України «Про надра» Стаття 65. Відповідальність за порушення законодавства про надра [3];

Земельний кодекс України Стаття 211. Відповідальність за порушення земельного законодавства [4];

Водний кодекс України Стаття 110. Відповідальність за порушення водного законодавства [5];

Лісовий кодекс України Стаття 105. Відповідальність за порушення лісового законодавства [6].

Цивільно-правова відповідальність – це встановлені законом юридичні наслідки за невиконання або неналежне виконання особою обов'язків, зобов'язань, що пов'язані з порушенням суб'єктивних цивільних прав другої сторони. Захист цивільних прав здійснюється в установленому порядку загальним судом, арбітражним або третейським судом. Мета цивільно-правової відповідальності – відновлення порушених майнових прав [7].

Цивільно-правовий проступок – правопорушення, вчинене у сфері майнових і певних немайнових відносин, що регулюються цивільним, трудовим, сімейним, фінансовим, екологічним та іншими галузями права.

Цивільно-правова відповідальність полягає у застосуванні до правопорушника (боржника) в інтересах другої сторони (кредитора) або держави установлених законом або договором правових заходів впливу, що несе для нього негативні, економічно невигідні наслідки майнового характеру, а саме: відшкодування збитків; виплата неустойки (штраф, пеня); відшкодування шкоди; виконання основних обов'язків.

Цивільно-правова відповідальність застосовується за порушення майнових прав суб'єктів земельних правовідносин. Вона полягає у настанні несприятливих для порушника наслідків, які передбачені договором або законом та задоволенню інтересів потерпілої сторони. Так у статті 210 ЗК України встановлено, що угоди, укладені із порушенням встановленого законом порядку купівлі-продажу, ренти, дарування, застави, обміну земельних ділянок, визнаються недійсними за рішенням суду. Тобто зазначена стаття відсилає до норм цивільного права, правил укладання договорів, правових наслідків та відповідальності за порушення встановленого законом порядку.

Стаття 156 ЗК України [7] встановлює, що власникам землі та землекористувачам відшкодовуються збитки, заподіяні внаслідок:

а) вилучення (викупу) сільськогосподарських угідь, лісових земель та чагарників для потреб, не пов'язаних із сільськогосподарським і лісогосподарським виробництвом;

б) тимчасового зайняття сільськогосподарських угідь, лісових земель та чагарників для інших видів використання;

в) встановлення обмежень щодо використання земельних ділянок;

г) погіршення якості ґрунтового покриву та інших корисних властивостей сільськогосподарських угідь, лісових земель та чагарників;

ґ) приведення сільськогосподарських угідь, лісових земель та чагарників у непридатний для використання стан;

д) неодержання доходів за час тимчасового невикористання земельної ділянки;

е) використання земельних ділянок для потреб нафтогазової галузі;

є) використання земельних ділянок для потреб надрокористування з метою дослідно-промислової розробки родовищ бурштину, інших корисних копалин загальнодержавного значення та/або видобування бурштину, інших корисних копалин загальнодержавного значення.

Статтею 1166 Цивільного кодексу України «Загальні підстави відповідальності за завдану майнову шкоду» визначено:

1. Майнова шкода, завдана неправомірними рішеннями, діями чи бездіяльністю особистим немайновим правам фізичної або юридичної особи, а також шкода, завдана майну фізичної або юридичної особи, відшкодовується в повному обсязі особою, яка її завдала.

2. Особа, яка завдала шкоди, звільняється від її відшкодування, якщо вона доведе, що шкоди завдано не з її вини.

3. Шкода, завдана каліцтвом, іншим ушкодженням здоров'я або смертю фізичної особи внаслідок непереборної сили, відшкодовується у випадках, встановлених законом.

4. Шкода, завдана правомірними діями, відшкодовується у випадках, встановлених цим Кодексом та іншим законом.

Відповідно до статті 23 Цивільного кодексу України особа має право на відшкодування моральної шкоди, завданої внаслідок порушення її прав.

Стаття 1167. Цивільного кодексу України «Підстави відповідальності за завдану моральну шкоду» визначено: «Моральна шкода, завдана фізичній або юридичній особі неправомірними рішеннями, діями чи бездіяльністю, відшкодовується особою, яка її завдала, за наявності її вини, крім випадків, встановлених частиною другою цієї статті» [7].

Адміністративна відповідальність являє собою оперативний засіб впливу на правопорушників, які допускають суспільно шкідливі вчинки у галузі використання природних об'єктів та їх ресурсів, охорони навколишнього природного середовища і забезпечення еколо-

гічної безпеки. Підставою для виникнення адміністративної відповідальності у сфері охорони навколишнього природнього середовища є адміністративне правопорушення. Під ним слід розуміти винну, протиправну дію (або бездіяльність), яка порушує встановлений порядок охорони навколишнього природного середовища, використання природних ресурсів, завдає шкоди здоров'ю людини та довкіллю і за яку законом передбачено адміністративну відповідальність.

З урахуванням характеру вчиненого правопорушення та особи правопорушника до зазначених осіб можуть бути застосовані заходи впливу, передбачені ст. 24-1 КУпАП: попередження; штраф; оплатне вилучення предмета, який став знаряддям вчинення правопорушення; конфіскація предмета, який став знаряддям вчинення правопорушення; позбавлення спеціального права (до 3 років); виправні роботи (до 2-х місяців, 20% від зарплати); адміністративний арешт (до 15 діб).

Суб'єктами є громадяни та/або посадові особи.

Кодекс України про адміністративні правопорушення встановлює відповідальність як протидію протиправному надрокористуванню за наступні правопорушення [8]:

Глава 6 Адміністративні правопорушення, що посягають на власність

Порушення права державної власності на надра (стаття 47);

Самовільне користування надрами, укладення угод, які в прямій чи прихованій формі порушують право власності на надра.

Порушення права державної власності на води (стаття 48);

Самовільне захоплення водних об'єктів або самовільне водокористування, переуступка права водокористування, а також укладення інших угод, які в прямій чи прихованій формі порушують право державної власності на води.

Порушення права державної власності на ліси (стаття 49);

Самовільна переуступка права лісокористування, а також укладення інших угод, які в прямій чи прихованій формі порушують право державної власності на ліси.

Порушення права державної власності на тваринний світ (стаття 50);

Глава 7 Адміністративні правопорушення у сфері охорони природи, використання природних ресурсів, охорони культурної спадщини:

псування сільськогосподарських та інших земель, забруднення їх хімічними і радіоактивними речовинами, нафтою та нафтопродуктами, неочищеними стічними водами, виробничими та іншими відходами, а так само невжиття заходів по боротьбі з бур'янами (стаття 52);

використання земель не за цільовим призначенням, невиконання природоохоронного режиму використання земель, розміщення, проектування, будівництво, введення в дію об'єктів, які негативно впливають на стан земель, неправильна експлуатація, знищення або пошкодження протиерозійних гідротехнічних споруд, захисних лісонасаджень (стаття 53);

самовільне зайняття земельної ділянки (стаття 53-1);

перекручення даних державного земельного кадастру, а також приховування інформації про стан земель, розміри, кількість земельних ділянок, наявність земель запасу або резервного фонду (стаття 53-2);

зняття та перенесення ґрунтового покриву земельних ділянок без спеціального дозволу, а також невиконання умов зняття, збереження і використання родючого шару ґрунту (стаття 53-3);

незаконне заволодіння ґрунтовим покривом (поверхневим шаром) земель (стаття 53-4);

порушення посадовою особою Ради міністрів Автономної Республіки Крим, органу виконавчої влади або органу місцевого самоврядування встановленого законодавством строку погодження (відмови у погодженні) документації із землеустрою (стаття 53-5);

порушення встановлених законом строків внесення відомостей до Державного земельного кадастру, надання таких відомостей, вимагання не передбачених законом документів для внесення відомостей до Державного земельного кадастру та для надання таких відомостей (стаття 53-6);

порушення строків повернення тимчасово зайнятих земель або невиконання обов'язків щодо приведення їх у стан, придатний для використання за призначенням;

непроведення рекультивації порушених земель (стаття 54);

відхилення від затверджених в установленому порядку проектів землеустрою;

використання земельних ділянок сільськогосподарського призначення для ведення товарного сільськогосподарського виробництва без затверджених у випадках, визначених законом, проектів

землеустрою, що забезпечують еколого-економічне обґрунтування сівозміни та впорядкування угідь (стаття 55);

знищення громадянами межових знаків меж землекористувань (стаття 56);

Порушення вимог щодо охорони надр (стаття 57);

Порушення вимог щодо видобутку корисних копалин (стаття 58);

Порушення правил охорони водних ресурсів (стаття 59);

Порушення правил водокористування. Забір води з порушенням планів водокористування, самовільне проведення гідротехнічних робіт, безгосподарне використання води (добутої або відведеної з водних об'єктів), порушення правил ведення первинного обліку кількості вод, що забираються з водних об'єктів і скидаються до них, та визначення якості вод, що скидаються (стаття 60);

Незаконне використання земель державного лісового фонду (стаття 63);

Незаконна порубка, пошкодження та знищення лісових культур і молодняка. Незаконна порубка і пошкодження дерев або чагарників; перевезення, зберігання незаконно зрубаних дерев або чагарників; знищення або пошкодження лісових культур, сіянців або саджанців у лісових розсадниках і на плантаціях, а також молодняка природного походження і самосіву на площах, призначених під лісовідновлення (стаття 65);

Знищення або пошкодження полезахисних лісових смуг та захисних лісових насаджень. Знищення або пошкодження полезахисних лісових смуг, захисних лісових насаджень вздовж берегів річок, каналів, навколо водних об'єктів, гідротехнічних споруд, на смугах відводу автомобільних доріг, залізниць та інших захисних лісових насаджень – (стаття 651);

Пошкодження сінокосів і пасовищних угідь на землях державного лісового фонду (стаття 69);

Засмічення лісів відходами (стаття 73);

Знищення або пошкодження лісоосушувальних канав, дренажних систем і шляхів на землях державного лісового фонду (стаття 74);

Знищення або пошкодження відмежувальних знаків у лісах (стаття 75);

Порушення вимог пожежної безпеки в лісах (стаття 77);

Порушення законодавства про захист рослин (стаття 81);

Порушення вимог щодо охорони середовища перебування і шляхів міграції, переселення, акліматизації та схрещування диких тварин (стаття 87);

Порушення правил охорони та використання територій та об'єктів природно-заповідного фонду (стаття 91);

Перевищення лімітів та нормативів використання природних ресурсів (стаття 91);

Порушення вимог законодавства про охорону культурної спадщини (стаття 92).

Кримінальна відповідальність настає за вчинення кримінального правопорушення (кримінального проступку або злочину) передбачених кримінальним кодексом і є найбільш суровим видом юридичної відповідальності. Особа може каратися штрафом, позбавленням права обіймати певні посади чи займатися певною діяльністю, обмеженням волі або позбавленням волі. За порушення норм природоохоронного законодавства кримінальна відповідальність передбачена розділом VIII Кримінального кодексу України – Злочини проти довкілля – і містить покарання за наступні правопорушення [9]:

Розділ VIII. Злочини проти довкілля.

Стаття 236. Порушення правил екологічної безпеки.

Стаття 237. Невжиття заходів щодо ліквідації наслідків екологічного забруднення.

Стаття 238. Приховування або перекручення відомостей про екологічний стан або захворюваність населення.

Стаття 239. Забруднення або псування земель.

Забруднення або псування земель речовинами, відходами чи іншими матеріалами, шкідливими для життя, здоров'я людей або довкілля, внаслідок порушення спеціальних правил, якщо це створило небезпеку для життя, здоров'я людей чи довкілля.

Стаття 239-1. Незаконне заволодіння ґрунтовим покривом (поверхневим шаром) земель.

Незаконне заволодіння ґрунтовим покривом (поверхневим шаром) земель, якщо це створило небезпеку для життя, здоров'я людей чи для довкілля.

Стаття 239-2. Незаконне заволодіння землями водного фонду в особливо великих розмірах.

Стаття 240. Порушення правил охорони або використання надр.

Порушення встановлених правил охорони надр, якщо це створило небезпеку для життя, здоров'я людей чи довкілля.

Стаття 241. Забруднення атмосферного повітря.

Стаття 242. Порушення правил охорони вод.

Стаття 243. Забруднення моря.

Стаття 244. Порушення законодавства про континентальний шельф України.

Стаття 245. Знищення або пошкодження об'єктів рослинного світу.

Стаття 246. Незаконна порубка лісу.

Стаття 247. Порушення законодавства про захист рослин.

Стаття 248. Незаконне полювання.

Стаття 249. Незаконне зайняття рибним, звіриним або іншим водним добувним промислом.

Стаття 250. Проведення вибухових робіт з порушенням правил охорони рибних запасів.

Стаття 251. Порушення ветеринарних правил.

Стаття 252. Умисне знищення або пошкодження територій, взятих під охорону держави, та об'єктів природно-заповідного фонду.

Стаття 253. Проектування чи експлуатація споруд без систем захисту довкілля.

Стаття 254. Безгосподарське використання земель:

1. Безгосподарське використання земель, якщо це спричинило тривале зниження або втрату їх родючості, виведення земель з сільськогосподарського обороту, змивання гумусного шару, порушення структури ґрунту, – карається штрафом до двохсот п'ятдесяти неоподатковуваних мінімумів доходів громадян або обмеженням волі на строк до двох років, з позбавленням права обіймати певні посади або займатися певною діяльністю на строк до трьох років або без такого.

2. Умисне ухилення від обов'язкової рекультивації земель, порушених внаслідок дослідно-промислової розробки родовищ бурштину чи видобування бурштину на підставі спеціального дозволу на користування надрами, що заподіяло істотну шкоду, - карається штрафом від семи тисяч до десяти тисяч неоподатковуваних мінімумів доходів громадян або обмеженням волі на строк до трьох років, або позбавленням волі на той самий строк, з позбавленням права обіймати певні посади чи займатися певною діяльністю на строк до трьох років.

3. Дії, передбачені частиною другою цієї статті, вчинені повторно або за попередньою змовою групою осіб, – караються обмеженням волі на строк від трьох до п'яти років або позбавленням волі на

той самий строк, з позбавленням права обіймати певні посади чи займатися певною діяльністю на строк до трьох років.

4. Дії, передбачені частиною другою або третьою цієї статті, якщо вони спричинили тяжкі наслідки, - караються позбавленням волі на строк від п'яти до семи років з позбавленням права обіймати певні посади чи займатися певною діяльністю на строк до трьох років.

У цій статті істотною шкодою вважається така шкода, яка у двісті п'ятдесят і більше разів перевищує установлений законодавством неоподатковуваний мінімум доходів громадян. Тяжкими наслідками вважаються такі наслідки, які у тисячу і більше разів перевищують установлений законодавством неоподатковуваний мінімум доходів громадян.

Стаття 254 із змінами, внесеними згідно із Законом № 270-VI від 15.04.2008; в редакції Закону № 402-IX від 19.12.2019.

Кодекс доповнено статтею 240-1 згідно із Законом № 402-IX від 19.12.2019.

Стаття 240-1. Незаконне видобування, збут, придбання, передача, пересилання, перевезення, переробка бурштину:

1. Незаконне видобування бурштину, а так само збут, придбання, зберігання, передача, пересилання, перевезення, переробка бурштину, законність походження якого не підтверджується відповідними документами, – караються штрафом від трьох тисяч до десяти тисяч неоподатковуваних мінімумів доходів громадян або обмеженням волі на строк від двох до трьох років, або позбавленням волі на той самий строк.

2. Ті самі дії, якщо вони вчинені повторно або у значних розмірах, або на територіях чи об'єктах природно-заповідного фонду, – караються позбавленням волі на строк від чотирьох до семи років з конфіскацією майна.

3. Дії, передбачені частиною першою цієї статті, вчинені службовою особою шляхом використання свого службового становища, – караються позбавленням волі на строк від п'яти до восьми років з конфіскацією майна.

Під значним розміром у цій статті слід розуміти вартість бурштину, що у сто і більше разів перевищує неоподатковуваний мінімум доходів громадян.

Кодекс доповнено статтею 240-1 згідно із Законом № 402-IX від 19.12.2019.

Кримінальний кодекс України (ст. 206) визначає протидію законній господарській діяльності, як припинення господарської дія-

льності, обмеження господарської діяльності, укладення угоди чи невиконання укладеної угоди, що може заподіяти матеріальну шкоду.

Стаття 206. Протидія законній господарській діяльності:

1. Протидія законній господарській діяльності, тобто протиправна вимога припинити займатися господарською діяльністю чи обмежити її, укласти угоду або не виконувати укладену угоду, виконання (невиконання) якої може заподіяти матеріальної шкоди або обмежити законні права чи інтереси того, хто займається господарською діяльністю, поєднана з погрозою насильства над потерпілим або близькими йому особами, пошкодження чи знищення їхнього майна або захоплення цілісного майнового комплексу, його частини, будівель, споруд, земельної ділянки, об'єктів будівництва, інших об'єктів та незаконне припинення або обмеження діяльності на цих об'єктах та обмеження доступу до них за відсутності ознак вимагання, – караються штрафом від десяти тисяч до п'ятнадцяти тисяч неоподатковуваних мінімумів доходів громадян з позбавленням права обіймати певні посади або займатися певною діяльністю на строк до трьох років або без такого.

2. Ті самі дії, вчинені повторно, або за попередньою змовою групою осіб, або з погрозою вбивства чи заподіяння тяжких тілесних ушкоджень, або поєднані з насильством, що не є небезпечним для життя і здоров'я, або з пошкодженням чи знищенням майна, - караються штрафом від п'ятнадцяти тисяч до двадцяти п'яти тисяч неоподатковуваних мінімумів доходів громадян або обмеженням волі на строк від трьох до п'яти років, або позбавленням волі на строк від трьох до шести років, з позбавленням права обіймати певні посади або займатися певною діяльністю на строк від двох до чотирьох років або без такого.

3. Протидія законній господарській діяльності, вчинена організованою групою, або службовою особою з використанням службового становища, або поєднана з насильством, небезпечним для життя чи здоров'я, або така, що заподіяла велику шкоду чи спричинила інші тяжкі наслідки, – караються позбавленням волі на строк від шести до десяти років з позбавленням права обіймати певні посади або займатися певною діяльністю на строк від трьох до п'яти років або без такого та з конфіскацією майна.

Матеріальна шкода вважається великою, якщо вона у п'ятсот і більше разів перевищує неоподатковуваний мінімум доходів громадян.

Стаття 206 із змінами, внесеними згідно із Законами № 4025-VI від 15.11.2011, № 1666-VIII від 06.10.2016; в редакції Закону № 402-IX від 19.12.2019.

Господарською діяльністю є будь-яка діяльність, у т. ч. підприємницька, діяльність юридичних осіб, а також фізичних осіб – суб'єктів підприємницької діяльності, пов'язана з виробництвом (виготовленням) продукції, торгівлею, наданням послуг, виконанням робіт. Господарська діяльність може здійснюватися з метою одержання прибутку (комерційна господарська діяльність) або без такої мети (некомерційна господарська діяльність).

Стаття 206 охороняє лише господарську діяльність, яка має законний характер. Тому висунення вимог про припинення діяльності, якою потерпілий відповідно до закону не може і не повинен займатись (наприклад, про припинення діяльності, яка може здійснюватися лише за наявності ліцензії, за відсутності її у потерпілої особи) не утворює складу даного злочину.

Вимога припинити господарську діяльність може, зокрема, полягати у пропозиції: ліквідувати юридичну особу, діяльність якої контролює (або ж на діяльність якої істотно впливає) потерпілий; продати (передати) її іншим особам; подати до відповідного органу заяву про анулювання реєстрації потерпілого як індивідуального підприємця. Цим поняттям охоплюється також вимога перестати здійснювати господарську діяльність. Форма вимоги, а також час припинення такої діяльності.

Бурштин видобувають через попит на іноземних ринках, куди нелегально видобутий бурштин може потрапити лише у вигляді контрабанди, або у вигляді готових виробів, які легалізуються темносірою схемою під документи про ніби-то завезений легально з Прибалтики бурштин.

Особи, що вчинюють контрабанду та порушують митні правила, посягають на встановлений законодавством України порядок переміщення товарів і транспортних засобів через митний кордон України, внаслідок чого завдають шкоду економіці держави, її культурній спадщині, здоров'ю населення та громадській безпеці, сприяють розширенню тіньового сектора економіки.

Основним безпосереднім об'єктом злочину є встановлений порядок переміщення відповідних предметів через митний кордон Ук-

раїни, який є необхідною умовою нормальної діяльності митних органів по стягненню передбачених законодавством платежів, здійсненню митного контролю і митного оформлення предметів.

Стаття 201. Контрабанда:

1. Контрабанда, тобто переміщення через митний кордон України поза митним контролем або з приховуванням від митного контролю культурних цінностей, отруйних, сильнодіючих, вибухових речовин, радіоактивних матеріалів, зброї або боєприпасів (крім гладкоствольної мисливської зброї або бойових припасів до неї), частин вогнепальної нарізної зброї, а також спеціальних технічних засобів негласного отримання інформації, – карається позбавленням волі на строк від трьох до семи років.

2. Та сама дія, вчинена за попередньою змовою групою осіб або особою, раніше судимою за злочин, передбачений цією статтею, або службовою особою з використанням службового становища, – карається позбавленням волі на строк від п'яти до дванадцяти років з конфіскацією майна.

**Сучасний стан навколишнього природнього** середовища характеризується величезними масштабами змін ландшафтів. Особливо гостро ця проблема постала в північно-західних районах Полісся, які потерпають від нещадного видобування корисних копалин, а саме бурштину. Самовільне видобування бурштину заподіює непоправну шкоду економіці України та природі регіону, зокрема спричиняє порушення структури рельєфу і природних ландшафтів, погіршує екологічний стан ґрунтів, призводить до негативних змін у режимі поверхневих і підземних вод та до знищення лісів. Проблема видобутку бурштину комплексна. Вона торкається багатьох аспектів соціально-економічного, освітнього, культурного й політичного життя країни, а також низки важливих питань природознавчих наук – геології, геоморфології, палеогеографії і біології, у тому числі екології регіону. Тому вона потребує комплексного вирішення на державному рівні.

**1.** Конституція України : від 28.06.1996 р. № 254к/96-ВР : станом на 1 січ. 2020 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254к/96-вр#Text (дата звернення: 10.04.2022). **2.** Про охорону навколишнього природного середовища : Закон України від 25.06.1991 р. № 1264-XII : станом на 1 січ. 2022 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text (дата звернення: 10.04.2022). **3.** Про надра : Кодекс України від 27.07.1994 р. № 132/94-ВР : станом на 15 січ. 2022 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-

вр#Text (дата звернення: 14.04.2022). **4.** Земельний кодекс України : Кодекс України від 25.10.2001 р. № 2768-III : станом на 7 квіт. 2022 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text (дата звернення: 03.05.2022). **5.** Водний кодекс України : Кодекс України від 06.06.1995 р. № 213/95-ВР : станом на 1 січ. 2022 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр#Text (дата звернення: 03.05.2022). **6.** Лісовий кодекс України : Кодекс України від 21.01.1994 р. № 3852-XII : станом на 1 січ. 2022 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text (дата звернення: 20.04.2022). **7.** Цивільний кодекс України : Кодекс України від 16.01.2003 р. № 435-IV : станом на 27 квіт. 2022 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435-15#Text (дата звернення: 18.04.2022). **8.** Кодекс України про адміністративні правопорушення (статті 1 - 212-24) : Кодекс України від 07.12.1984 р. № 8073-X : станом на 27 квіт. 2022 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/80731-10#Text (дата звернення: 01.05.2022). **9.** Кримінальний кодекс України : Кодекс України від 05.04.2001 р. № 2341-III : станом на 23 квіт. 2022 р. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14#Text (дата звернення: 20.04.2022).

## REFERENCES:

**1.** Konstytutsiia Ukrainy : vid 28.06.1996 r. № 254k/96-VR : stanom na 1 sich. 2020 r. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254k/96-vr#Text (data zvernennia: 10.04.2022). **2.** Pro okhoronu navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha : Zakon Ukrainy vid 25.06.1991 r. № 1264-XII : stanom na 1 sich. 2022 r. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text (data zvernennia: 10.04.2022). **3.** Pro nadra : Kodeks Ukrainy vid 27.07.1994 r. № 132/94-VR : stanom na 15 sich. 2022 r. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/132/94-vr#Text (data zvernennia: 14.04.2022). **4.** Zemelnyi kodeks Ukrainy : Kodeks Ukrainy vid 25.10.2001 r. № 2768-III : stanom na 7 kvit. 2022 r. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text (data zvernennia: 03.05.2022). **5.** Vodnyi kodeks Ukrainy : Kodeks Ukrainy vid 06.06.1995 r. № 213/95-VR : stanom na 1 sich. 2022 r. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-vr#Text (data zvernennia: 03.05.2022). **6.** Lisovyi kodeks Ukrainy : Kodeks Ukrainy vid 21.01.1994 r. № 3852-XII : stanom na 1 sich. 2022 r. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text (data zvernennia: 20.04.2022). **7.** Tsyvilnyi kodeks Ukrainy : Kodeks Ukrainy vid 16.01.2003 r. № 435-IV : stanom na 27 kvit. 2022 r. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435-15#Text (data zvernennia: 18.04.2022). **8.** Kodeks Ukrainy pro administratyvni pravoporushennia (statti 1

- 212-24) : Kodeks Ukrainy vid 07.12.1984 r. № 8073-X : stanom na 27 kvit. 2022 r. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/80731-10#Text (data zvernennia: 01.05.2022). **9.** Kryminalnyi kodeks Ukrainy : Kodeks Ukrainy vid 05.04.2001 r. № 2341-III : stanom na 23 kvit. 2022 r. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14#Text (data zvernennia: 20.04.2022).

---

**Moroz O. T., Senior Lecturer, Klymenko V. O., Post-graduate Student**
(National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## MECHANISMS OF LEGAL REGULATION AS A MEANS OF COMBATING ILLEGAL MINING OF AMBER

**Today the agenda is the task of immediate adoption of a number of cardinal laws on the preservation of the national wealth of the country – amber and its protection from looting.**

**Mechanisms of legal regulation of mining of mineral resources in Ukraine have always been and are topical and controversial on scientific terms of environmental law. Legislative problems that require state regulation and appropriate legal regulation are illegal (illegal) extraction of amber, which has long been and continues to cause significant material and ecological damage to the state.**

**The relevance of this topic lies in the fact that the law and its action in society is rather complex system of interacting various legal phenomena, or elements of the mechanism of legal regulation. These are norms of law, laws and other normative-legal acts, realization and application of the law, legal responsibility, etc.**

**The negative ecological consequences of illegal extraction of amber are primarily degradation of zonal soils and subsurface mother rocks, destruction of fertile humus elite layer of soils of the sub-ash type, root systems of trees, waterlogging of the territory, change of soil water level, destruction of forest resources, change of migration processes of the region's fauna.**

**Persons who smuggling and violate customs rules, violate the procedure established by the legislation of Ukraine for the movement of goods and vehicles through the customs border of Ukraine, causing damage to the economy, its cultural heritage, public health and public safety, and contribute to the expansion of the shadow economy sector.**

**This problem has become particularly acute in the north-western areas of Polissya, which suffer from the merciless extraction of minerals, namely amber.**

**The problem of producing amber is complex. It touches on many aspects of socio-economic, educational, cultural and political life of the country, as well as a number of important questions of natural sciences – geology, geomorphology, paleogeography and biology, including ecology of the region. Therefore, it needs a comprehensive solution at the state level.**

***Keywords:*** **Amber; illegal mining; resource; responsibility.**

**УДК 631.433.53** https://doi.org/10.31713/vs220227

**Морозова Т. В., к.б.н., доцент** (Національний транспортний університет, м. Київ), **Ліхо О. А., к.с.-г.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, tetiana.morozova@ukr.net)

## ЕМІСІЯ $CO_2$ З ҐРУНТІВ ПІД ЕНЕРГЕТИЧНИМИ КУЛЬТУРАМИ

**Глобальне потепління як одна з найважливіших екологічних проблем сьогодення, саме тому вивчення впливу будь-яких чинників на відтік $CO_2$ є важливим завданням. Незважаючи на численні дослідження, ефект від вирощування енергетичних культур на виділення $CO_2$ з ґрунтів залишається нез'ясованим.**

**У статті подано результати дослідження інтенсивності «дихання» ґрунтів під енергетичними культурами за різних систем удобрення. Показано, що відмінності емісії вуглекислого газу з ґрунту під різними енергетичними культурами залежали від температури, вологості, вмісту в них органічної речовини та особливостей обробітку. Відмічено інтенсифікацію даного процесу після оранки.**

**Відмічено сезонну динаміку потенційної спроможності ґрунту до продукування $CO_2$ за однакових умов вологості та температури з максимумом у липні та поступовим згасанням до осені. Визначено, що денні коливання інтенсивності виділенні $CO_2$ 5–10% від середньодобового рівня. Встановлено зниження емісії $CO_2$ у червні з подальшим збільшенням у липні, що може обумовлюватися спекотними умовами, що спричиняло пригнічуючий вплив на ріст і розвиток ґрунтової мікробіоти.**

**Досліджено вплив культури, що вирощується на динаміку показника виділення $CO_2$. За рахунок кореневого дихання сумарний потік $CO_2$ з поверхні ґрунту збільшується в середньому у 1,2–6 разів при вирощуванні енергетичних культур, що свідчить про відмінності метаболічних процесів. Система удобрення впливає на продукування $CO_2$ ґрунтом і значною мірою, залежить від погодних умов. Сприятливі гідротермічні умови активізують діяльність ґрунтової мікрофлори орного шару ґрунту.**

**Загалом дослідження підтвердили важливість та необхідність моніторингу дихання ґрунту як показника стабільності функціонування агроекосистем в умовах зміни клімату.**

***Ключові слова:*** **енергетичні культури; «дихання» ґрунту; дисипація $CO_2$ до атмосфери.**

**Постановка проблеми.** В контексті підсилення парникового ефекту особливої значущості набуває біосферна роль ґрунтового дихання, внаслідок підвищення вмісту парникових газів в атмосфері, перш за все $CO_2$. За таких умов роль достовірних і точних методів визначення обсягів емісійних втрат ґрунтами органічної речовини, закономірностей її трансформації, характеристик біологічного колообігу Карбону, а також руху і колообігу інших біогенних елементів, важко переоцінити (Трофименко, 2015). Емісія $CO_2$ з ґрунтів є одним з основних процесів вуглецевого циклу в наземних екосистемах. Залежність її від чинників середовища і типу ґрунтів недостатньо досліджені, незважаючи на широке використання показника для оцінки біологічної активності ґрунтів..

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Врахування широкого спектру чинників довкілля дозволяє повніше й об'єктивніше оцінити закономірності функціонування ґрунтових ценозів. Зрозумілим є той факт, що проведення вимірювання концентрації $CO_2$ та вирахування абсолютної маси карбону під час його дисипації з ґрунту за неоднакової температури та атмосферного тиску, порівняно з певними «нормальними умовами», потребує науково обґрунтування. Деякі автори зауважують, що вивчення закономірностей протікання емісії парникових газів з ґрунтів до атмосфери необхідно здійснювати з одночасним додатковим вимірюванням величин температури повітря та атмосферного тиску (Александров, 1996). Альтернативою означеному є підхід, коли вимірювання проводять у певний час кожної доби з метою не лише виявлення конкретних величин емісії парникових газів, але й подальшого розрахунку середньодобових і середньомісячних величин або ж обсягів емісії за вегетаційний період чи сезон (Ларіонова, 2001). Такий метод спрямований на штучне «нівелювання» умов вимірювань з метою мінімізації можливого їх впливу на кінцевий результат. Серед сучасних методів визначення інтенсивності дихання ґрунту застосовують камерний динамічний (Freiziene, 2008), камерний статичний (Ларіонова, 1988; Макаров, 1988; Паников, 1989; Федоров-Давидов, 1998), профільний (De Jong, 1979; Freiziene, 2008; Vose, 1995) та інкубаційний (Демкина, 1989) методи.

Відомо, що існування тенденції поступового збільшення концентрації $CO_2$ в атмосфері останніми роками зумовлює підвищення температури повітря й закономірно є однією з найактуальніших про-

блем людства. В літературі (Міняйло, 2015) наведено дані щодо 70%-ї функціональної ролі діоксиду вуглецю, як головного парникового газу, у сучасних змінах клімату (IPCC, 2007). Виключна гострота цієї проблеми спонукає вчених здійснювати пошук дієвих шляхів її усунення. Крім того, вищеозначений процес відбувається на тлі постійного розвитку деградаційних явищ в ґрунтах і є наслідком посилення інтенсифікації їхнього використання. Ґрунти виділяють в атмосферу щорічно $75\times10^{15}$ р $C\text{-}CO_2$, що в 10 разів більше річного виділення $CO_2$ при спалюванні всіх видів вуглеводневого палива (Subke, 2006).

Емісія $CO_2$ з ґрунтів в атмосферу є значним потоком Карбону в екосистемах і визначається активністю мінералізації органічної речовини ґрунтів (гетеротрофний компонент) і активністю дихання коренів і мікоризи (автотрофний компонент) (Subke, 2006). Швидкість потоку $CO_2$ сильно розрізняється в різних екосистемах (Міняйло, 2008), і тому виявлення динаміки емісії $CO_2$ в ґрунтах досить актуальне.

Обсяги надходження у ґрунт та витрати органічної маси залежать від багатьох змінних у часі, часто взаємно протилежних за спрямуванням балансових складових, які або підсилюють процеси утворення органічної речовини в ґрунтах, або, навпаки, активізують процеси її деструкції та мінералізації. Тому проблематика вивчення особливостей ґрунтового дихання, як невід'ємної складової частини балансу органічного вуглецю атмосфери, сьогодні є однією з головних тем досліджень ґрунтознавців, біологів та екологів.

Відомо, що протікання процесу дисипації $CO_2$ до атмосфери залежить від низки чинників: біологічних особливостей сидеральних трав, наземної маси рослин і, як наслідок, їхньої кореневої маси, а також параметрів температури та вологості ґрунту тощо (Міняйло, 2015). Безперечним є зв'язок між величинами надземної та кореневої маси рослин. Тому, коли в ході експериментів обліковують надземну масу рослин, опосередковано, з певною вірогідністю, враховують також і їхню кореневу масу.

У дослідженнях (Трофименко, 2015) виявлена закономірність інтенсифікації наземною масою рослин дисипації з поверхні ґрунту $CO_2$. Автори вважають, що у випадку проведення наближених розрахунків інтенсивності ґрунтового дихання на дернових ґрунтах, величина наземної маси деяких трав'яних культур може бути використана як еквівалент, який дозволить знайти необхідне значення емісії $CO_2$ . При цьому слід розуміти, що значення кореневої маси є визна-

чальним для інтенсивності ризосферного дихання ґрунту та виділення $CO_2$.

Виділення $CO_2$ з поверхні ґрунту – сумарний показник, що включає біологічну діяльність мікроорганізмів і рослин. Кількість $CO_2$ визначається біологічними (темпом росту та розвитку рослин і мікроорганізмів, диханням коренів), а також екофакторами (температурою, вологістю повітря і ґрунту та ін.). Тому емісія $CO_2$ з поверхні ґрунту має досить чітку добову динаміку (від температури ґрунту залежить інтенсивність дихання коренів і активність ґрунтової біоти). Динаміка емісії $CO_2$ тісно корелює з температурою верхніх шарів ґрунту і мікрорельєфом конкретного об'єкта. Чим вище температура ґрунту, тим інтенсивніше виділяється $CO_2$ (Кудрявцев, 2016).

Однак оцінка потоків Карбону з різних екосистем для окремих регіонів досить приблизна. В останні роки дихання ґрунтів в наземних екосистемах пропонується розраховувати на основі геоінформаційного аналізу, для якого необхідна диференційована оцінка сезонних і річних потоків $CO_2$ з ґрунтів в різних кліматичних зонах з урахуванням типу ґрунту, землекористування та ін. (Кудеяров, 2005). Слід також враховувати техногенне забруднення ґрунтів, оскільки воно є чинником, що сприяє посиленню емісії $CO_2$ (Лубніна, 2006; Помазкина, 1999, 2004). Необхідність оцінки емісії $CO_2$ в окремих екосистемах, зокрема агроекосистемах нашого регіону, зумовлена також практичним виконанням завдань, пов'язаних з підписанням Кіотського протоколу.

Методи вимірювання польової емісії $CO_2$ з ґрунтів в атмосферу різноманітні, більшість з них використовують установку пластикових кілець, на які герметично встановлюються камери, всередині яких вимірюється приріст концентрації $CO_2$ (Subke, 2006). Врізання пластикового кільця в ґрунт на 1–5 см призводить до розриву значної частини тонких коренів і мікоризи, що змінює потік $CO_2$ (Heinemeyer, 2011) і, отже, загальну емісію $CO_2$. Розрив коренів може стати причиною як зменшення, так і збільшення потоку $CO_2$ (Gadgil, 1975; Heinemeyer, 2011). Причиною зменшення є виключення $CO_2$, що виділяється корінням і мікоризою. Збільшення потоку може відбуватися за рахунок:

- підвищення активності гетеротрофів через зростання вологості внаслідок відсутності вологопоглинання коренями (Menyailo, 1999);

- зменшення конкуренції між мікорізними коренями і гетеротрофами (Гадгіл-ефект) (Dijkstra, 2003; Gadgil, 1971; Gadgil, 1975).

Чим глибше встановлюються кільця, тим більша кількість коренів виключається і тим ефективніше вищезазначене. Роль конкуренції між автотрофами і гетеротрофами в емісії $CO_2$ з ґрунтів вивчена слабо, також не приділено належної уваги глибині установки кілець, що, можливо, і призводить до розрізнених оцінок емісії $CO_2$ з ґрунтів одного типу (Кудеяров, 2005; Heinemeyer, 2011). Джерелом продукування $CO_2$ є легкодоступні для мікробної утилізації свіжі органічні речовини, тобто оцінюючи цей показник, можна судити про кількість останніх.

Доволі відомим є відносний показник виділення $CO_2$ ґрунтом під культурами та ґрунтом на якому нема рослин (на перелозі). В літературі вказується на здатність енергетичної культури сприяти накопиченню органічного вуглецю в атмосфері, і, тим самим, посилювати виникнення парникового ефекту. Не можна оцінювати рослину лише щодо її ролі у формуванні вуглецевого циклу, необхідно враховувати об'єми діоксиду карбону для рослин, які потім використовуються на власне дихання.

У дослідженнях С.Ю. Капустянчика та співавторів (Капустянчик, 2016) показано, що дихальна активність ґрунту під міскантусом вище (що свідчить про вищий вміст органічної речовини), ніж в ґрунті без рослин. Автори показали, що, навіть за один рік зростання рослина зв'язує в органічній речовині ґрунту значну кількість вуглецю. Однак, досить швидко (через 14 днів інкубації) накопичений вуглець переходить у доступну для мікробної утилізації форму, і швидко розкладається.

З літератури (Капустянчик, 2016) відомо, що за вирощування міскантусу відбувається збагачення органічною речовиною ґрунту і тому спостерігається підвищення дихальної активності ґрунту. Відзначено підвищення дихальної активності шару ґрунту 0–20 см при вирощуванні культури протягом одного вегетаційного періоду на 15% в порівнянні з ґрунтом «під паром», що свідчить про значне накопиченні органічної речовини в ґрунті навіть під однорічною культурою міскантусу.

**Мета і завдання дослідження.** Проаналізувати інтенсивність виділення $CO_2$ з ґрунтів під різними енергетичними культурами.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Аналіз динаміки емісії $CO_2$ з ґрунту під різними культурами здійснювалося під час ве-

гетаційного періоду – з квітня по жовтень. Показано, що найінтенсивніше виділення $CO_2$ спостерігалося з-під міскантусу (рис. 1), найменша його кількість виділялася на перелозі.

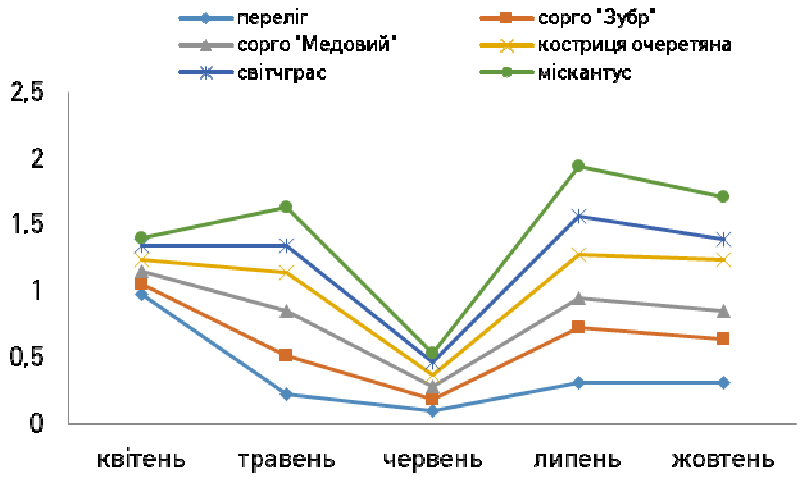



Рис. 1. Динаміка дихальної активності ґрунту під різними культурами ($H_{0-20}$), кг $CO_2$ /га

Для всіх без виключення культур прослідковується тенденція різкого зниження емісії $CO_2$ у червні з подальшим різким збільшенням у липні. Очевидно, міжсезонні відмінності пов'язані з більш спекотними умовами вегетаційного періоду, що спричиняло пригнічуючий вплив на ріст і розвиток ґрунтової мікробіоти, яка і виділяла меншу кількість вуглекислого газу. У літературі (Капустянчик, 2016) вказується, що спалахи емісії $CO_2$ можна розглядати як відгук ґрунтових мікроорганізмів на зміни чинників середовища, інтенсивність та тривалість яких обумовлена властивостями ґрунту і ресурсом доступного для мікроорганізмів субстрату.

Подібна тенденція спостерігалася і для горизонту $H_{20-40}$ (рис. 2), за виключенням інтенсивності емісії у квітні.

Відомо, що у функціонуванні наземних екосистем важливими є процеси дихального газообміну педосфери – обмін киснем і вуглекислим газом між ґрунтом, рослинами та атмосферою. (Lunderggrth, 1997) зазначав, що дихання ґрунту як індикатор активності ґрунтових мікроорганізмів корелює з різними екологічними факторами й особливо тісно – з температурою. Для більшості мікроорганізмів, зокрема для сапрофітів, анаеробних амоніфікаторів і денітрифікаторів, оптимальною є температура 20° С (Хазієв, 1976). Встановлення за-

лежності дихального коефіцієнту від температури може бути чутливим індикатором зміни процесів дихального газообміну, а переважання виділення $CO_2$ над поглинанням $O_2$ може бути використане для моделювання впливу глобального потепління на процеси емісії $CO_2$.

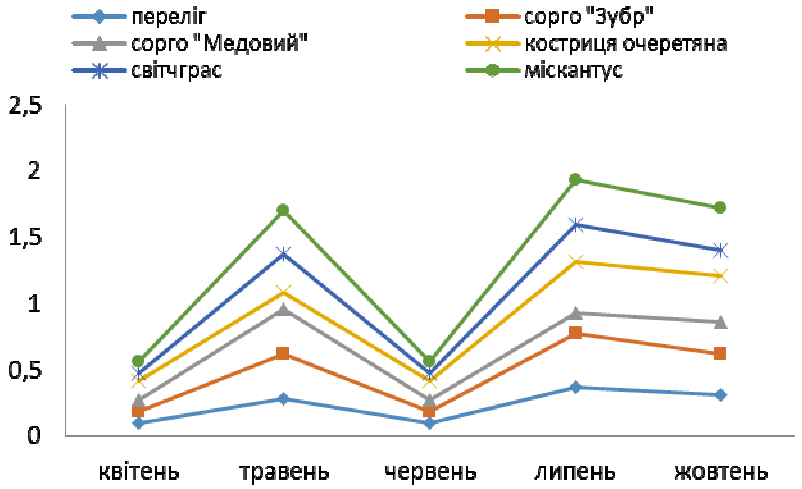
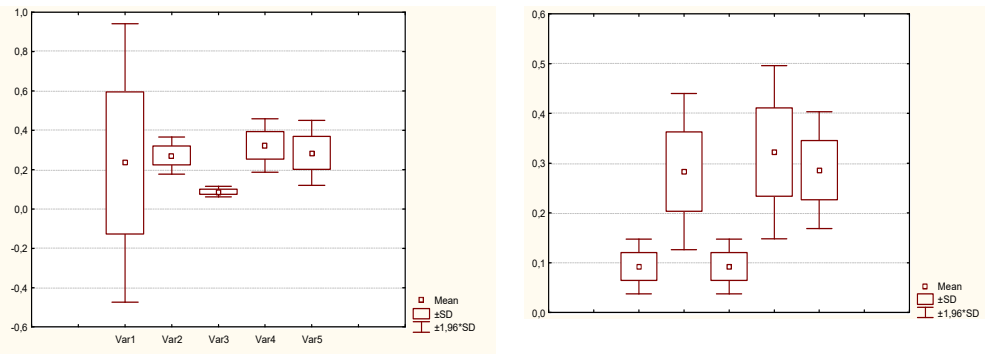



Рис. 2. Динаміка дихальної активності ґрунту під різними культурами ($H_{20-40}$), кг $CO_2$ /га

Проведено статистичний аналіз отриманих даних. Побудовані діаграми розмаху даних щодо емісії $CO_2$ на різній глибині представлені на рис. 3.




**$H_{0-20}$** **$H_{20-40}$**

Рис. 3. Діаграма розмаху дихальної активності ґрунту протягом вегетаційного періоду, кг $CO_2$ /га

Встановлено, що величини дихальної активності за виділенням $CO_2$ відрізняються у 1,2–6 разів, що свідчить про суттєву різницю метаболічних процесів. Ці відмінності, очевидно, відображають особливості досліджуваних ґрунтів, обумовлені різним вмістом і якісним складом органічної речовини, величиною pH, кількісним та якісним складом ґрунтової мікрофлори. Найвищим розкидом даних характеризуються верхні горизонти ($H_{0-20}$), для нижніх горизонтів ($H_{20-40}$) показники виділення вуглекислого газу знаходяться практично на однаковому рівні. Проаналізовано подібність у інтенсивності виділення $CO_2$ під різними культурами. Найбільша подібність за виділенням вуглекислого газу відмічена у ґрунтах перелогу та під кострицею очеретяною, про що свідчить, утворений ними кластер (рис. 4), близько до них знаходиться світчграс. Другий кластер утворений соргом гібриду «Медовий» та міскантусом. Необхідно відмітити тісну взаємодію між усіма дослідженими культурами.

Сучасний стан розвитку суспільства характеризується інтенсивним втручанням людини в природні процеси, що обумовлює порушення функціонування біогеоценозів. В агроекосистемах, на відміну від природних, велика частка поживних елементів виключається з кругообігу при відчуженні врожаю наслідок цього зростає їх дефіцит в ґрунті. У ґрунті водорозчинні поживні речовини, які повністю не використовуються рослинами, тимчасово закріплюються в тілі мікроорганізмів. Після їх відмирання і розкладання вони знову переходять у доступні форми і використовуються рослинами. В цьому випадку ризосферні мікроорганізми виступають як біологічні «закріплювачі» (Мазур, 2002). Популяцію мікроорганізмів можна розглядати як першорядну елементарну одиницю мікробного ценозу на популяційному рівні. При визначенні впливу добрив на ґрунтову мікрофлору слід відмітити, що мікроорганізми відіграють важливу роль у формуванні ґрунтової родючості і впливають на живлення рослин. Їх корені поряд із поглинанням води і поживних елементів з ґрунту виділяють кінцеві продукти обміну речовин: вуглекислоту, надлишок солей, органічні речовини, а також ферменти – каталазу, уреазу, амілазу, інвертазу, ліпазу та інші, які впливають на ґрунт і сприяють перетворенню важкодоступних форм поживних речовин у легкодоступні. А головне, що ці органічні виділення кореневої системи є поживним субстратом для нітрифікуючих ґрунтових мікроорганізмів, які розташовуються у ризосфері. У процесі життєдіяльності рослин виділяються токсичні речовини. І вони не гинуть лише через те, що мікроорганізми утилізують рослинні відходи (Буджерак, 1992).

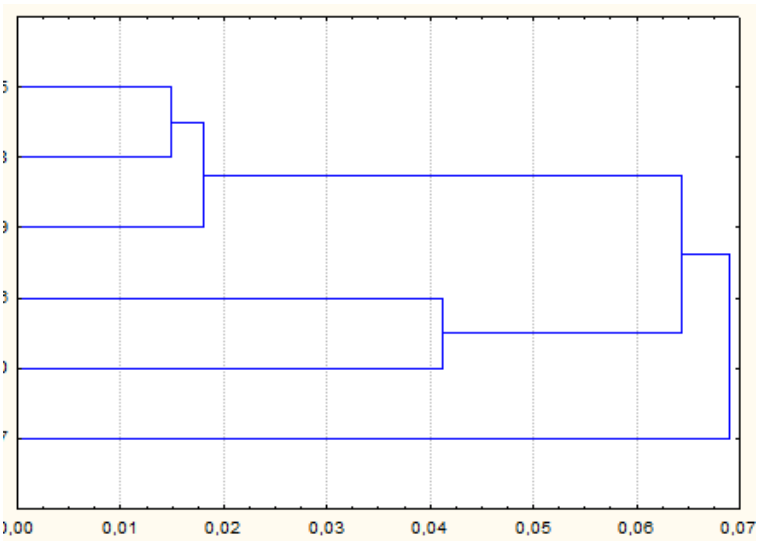



Рис. 4. Граф кластерного аналізу обсягів емісії діоксиду карбону ґрунтом під різними енергетичними культурами

Відомо, що агрохімічні показники дерново-підзолистих ґрунтів під впливом ферментованих добрив поліпшуються. Зокрема встановлено, що їх застосування сприяє підвищенню вмісту вуглецю на 0,11–0,20%, рухомого фосфору та обмінного калію – на 14–102 і 13–33 мг/кг ґрунту відповідно, а також зниженню кислотності ґрунтового розчину на 0,27–0,34 показника pH (Гаврилюк, 2009).

Сорго – цінний вид зернових і кормових культур, володіє високими адаптивними властивостями до несприятливих агрокліматичних і ґрунтових умов. Відмінними рисами є: висока посухостійкість рослин і здатність легше переносити екстремальні літні температури; достатня солестійкість; більш економне витрачання вологи на одиницю врожаю; сприятливість як попередника для багатьох культур (Чамурлиев, 2012).

Нами проаналізовано виділення вуглекислого газу з-під різних гібридів цукрового сорго за використання різних систем удобрення. Як видно, з представлених на рисунку 6 даних, система удобрення суттєво не впливає на емісію вуглекислого газу з-під різних гібридів сорго.

Прослідковується аналогічна до вищеописаної динаміка, а саме: мінімальні показники величини емісії $CO_2$ спостерігаються у квітні та червні, при чому як для гібриду «Зубр» (рис. 5), так і для гібриду «Медовий» (рис. 6).

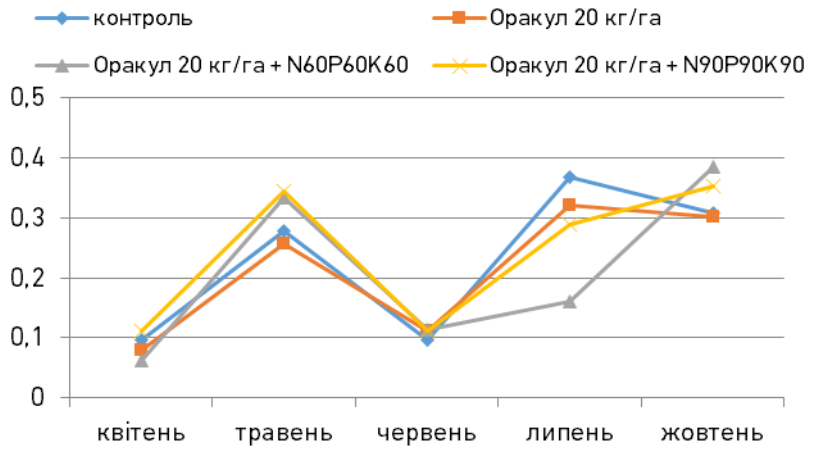



Рис. 5. Динаміка дихальної активності ґрунту під *Sorghum bicolor* (L.) Moench гібриду «Зубр» , кг $CO_2$ /га

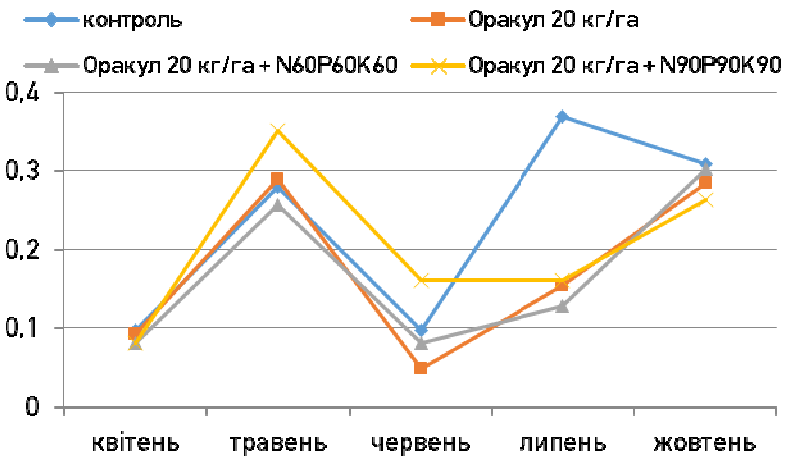



Рис. 6. Динаміка дихальної активності ґрунту під *Sorghum bicolor* (L.) Moench гібриду «Медовий» , кг $CO_2$ /га

Максимум виділення припадає на травень. Цікавою виявилася різниця для різних гібридів сорго у липні. Так, для гібриду «Медовий» відмічається значне зниження емісії $CO_2$, натомість емісія $CO_2$ з-під гібриду «Зубр» знаходиться на рівні контрольних значень, за виключенням системи удобрення «мультикомплекс Оракул у кількості 20 кг/га з додаванням $N_{60}P_{60}K_{60}$».

Проаналізовано подібність обсягів емісії діоксиду карбону ґрунтом під цукровим сорго (*Sorghum bicolor* (L.) Monench) за впливу різ-

них варіантів удобрення (рис. 7). Показано найбільшу подібність у кількості виділеного $CO_2$ у контрольному варіанті та варіанті з додаванням мультикомплексу Оракул у кількості 20 кг/га. Ці два варіанти утворюють найтісніший кластер подібності, хоча два інших варіанти досліду (мультикомплекс Оракул у кількості 20 кг/га з додаванням $N_{60}P_{60}K_{60}$ та мультикомплекс Оракул у кількості 20 кг/га з додаванням $N_{90}P_{90}K_{90}$) також знаходяться у тісній взаємодії, і містяться у проміжку меншому п'яти евклідових одиниць.

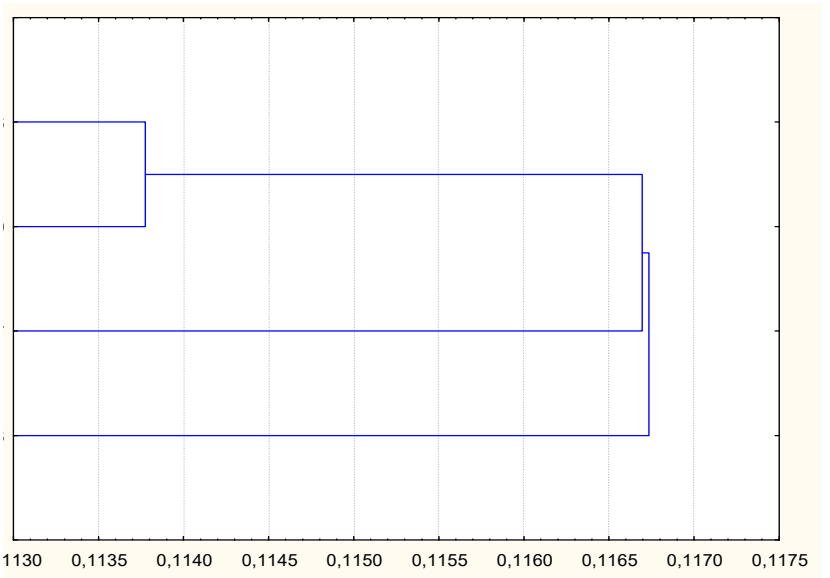



Рис. 7. Граф кластерного аналізу обсягів емісії діоксиду карбону ґрунтом під цукровим сорго (*Sorghum bicolor* (L.) Monench)

**Висновки.** Показано, що найвищий показник інтенсивності дихання ґрунту мав місце у пробах, відібраних після оранки. Очевидно, підтримання ґрунту у розпушеному і звільненому від бур'янів стані має стимулюючий вплив на ріст і розвиток ґрунтової мікробіоти, яка і виділяла більшу кількість вуглекислого газу. Кількість $CO_2$, що виділяється з ґрунту в результаті його дихання, відносно загального об'єму виділення із ґрунту під цукровим сорго сорту Зубр практично не відрізняються.

Встановлено, що величини дихальної активності за виділенням $CO_2$ відрізняються у 1,2–6 разів, що свідчить про суттєву різницю метаболічних процесів. Система удобрення виявляє значний вплив на продукування $CO_2$ ґрунтом. Вплив цих чинників, значною мірою, за-

лежить від погодних умов. Сприятливі гідротермічні умови активізують діяльність ґрунтової мікрофлори орного шару ґрунту.

**1.** Александров Г. А., Соколов М. А., Степанов А. Л. Сравнительный анализ методов измерения эмиссии газов из почвы в атмосферу. *Почвоведение*. 1996. № 10. С. 1192–1194. **2.** Буджерак А. И., Гудим В. И., Тищенко Л. Д., Фирко В. Ю. Нетрадиционные удобрения в XX веке : информ. лист № 03. 1992. 4 с. **3.** Вплив органічного добрива Проферм на еколого-агрохімічний стан ґрунту і врожайність картоплі / В. Б. Гаврилюк, Г. М. Гаврилюк, Ю. М. Кух, В. А. Бортнік. *Агроекологічний журнал*. 2009. № 2. С. 58–63. **4.** Капустянчик С. Ю., Лихенко И. Е., Данилова А. А. Продуктивность мискантуса сорта сорановский первого года вегетации и дыхательная активность почвы. *Пермский аграрный вестник*. 2016. № 4. С. 82–87. **5.** Кудеяров В. Н., Курганова И. Н. Влияние свойств пахотных почв и их загрязнения фторидами на эмиссию $CO_2$. *Почвоведение*. 2005. № 9. С. 1112–1121. URL: http://www.pochva.com. (дата звернення: 04.05.2022). **6.** Ларионова А. А., Розанова Л. Н., Самойлов Т. И. Динамика газообмена в профиле серой лесной почвы. *Почвоведение*. 1988. № 11. С. 68–74. **7.** Ларионова А. А., Розанова Л. Н., Самойлов Т. И. Динамика газообмена в профиле серой лесной почвы. *Почвоведение*. 1988. № 11. С. 68–74. **8.** Меняйло О. В. Влияние лесовосстановления на минерализацию органического вещества в почве. *Экология*. 2008. № 1. С. 23–27 / Menyailo O. V. The effect of affores tation on mineralization of soil organic matter. *Rus. J. of Ecology*. 2008. V. 39(1). P. 21–25. **9.** Паников Н. С., Соловьев Г. А., Афремова В. Д. Биологическая продуктивность систематически удобряемого сенокосного луга на аллювиальной луговой почве. *Вестник Моск. ун-та*. 1989. № 1. С. 58–66. **10.** Помазкина Л. В., Котова Л. Г., Лубнина Е. В. Биогеохимический мониторинг и оценка режимов функционарования агроэкосистема на техногеннозагрязненных почвах. Новосибирск : Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1999. 208 с. **11.** Трофименко П. І., Борисов Ф. І. Наукове обґрунтування алгоритму застосування камерного статичного методу визначення інтенсивності емісії парникових газів із ґрунту. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2015. URL: http://agrosoil.yolasite.com/2015_AiG_83_pp_17-24_UA.pdf. (дата звернення: 04.05.2022). **12.** Федоров-Давыдов Д. Г. Дыхательная активность тундровых биоценозов и почв Колымской низменности. *Почвоведение*. 1998. № 3. С. 291–301. **13.** Хазиев Ф. Х. Температура и влажность как экологические факторы биологической активности почв. *Экология*. 1976. № 6. С. 50–55. **14.** Чамурлиев О. Г., Карпов М. В., Зинченко Е. В. Водопотребление и продуктивность сорго на зерно в зависимости от основной обработки почвы и норм посева семян на орошаемых светлокаштановых почвах Нижнего Поволжья. *Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование*. 2012. № 2 (26). С. 46–51. **15.** De Jong E., Redmann R., Ripley E. A. A comparison of methods to measure soil respiration. *Soil Sci*. 1979. V. 127. P. 300–306. **16.** Dijkstra P., Williamson C.,

Menyailo O. et al. Nitrogen stable isotope composition of leaves and roots of plants growing in a forest meadow. *Isotopes Environ. Health Stud*. 2003. V. 39. P. 29–39. **17.** Freiziene D., Kadziene G. The influence of soil organic carbon, moisture and temperature on soil surface CO2 emission in the 10th year of different tillage-fertilization management. *Zemdirbyste Agriculture*. 2008. Vol. 95. № 4 P. 29–45. **18.** Gadgil R. L., Gadgil P. D. Suppression of litter decomposition by mycorrhizal roots of Pinus radiate. *NZ J. For. Sci*. 1975. V. 5. P. 33–41. **19.** Heinemeyer A., Di Bene C., Lloyd A.R. et al. Soil respiration: implications of the plantsoil continuum and respiration chamber collarinsertion depth on measurement and modelling of soil $CO_2$ efflux rates in three ecosystems. *Euro pean J. of Soil Sci*. 2011. V. 62. P. 82–94. **20.** Lundergдrth H. Carbon dioxide evolution of soil and crop grows. *Soil Sciences*. 1997. Vol. 23. № 6. P. 417–453. **21.** Menyailo O. V., Huwe B. C. N-mineralization and denitrification as function of temperature and water potential in organic and mineral horizons of forest soil. *J. Plant Nutr. Soil Sci*. 1999. V. 162. P. 527–531. **22.** Subke J. A., Inglima I., Cotrufo M. F. Trends and method ological impacts in soil $CO_2$ efflux partitioning: A meta-analytical review. *Global Change Biology*. 2006. V. 12. P. 921–943. **23.** Vose J. M., Elliott K. J., Johnson D. W. Soil $CO_2$ flux in response to elevated atmospheric $CO_2$ and nitrogen fertilization: patterns and methods. *Advances in soil Science. Soil and global change* / EdsLar R. et al. CRC. 1995. Lewis Publishers, Boca Raton. P. 199–208.

## REFERENCES:

**1.** Aleksandrov G. A., Sokolov M. A., Stepanov A. L. Sravnitelnyiy analiz metodov izmereniya emissii gazov iz pochvyi v atmosferu. *Pochvovedenie.* 1996. № 10. S. 1192–1194. **2.** Budjerak A. I., Gudim V. I., Tischenko L. D., Firko V. YU. Netraditsionnyie udobreniya v HH veke : inform. list № 03. 1992. 4 s. **3.** Vplyv orhanichnoho dobryva Proferm na ekoloho-ahrokhimichnyi stan gruntu i vrozhainist kartopli / V. B. Havryliuk, H. M. Havryliuk, Yu. M. Kukh, V. A. Bortnik. *Ahroekolohichnyi zhurnal*. 2009. № 2. S. 58–63. **4.** Kapustyanchik S. Yu., Lihenko I. E., Danilova A. A. Produktivnost miskantusa sorta soranovskiy pervogo goda vegetatsii i dyihatelnaya aktivnost pochvyi. *Permskiy agrarnyiy vestnik*. 2016. № 4. S. 82–87. **5.** Kudeyarov V. N., Kurganova I. N. Vliyanie svoystv pahotnyih pochv i ih zagryazneniya ftoridami na emissiyu $SO_2$. *Pochvovedenie*. 2005. № 9. S. 1112–1121. URL: http://www.pochva.com (data zvernennya: 04.05.2022). **6.** Larionova A. A., Rozanova L. N., Samoylov T. I. Dinamika gazoobmena v profile seroy lesnoy pochvyi. *Pochvovedenie*. 1988. № 11. S. 68–74. **7.** Larionova A. A., Rozanova L. N., Samoylov T. I. Dinamika gazoobmena v profile seroy lesnoy pochvyi. *Pochvovedenie*. 1988. № 11. S. 68–74. **8.** Menyaylo O. V. Vliyanie lesovosstanovleniya na mineralizatsiyu organicheskogo veschestva v pochve. *Ekologiya*. 2008. № 1. S. 23–27 / Menyailo O. V. The effect of affores tation on mineralization of soil organic

matter. *Rus. J. of Ecology*. 2008. V. 39(1). P. 21–25. **9.** Panikov N. S., Solovev G. A., Afremova V. D. Biologicheskaya produktivnost sistematicheski udobryaemogo se-nokosnogo luga na allyuvialnoy lugovoy pochve. *Vestnik Mosk. un-ta*. 1989. № 1. S. 58–66. **10.** Pomazkina L. V., Kotova L. G., Lubnina E. V. Biogeohimicheskiy monitoring i otsenka rejimov funktsionarovaniya agroekosistema na tehnogennozagryaznennyih pochvah. Novosibirsk : Nauka. Sibirskaya izdatelskaya firma RAN, 1999. 208 s. **11.** Trofymenko P. I., Borysov F. I. Naukove obgruntuvannia alhorytmu zastosuvannia kamernoho statychnoho metodu vyznachennia intensyvnosti emisii parnykovykh haziv iz gruntu. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*. 2015. URL: http://agrosoil.yolasite.com/2015_AiG_83_pp_17-24_UA.pdf. (data zvernennia: 04.05.2022). **12.** Fedorov-Davyidov D. G. Dyihatelnaya aktivnost tundrovyih biotsenozov i pochv Kolyimskoy nizmennosti. *Pochvovedenie*. 1998. № 3. S. 291–301. **13.** Haziev F. H. Temperatura i vlajnost kak ekologicheskie faktoryi biologicheskoy aktivnosti pochv. *Ekologiya*. 1976. № 6. S. 50–55. **14.** Chamurliev O. G., Karpov M. V., Zinchenko E. V. Vodopotreblenie i produktivnost sorgo na zerno v zavisimosti ot osnovnoy obrabotki pochvyi i norm poseva semyan na oroshaemyih svetlokashtanovyih pochvah Nijnego Povoljya. *Izvestiya Nijnevoljskogo agrouniversitetskogo kompleksa: nauka i vyisshee professionalnoe obrazovanie*. 2012. № 2 (26). S. 46–51. **15.** De Jong E., Redmann R., Ripley E. A. A comparison of methods to measure soil respiration. *Soil Sci*. 1979. V. 127. P. 300–306. **16.** Dijkstra P., Williamson C., Menyailo O. et al. Nitrogen stable isotope composition of leaves and roots of plants growing in a forest meadow. *Isotopes Environ. Health Stud*. 2003. V. 39. P. 29–39. **17.** Freiziene D., Kadziene G. The influence of soil organic carbon, moisture and temperature on soil surface CO2 emission in the 10th year of different till-age-fertilization management. *Zemdirbyste Agriculture*. 2008. Vol. 95. № 4 P. 29–45. **18.** Gadgil R. L., Gadgil P. D. Suppression of litter decomposition by mycorrhizal roots of Pinus radiate. *NZ J. For. Sci*. 1975. V. 5. P. 33–41. **19.** Heinemeyer A., Di Bene C., Lloyd A.R. et al. Soil respiration: implications of the plantsoil continuum and respiration chamber collarinsertion depth on measurement and modelling of soil $CO_2$ efflux rates in three ecosystems. *Euro pean J. of Soil Sci*. 2011. V. 62. P. 82–94. **20.** Lundergдrth H. Carbon dioxide evolution of soil and crop grows. *Soil Sciences*. 1997. Vol. 23. № 6. P. 417–453. **21.** Menyailo O. V., Huwe B. C. N-mineralization and denitrification as function of temperature and water potential in organic and mineral horizons of forest soil. *J. Plant Nutr. Soil Sci*. 1999. V. 162. P. 527–531. **22.** Subke J. A., Inglima I., Cotrufo M. F. Trends and method ological impacts in soil $CO_2$ efflux partitioning: A meta-analytical review. *Global Change Biology*. 2006. V. 12. P. 921–943. **23.** Vose J. M., Elliott K. J., Johnson D. W. Soil $CO_2$ flux in response to elevated atmospheric $CO_2$ and nitrogen fertilization: patterns and methods. *Advances in soil Science. Soil and global change* / EdsLar R. et al. CRC. 1995. Lewis Publishers, Boca Raton. P. 199–208.

**Morozova T. V., Candidate of Biological Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (National Transport University, Kyiv**), Likho O. A., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## $CO_2$ EMISSIONS FROM SOILS UNDER ENERGY CULTURES

**Global warming is one of the most important environmental problems today, which is why studying the impact of any factor on $CO_2$ outflow is an important task. Despite numerous studies, the effect of growing energy crops on $CO_2$ emissions from soils remains unclear.**

**The article presents the results of the study of the intensity of "respiration" of soils under energy crops under different fertilizer systems. It is shown that the differences in carbon dioxide emissions from the soil under different energy crops depended on the temperature, humidity, organic matter content and peculiarities of cultivation. Intensification of this process after plowing is noted.**

**The seasonal dynamics of the potential capacity of the soil to produce $CO_2$ under the same conditions of humidity and temperature with a maximum in July and gradual extinction by autumn is noted. It is determined that daily fluctuations in the intensity of $CO_2$ emissions are 5-10% of the average daily level. A decrease in $CO_2$ emissions was found in June with a further increase in July, which may be due to hot conditions, which caused a depressing effect on the growth and development of the soil microbiota.**

**The influence of cultivated culture on the dynamics of $CO_2$ emission index has been studied. Due to root respiration, the total flow of $CO_2$ from the soil surface increases by an average of 1.2–6 times in the cultivation of energy crops, which indicates differences in metabolic processes. The fertilizer system affects the production of $CO_2$ by the soil and largely depends on weather conditions. Favorable hydrothermal conditions activate the activity of the soil microflora of the arable soil layer.**

**In general, studies have confirmed the importance and necessity of monitoring soil respiration as an indicator of the stability of agroecosystems in the context of climate change.**

***Keywords*: energy crops; soil "breathing"; $CO_2$ dissipation into the atmosphere.**

**УДК 631.481** https://doi.org/10.31713/vs220228

**Пічура В. І., д.с.-г.н., професор, Потрака Л. О., д.е.н., професор, Дудяк Н. В., д.е.н., доцент** (Херсонський державний аграрно-економічний університет), **Прищепа А. М., д.с.-г.н., професор** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, pichuravitalii@gmail.com)

# ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНЕ БОНІТУВАННЯ СТЕПОВИХ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ГІС-ТЕХНОЛОГІЙ

**Ґрунтово-кліматичні умови мають самостійний і комплексний просторово-часовий вплив на потенціал та ступінь сприятливості вирощування сільськогосподарських культур і отримання урожаю, який визначається зональними фізико-географічними особливостями території степових регіонів України – Дніпровської, Запорізької, Кіровоградської, Миколаївської, Одеської, Херсонської областей, загальною площею досліджень – 167,4 тис. км$^2$. Площа сільськогосподарських угідь складає 133,5 тис. км$^2$, в т.ч. ріллі – 113,5 тис. км$^2$, з них площа зрошуваних земель, на яких забезпечено належне функціонування інфраструктури зрошувальних систем становить 6,3 тис. км$^2$. В дослідженнях використана методика бонітету зональних ґрунтів за І.І. Карамановим. Просторове моделювання здійснено із застосуванням методів геостатистики та алгебри карт програмного продукту ArcGIS 10.1. В результаті геомоделювання створені растрові моделі та встановлені просторові закономірності розподілу чотирьох складових бонітету зональних ґрунтів: сумарний показник властивостей ґрунту, коефіцієнт зволоження, коефіцієнт континентальності клімату, середньорічна сума активних температур більше 10$^o$С. Визначено, що на території степового регіону досліджень переважають сільськогосподарські угіддя середньої якості, в залежності від виду вирощування сільськогосподарських культур, їх площа варіює від 32,0% до 72,2%, з низькою якістю змінюється в межа 1–13%, високою і дуже високою якістю – 15,5–67,2%. Бали бонітету встановлені за єдиною шкалою оцінки якості земель, що дозволяє об'єктивно розрахувати біопродуктивний потенціал території, визначити площу сільськогосподарських угідь за їх якісними характеристиками, уточнити нормативну грошову оцінку та визначити оптимальний рівень податку на землю сільськогосподарського призначення, скоригувати норми зрошен-**

**ня з метою зменшення об'єму водозабору із природних водних джерел, обґрунтувати заходи і терміни рекультивації деградованих земель.**

***Ключові слова:*** **ґрунти; клімат; бонітет; сільськогосподарські угіддя; сільськогосподарські культури; зона Степу України; геомоделювання; ГІС-технології.**

**Постановка проблеми.** Антропогенне навантаження на природне середовище перевищило потенціал його стійкого розвитку, що призвело до глобальної екологічної кризи. Для її подолання необхідно впроваджувати диференційно-територіальний екологічний менеджмент, який, у свою чергу, складається з комплексної оцінки території різної локалізації та плану заходів, спрямованих на відновлення природного балансу [1; 2]. Особливу увагу необхідно приділяти проблемам раціонального та ефективного використання сільськогосподарських земель, спеціалізації та концентрації сільськогосподарського виробництва з урахування природних або грунтово-кліматичних умов окремих територій, до яких відносяться кліматичні умови, якість ґрунтів і рельєф [3]. Важливу роль в організаційних роботах щодо раціонального використання сільськогосподарських земель є бонітування зональних ґрунтів, яке являє собою універсальну оцінку їх родючості при порівнянні агрокліматичних умов, встановлення ступеню інтенсивності землеробства для забезпечення ефективного еколого-безпечного виробництва із оптимальним використанням потенціал ґрунту [4]. Також характеризує зональні особливості ґрунтів як середовища для сприятливості життя рослин, виражену в кількісних показниках родючості – балах (від 0 до 100 балів), обчислених за властивостями ґрунтів і кліматичними умовами, основними із яких є вміст гумусу, потужність гумусового горизонту, гранулометричний склад, вміст макроелементів, вологозабезпеченість, сума активних температур тощо. Обов'язковим є урахування усіх причинно-наслідкових зв'язків, зокрема вплив рельєфу, як загальної інтегральної функції, що визначає процес перерозподілу тепла і вологи в ґрунті і значною мірою обумовлює урожай сільськогосподарських культур. По відношенню до ґрунтознавства А. Джеррард назвав такий підхід «інтеграцією геоморфології і ґрунтознавства» [5]. Значна просторова диференціація рельєфу і природно-кліматичних умов в значній мірі визначає агровиробничі групи ґрунтів і рівень екстенсивності сільськогосподарського освоєння територій у різних

фізико-географічних зонах [6].

Бонітування ґрунтів є логічним продовженням комплексних обстежень земель і державної кадастрової оцінки земель сільськогосподарського призначення, які у галузі земельних відносин є основою для встановлення земельного податку, ставок іпотеки та розміру орендної плати, стартової ціни на торгах і аукціонах, а також використовується в інших областях, пов'язаних з управлінням земельними ресурсами. Кадастрова оцінка повинна бути направлена на максимально точне врахування всіх умов, що впливають на вартісну характеристику ґрунтів. Тому, актуальним завданням є уточнення балів бонітету ґрунтів в межах окремого землекористування за умов неоднорідності рельєфу. Сучасний рівень розвитку геоінформаційних систем, їх можливостей аналізу і вирішення прикладних завдань, в повній мірі дозволяє реалізувати це завдання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Академік С. С. Соболев [7] відзначав, що бонітування – це спеціалізована класифікація ґрунтів за їх продуктивністю, основана на об'єктивних ознаках (властивостях) самих ґрунтів, найбільш важливих для росту сільськогосподарських культур і корелюючих із середньою багаторічною урожайністю. На думку В. В. Докучаєва [8] і М. М. Сибірцева [9], основою бонітування ґрунтів повинні виступати їх природні якості, як найбільш об'єктивні та надійні показники, які можливо визначити мірою та вагою властивостей, що закладені в самому ґрунті. По суті, першоосновою наукового бонітування ґрунтів є вірно вибрані критерії бальної оцінки ґрунтів.

В. В. Мєдвєдєв [10] відзначав, що бонітування потрібно розглядати як єдину систему «грунт-клімат-поле». В рамках запропонованої концепції оцінюється не тільки грунт, але й нерозривно пов'язані з ним компоненти, принаймні, клімат і поле, що, робить оцінку ґрунтів більш об'єктивною та розширює її прикладні аспекти. Дослідник також відзначив необхідність урахування характеристик рельєфу у розрахунку бонітету, адже ухил є важливою характеристикою поля й міг би використовуватися в розрахунках бонітету безпосередньо, без використання поправочних коефіцієнтів. Експозицію схилу автор розглядає як важливий фактор родючості та врожайності, але, на жаль, систематичних спостережень за ґрунтовими режимами та врожайністю культур на схилах різної експозиції здійснено недостатньо. Тому, у методиці В.В. Мєдвєдєва експозиція не враховується.

У Каліфорнійській методиці бонітування, яка розроблена Р. І. Сторі [11] і використовується у США більше 50 років, особлива увага приділяється саме рельєфу, як регулюючому фактору можливості використання землі та визначення її продуктивності. Перевага

цієї методики полягає в тому, що на основі ухилу рельєфу враховується можливий розвиток ерозії схилів, при цьому виключається можливість отримання завищених результатів бонітування і об'єктивно враховується вплив кожного фактора в загальний бал бонітету. Для визначення грунтово-кліматичного потенціалу території степових регіонів України використана методика бонітування зональних ґрунтів за І. І. Карамановим [12]. Учений розглядав бонітування як кількісну оцінку родючості земель для обробітку тих чи інших сільськогосподарських культур. Критеріями оцінки обрані фактори, поділені на три основні групи: природні, економічні та науково-організаційні. Методика І. І. Карманова адаптована на практиці для створення єдиних порівняних шкал оцінки родючості ґрунтів для різних фізико-географічних умов.

**Матеріали і методи досліджень.** Для створення просторових моделей бонітування ґрунтів на території степових регіонів України (Дніпровської, Запорізької, Кіровоградської, Миколаївської, Одеської, Херсонської областей*)* у відповідності до єдиної порівняльної шкали оцінки родючості ґрунтів адаптована та апробована методика бонітету зональних ґрунтів за І.І. Карамановим [12], в основу якої, крім властивостей ґрунтів, покладено бонітет клімату з урахуванням основних кліматичних показників, що корелюють із урожайністю – сума активних температур, коефіцієнт зволоження, континентальність клімату. Методика відображає загальні закономірності просторового розподілу урожайності за природними фізико-географічними зонами та дозволяє розрахувати бали бонітету для кожної культури окремо (табл. 1). Маючи дані рельєфу, є можливість екстраполювати кліматичні характеристики на кожний локальний елемент ландшафту, що дозволить конкретизувати умови мікроклімату й, відповідно, встановити бал бонітету ґрунтів.

Розрахунок грунтово-кліматичного потенціалу ґрунтів і отримання растрових моделей його розподілу слід здійснювати за формулами розрахунку балів бонітету зональних ґрунтів у робочому модулі Raster Calculator of ArcGIS.

Величина коефіцієнта континентальності клімату (КК) розраховується за формулою:

$$KK = \frac{360(t^{o}_{\max} - t^{o}_{\min})}{\varphi + 10}, \qquad (1)$$

де $t°_{max}$ – середньомісячна температура найтеплішого місяця; $t°_{min}$ – середньомісячна температура найхолоднішого місяця; $\varphi$ – широта місцевості.

Таблиця 1

Розрахунок балів бонітету для різних сільськогосподарських культур із використанням ґрунтово-кліматичних формул

| Культура | Розрахункова формула | Примітка |
|---|---|---|
| Зернові | $Б = 8{,}2V\dfrac{\sum t^o \geq 10^o \cdot КЗ}{КК + 70}$ | КЗ більше 0,9 приймають рівним 0,9 |
| Соняшник | $Б = 6{,}8V\dfrac{\sum t^o \geq 10^o (КЗ + 0{,}2)}{КК + 50}$ | КЗ більше 0,7 приймають рівним 0,7 |
| Цукровий буряк | $Б = 4{,}3V'\dfrac{(\sum t^o \geq 10^o + 2000)(КЗ - 0{,}2)}{КК}$ | КЗ більше 0,9 приймають рівним 0,9; $V' = \dfrac{4V - 1}{3}$ |
| Багаторічні трави | $Б = 5{,}9V''\dfrac{(\sum t^o \geq 10^o + 2000)(КЗ - 0{,}1)}{КК + 100}$ | КЗ більше 1 приймають рівним 1; $V''\dfrac{V + 1}{2}$ |
| Однорічні трави | $Б = 6{,}8V''\dfrac{(\sum t^o \geq 10^o + 1000)КЗ}{КК + 100}$ | |
| де, *Б* – бал бонітету; *V* – сумарний показник властивостей ґрунту; $\sum t^o \geq 10^o$ – середньорічна сума температури повітря вище *10°С*; *КЗ* – коефіцієнт зволоження за Івановим; *КК* – коефіцієнт континентальності | | |

Коефіцієнт зволоження (КЗ) визначається за формулою:

$$КЗ = P / E, \quad (2)$$

де *P* – середньорічний кількість опадів, мм; *E* – середньорічна випаровуваність, г/см$^2$

Сумарний показник властивостей ґрунту встановлюється у відповідності до коефіцієнтів сумарного показнику властивостей ґрунтів (*V*) від 0,5 до 0,98.

Для детальної локальної оцінки ґрунтів у межах окремих адміністративно-територіальних одиниць і землекористувачів додатково використовуються поправочні коефіцієнти за еколого-агрохімічними показниками стану ґрунтів. Також враховуються крутизна й експозиція схилу. Для умов зрошення в бонітет ґрунтів слід включати додаткову іригаційну вологу та негативні еколого-меліоративні властивості ґрунту (рівень ґрунтових вод, тип засолення та осолонцювання).

За результатами просторового геостатистичного моделювання та алгебри карт програми *ArcGIS* створюються картограми, на яких

відображені бали бонітету ґрунтових різниць на території степових регіонів досліджень України. На основі бала бонітету ґрунтів визначено групу і клас придатності земель відповідно до шкали їх якісної оцінки (табл. 2).

Таблиця 2

Шкала якісної оцінки ґрунтів

| **Клас бонітету** | **Бал бонітету** | **Група земель** |
|---|---|---|
| I | 91–100 | Ґрунти дуже високої якості |
| II | 81–90 | |
| III | 71–80 | Ґрунти високої якості |
| IV | 61–70 | |
| V | 51–60 | Ґрунти середньої якості |
| VI | 41–50 | |
| VII | 31–40 | Ґрунти низької якості |
| VIII | 21–30 | |
| IX | 11–20 | Ґрунти дуже низької якості |
| X | 1–10 | Непридатні ґрунти |

Просторові моделі суми активних температур, коефіцієнту зволоження та континентальності клімату визначалися на основі екстраполяції декомпозицій загальнодоступних даних *CliWare* [13], додаткових даних окремих метеостанцій і національного атласу. Для визначення величини сумарного показника властивостей ґрунтів здійснено векторизацію ґрунтової карти України масштабом 1:2500000. Методом зональної статистики програми *ArcGIS* обчислюють середні значення складових бонітету ґрунтів для кожного адміністративно-територіальної одиниці.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Ґрунтовий покрив степових регіонів України характеризується малогумусними ґрунтами з вмістом гумусу в шарі ґрунту 0...20 см від 0,30% до 4,75% (рис. 1). Просторова неоднорідність вмісту гумусу визначена складністю структури ґрунтового покриву, яка обумовлена, в першу чергу, зональними факторами ґрунтоутворення і неоднорідністю гідротермічних умов, по-друге – розвитком глейових процесів в ґрунтових подах за рахунок їх перезволоження талими і дощовими водами, потретє – інтенсивним проявом солонцювання і засолення при неглибокому заляганні ґрунтових вод.

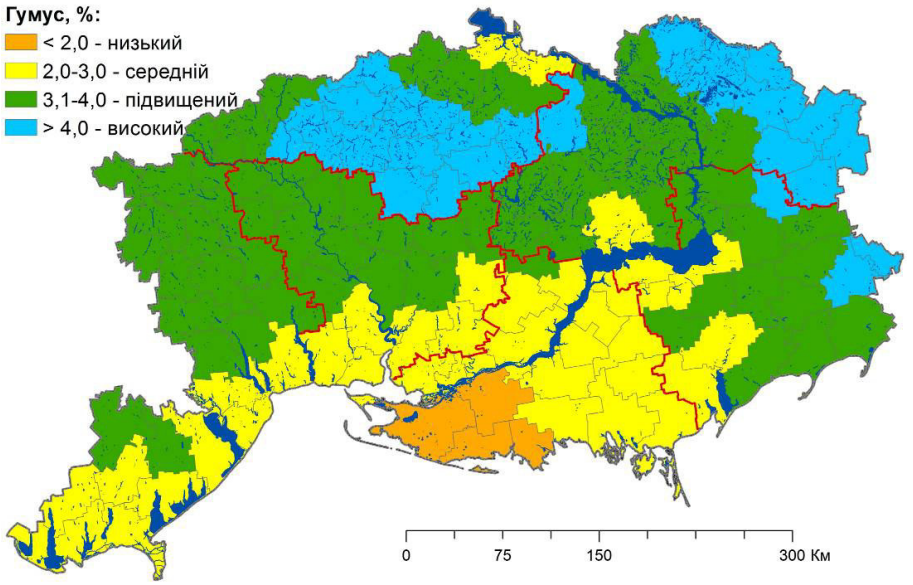



Рис. 1. Просторова диференціація вмісту гумусу в ґрунтах сільськогосподарських угідь зони Степу України

Основними типами ґрунтів регіонів зони Степу України (рис. 2) є чорноземи, які займають 83,2% від усієї площі сільськогосподарських земель, каштанові і темно-каштанові ґрунти – 7,7%. Загальна площа степового регіону досліджень склала 167,4 тис. км$^2$, в т.ч. сільськогосподарських угідь 133,5 тис. км$^2$ (79,7% площі регіону дослідження: Дніпровська – 15,0%, Запорізька – 13,4%, Кіровоградська – 12,1%, Миколаївська – 12,0%, Одеська – 15,4%, Херсонська – 11,8% області), в т.ч. ріллі – 113,5 тис. км$^2$ (85,0% площі с.-г. земель: Дніпровська – 15,9%, Запорізька – 14,3%, Кіровоградська – 13,2%, Миколаївська – 12,7%, Одеська – 15,6%, Херсонська – 13,3% області), з них площа зрошуваних земель складає 6,3 тис. км$^2$, на яких забезпечено належне функціонування інфраструктури зрошувальних систем (5,6% площі ріллі: Дніпровська – 1,8%, Запорізька – 0,4%, Кіровоградська – 0%, Миколаївська – 0,3%, Одеська – 0,4%, Херсонська – 2,7% області).

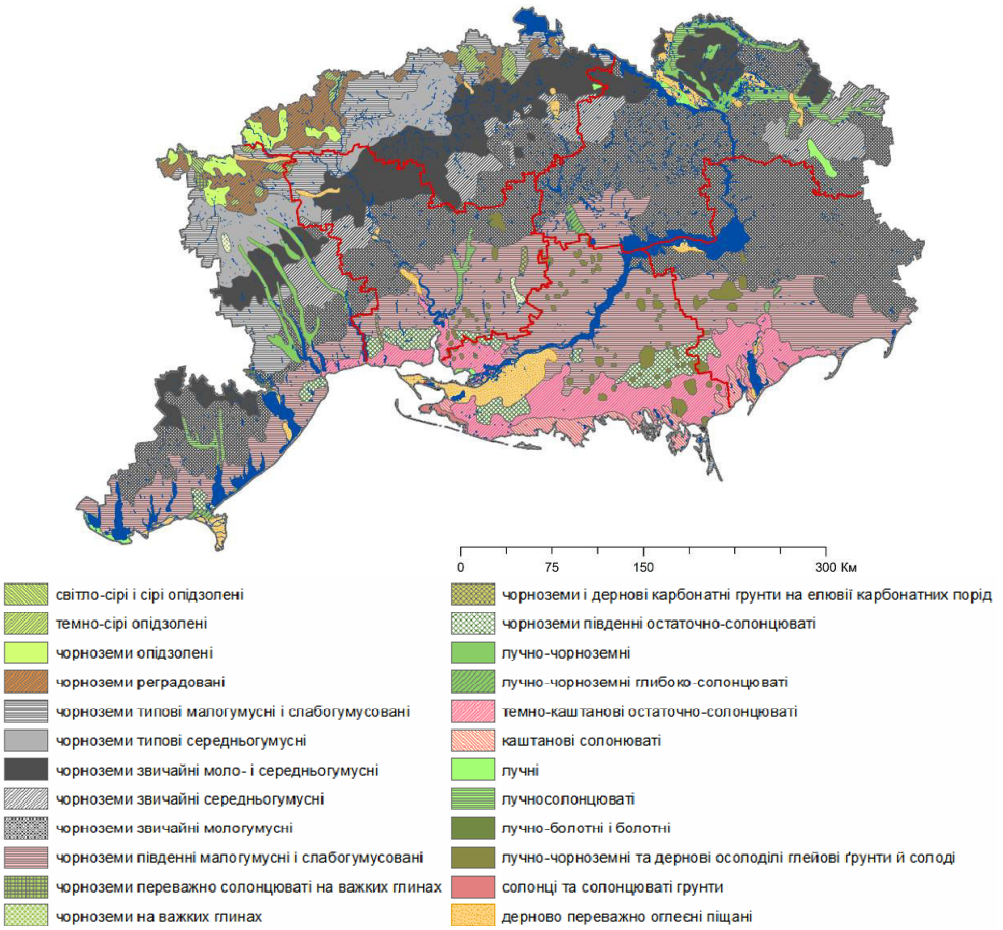



Рис. 2. Типи ґрунтів на території степових регіонів досліджень

Залежно від типу ґрунтів просторова диференціація величини сумарного показника властивостей зональних ґрунтів (*V*), в залежності від їх сільськогосподарської цінності для степового регіону досліджень, становить від 0,5 для дерново-піщаних і каштаново-солонцюватих ґрунтів, які розташовані в південній частині Херсонської області, до 0,98 для чорноземів типових, що в більшій мірі знаходяться у Одеській і Кіровоградській областях (рис. 3).

Коефіцієнт зволоження (*КЗ*) розрахований за методикою М.М. Іванова визначається відношенням річної кількості опадів до річної величини випаровуваності для відповідного ландшафту, є показником співвідношення тепла і вологи, за допомогою якого виокремлюються зони забезпечення біоценозів вологою. На території степового регіону досліджень значення *КЗ* зменшується з північного

заході на південний схід від 0,72 до 0,30 (рис. 4). Встановлено, що 33,5% території сільськогосподарських угідь находяться на території із дуже посушливими умовами (КЗ 0,33–0,44), посушливими (КЗ 0,44–0,55) – 43,3%, напівпосушливими (КЗ 0,55–0,77) – 23,2%.

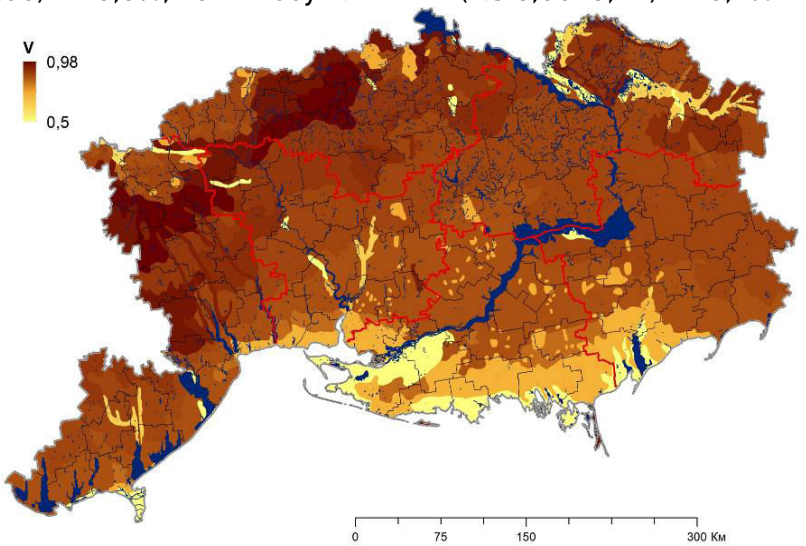



Рис. 3. Растри просторової диференціації сумарного показника властивостей зональних ґрунтів (*V*) на території зони Степу України

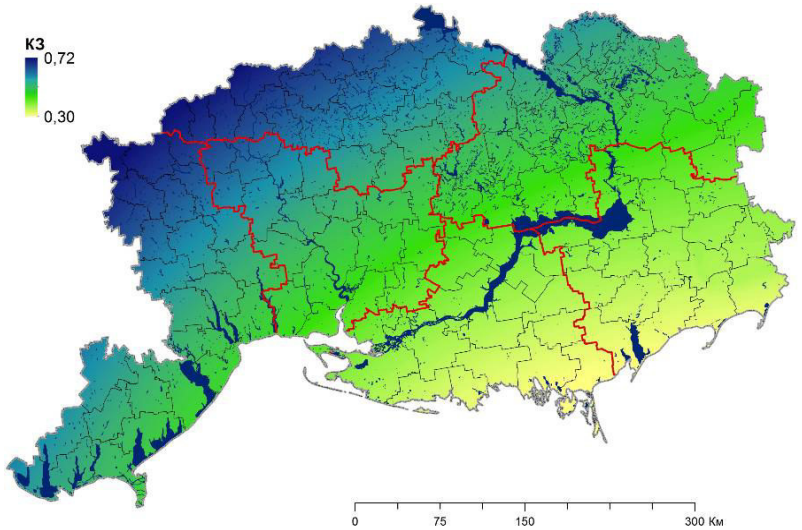



Рис. 4. Растри просторової диференціації значень коефіцієнту зволоження (*КЗ*) на території зони Степу України

Зворотний процес характеризується показником континентальності клімату (*КК*), який при високих значеннях характеризує високу амплітуду температури повітря, малу суму опадів і слабкі вітри. На території степового регіону досліджень значення *КК* варіює в межах 143,8–167,9 (рис. 5).

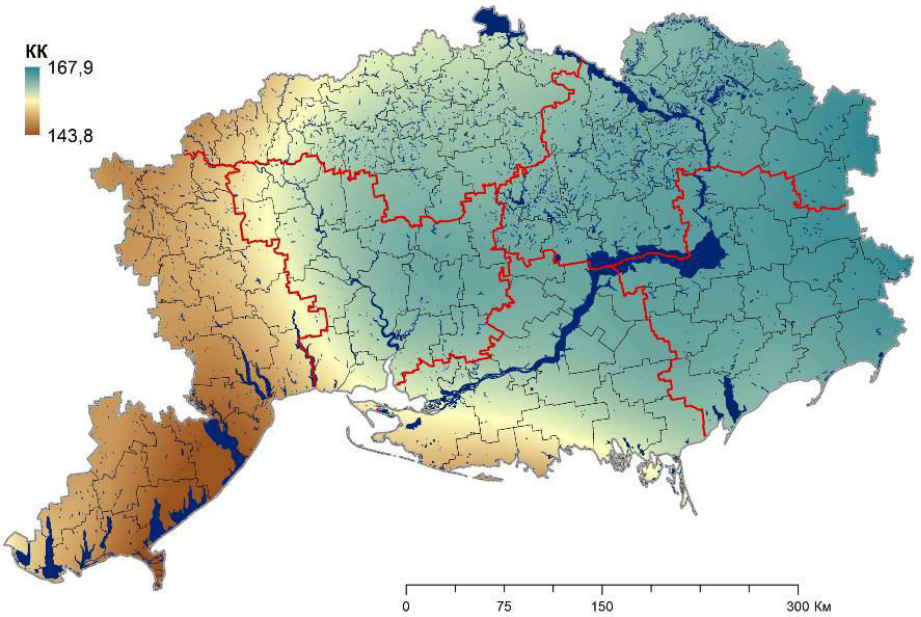



Рис. 5. Растри просторової диференціації значень показника континентальності клімату (*КК*) на території зони Степу України

Біокліматичний потенціал сільськогосподарського виробництва в значні мірі пов'язаний із сонячною радіацією, біохімічною акумуляцією і міграцією речовин в ґрунті, які особливо проявляються в безморозний періоду при температурі повітря вище 10° С. Середньорічна сума активних температури вище 10°С збільшується із північного заходу на південній схід території досліджень від 2793° С до 3382° С (рис. 6).

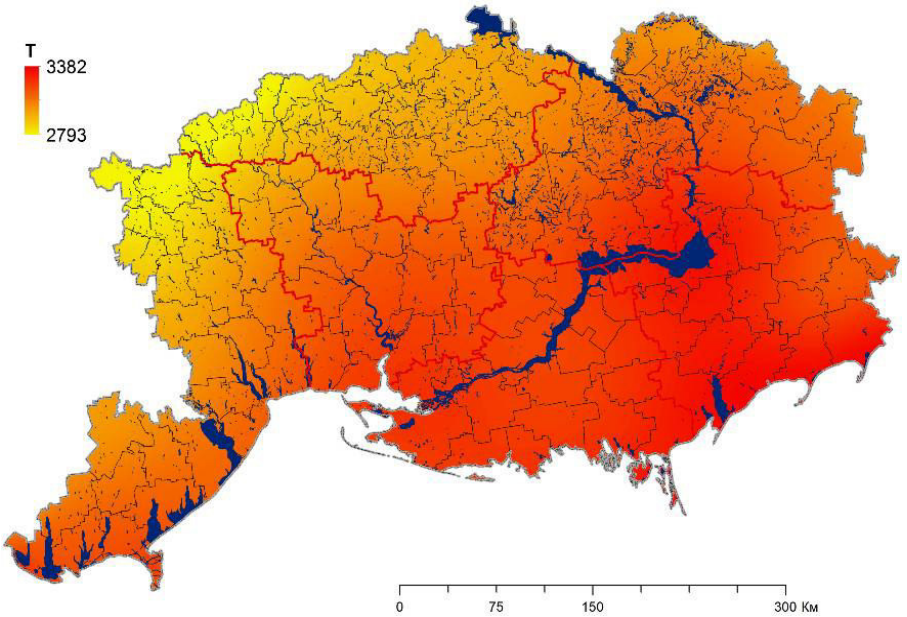



Рис. 6. Растри просторової диференціації значень середньорічної суми активних температур більше 10° С (*T*) на території зони Степу України

У результаті ГІС-моделювання з використанням грунтово-кліматичних моделей і Raster Calculator of ArcGIS 10.1 здійснено розрахунок балу бонітету зональних ґрунтів для вирощування зернових культур, соняшнику, однорічних і багаторічних трав у межах окремих території степового регіону досліджень (рис. 7) та окремих її адміністративно-територіальних одиницях (рис. 8). Розподіл площ із різним значенням балу бонітету ґрунтів для вирощування сільськогосподарських культур за умов дощової культури землеробства представлено в таблиці 3. Визначено, що за існуючих ґрунтово-кліматичних умов степового регіону досліджень, найбільш сприятливі умови для ведення землеробства мають адміністративно-територіальні одиниці північно-західної частини степового регіону досліджень, які розташовані у Одеській і Кіровоградській областях, мають максимальне значення балу бонітету за різних сільськогосподарських культур сівби від 67 до 85 балів.

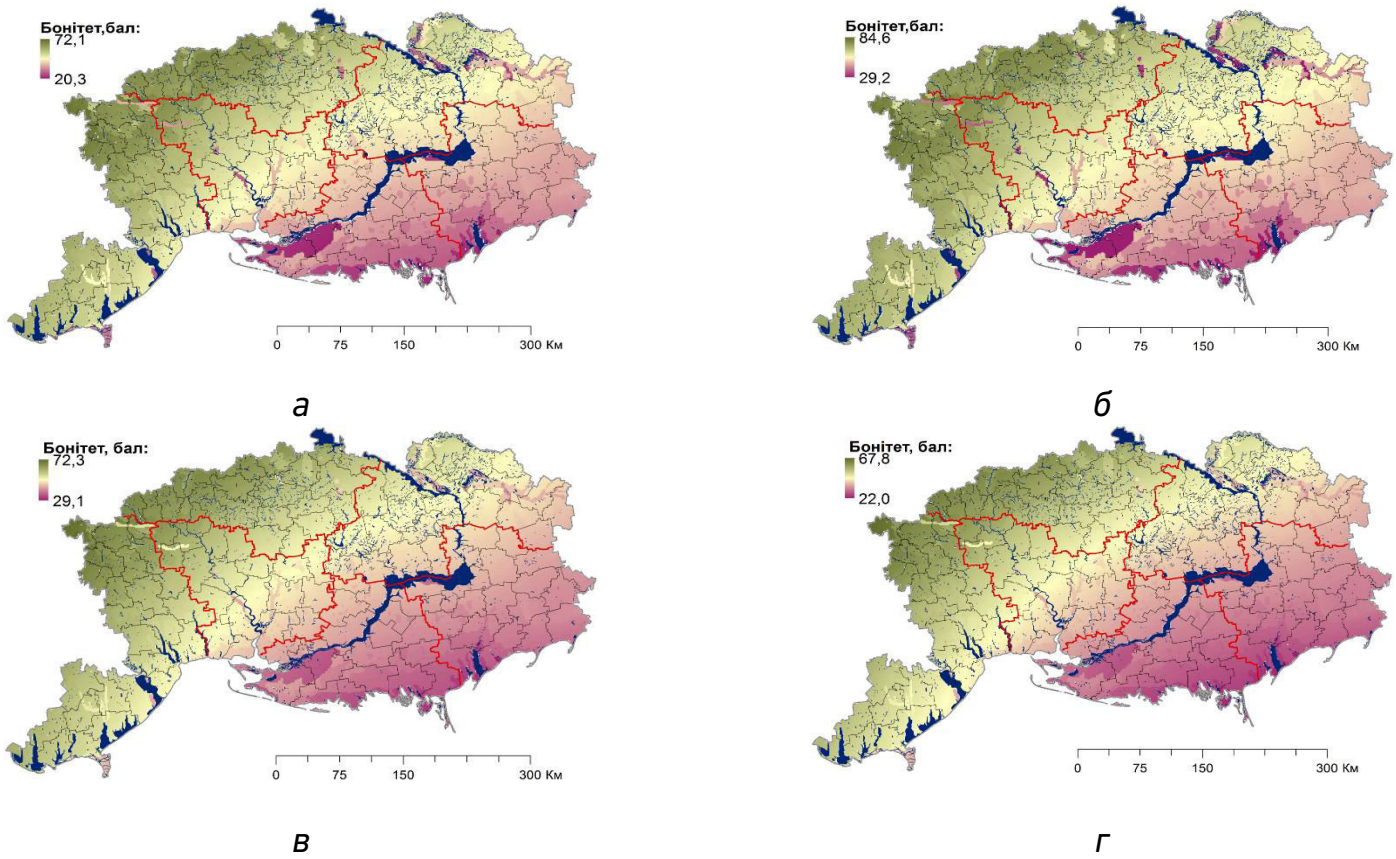
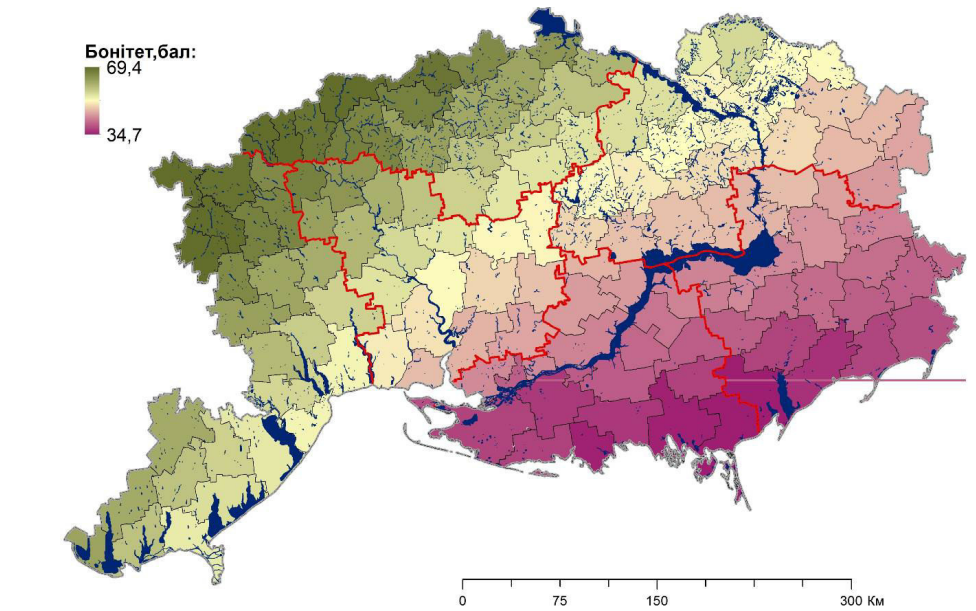
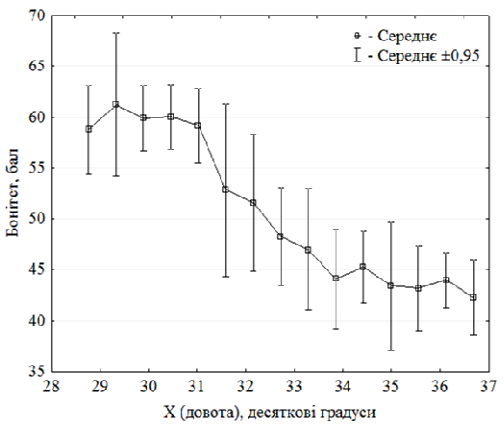


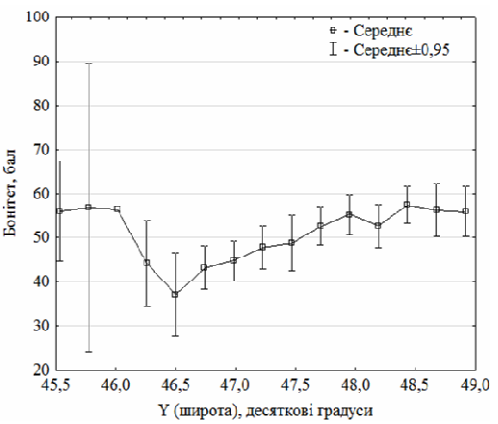

Рис. 7. Бонітет зональних ґрунтів (бали) в межах території зони Степу України: *а* – вирощування зернових культур; *б* – вирощування соняшнику; *в* – вирощування однорічних трав; *г* – вирощування багаторічних трав




*а)*




*б)*




*в)*

Просторова функція розподілу значень балу бонітету (*Бл*):

$$Бл = -47{,}18X + 0{,}53X^2 + 26{,}61Y - 0{,}26Y^2 + 0{,}19XY + 66{,}52 \quad r^2 = 0{,}78$$

*де X – довгота, десяткові градуси, Y – широта, десяткові градуси*

*г)*

Рис. 8. Просторовий розподіл середнього значення бонітету зональних ґрунтів (бали) в межах адміністративно-територіальних одиниць зони Степу України:

*а* – картограма просторовий розподіл бонітету; *б* – неоднорідність розподілу із заходу на схід; *в* – неоднорідність розподілу з півдня на північ; *г* – модель просторового розподілу

Таблиця 3

Розподіл земель сільськогосподарського призначення за ґрунтово-кліматичним потенціалом вирощування сільськогосподарських культур

| **Група земель** | **Клас бонітету** | **Бал бонітету** | **Площа, км$^2$** | **% до загальної площі** |
|---|---|---|---|---|
| Вирощування зернових культур | | | | |
| Низької якості | VIII | 21–30 | 1,50 | 1,12 |
| | VII | 31–40 | 16,33 | 12,23 |
| Середньої якості | VI | 41–50 | 47,83 | 35,83 |
| | V | 51–60 | 47,19 | 35,35 |
| Високої якості | IV | 61–70 | 20,48 | 15,34 |
| | III | 71–80 | 0,16 | 0,12 |
| Дуже високої якості | II | 81–90 | – | – |
| Вирощування соняшнику | | | | |
| Низької якості | VIII | 21–30 | – | – |
| | VII | 31–40 | 1,24 | 0,93 |
| Середньої якості | VI | 41–50 | 7,32 | 5,48 |
| | V | 51–60 | 35,27 | 26,42 |
| Високої якості | IV | 61–70 | 49,85 | 37,34 |
| | III | 71–80 | 38,09 | 28,53 |
| Дуже високої якості | II | 81–90 | 1,72 | 1,29 |
| Вирощування однорічних трав | | | | |
| Низької якості | VIII | 21–30 | – | – |
| | VII | 31–40 | 15,61 | 11,69 |
| Середньої якості | VI | 41–50 | 48,37 | 36,23 |
| | V | 51–60 | 48,05 | 35,99 |
| Високої якості | IV | 61–70 | 21,05 | 15,77 |
| | III | 71–80 | 0,43 | 0,32 |
| Дуже високої якості | II | 81–90 | – | – |
| Вирощування багаторічних трав | | | | |
| Низької якості | VIII | 21–30 | – | – |
| | VII | 31–40 | 2,91 | 2,18 |
| Середньої якості | VI | 41–50 | 45,36 | 33,98 |
| | V | 51–60 | 47,07 | 35,26 |
| Високої якості | IV | 61–70 | 31,35 | 23,48 |
| | III | 71–80 | 6,81 | 5,10 |
| Дуже високої якості | II | 81–90 | – | – |
| | | Всього | 133,50 | 100 |

На території зони Ступу України переважають землі середньої якості із балом бонітету в межах 41–60 балів, до яких віднесено чорноземи звичайні та південні середньо- та малогумусні, існує частина чорноземів типових. Площа сільськогосподарських угідь із середньою якістю земель для вирощування окремих культур варіює від 32,0% для соняшнику до 72,2% для однорічних трав. Території сільськогосподарських угідь із найнижчим грунтово-кліматичним потенціалом розташовані у південній та південно-східній частинах степового регіону досліджень (40 балів і менше – землі низької якості) на чорноземах південних мало гумусних, темно-каштанових, каштанових солонцюватих ґрунтах Херсонської і Запорізької областей. Площа ріллі із низькою якістю земель для вирощування окремих сільськогосподарських культур варіює від 1% для соняшнику до 13% для зернових культур. Землі із високою і дуже високою якістю (більше 60 балів) розташовані в північно-західній частині регіону досліджень на чорноземах реградованих, типових та звичайних середньо- і малогумусних із площею сільськогосподарських угідь від 15,5% для зернових культур до 67,2% для соняшнику.

**Висновок.** Апробація методики бонітування зональних ґрунтів і одержані результати для зони Степу України забезпечили уточнення просторової диференціації бонітету земель сільськогосподарського призначення із урахуванням ґрунтового різновиду і змін кліматичних умов. Створено растрові моделі та встановлені просторові закономірності розподілу чотирьох складових бонітету зональних ґрунтів: сумарний показник властивостей ґрунту, коефіцієнт зволоження, коефіцієнт континентальності клімату, середньорічна сума активних температур більше 10°С. Визначено, що на території степового регіону досліджень переважають сільськогосподарські угіддя середньої якості, в залежності від виду вирощування сільськогосподарських культур, їх площа варіює від 32,0% до 72,2%, з низькою якістю змінюється в межа 1–13%, високою і дуже високою якістю – 15,5–67,2%. Бали бонітету встановлені за єдиною шкалою оцінки якості земель, що дозволяє об'єктивно розрахувати біопродуктивний потенціал території, визначити площу сільськогосподарських угідь за їх якісними характеристиками, уточнити їх нормативно-грошову оцінку та визначити оптимальний розмір податку на землю сільськогосподарського призначення, скоригувати норми зрошення з метою зменшення об'єму водозабору із природних водних джерел, розробити та обґрунтувати систему заходів і терміни рекультивації деградованих земель.

**1.** Пічура В. І. Басейнова організація природокористування на водозбірній території транскордонної річки Дніпро. Херсон : «ОЛДІ-ПЛЮС», 2020. 380 с. **2.** Dudiak N., Pichura V., Potravka L., Stratichuk N. Environmental and economic effects of water and deflation destruction of steppe soil in Ukraine. *Journal of Water and Land Development*. 2021. No. 50. P. 10–26. DOI10.24425/jwld.2021.138156. **3.** Pichura V., Potravka L., Dudiak N., Stroganov A., Dyudyaeva O. Spatial differentiation of regulatory monetary valuation of agricultural land in conditions of widespread irrigation of steppe soils. *Journal of water and land development*. 2021. No 48 (I–III). P. 182–196. URL: https://doi.org/10.24425/jwld.2021.136161 (дата звернення: 04.05.2022). **4.** Пічура В. І. Ґрунтово-кліматичний та екологічний потенціал території транскордонного басейну Дніпра. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2017. № 4 (68). URL: http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/9101 (дата звернення: 04.05.2022). **5.** Gerrard A. J. Soils and landforms. Nedra. 1984. 208 p. **6.** Пічура В. І. Сільськогосподарське порушення екологічної стійкості басейну річки Дніпро. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2016. № 5(62). URL: http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/7231/7010 (дата звернення: 04.05.2022). **7.** Sobolev S. S., Polyansky N. A. Soil valuation. Moscow : Soil Institute named after V.V. Dokuchaeva. 1965. 812 p. **8.** Dokuchaev V. V. Russian black earth. Report to Free Economic Society. M.-L. : Poligrafkniga. 1936. 550 p. **9.** Sibirtsev N. M. Selected works. Moscow, 1951. 420 p. **10.** Medvedev V. V., Plisko I. V. Bonitation and qualitative assessment of arable land in Ukraine. Kharkov : 13 printing house, 2006. 386 p. **11.** Storie R. E. Storie index soil rating. *Division of agricultural sciences.* 1978. № 3203. P. 1–4. **12.** Karmanov I. I. Soil fertility of the USSR. Moscow : Kolos, 1980. 224 p. **13.** The system of servicing hydrometeorological information of CliWare. URL: http://cliware.meteo.ru/meteo/index.html (дата звернення: 04.05.2022).

## REFERENCES:

**1.** Pichura V. I. Baseinova orhanizatsiia pryrodokorystuvannia na vodozbirnii terytorii transkordonnoi richky Dnipro. Kherson : «OLDI-PLIuS», 2020. 380 s. **2.** Dudiak N., Pichura V., Potravka L., Stratichuk N. Environmental and economic effects of water and deflation destruction of steppe soil in Ukraine. *Journal of Water and Land Development*. 2021. No 50. P. 10–26. DOI10.24425/jwld.2021.138156. **3.** Pichura V., Potravka L., Dudiak N., Stroganov A., Dyudyaeva O. Spatial differentiation of regulatory monetary valuation of agricultural land in conditions of widespread irrigation of steppe soils. *Journal of water and land development*. 2021. No 48 (I–III). P. 182–196. URL: https://doi.org/10.24425/jwld.2021.136161 (data zvernennia: 04.05.2022). **4.** Pichura V. I. Hruntovo-klimatychnyi ta ekolohichnyi potentsial terytorii transkordonnoho baseinu Dnipra. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*. 2017. № 4(68).

URL: http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/9101 (data zvernennia: 04.05.2022). **5.** Gerrard A.J. Soils and landforms. Nedra. 1984. 208p. **6.** Pichura V.I. Silskohospodarske porushennia ekolohichnoi stiikosti baseinu richky Dnipro. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*. 2016. № 5 (62). URL: http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/7231/7010 (data zvernennia: 04.05.2022). **7.** Sobolev S. S., Polyansky N. A. Soil valuation. Moscow : Soil Institute named after V.V. Dokuchaeva, 1965. 812 p. **8.** Dokuchaev V. V. Russian black earth. Report to Free Economic Society. M.-L. : Poligrafkniga, 1936. 550 p. **9.** Sibirtsev N. M. Selected works. Moscow, 1951. 420 p. **10.** Medvedev V. V., Plisko I. V. Bonitation and qualitative assessment of arable land in Ukraine. Kharkov : 13 printing house, 2006. 386 p. **11.** Storie R. E. Storie index soil rating. *Division of agricultural sciences*. 1978. № 3203. P. 1–4. **12.** Karmanov I. I. Soil fertility of the USSR. Moscow : Kolos. 1980. 224 p. **13.** The system of servicing hydrometeorological information of CliWare. URL: http://cliware.meteo.ru/meteo/index.html (data zvernennia: 04.05.2022).

---

**Pichura V. I., Doctor of Agricultural Science, Professor, Potraka L. O., Doctor of Economics, Professor, Dudiak N. V., Doctor of Economics, Associate Professor** (Kherson State Agrarian and Economic University), **Pryshchepa A. M., Doctor Agricultural Sciences, Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## SOIL AND CLIMATE BONITATION OF STEPPE SOILS OF UKRAINE USING GIS-TECHNOLOGIES

**Soil and climatic conditions have an independent and complex spatial and temporal impact on the potential and degree of favorability of growing crops and yielding a crop. It is determined by the zonal physical and geographical features of the territory of the steppe regions of Ukraine–Dnipropetrovsk, Zaporizhzhia, Kirovohrad, Mykolaiv, Odesa, Kherson regions, with a general area of study of 167.4 thousand km$^2$. The area of agricultural lands is 133.5 thousand km$^2$, including arable lands – 113.5 thousand km$^2$, of which the area of irrigated lands with ensured proper functioning of the infrastructure of irrigation systems is 6.3 thousand km$^2$. In our studies we used the method of zonal soils bonitation by I.I. Karmanov. Spatial modeling was performed by using methods of geostatistics and algebra of maps of ArcGIS 10.1. software product. As a result of geomodeling, raster models were created and spatial patterns of distribution of the four components of the zonal soils bonitation were established: the total**

**value of soil properties, humidity index, coefficient of climate continentality, average annual amount of active temperatures greater than 10° C. It was determined that in the territory of the studied steppe region, the agricultural lands of average quality prevail. Depending on the type of crops growing, their area varies from 32.0% to 72.2%, with low quality – from 1% to 13%, with high and high-end quality – from 15.5% to 67.2%. Bonitation points are established on the basis of a unified scale of assessment of land quality, which allows to objectively calculate the bioproductive potential of the territory, to determine the area of agricultural lands in terms of their qualitative characteristics, to clarify the normative monetary assessment and to determine the optimal level of agricultural land tax, to adjust irrigation rates in order to reduce the volume of water intake from natural water sources, to justify measures and terms for the reclamation of degraded lands.**

***Keywords:*** **soils; climate; bonitation; agricultural lands; crops; Steppe zone of Ukraine; geomodeling; GIS-technologies.**

**УДК 502.51:504.5** https://doi.org/10.31713/vs220229

**Скок С. В., к.с.-г.н., доцент** (Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон), **Скрипчук П. М., д.е.н., професор** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

## ОЦІНКА ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ВОД РІЧОК КОШОВА ТА ВЕРЕВЧИНА У ЗОНІ УРБОГЕННОГО ВПЛИВУ МІСТА ХЕРСОН

**Нераціональне використання водних ресурсів призвело до антропогенної трансформації русел річок, зниження якісних показників, порушення екологічної рівноваги водних екосистем. Актуальним завданням на сьогодні є відновлення екологічного стану приток р. Дніпро, які являються індикатором його якості. Мета дослідження полягала у здійсненні оцінки екологічного стану річок Кошова та Веревчина у зоні урбогенного впливу міста Херсон.**

**Загальна оцінка рівня забруднення досліджуваних гідроекосистем здійснювалася за методикою розрахунку коефіцієнта забруднення та методу порівняння гідрохімічних показників з рибогосподарськими нормами ГДК. Згідно аналізу якісного стану поверхневих вод р. Веревчиної встановлено, що мінералізація у місці скиду стічних вод становила 1,4 ГДК, pH – 1,02 ГДК, $PO_4$ – 3 ГДК, $NO_2$ – 16 ГДК. Фоновий вміст фосфору фосфатного спостерігався у гирловій частині р. Веревчина. Якість поверхневих вод річки Кошова відповідала нормативам концентрації забруднюючих речовин за показниками нітратного азоту, загального заліза, розчиненого кисню та мінералізації. Концентрація ХСК та фосфатів становила 4 ГДК.**

**Згідно проведеної оцінки екологічного стану поверхневих вод встановлено, що р. Веревчина за рівнем забруднення відносилася до дуже брудної V класу якості із величиною коефіцієнта забруднення 25,6. Поверхневі води річки Кошова згідно шкали класифікації якості оцінені як помірно забруднені III класу.**

**Для покращення екологічного стану р. Кошова, р. Веревчина та зменшення антропогенного навантаження на природні водотоки запропоновано відновлення природного дренажу, розчищення берегів річок, здійснення організації своєчасного вивезення сміття вздовж берегів водотоків, реконструкцію та будівництво очисних**

**споруд для зливових вод та удосконалення методів очистки каналізаційних вод.**

***Ключові слова*: якість поверхневих вод; гідроекосистема; урбанізація, забруднення, стічні води.**

**Актуальність проблеми.** Нераціональне використання поверхневих вод та їх водозаборів порушило природний гідрохімічний і гідробіологічний режими водотоків, зменшило водність та їх глибину, призвело до пересихання малих річок, знизило їхню біопродуктивність, сприяло розвитку процесів евтрофікації. Внаслідок цього річкові екосистеми зазнали значної транформації русел та деградаційних змін, що спричинило погіршення якості поверхневих вод та непридатність їх до використання для питного водопостачання, рекреаційних цілей, рибного господарства. Інтенсивний урбогенний вплив в межах урбосистеми міста Херсон зумовлює необхідність комплексного підходу до вивчення довгострокових тенденцій та закономірностей зміни якісних показників річок. Притоки Дніпра є індикаторами гідрохімічного складу та якості поверхневих вод, основними чинниками здоров'я та санітарно-епідемічного благополуччя населення міської системи Херсона. У зв'язку з тим, що річка Веревчина використовується як місце скиду міських стічних вод, вона належить до сильно забруднених водних екосистем. Для покращення екологічного стану водних об'єктів, умов проживання населення, забезпечення ефективного захисту міської території від паводків та повеней, підвищення ефективності та екологічної безпеки водокористування необхідним є здійснення постійного моніторингу гідрохімічного стану гідроекосистем р. Кошової та р. Веревчиної.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Багаторічне господарське використання водотоків у містах у якості джерела скиду стічних вод призвело до акумуляції в поверхневих водах хімічних речовин та токсичних сполук, які є небезпечними для водних екосистем і здоров'я людини.

Питання екологічного стану гідроекосистем привертає значну увагу науковців, зокрема дослідження просторово-часового розподілу забруднюючих речовин, зміни річкового стоку відображені у працях Н.Г. Александрової [1], В.Д. Романенка [2], О.С. Данильченка [3], М.О. Клименка [4], Н.І. Магась [5], В.І. Осадчого [6], В.І. Пічури [7], В. І. Гринюка [8], А.В. Яцика [9].

Встановлення закономірностей впливу антропогенних факторів на якість водних ресурсів обґрунтовано у Водній Рамковій Директиві 2000/60/ЄС [10] та Водній стратегії України на період до 2025 року [11]. При цьому масштаби та ступінь негативної урбогенної дії на гідроекосистеми залежать від класу якості водотоків та рівня урбанізації (площа урбанізованої території, кількість населення, розвиток промислового виробництва) та визначається за коефіцієнтом антропогенного навантаження на основі співвідношення сумарної витрати стічних вод до середньорічної витрати водотоку [5].

На сучасному етапі розвитку суспільства все більше наукових робіт направленні на дослідження впливу глобальних змін клімату на стан водного режиму річок та формування якості поверхневих вод. Враховуючи високий рівень антропогенного навантаження на водотоки, планування діяльності водогосподарських систем, експлуатація екосистем річок без порушення їхньої екологічної рівноваги повинні здійснюватися згідно оцінки гідрохімічного стану та гідрологічного режиму водних об'єктів.

**Мета дослідження –** здійснення оцінки екологічного стану річок Кошова та Веревчина у зоні урбогенного впливу міста Херсон.

**Методи та методика дослідження.** Для оцінки рівня забруднення поверхневих вод досліджуваних річок використано метод порівняння гідрохімічних показників з рибогосподарськими нормативами ГДК [12; 13].

Загальну оцінку рівня забруднення досліджуваних гідроекосистем проводили за методикою розрахунку коефіцієнта забруднення, розробленою Українським науково-дослідним інститутом екологічних проблем (м. Харків). Величина коефіцієнта забруднення ($K_З$) є узагальненим показником, що характеризує рівень забруднення за гідрохімічними параметрами, в залежності від кратності перевищення ГДК (табл. 1).

$$Кз=\sum(1/N\sum x_i). \quad (1)$$

$$x_{in=}\begin{cases} \text{якщо } ГДК \le C_i \longrightarrow x_{in}= C_i/ ГДК , \\ \text{якщо } C_i \le ГДК \longrightarrow x_{in}=1 \end{cases} \quad (2)$$

де *i* – порядковий номер і загальна кількість показників; *n* – порядковий номер і загальна кількість вимірювань *i-го* показника

у визначений період часу; $N$ – загальне число вимірювань в усіх пунктах спостережень; $x_i$ – кратність перевищення ГДК.

Таблиця 1

Критерії оцінки якості поверхневих вод за показником забруднення [13]

| Значення коефіцієнта забруднення | <1,0 | 1,01 – 2,50 | 2,51 – 5,00 | 5,01 – 10,00 | > 10,0 |
|---|---|---|---|---|---|
| Рівень забрудненості вод | Незабруднені (чисті) | Слабко забруднені | Помірно забруднені | Брудні | Дуже брудні |
| Клас якості | I | II | III | IV | V |

Метод комплексної оцінки екологічного стану поверхневих вод базувався на основі показників якості води за даними системи моніторингу Державного агентства водного господарства України.

Оцінка якісного стану водних екосистем р. Кошова та р. Веревчина здійснена на основі встановлення відповідності фактичної концентрації полютанта до ГДК за значеннями рибогосподарських критеріїв, які мають більш високі вимоги до якості поверхневих вод [14].

**Результати досліджень.** Погіршення екологічного стану досліджуваних гідроекосистем зумовлено інтенсивним антропогенним пресингом на р. Дніпро. У межах його басейну 60% території розорано, 35% еродовано, 80% територій первинного природного ландшафту зазнали трансформації. Створений каскад водосховищ на Дніпрі погіршив екологічну ситуацію в басейні ріки, спричинив вторинне забруднення поверхневих вод через масове накопичення токсичних полютантів [15].

Найбільшого антропогенного впливу зазнають притоки р. Дніпро у зоні скиду міських стічних вод. У зв'язку із цим екологічний стан пониззя Дніпра є незадовільним [16].

Головними джерелами інтенсивного антропогенного навантаження на досліджувані гідроекосистеми є господарсько-побутові, промислові стічні води з різним ступенем очистки, неочищені поверхневі зливові води та каналізаційні води з приватних будинків.

Водна екосистема р. Веревчина використовується для приймання очищених господарсько-побутових стічних вод, які надходять з міста Херсон. Щодоби 50 тис. м$^3$ міських і промислових стічних вод проходить через міські очисні споруди, скидаються в балку Веревчина, надходять до вод р. Кошової та р. Дніпра [17].

За даними інституту гідробіології НАНУ скидний канал очисних споруд та річка Веревчина має ширину 1,5–2,0 м, глибину 0,5–0,7 м, швидкість течії 1,2 м/с, pH 8,0, вміст розчиненого кисню 8,4 мг/дм$^3$, мінералізацію 1400 мг/дм$^3$. Вища водна рослинність відсутня. На виході води з каналу ширина рукава складає 2,5–3,0 м, глибина 1,0–1,5 м. Вода каламутна, прозорість 0 м, pH 8,7, вміст розчиненого кисню 8,8 мг/дм$^3$, мінералізація 1400 мг/дм$^3$. Зростання pH пов'язане із збільшенням кількості синьо-зелених водоростей. Після злиття рукавів, через 3 км нижче скиду, річка має ширину 1,5–2,0 м; глибину 0,5–1,5 м, швидкість течії 0,6–0,8 м/с. Далі русло розширюється і за межами плавнів перетворюється у витягнуту затоку, ширина якої становить 10 м, глибина 3–4 м, течія сильно уповільнюється [18].

Через 0,5 км від злиття рукавів прозорість збільшилася до метра, вміст розчиненого кисню – 11,5 мг/дм$^3$, а мінералізація складала 400 мг/дм$^3$. Відносно високі концентрації кисню пов'язані із зростанням турбулентності потоку та аерації. Загальна мінералізація річки Веревчина була вищою ніж в протоці Кошева. У місці скиду стічних вод спостерігався високий вміст амонійного, нітратного азоту 3,8 ГДК та фосфатів 9 ГДК. У русловій частині утворилися мілководні ділянки внаслідок забудови дачних ділянок.

При роботі міських очисних споруд виникають технічні проблеми, які полягають у відсутності очищення від мулу біологічних ставків та призводять до накопичення забруднюючих речовин у водотоках. Щорічно до р. Веревчина разом з умовно очищеними міськими та промисловими водами потрапляє близько 400 тонн ПАР, оксидів азоту, сірки, фосфору та нафтопродуктів. Однак слід зазначити, що концентрація забруднюючих речовин після очищення, як правило, нижча в порівнянні зі стічними водами, які надходять на очисні споруди. Крім того, р. Веревчина додатково забруднюється потраплянням неочищеної дощової стічної води з міської території, промислових стічних вод підприємств та стічних вод з зрошувальних систем [15; 16]. Біоплато після очисної станції відіграє важливу роль у покращенні якості води. Але, незважаючи на ефективне біологічне очищення стічних вод, фонові концентрації забруднюючих речовин амонійного азоту та біологічного кисню (БПК) у місці впадінні Веревчини

в Кошеву становлять 3 ГДК для вод комунального користування, що спричинене зниженням самовідновної здатності водних екосистем [18]. По всій акваторії річки Веревчина концентрація фосфатів, нітратів та мінералізації не відповідають нормативам за рибогосподарськими критеріями. Згідно проведеної оцінки екологічного стану поверхневих вод встановлено, що р. Веревчина за рівнем забруднення відноситься до дуже брудної V класу якості із величиною коефіцієнта забруднення 25,6.

Основні гідрохімічні показники води у контрольних створах р. Веревчина наведені у табл. 2 [18].

Таблиця 2

Гідрохімічні показники р. Веревчина

| Станції відбору проб | Мінералізація, мг/дм$^3$ | pH | t° C | $O_2$, мг/дм$^3$ | $NH_4$, мг/дм$^3$ | $NO_2$, мг/дм$^3$ | $NO_3$, мг/дм$^3$ | $PO_4$, мг/дм$^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ГДК | | | | | | | |
| | 1000 | 6,5-8,5 | 28 | ≥ 6 | 0,5 | 0,08 | 40 | 0,2 |
| Скид очисних споруд м. Херсон | 1400 | 8,7 | 22,7 | 8,8 | 0,450 | 1,380 | 10,43 | 0,690 |
| Проміжний скид в каскаді відстійників очисних спорудм. Херсон (0,65 км вище) | 1440 | 8,0 | 24,1 | 6,3 | 0,070 | 0,006 | 2,60 | 0,400 |
| р. Веревчина нижче скидуочисних споруд м. Херсон (2,7 км) | 1060 | 8,2 | 24,2 | 8,4 | 0,013 | 0,009 | 7,30 | 0,620 |
| р. Веревчина нижче скиду очисних споруд м. Херсон(2,4 км) | 990 | 8,0 | 24,2 | 4,6 | 0,026 | 0,370 | 4,35 | 0,320 |
| р. Веревчина нижче скидуочисних споруд м. Херсон (2,1 км) | 1030 | 8,1 | 22,0 | 4,4 | 0,013 | 0,014 | 2,48 | 0,350 |

продовження табл. 2

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Гирло р. Веревчина (3,4 км) | 380 | 9,2 | 25,7 | 11,5 | 0,017 | 0,006 | 0,44 | 0,094 |
| Рукав р. Веревчина (6,0 км) | 380 | 9,0 | 25,1 | 10,1 | 0,017 | 0,029 | 0,44 | 0,104 |
| Дніпро, Херсонська біостанція (контроль) (6,2 км вище) | 360 | 8,8 | 24,3 | 6,1 | 0,017 | 0,023 | 0,55 | 0,101 |

Згідно аналізу якісного стану поверхневих вод р. Веревчина встановлено, що мінералізація у місці скиду стічних вод становила 1,4 ГДК, pH – 1,02 ГДК, $PO_4$ – 3 ГДК, $NO_2$ – 16 ГДК.

На основі даних системи моніторингових досліджень, якість поверхневих вод р. Веревчина набуває природного стану через 3,4 км нижче від місця скиду забруднених стічних вод. Вміст фосфору фосфатного відповідно рибогосподарським критеріям становив у гирловій частині р. Веревчина [18].

У місці впадіння річки Веревчиної в протоку Кошову біогенні речовини не перевищували нормативних значень. Через 6 км нижче скиду стічних вод, при впадінні протоки Кошева в р. Дніпро, відбувається зменшення концентрацій полютантів. Однак, враховуючи систематичний довготривалий скид стічних каналізаційних вод до р. Веревчиної порушуються екологічні функції вищої водної рослинності та плавневих біоценозів, які сприяють очищенню поверхневих вод від забруднюючих речовин.

Негативний вплив на екологічний стан р. Веревчиної здійснює також скид великих об'ємів брудної води з резервної труби міських очисних споруд, яка призначена для експлуатації при аварійних ситуаціях.

Крім каналізаційних стічних вод урбосистеми міста Херсон, потужним джерелом забруднення водних екосистем р. Веревчина та р. Кошова є поверхневий стік з урбанізованої території, сільськогосподарських угідь, який формується внаслідок випадання опадів. Враховуючи останню тенденцію утворення рідких опадів у кількостях, що перевищують місячні норми спостерігається навантаження на зливову систему каналізації, яка функціонує лише на 30%. Зливи збільшують поверхневий стік та ерозію ґрунтів змивають у водотоки

забруднюючі речовини, що сприяє інтенсивному розмноженню патогенних мікроорганізмів. Внаслідок бактеріального забруднення, екосистеми приток Дніпра є непридатними для рекреаційних цілей. Інфекції можуть потрапляти до водотоків через стічні води та поширюватися через кал диких птахів та ссавців (переважно гризунів), змиватися у воду з берегів. Змиті біогенні речовини із сільськогосподарських угідь є поживним середовищем для розмноження синьозелених водоростей, маючи алелопатичні властивості, пригнічують життєдіяльність гідробіонтів. Явище масового цвітіння води спостерігається у літній період, бактеріологічні показники не відповідають встановленим ГДК, внаслідок чого забороняється користуватися водами річок для рекреаційних цілей.

У прибережній частині р. Кошова розташовані річковий, морський порти, діючі промислові об'єкти, прокладені автомобільний та залізничний мости. Гідроекосистема р. Кошової зазнає інтенсивного негативного впливу від урбанізованої території міста Херсон. Якість поверхневих вод р. Кошева змінюється під впливом річного стоку в основному руслі ріки Дніпро та якості води сформованого стоку Каховського водосховища. Інтенсивний негативний вплив на екологічний стан р. Кошової здійснюється внаслідок розміщення у прибережній зоні несанкціонованих звалищ твердих побутових відходів, концентрації промислових об'єктів таких як Херсонський державний завод «Паллада», Суднобудівний судноремонтний завод, Силікатний завод. Якість поверхневих вод річки Кошова відповідала нормативам концентрації забруднюючих речовин за показниками нітратного азоту, загального заліза, розчиненого кисню та мінералізації [18]. Концентрація ХСК та фосфатів складала 4 ГДК. Отже, річка Кошова згідно шкали класифікації екологічного стану належить до категорії помірно забруднених ІІІ класу якості. Згідно аналізу екологічного стану поверхневих вод встановлено, що більшість полютантів надходять до водних екосистем із урбанізованої території міста Херсон.

Крім зниження якісних показників поверхневих вод значної зміни зазнали русла рік Кошової та Веревчиної, внаслідок їх замулення. Середня товщина замулення дна складає 2,95 м, у якому переважають мулово-піщані наноси з водоростями. При цьому погіршуються гідрофізичні показники річок такі як запах, забарвлення, прозорість [19].

Згідно проведених досліджень встановлено, що р. Веревчина та р. Кошова є вразливими гідроекосистемами до антропогенного

впливу, якісний стан яких являється індикатором екологічного стану пониззя Дніпра.

Невідповідність вмісту хімічних речовин встановленим екологічним критеріям спричинена низькою ефективністю очистки міських очисних споруд. Враховуючи їхній незадовільний технічний стан, застарілі методи очистки стічних вод, технічну зношеність систем каналізації, скид промислових стічних вод до центральної системи водовідведення спостерігається руйнація каналізаційної мережі. Відсутність локальних очисних споруд на промислових підприємствах призводить до того, що виробничі стічні води потрапляють до міської каналізації та змішуються з господарсько-побутовими стічними водами. При цьому створюється додаткове хімічне навантаження на міську станцію очистки, яка не призначена для видалення агресивних речовин.

Урбанізована система міста Херсон є інтенсивним джерелом впливу на якісний стан річок Кошова та Веревчина, яке посилюється відсутністю прибережних та водоохоронних зон, розташуванням твердих побутових відходів, недостатньою ефективністю очисних споруд, відсутністю споруд з очистки зливових стічних вод, спалюванням вищої водної рослинності, яка є природним біоплатом та необхідною частиною природного механізму самовідновного потенціалу річкових екосистем. При цьому відбувається розвиток інфекційних захворювань населення, ерозійних процесів та заболочених земель, зниження біорізноманіття водотоків, погіршення якості води.

Для покращення екологічного стану, внутрішнього стоку р. Кошова, р. Веревчина та зменшення антропогенного навантаження на природні водотоки необхідності набуває відновлення природного дренажу, розчищення берегів річок і бокових приток від заростей великотрав'яної рослинності, водоростей, здійснення організації своєчасного вивезення сміття вздовж берегів водотоків, проведення регулярного санітарного обстеження та контролю за якістю досліджуваних гідроекосистем, реконструкція, будівництво очисних споруд для зливових вод та удосконалення методів очистки каналізаційних вод.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Екологічний стан річок Веревчина та Кошова є незадовільним у зв'язку із інтенсивним антропогенним впливом на притоки р. Дніпро у зоні скиду міських стічних вод. Згідно екологічної класифікації р. Веревчина відноситься до дуже забруднених річок V класу якості, р. Кошова – до категорії помірно забруднених III класу якості.

Основними джерелами забруднення природних водотоків є господарсько-побутові стічні води, зливові стічні води, стічні води промислових виробництв з різним ступенем очистки та забруднені стічні води приватних домогосподарств. Згідно аналізу якісного стану поверхневих вод р. Веревчина встановлено, що мінералізація у місці скиду стічних вод становила 1,4 ГДК, pH – 1,02 ГДК, $PO_4$ – 3 ГДК, $NO_2$ – 16 ГДК.

Перспектива подальших досліджень полягає у проведенні систематичної оцінки якісного стану р. Веревчиної та р. Кошової для розробки адаптивних природоохоронних заходів покращення екологічного стану річок, посилення державного контролю щодо якості скидів стічних комунально-побутових та промислових стоків у поверхневі води.

**1.** Екологічні проблеми водокористування на території, що постраждала від аварії на Чорнобильській АЕС та рекомендації для населення / С. О. Афанасьєв та ін. Київ : А-Центр, 2005. 96 с. **2.** Комплексна оцінка екологічного стану басейну Дніпра / В. Д. Романенко та ін. Київ : Інститут гідробіології НАНУ, 2000. 103 с. **3.** Данильченко О. С. Річкові басейни Сумської області: геоекологічний аналіз. Суми : СумДПУ імені А. С. Макаренка, 2019. 270 с. **4.** Клименко М. О., Статник І. І. Охорона водних об'єктів від антропогенного впливу. *Вісник КНУ імені Михайла Остроградського*. 2010. Вип. 6 (65), ч. 1. С. 177–181. **5.** Магась Н. І. Геоекологічний стан басейну річки Південний Буг в межах Миколаївської області. *Екологічна безпека держави* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених та студентів (м. Київ, 17–18 квітня 2012 р.). Київ, 2012. С. 93. **6.** Вплив урбанізованих територій на хімічний склад поверхневих вод басейну Дніпра / В. І. Осадчий та ін. Київ : Наук. праці УкрНДГМІ, 2002. Вип. 250. С. 242–261. **7.** Пічура В. І., Потравка Л. О. Удосконалення механізму організації природокористування на території басейну Дніпра. *Біоресурси та природокористування*. 2019. № 5–6. Том 11. С. 84–101. **8.** Гринюк В. І. Дослідження процесів самоочищення правих приток річки Свічі Басейну Дністра. *Науковий вісник НЛТУ України.* 2018. № 3. Т. 28. С. 77–82. **9.** Оцінка екологічного стану поверхневих вод річки Гапа / А. В. Яцик та ін. *Меліорація і водне господарство.* 2017. Вип. 105. С. 35–38. **10.** Водна рамкова директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. Київ, 2006. 240 с. **11.** Водна стратегія України на період до 2025 року (наукові основи). Київ, 2015. 46 с. **12.** Оцінка якості природних вод : навч. посіб. / Юрасов С. М. та ін. Одеса : Екологія, 2012. 168 с. **13.** Козицька Л. П., Музиченко О. С. Інтегральна оцінка екологічного стану поверхневих вод річки Західний Буг в межах Волинської області. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології.* 2015. № 3–4. С. 78–83. **14.** Сніжко С. І.

Оцінка та прогнозування якості природних вод. Київ : Ніка-Центр, 2001. 264 с. **15.** Пічура В. І., Потравка Л. О., Скок С. В. Екологічний стан акваторії ріки Дніпро у зоні впливу урбосистем (на прикладі міста Херсон). *Водні біоресурси та аквакультура*. 2019. № 2. С. 19–34. **16.** Pichura V., Potravka L., Skok S., Vdovenko N. Causal regularities of effect of urban systems on condition of hydro ecosystem of Dnieper river. *Indian Journal of Ecology.* 2020. 47(2). P. 273–280. **17.** Скок С. В. Методичні аспекти оцінки впливу міських стічних вод на якість річки Дніпро. *Водні біоресурси та аквакультура.* 2020. № 2 (8). С. 251–267. **18.** Технічний звіт: опис характеристик району басейну річки Дніпро. 2019. ENI/2016/372-403. 38 с. **19.** Визначення якісного стану водної екосистеми річки Дніпро / Р. В. Пономаренко та ін. *Екологічна безпека.* 2019. № 2. С. 52–62.

## REFERENCES:

**1.** Ekolohichni problemy vodokorystuvannia na terytorii, shcho postrazhdala vid avarii na Chornobylskii AES ta rekomendatsii dlia naselennia / S. O. Afanasiev ta in. Kyiv : A-Tsentr, 2005. 96 s. **2.** Kompleksna otsinka ekolohichnoho stanu baseinu Dnipra / V. D. Romanenko ta in. Kyiv : Instytut hidrobiolohii NANU, 2000. 103 s. **3.** Danylchenko O. S. Richkovi baseiny Sumskoi oblasti: heoekolohichnyi analiz. Sumy : SumDPU imeni A. S. Makarenka, 2019. 270 s. **4.** Klymenko M. O., Statnyk I. I. Okhorona vodnykh obiektiv vid antropohennoho vplyvu. *Visnyk KNU imeni Mykhaila Ostrohradskoho*. 2010. Vyp. 6 (65), ch. 1. S. 177–181. **5.** Mahas N. I. Heoekolohichnyi stan baseinu richky Pivdennyi Buh v mezhakh Mykolaivskoi oblasti. *Ekolohichna bezpeka derzhavy* : materialy Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii molodykh uchenykh ta studentiv (m. Kyiv, 17–18 kvitnia 2012 r.). Kyiv, 2012. S. 93. **6.** Vplyv urbanizovanykh terytorii na khimichnyi sklad poverkhnevykh vod baseinu Dnipra / V. I. Osadchyi ta in. Kyiv : Nauk. pratsi Ukr-NDHMI. 2002. Vyp. 250. S. 242–261. **7.** Pichura V. I., Potravka L. O. Udoskonalennia mekhanizmu orhanizatsii pryrodokorystuvannia na terytorii baseinu Dnipra. *Bioresursy ta pryrodokorystuvannia*. 2019. № 5–6. Tom 11. S. 84–101. **8.** Hryniuk V. I. Doslidzhennia protsesiv samoochyshchennia pravykh prytok richky Svichi Baseinu Dnistra. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*. 2018. № 3. T. 28. S. 77–82. **9.** Otsinka ekolohichnoho stanu poverkhnevykh vod richky Hapa / A. V. Yatsyk ta in. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*. 2017. Vyp. 105. S. 35–38. **10.** Vodna ramkova dyrektyva YeS 2000/60/IeS. Osnovni terminy ta yikh vyznachennia. Kyiv, 2006. 240 s. **11.** Vodna stratehiia Ukrainy na period do 2025 roku (naukovi osnovy). Kyiv, 2015. 46 s. **12.** Otsinka yakosti pryrodnykh vod : navch. posib. / Yurasov S. M. ta in. Odesa : Ekolohiia, 2012. 168 s. **13.** Kozytska L. P., Muzychenko O. S. Intehralna otsinka ekolohichnoho stanu poverkhnevykh vod richky Zakhidnyi Buh v mezhakh Volynskoi oblasti. *Liudyna ta dovkillia. Problemy neoekolohii*. 2015. № 3–4. S. 78–83. **14.** Snizhko S. I.

Otsinka ta prohnozuvannia yakosti pryrodnykh vod. Kyiv : Nika-Tsentr, 2001. 264 s. **15.** Pichura V. I., Potravka L. O., Skok S. V. Ekolohichnyi stan akvatorii riky Dnipro u zoni vplyvu urbosystem (na prykladi mista Kherson). *Vodni bioresursy ta akvakultura*. 2019. № 2. S. 19–34. **16.** Pichura V., Potravka L., Skok S., Vdovenko N. Causal regularities of effect of urban systems on condition of hydro ecosystem of Dnieper river. *Indian Journal of Ecology.* 2020. 47(2). P. 273–280. **17.** Skok S. V. Metodychni aspekty otsinky vplyvu miskykh stichnykh vod na yakist richky Dnipro. *Vodni bioresursy ta akvakultura*. 2020. № 2 (8). S. 251–267. **18.** Tekhnichnyi zvit: opys kharakterystyk raionu baseinu richky Dnipro. 2019. ENI/2016/372-403. 38 s. **19.** Vyznachennia yakisnoho stanu vodnoi ekosystemy richky Dnipro / R. V. Ponomarenko ta in. *Ekolohichna bezpeka*. 2019. № 2. S. 52–62.

---

**Skok S. V., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor (**Kherson State Agrarian and Economic University, Kherson), **Skrypchuk P. M., Doctor of Economics, Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## ASSESSMENT OF THE SURFACE WATER QUALITY OF THE KOSHOVA AND VEREVCHINA RIVERS IN THE ZONE OF URBAN IMPACT OF KHERSON

**Irrational use of water resources has led to anthropogenic transformation of riverbeds, lower quality indicators, violation of the ecological balance of aquatic ecosystems. An urgent task today is to restore the ecological condition of the tributaries of the Dnieper, which are an indicator of its quality. The purpose of the investigation was to assess the ecological condition of the rivers Koshova and Verevchyna in the zone of urban impact of the city of Kherson.**

**The general assessment of the level of pollution of the hydroecosystems was carried out according to the method of calculating the pollution coefficient and the method of comparing the hydrochemical parameters with the fishery standards of the maximum permissible concentrations. According to the analysis of the quality conditionof surface waters of the Verevchyna River, it was established that the mineralization at the place of wastewater mineralization was 1.4 MPC, pH – 1.02 MPC, $PO_4$ – 3 MPC, $NO_2$ – 16 MPC. The background content of phosphate phosphate was observed in the mouth of the Verevchyna River.**

**The quality of surface water the Koshova River met the standards for the concentration of pollutants in terms of nitrate nitrogen, total iron, dissolved oxygen and mineralization. The concentration of chemical oxygen demand and phosphates was 4 MPC.**

**According to the assessment of the ecological condition of surface waters, it was established that the Verevchyna River belongs to the very dirty V class of quality in terms of the level of pollution with the value of the pollution coefficient of 25.6. According to the classification scale of ecological condision of surface waters, the Koshova River belong to the category moderately pollution III class of quality.**

**To improve the ecological condition of Koshova and Verevchyna rivers and reduce anthropogenic pressure on natural watercourses, restoration of natural drainage, cleaning of river banks, organization of timely garbage removal along of watercourse banks, reconstruction and construction of stormwater treatment plants and sewage treatment are proposed.**

***Keywords:*** **quality of surface water; hydroecosystem; urbanization; pollution; sewage.**

**УДК 504.4.062.2** https://doi.org/10.31713/vs2202210

**Статник І. І., к.с.-г.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, i.i.statnik@nuwm.edu.ua)

## ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ПОГІРШЕННЯ ЯКОСТІ ВОДИ РІЧОК

**Метою даної статті був теоретичний аналіз сучасної наукової літератури та вивчення досвіду проведення оцінки екологічних ризиків погіршення якості річкової води для з'ясування загальних тенденцій у розрізі моніторингу та управління станом річкових гідроекосистем.**

**Деякі погляди окреслюють ризик якості води як відображення стану водойми. Як приклад, визначення ризику якості води передбачає ймовірність того, що показник якості води перевищить задане граничне значення (стандартне значення концентрації якості води). Також існують численні дослідження, що описують ризик з точки зору ступеня пошкодження водного об'єкта. Як приклад, є дослідження про шкоду, яку завдають здоров'ю людини важкі метали у складі поверхневих вод . Частина дослідників вважає, що ризик якості води повинен визначатися не тільки за одним аспектом, а з врахуванням сукупності можливих шкідливих подій та їх потенційної небезпеки.**

**Для оцінки екологічного ризику річкових гідроекосистем, як правило, здійснюється моделювання процесів зміни стану поверхневих вод у всьому водозбірному басейні. При цьому, існує чимало методів та підходів як комплексного так і деталізованого характеру.**

**Варто зазначити, що підходи та методології оцінки ризиків якості води річок не обмежуються тими які ми представили в статті. Проте, цілями кожного з них є відстеження концентрацій забруднень водного середовища для подальшого прийняття управлінських заходів зі зниження шкідливого впливу на водні об'єкти та кінцевих споживачів.**

**Ми виявили основні тенденції у наукових підходах до оцінок екологічного ризику якості поверхневих вод річок. Їх порівняння зводиться до розуміння цілей проведення оцінки екологічних ризиків та підбору методів, які спроможні їх задовольнити. Загальною**

**спільною ознакою проаналізованих методів є їх орієнтація на кількісне вираження та якісну характеристику рівнів ризику. Важливим моментом виявляється потреба в достатньому наборі даних, що формують певну базу та підлягають математичній і статистичній обробці. На нашу думку, більш об'єктивними є підходи, які поєднують гідрохімічні та токсикологічні методи, оскільки це дає можливість відобразити небезпеку умов середовища безпосередньо для живих організмів, що покращує розуміння ризику якості води та сприяє процесам управління в межах водозбірного басейну.**

***Ключові слова:*** **річкова гідроекосистема; забруднення; індекс.**

**Постановка проблеми.** Основною метою оцінки екологічного ризику є встановлення величини чи рівня (рівнів) небезпеки, яку створюють для компонентів довкілля джерела потенційної шкоди [1].

**Мета і завдання дослідження.** Метою даної статті був теоретичний аналіз сучасної наукової літератури та вивчення досвіду проведення оцінки екологічних ризиків погіршення якості річкової води для з'ясування загальних тенденцій у розрізі моніторингу та управління станом річкових гідроекосистем.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Екологічний ризик - ймовірність несприятливих для навколишнього до людини природного середовища, екологічних ресурсів та екосистем певних територій, наслідків антропогенних впливів (навмисних або випадкових, поступових або катастрофічних), які супроводжуються погіршенням стану природного середовища та деградацією екосистем [2].

Оцінки ризику є дуже цінними з огляду встановлення цілісного розуміння зв'язків всередині соціально-екологічних систем, оскільки вони пов'язують такі важливі елементи як види чи середовища існування, з ймовірними наслідками тиску. На подальших етапах вони мають вирішальне значення для визначення показників, кількісної оцінки еталонних умов та оцінки альтернатив управління [3].

Оскільки певні види шкідливої діяльності та антропогенного навантаження можуть якийсь час лишатися непоміченими, маючи при цьому вплив на екосистему, практичне виявлення та оцінка екологічних ризиків є непростим завданням.

Для комплексної оцінки ризиків водокористування та екологічних наслідків господарської діяльності World Resources Institute (WRI) розробили проект AQUEDUCT GLOBAL MAPS 2.0 – доступний інтерактивний інструмент, який надає картовану інформацію про пов'язані з водою ризики по всьому світу [4]. Параметри, представлені в

даному ресурсі, згруповані за трьома типами ризиків: якісні, кількісні та репутаційні.

Якісні ризики визначаються як вплив змін на якість води, які можуть впливати безпосередньо на діяльність компаній, на ланцюги компаній та/або логістику. До них відносяться: забруднення поверхневих та питних вод, співвідношення повернення потоків при водоспоживанні, дотримання водоохоронних зон (особливо у верхів'ях річок). Кількісні ризики визначаються як вплив змін кількості води (наприклад, посухи або повені), які можуть безпосередньо впливати на діяльність компаній, на ланцюги компаній та/або логістику. До них відносяться: вихідний рівень дефіциту води, міжрічна мінливість, сезонна мінливість, ризик повеней, небезпека посухи, межа сховищ, тиск підземних вод. Репутаційні ризики визначаються як потенційні конфлікти з громадськістю щодо водних ресурсів, які можуть негативно вплинути на імідж компанії або призвести до втрати компанією ліцензії на роботу в житловому комплексі. До них належать: висвітлення у ЗМІ, доступ до водних ресурсів, загроза гідробіонтам.

Одночасно, саме визначення ризику якості води й досі лишається неуніфікованим, хоча дослідження щодо оцінок якості води є досить багаточисельними. Деякі погляди окреслюють ризик якості води як відображення стану водойми. Як приклад, визначення ризику якості води передбачає ймовірність того, що показник якості води перевищить задане граничне значення (стандартне значення концентрації якості води) [5]. Також існують численні дослідження, що описують ризик з точки зору ступеня пошкодження водного об'єкта. Як приклад, варто навести дослідження про шкоду, яку завдають здоров'ю людини важкі метали у складі поверхневих вод [6–8]. Частина дослідників вважає, що ризик якості води повинен визначатися не тільки за одним аспектом, а з врахуванням сукупності можливих шкідливих подій та їх потенційної небезпеки [9].

Існує думка, що ризик якості води характеризується об'єктивністю, невизначеністю, вимірністю і динамікою та є кількісною характеристикою ймовірності виникнення забруднення води [10]. Так, для вимірювання ризику води пропонується модель одномірного аналізу, яка оцінює ймовірність виникнення шкідливих подій («деградація» чи «перевищення норми») для водного об'єкта [11]. Засобом цієї моделі, на основі даних моніторингу в режимі реального часу розраховується максимальна ймовірність шкідливих (небезпечних) подій, що зможуть відбутися в наступному періоді часу. Далі, після визначення

порогового значення певної функції у конкретній водоймі встановлюється рівень ризику, який надає передчасне попередження про зміни якості води.

Для оцінки екологічного ризику річкових гідроекосистем, як правило, здійснюється моделювання процесів зміни стану поверхневих вод у всьому водозбірному басейні. При цьому, існує чимало методів та підходів як комплексного так і деталізованого характеру. Серед них є такі, що враховують стан екосистеми, зони надзвичайних екологічних ситуацій, рівні забрудненості водних об'єктів, стан забрудненості донних відкладів, або ж загальний індекс забрудненості [12].

Так, для кількісної оцінки екологічного ризику присутності в водному середовищі певної речовини, відомий метод розрахунку коефіцієнта ризику (RQ) [13]:

$$RQ = \frac{MEC_{sed}}{PNEC_{sed}},$$

де $MEC_{sed}$ – максимальна виміряна концентрація в навколишньому середовищі (мкг/кг); $PNEC_{sed}$ – прогнозована концентрація без ефекту (мкг/кг):

$$PNEC_{sed} = \left(K_D / RHO_{susp}\right) \cdot PNEC_{water} \cdot 1000,$$

де $PNEC_{sed}$ – прогнозована неефективна концентрація для донних відкладів (мкг/кг); $PNEC_{water}$ – прогнозована неефективна концентрація для води (мкг/дм$^3$); $K_D$ – коефіцієнт розподілу між водою та донними відкладами (м$^3$/м$^3$); $RHO_{susp}$ – об'ємна щільність вологої завісі (кг/м$^3$).

Якщо RQ < 0,1 – ризик низький; 0,1 < RQ <1 – ризик середній; RQ > 1 – ризик високий.

Адаптація цього методу до річкової гідроекосистеми показує, що важливим етапом оцінки екологічного ризику є проведення токсикологічних тестів. Так, при оцінках впливу на річку присутності в її водах залишків фармакологічних препаратів $PNEC_{water}$ встановлювали на підставі гострої та/або хронічної токсичності проб води, шляхом співвіднесення $EC_{50}$, $EC_{10}$, або NOEC на обраний коефіцієнт [14]. До показника гострої токсичності одного виду на кожному з трьох трофічних рівнів (риби, безхребетні та водорості) був застосований коефіцієнт 1000. Коефіцієнт 100 використовувався, якщо були наявні дані про один довготривалий вплив (або на рибу, або безхребетних), коефіцієнт 50 – за наявності двох довготривалих впливів з боку ви-

дів, які представляли два трофічних рівня (риб та/або безхребетних та/або водоростей), і коефіцієнт 10, якщо були отримані довгострокові результати принаймні для трьох видів, що представляли три трофічні рівні.

Відомі також підходи і до великомасштабних оцінок ризиків. На прикладі р. Колорадо було показано можливість агрегування окремих індексів загроз та показників екологічної цілісності елементів водозбірного басейну та русла. При цьому, весь набір індексів було розділено на групи: загальні індекси загрози, які встановлювали за станом макробезхребетних та риби; індекс дифузного забруднення та індекс точкового забруднення встановлювали за загальним азотним навантаженням; індекс регулювання потоку за величинами мінімальних та максимальних витрат води; індекс геоморфології за стабільністю ландшафтів у межах водозбору; індекс узгодженості за умовами існування в руслі [15]. Оцінка засновується на загальноприйнятих поглядах, що переважна більшість екологічних проблем водойм має наземне походження та спрямована на врахування того, що різні типи водокористування можуть спричинювати потенційні конфлікти між зусиллями по захисту чи відновленню біорізноманіття прісноводних екосистем та потребою людини в природних ресурсах. Результатом стала розробка методів оптимізації розподілу обмежених ресурсів для одночасного управління декількома ризиками.

Комплексний підхід до оцінок і управління екологічними ризиками визнається і на рівні державних нормативних документів. Зокрема, на рисунку показаний трьохступеневий процес оцінки ризику: формулювання проблеми, аналіз ризику та характеристика ризику.

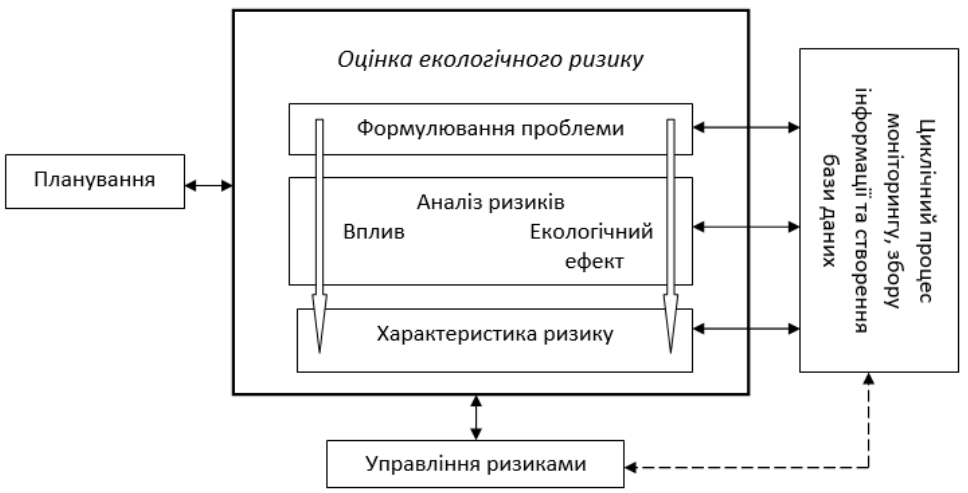



Рисунок. Блок схема оцінки екологічних ризиків [16]

Під час планування вчені та менеджери за участю зацікавлених сторін узгоджують спрямованість, масштаби та складність оцінки. Потім починається формальний процес оцінки ризику з формулювання проблеми, під час якого виявляються ключові питання, концептуальні моделі та план аналізу. На етапі аналізу оцінюється вплив факторів стресу на оцінені ресурси та взаємозв'язок між рівнями факторів стресу і впливом навколишнього середовища. При характеристиці ризиків останнім надається якісний опис і, по можливості, кількісна оцінка, що є основою висновків проведеної оцінки ризиків та відповідного звіту. Моніторинг та збирання нових даних можуть здійснюватися на підтримку будь-якого з цих етапів, де це необхідно. Після завершення результати оцінки ризику повідомляються менеджерам, які потім визначають план дій.

Саме на такому підході був розроблений метод розрахунку результуючого індексу ризику, який визначає прийнятність ризику та критерії значущості для певного річкового басейну відповідно до його класифікації у визначеному діапазоні балів: діапазон від 1 до 10 – ризики в річковому басейні прийнятні, періодичний контроль; 11–20 – ризики в басейні помірні, підлягають постійному моніторингу; 21–30 – ризики в басейні небажані, потребують вжиття запобіжних заходів; 30 і більше – ризики в басейні неприйнятні, негайне вжиття заходів захисту [17].

Ще одним прикладом оцінки екологічного ризику поверхневих вод річок на підставі офіційних нормативних документів, зокрема стандартів якості води [18; 19] є дослідження річкових гідроекосистем на території Китаю, які зазнають забруднення важкими металами [20]. Власне, оцінка ризиків якості води зводилась до з'ясування канцерогенного впливу на дитячі та дорослі вікові категорії місцевого населення при використанні поверхневих вод річок для питного водопостачання. Так, для всіх чотирьох гідроекосистем була, на підставі індексу забруднення була виявлена «погана» якість води, зумовлена переважанням Cr і Fe. У трьох гідроекосистемах канцерогенна небезпека належала до 4 категорії – «дуже високий» для обох вікових категорій. Кумулятивна небезпека неканцерогенних забруднювачів (Cu) була «загрозливою» для дітей в одній із досліджених гідроекосистем. На підставі зафіксованих низької якості води, неканцерогенної та канцерогенної небезпеки для жителів басейну цієї річки, науковцями була сформована обґрунтована інформація для розробки заходів із покращення якості води, адресована державним органам управління.

Варто зазначити, що підходи та методології оцінки ризиків якості води річок не обмежуються наведеними вище прикладами. Проте, цілями кожного з них є відстеження концентрацій забруднень водного середовища для подальшого прийняття управлінських заходів зі зниження шкідливого впливу на водні об'єкти та кінцевих споживачів.

**Висновки.** Таким чином, представлений теоретичний аналіз дозволив виявити основні тенденції у наукових підходах до оцінок екологічного ризику якості поверхневих вод річок. Їх порівняння зводиться до розуміння важливості чіткого визначення цілей проведення оцінки екологічних ризиків та підбору методів, які спроможні їх задовольнити. Загальною спільною ознакою проаналізованих методів є їх орієнтація на кількісне вираження та якісну характеристику рівнів ризику. Важливим моментом виявляється потреба в достатньому наборі даних, що формують певну базу та підлягають математичній і статистичній обробці. На нашу думку, більш об'єктивними є підходи, які поєднують гідрохімічні та токсикологічні методи, оскільки це дає можливість відобразити небезпеку умов середовища безпосередньо для живих організмів, що покращує розуміння ризику якості води та сприяє процесам управління в межах водозбірного басейну.

**1.** Department for Environment, Food and Rural Affairs Guidelines for Environmental Risk Assessment and Management: Green Leaves III HMSO, London, UK, 2011. URL: https://www.gov.uk/government/publications/guidelines-for-environmental-risk-assessment-and-management-green-leaves-iii (дата звернення: 20.04.2022). **2.** Жукинский В. Н. Экологический риск и экологический ущерб качеству поверхностных вод: актуальность, терминология, количественная оценка. *Водные ресурсы*. 2003. № 2. Т. 30. С. 213–321. **3.** Piet G. J., Knights A. M., Jongbloed R. H., Tamis J. E., de Vries P., Robinson L. A. Ecological risk assessments to guide decision-making: methodology matters. *Environ. Sci. Pol*. 2017. Vol. 68. P. 1–9. **4.** World Resources Institute. Identify and evaluate water risks around the world. URL: https://www.wri.org/aqueduct/ (дата звернення: 18.04.2022). **5.** Chen X., Tu X. A stochastic model for the risk rate of concentrations exceeding the threshold. *Acta Scientiae Circumstantiae*. 2000. P. 290–293. **6.** Берегова О., Кольчак Д. Вплив важких металів у воді на здоров'я людини. *Перспективи майбутнього та реалії сьогодення в технологіях водопідготовки* : матеріали III Міжнар. наук.-практ. конф., Київ, 14–15 листоп. 2019 р. Нац. ун-т харч. технологій. Київ, 2019. С. 37–39. **7.** Мокієнко А. В., Ковальчук Л. Й., Крісілов А. Д.

Якість води поверхневих водойм як фактор ризику для здоров'я населення: математична модель. *Вісник Національної академії наук України*. 2017. № 10. С. 42–52. **8.** Старчак В. Г., Цибуля С. Д., Мачульський Г. М., Поліщук Т. М. Забруднення природного середовища важкими металами та формування екотоксикологічної ситуації й екологічної небезпеки. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Сер. Біологія*. 2011. Вип. 2 (47). С. 137–143. **9.** Wang Y., Pan F., Chang J., Wu R., Tibamba M., Lu X., Zhang X. Effect and Risk Assessment of Animal Manure Pollution on Huaihe River Basin, China. *Chinese Geographical Science*. 2021. № 31(4). P. 751–764. **10.** Qin G., Liu J., Xu S., Sun Y. Pollution Source Apportionment and Water Quality Risk Evaluation of a Drinking Water Reservoir during Flood Seasons. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. № 18(4). P. 1873. **11.** Tang M., Xu W., Zhang C., Shao D., Zhou H., Li Y. Risk assessment of sectional water quality based on deterioration rate of water quality indicators: A case study of the main canal of the Middle Route of South-to-North Water Diversion Project. *Ecological Indicators*. 2022. Vol. 135. P. 108592. **12.** Балачук В. Ю., Мокин В. Б., Ящолт А. Р. Оценивание экологических рисков природных экосистем, представленных информационной моделью с геометрической сетью. *Наукові праці ВНТУ*. 2013. № 1. URL: file:///C:/Users/user/Downloads/374-%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D0%B8-384-1-10-20151119.pdf (дата звернення: 12.03.2022). **13.** Hernando M. D., Mezcua M., Fernández-Alba A. R., Barceló D. Environmental risk assessment of pharmaceutical residues in wastewater effluents, surface waters and sediments. *Talanta*. 2006. Vol. 69(2). P. 334–342. **14.** Kucharski D., Nałęcz-Jawecki G., Drzewicz P., Skowronek A., Mianowicz K., Strzelecka A., Giebułtowicz J. The assessment of environmental risk related to the occurrence of pharmaceuticals in bottom sediments of the Odra River estuary (SW Baltic Sea). *Science of The Total Environment*. 2022. Vol. 828. P. 154446. **15.** Comte L., Olden J. D., Lischka S., Dickson B. G. Multi-scale threat assessment of riverine ecosystems in the Colorado River Basin. *Ecological Indicators*. 2022. Vol. 138. P. 108840. **16.** A summary of US effluent trading and offset projects, US Environmental Protection Agency EPA, 1999. Office of Water, USA. EUROTOOLS, 2000. URL: https://www.epa.gov/regulatory-information-topic/regulatory-and-guidance-information-topic-water (дата звернення: 20.04.2022). **17.** Zeleňáková M., Kubiak-Wojcicka K., Weiss R., Weiss E., Abd Elhamid H. F. Environmental risk assessment focused on water quality in the Laborec River watershed. *Ecohydrology & Hydrobiology*. 2021. Vol. 21(4). P. 641–654. **18.** Risk assessment guidance for superfund. Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment). EPA/540/R/99/005. *Office of Superfund Remediation and Technology Innovation*. Washington, DC, USA. USEPA, 2004. Vol. 1. 156 c. **19.** Guidelines for drinking-water quality (fourth ed.), Incorporating the First

Addendum. World Health Organization. 2017. Geneva. URL: https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950 (дата звернення: 21.04.2022). **20.** Akoto O., Adopler A., Tepkor H. E., Opoku F. A comprehensive evaluation of surface water quality and potential health risk assessments of Sisa river. *Groundwater for Sustainable Development*. Kumasi, 2021. Vol. 15. P. 100654.

## REFERENCES:

**1.** Department for Environment, Food and Rural Affairs Guidelines for Environmental Risk Assessment and Management: Green Leaves III HMSO, London, UK, 2011. URL: https://www.gov.uk/government/publications/guidelines-for-environmental-risk-assessment-and-management-green-leaves-iii (data zvernennia: 20.04.2022). **2.** Jukinskiy V. N. Ekologicheskiy risk i ekologicheskiy uscherb kachestvu poverhnostnyih vod: aktualnost, terminologiya, kolichestvennaya otsenka. *Vodnyie resursyi*. 2003. № 2. T. 30. S. 213–321. **3.** Piet G. J., Knights A. M., Jongbloed R. H., Tamis J. E., de Vries P., Robinson L. A. Ecological risk assessments to guide decision-making: methodology matters. *Environ. Sci. Pol*. 2017. Vol. 68. P. 1–9. **4.** World Resources Institute. Identify and evaluate water risks around the world. URL: https://www.wri.org/aqueduct/ (data zvernennia: 20.04.2022). **5.** Chen X., Tu X. A stochastic model for the risk rate of concentrations exceeding the threshold. *Acta Scientiae Circumstantiae*. 2000. P. 290–293. **6.** Berehova O., Kolchak D. Vplyv vazhkykh metaliv u vodi na zdorovia liudyny. *Perspektyvy maibutnoho ta realii sohodennia v tekhnolohiiakh vodopidhotovky* : materialy III Mizhnar. nauk.-prakt. konf., Kyiv, 14–15 lystop. 2019 r. Nats. un-t kharch. tekhnolohii. Kyiv, 2019. S. 37–39. **7.** Mokiienko A. V., Kovalchuk L. Y., Krisilov A. D. Yakist vody poverkhnevykh vodoim yak faktor ryzyku dlia zdorovia naselennia: matematychna model. *Visnyk Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy*. 2017. № 10. S. 42–52. **8.** Starchak V. H., Tsybulia S. D., Machulskyi H. M., Polishchuk T. M. Zabrudnennia pryrodnoho seredovyshcha vazhkymy metalamy ta formuvannia ekotoksykolohichnoi sytuatsii y ekolohichnoi nebezpeky. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu im. Volodymyra Hnatiuka. Ser. Biolohiia*. 2011. Vyp. 2 (47). S. 137–143. **9.** Wang Y., Pan F., Chang J., Wu R., Tibamba M., Lu X., Zhang X. Effect and Risk Assessment of Animal Manure Pollution on Huaihe River Basin, China. *Chinese Geographical Science*. 2021. № 31(4). P. 751–764. **10.** Qin G., Liu J., Xu S., Sun Y. Pollution Source Apportionment and Water Quality Risk Evaluation of a Drinking Water Reservoir during Flood Seasons. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021. № 18(4). P. 1873. **11.** Tang M., Xu W., Zhang C., Shao D., Zhou H., Li Y. Risk assessment of sectional water quality based on deterioration rate of water quality indicators: A case study of the main canal of the Middle Route of South-to-North Water Di-

version Project. *Ecological Indicators*. 2022. Vol. 135. P. 108592. **12.** Balachuk V. Yu., Mokin V. B., Yascholt A. R. Otsenivanie ekologicheskih riskov prirodnyih ekosistem, predstavlennyih informatsionnoy modelyu s geometricheskoy setyu. *Naukovi pratsi VNTU*. 2013. № 1. URL: file:///C:/Users/user/Downloads/374-%D0%A2%D0%B5%D0%BA%D1%81%D1%82%20%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D0%B8-384-1-10-20151119.pdf (data zvernennia: 20.04.2022). **13.** Hernando M. D., Mezcua M., Fernández-Alba A. R., Barceló D. Environmental risk assessment of pharmaceutical residues in wastewater effluents, surface waters and sediments. *Talanta*. 2006. Vol. 69(2). P. 334–342. **14.** Kucharski D., Nałęcz-Jawecki G., Drzewicz P., Skowronek A., Mianowicz K., Strzelecka A., Giebułtowicz J. The assessment of environmental risk related to the occurrence of pharmaceuticals in bottom sediments of the Odra River estuary (SW Baltic Sea). *Science of The Total Environment*. 2022. Vol. 828. P. 154446. **15.** Comte L., Olden J. D., Lischka S., Dickson B. G. Multi-scale threat assessment of riverine ecosystems in the Colorado River Basin. *Ecological Indicators*. 2022. Vol. 138. P. 108840. **16.** A summary of US effluent trading and offset projects, US Environmental Protection Agency EPA, 1999. Office of Water, USA. EUROTOOLS, 2000. URL: https://www.epa.gov/regulatory-information-topic/regulatory-and-guidance-information-topic-water (data zvernennia: 20.04.2022). **17.** Zeleňáková M., Kubiak-Wojcicka K., Weiss R., Weiss E., Abd Elhamid H. F. Environmental risk assessment focused on water quality in the Laborec River watershed. *Ecohydrology & Hydrobiology*. 2021. Vol. 21(4). P. 641–654. **18.** Risk assessment guidance for superfund. Human Health Evaluation Manual (Part E, Supplemental Guidance for Dermal Risk Assessment). EPA/540/R/99/005. *Office of Superfund Remediation and Technology Innovation*. Washington, DC, USA. USEPA, 2004. Vol. 1. 156 c. **19.** Guidelines for drinking-water quality (fourth ed.), Incorporating the First Addendum. World Health Organization. 2017. Geneva. URL: https://www.who.int/publications/i/item/9789241549950 (data zvernennia: 20.04.2022). **20.** Akoto O., Adopler A., Tepkor H. E., Opoku F. A comprehensive evaluation of surface water quality and potential health risk assessments of Sisa river. *Groundwater for Sustainable Development*. Kumasi, 2021. Vol. 15. P. 100654.

**Statnyk I. I., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

## ASSESSMENT OF ECOLOGICAL RISKS OF DETERIORATION OF WATER QUALITY OF RIVERS

**The purpose of this article was theoretical analysis of modern scientific literature and studying of experience of ecological risk assessment of deterioration of river water quality. This is necessary to clarify the general trends in monitoring and management of river hydroecosystems.**

**Some views outline the risk of water quality as a reflection of the state of the reservoir. As an example, determining the risk of water quality presupposes the possibility that the water quality indicator will exceed the set limit value (standard value of water quality concentration). There are also numerous studies that describe the risk in terms of the degree of damage to the water object. As an example, there is a study of the harm caused to human health by heavy metals in the composition of surface waters. Some researchers believe that the risk of water quality should be determined not only by one aspect, but by the combination of possible harmful events and their potential danger.**

**To assess the ecological risk of river hydroecosystems, as a rule, modeling of the processes of changing the state of surface waters in the entire water-sampling basin is carried out. At the same time, there are many methods and approaches of both complex and detailed nature.**

**It is worth noting that approaches and methodologies of assessment of water quality risks of rivers are not limited to those we presented in the article. However, the goals of each of them are to track concentrations of pollution of the water environment in order to further take administrative measures to reduce harmful influence on water objects and end-users.**

**We have revealed the main trends in scientific approaches to assessment of ecological risk of surface waters quality of rivers. Their comparison is based on understanding the goals of environmental risk assessment and selection of methods that can meet them. The general**

**common sign of the analyzed methods is their orientation on quantitative expression and qualitative characteristics of risk levels.**

**An important point is the need for a sufficient set of data that forms a certain database and is subject to mathematical and statistical processing. In our opinion, the approaches that combine hydrochemical and toxicological methods are more objective, because this gives an opportunity to expose the danger of environment conditions directly for living organisms, which improves understanding of the risk of water quality and promotes management processes within the water basin.**

***Keywords*: river hydroecosystem; pollution; index.**

**УДК 631.31.633.15** https://doi.org/10.31713/vs2202211

**Фурман В. М., к.с.-г.н., доцент**, **Мороз О. С., к.с.-г.н., доцент,**
**Люсак А. В., к.т.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, v.m.furman@nuwm.edu.ua),
**Ткачук С. О.**, **к.с.-г.н., доцент** (Рівненська філія Українського інституту експертизи сортів рослин, с. Верхівськ, rivno.filiya@gmail.com)

# МОНІТОРИНГ РЕАКЦІЇ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО НА УДОБРЕННЯ ФОСФОАЗОТИНОМ

**Досліджений вплив удобрення на ріст і розвиток ячменю ярого та проаналізований вплив фосфоазотину на продуктивність та якість зерна ячменю ярого і встановлена ефективність використання запропонованої системи удобрення.**

**Доведено агрохімічну та економічну доцільність удобрення ячменю ярого фосфоазитином та встановлені оптимальні дози застосування добрив під дану культуру на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах Західного Полісся України.**

**Генетичний потенціал сучасних сортів зернових культур, у тому числі ярого ячменю, перевищив позначку в 10 т/га. Однак через недостатню вивченість біологічних особливостей цих сортів, нестачу мінеральних добрив і фінансових ресурсів, а також зміну погодно-кліматичних умов реалізація генетичного потенціалу досягає ледве 40–50%. Одним із важливих факторів, що істотно впливають на продуктивність зернових культур, є оптимальна система удобрення.**

**Доведено агрохімічну та економічну доцільність підживлення ярого ячменю фосфоазитином та встановлено оптимальні дози добрив для цієї культури на дерново-підзолистих піщаних ґрунтах Західного Полісся України.**

**М'ясні відходи можуть бути цінним добривом завдяки високому вмісту білка. Це один із перспективних заходів щодо зменшення кількості азотних і фосфорних добрив. Одна тонна цього добрива – це близько 5 тон гною.**

**Позитивну дію цього добрива необхідно доповнити мінеральними добривами. Але в умовах високих цін на добрива навіть часткова заміна може дати значну економію.**

**Численні дослідження показують, що продуктивність ярого ячменю залежить від його росту та розвитку протягом вегетації. З огляду на це перед нами постало завдання вивчення впливу добрив на ріст і розвиток рослин ярого ячменю. Дані структурного аналізу показують, що показники структури врожайності також залежали від систем внесення добрив.**

***Ключові слова:*** **ячмінь ярий; дерново-підзолистий ґрунт; фосфоазотин; урожайність; якість зерна.**

**Постановка проблеми.** Сільське господарство є досить важливою ланкою народного господарства будь-якої країни, яка володіє земельними ресурсами. Це насамперед зумовлено тим, що будь-яка людська діяльність зводиться нанівець без елементарних, на перший погляд, продуктів харчування.

Разом з тим, процес виробництва продуктів харчування неможливий без застосування певних технологій, які визначають раціональний та найбільш обґрунтований метод вирощування сільськогосподарських культур. Чільне місце в кожній технології вирощування певної культури посідає удобрення рослин. І це зрозуміло, оскільки саме застосування добрив – органічних та мінеральних – є тією умовою, яка дає можливість отримати до 40% надбавки врожаю.

У світовому рослинництві ячмінь посідає важливе місце. Посівна площа його становить близько 11% від усіх посівних площ, зайнятих зерновими культурами. Найбільше вирощують ячменю в Україні (42% від площі зернових) [1, С. 105]. Ячмінь ярий – цінна продовольча, кормова і технічна культура. За даними ФАО, 42–48% щорічних валових зборів ячменю використовується на промислову переробку (в т. ч. на комбікорм), 6–8% – на виробництво пива, 15% – на харчові та 16% безпосередньо на кормові цілі. Якщо у світовому виробництві зерна ячмінь посідає четверте місце після пшениці, рису та кукурудзи, то в Україні ця культура є другою зерновою культурою після пшениці. В окремі рокі посівна площа становить понад 50 млн га. Його вирощують у всіх ґрунтово-кліматичних зонах, особливо у Степу та Лісостепу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Ячмінь дуже добре реагує на внесення добрив. Приріст урожаю від мінеральних добрив може досягати 15–20 ц/га. Щоб запобігати виляганню рослин, потрібно забезпечити правильне співвідношення поживних елементів – азоту, фосфору і калію [2, С. 35–50].

Останнім часом дедалі більше виявляється необхідність диференційованого підходу до застосування добрив залежно від ґрунтово-кліматичних умов. Нові технології вирощування сільськогосподарських культур дають змогу програмувати їх урожайність і змінити погляди на розробку і впровадження у виробництво нових систем удобрення, які б за конкретних природних умов забезпечували реалізацію біологічного потенціалу культур і підвищення родючості ґрунту.

Однією з умов ведення інтенсивного землеробства на сучасному етапі виступає оптимальне управління кругообігом поживних речовин і створення їх активного балансу за рахунок використання мінеральних добрив при впровадженні програмованих рівнів урожайності на основі чіткого виконання науково-обґрунтованої системи (моделі) заходів і технологій розширеного відтворення родючості ґрунту відповідно до регіональних умов [3, С. 56–61].

Генетичний потенціал сучасних сортів зернових культур, у т. ч. і ячменю ярого, перетнув рубіж у 10 т/га. Однак внаслідок недостатнього вивчення біологічних особливостей цих сортів, нестачі мінеральних добрив і фінансових ресурсів, а також змін погодно-кліматичних умов реалізація генетичного потенціалу досягає ледве 40–50% [4, С. 250–300] Одним із важливих факторів, які значною мірою впливають на продуктивність зернових культур, є оптимальна система удобрення.

Ячмінь дуже добре реагує на внесення добрив, особливо в умовах достатнього зволоження. Приріст урожаю від мінеральних добрив може досягати 15–20 ц/га. Щоб запобігти виляганню рослин, потрібно забезпечити правильне співвідношення поживних елементів – азоту, фосфору та калію.

Внесення фосфору збільшує кущистість рослин, запобігає виляганню, прискорює достигання, підвищує якість зерна. Норма внесення фосфору коливається в межах від 40 до 100 кг/г д.р. [5, С. 45–50].

Падіння виробництва мінеральних добрив викликане зниженням внутрішнього попиту, погіршенням кон'юнктури світового виробництва та антидемпінговими розслідуваннями проти українських підприємств. Близько 80% всіх українських добрив експортується, що ставить виробників в пряму залежність від зовнішньо-економічних умов. Підвищення цін на енергоносії і тарифів на вантажні перевезення зробили вартість мінеральних туків практично недоступними для малотоварного виробництва [6, С. 80–83].

Зменшення обсягів застосування добрив негативно вплинуло на рівень, валові збори і якість сільськогосподарської продукції. Незбалансоване за макро- і мікроелементами мінеральне живлення сільськогосподарських культур за низького рівня застосування добрив порушує основні біохімічні і фізіологічні процеси в рослинах, загострює дефіцит балансу поживних елементів в ґрунтах, що в свою чергу призводить до низької окупності внесених добрив [7, С. 25].

Останнім часом все більше виявляється необхідність диференційованого підходу до застосування добрив залежно від грунтово-кліматичних умов. Нові можливості механізації технологічних процесів на вирощуванні сільськогосподарських культур дають змогу змінити погляди на розробку і впровадження у виробництво певних систем удобрення, які б в конкретних природних умовах забезпечували б реалізацію біологічного потенціалу культур та підвищення родючості ґрунту. Нові системи удобрення вимагають удосконалення традиційних, які були загально визнаними на виробництві, способів застосування добрив та перегляду систем удобрення окремих культур [8, С. 100–103].

Основними причинами низької віддачі органічних добрив є весняне їх внесення, яке знижує ефективну дію в порівнянні з осіннім – на 10–15%, несвоєчасна заробка в ґрунт – до 10%; нерівномірність внесення – на 10–15%; відсутність типових гноєсховищ – до 30%; недосконаліть техніки для внесення – до 20%. Коефіцієнт корисної дії органічних добрив за таких умов не перевищує 10–15%, тоді як з органічними добривами можна вносити майже 60% необхідних рослинам елементів живлення. Втрати органічної речовини з органічних добрив, за результатами наукових досліджень Шкаради М. (1985) в середньому становлять 40% і більше. При цьому втрачається 30–40% азоту, 10% – фосфору, 20% – калію. Вимагають уточнення дози внесення органічних добрив стосовно конкретних ґрунтово-кліматичних зон та культур вирощування, способи їх заробки, нові технічні рішення по їх внесенню [9, С. 17].

Однією з умов ведення інтенсивного землеробства – оптимальне управління кругообігом поживних речовин та створення їх активного балансу за рахунок використання мінеральних добрив. Тому необхідні принципово нові наукові підходи до їх застосування, які б вирішували питання не лише забезпечення рослин елементами живлення, а і мали позитивний вплив на інтенсивність грунтотворчого процесу, сприяли стійкому функціонуванню агроекосистем. Кожний природний мікрорегіон потребує розробки перспективної

програми свого розвитку та регулярного чіткого виконання науково-обґрунтованої системи (моделі), заходів і технологій розширеного відтворення родючості ґрунту відповідно до локальних (регіональних) умов, агрокультури і програмованих рівнів врожайності.

Одним із перспективних шляхів підвищення забезпечення рослин елементами живлення є мобілізація біологічного азоту та використання місцевих мінеральних та органічних ресурсів [10, С. 101].

Таким є використання у якості добрив м'ясо-кісткового борошна та відходів його виробництва – фосфоазотину.

Відходи м'ясопереробки можуть бути цінним добривом завдяки високому вмісту білку. Це один із перспективних заходів зменшення кількості азотних і фосфорних добрив. Одна тонна такого добрива близька до 5 тонн гною.

Позитивну дію цього добрива доводиться доповнювати мінеральними добривами. Але в умовах високої ціни на добрива навіть часткова їх заміна може дати вагому економію [11].

Польське законодавство дозволяє використовувати таке борошно в максимальній дозі 5 т/га кожні два роки і ця доза працює найкраще. Добриво потрібно вносити перед сівбою, відразу змішуючи його з ґрунтом.

Також м'ясо-кісткове борошно підвищує сорбційні властивості грунту та стимулює його мікробіологічну активність. Ще одна перевага – ефект добрива, який зберігається на високому рівні протягом двох сезонів.

Відносно низька ціна також важлива, як і менша доза, як у випадку природних добрив, що призводить до менших витрат ресурсів [11].

При цьому добриво з м'ясо-кісткового борошна (фосфоазотин) особливо рекомендується для кислих і бідних фосфором грунтів [12].

**Мета і завдання дослідження.** Встановити агрохімічну та економічну доцільність удобрення ячменю ярого фосфоазитином та визначенні найбільш оптимальної дози застосування добрив під дану культуру на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах Західного Полісся України.

Для досягнення мети досліджень поставлені наступні завдання:

- визначити вплив удобрення на ріст і розвиток ячменю ярого;
- вивчити вплив фосфоазотину на продуктивність та якість зерна ячменю ярого;

- визначити економічну ефективність використання даної системи удобрення.

Дослідження проводились на дерново-підзолистих супіщаних грунтах на базі Костопільської Державної станції дослідження сортів рослин. Повторність закладення дослідів – триразова. Досліди закладені за схемою:

1) Контроль;
2) 1.0 т/га фосфоазотину;
3) 2.0 т/га фосфоазотину;
4) 3.0 т/га фосфоазотину.

Сорт ячменю ярого – «Вакула».

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Багаточисельні дослідження показують, що продуктивність ярого ячменю залежить від його росту і розвитку в період вегетації. Враховуючи це, перед нами постало завдання вивчити вплив удобрення на ріст і розвиток рослин ячменю ярого. Дані фенологічних спостережень наведені в табл. 1.

Таким чином, в підсумку можна сказати, що фенологічними спостереженнями за ростом і розвитком рослин ярого ячменю не встановлено різниці по проходженню фенофаз на варіантах, де вносився фофоазотин. Однак варто зазначити, що удобрення затримує фази виходу в трубку, колосіння та достигання на 3–5 днів в порівнянні з контролем.

Урожайність сільськогосподарських культур, в тому числі ячменю ярого, є одним з найважливіших показників ефективності окремих агротехнічних заходів. Враховуючи це, ми вивчили, як впливає внесення фосфоазотину на продуктивність ячменю ярого. Результати цих досліджень наведені на рисунку.

Вцілому у 2019-му році внесення добрив дало прибавку врожаю в розмірі від 0,49 т/га (варіант 2) до 1,2 (варіант 4).

У 2020 році приріст врожаю становив від 0,41 т/га на другому варіанті до 1,1 т/га на варіанті № 4.

Таблиця 1

Ріст і розвиток ячменю ярого залежно від системи удобрення (середнє за 2019–2020 рр.)

| Системи удобрення | Посів | Сходи | | Кущення | Вихід в трубку | Колосіння | Достигання | | Збирання |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | початок | повні | | | | мол. | воск. | |
| Контроль | 20.04 | 26.04 | 5.05 | 19.05 | 2.06 | 11.06 | 26.06 | 14.07 | 5.08 |
| 1,0 т/га фосфоазотину | 20.04 | 26.04 | 5.05 | 19.05 | 5.06 | 16.06 | 2.07 | 19.07 | 5.08 |
| 2,0 т/га фосфоазотину | 20.04 | 26.04 | 5.05 | 19.05 | 5.06 | 16.06 | 2.07 | 19.07 | 5.08 |
| 3,0 т/га фосфоазотину | 20.04 | 26.04 | 5.05 | 19.05 | 5.06 | 16.06 | 2.07 | 19.07 | 5.08 |

Дані середньої врожайності ячменю ярого за 2019–2020 рр. наведені в табл. 2.

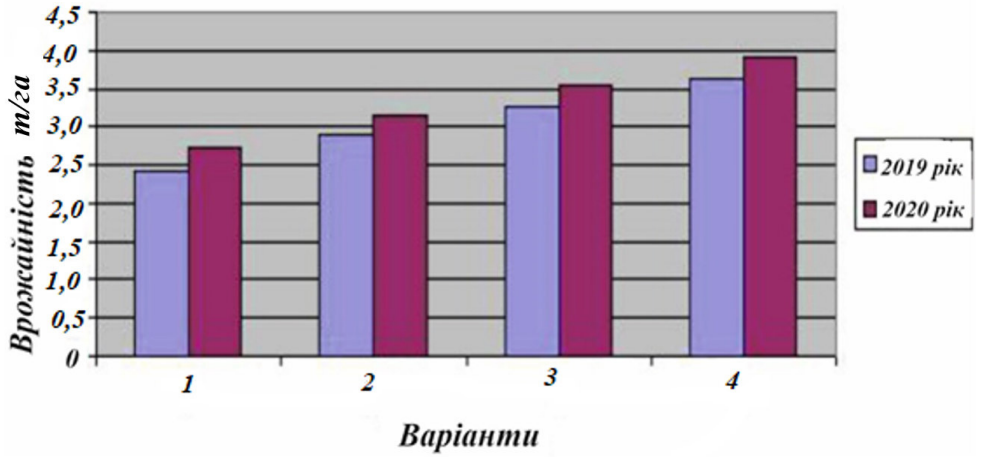



Рисунок. Урожайність ячменю ярого (2019–2020 рр.) залежно від удобрення

Аналіз урожайних даних свідчить, що ярий ячмінь позитивно реагував на удобрення. При внесенні фосфоазотину в дозі 1,0; 2,0; 3,0 т/га урожайність підвищувалась відповідно до 2,9; 3,2; 3,6 т/га відповідно у 2008-му році, та до 3,1; 3,5; 39 т/га у 2020-му році, в порівнянні з контролем 2,4 та 2,7 т/га.

Найбільший приріст урожаю отримали на варіанті де вносились добрива в дозі 3 т/га.

В середньому за два роки варіанти з внесенням фосфоазотину в дозах 1,0; 2,0; 3,0 т/га дали приріст врожаю відповідно 0,4; 0,8; 1,1 т/га, що відповідно становить 17,4%, 32,0%, 46,1% в порівнянні з контролем. При цьому з врахуванням показника найменш істотної різниці (НІР) можна зробити висновок про те, що всі варіанти дали істотну прибавку врожаю основної продукції.

Отже, удобрення сприяло істотному підвищенню врожаю зерна ярого ячменю на дерново-підзолистих супіщаних грунтах. Також можна відзначити позитивну динаміку врожайності на всіх варіантах.

Таблиця 2

Урожай ячменю ярого залежно від систем удобрення, т/га

| № з/п | Варіанти досліду | Урожай по роках | | Середній урожай | Відхилення від контролю, ± | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2019 | 2020 | | % | ц/га |
| 1 | Контроль | 2,4 | 2,7 | 2,5 | – | – |
| 2 | 1,0 т/га фосфоазотину | 2,9 | 3,1 | 3,0 | +4,5 | +1,7 |
| 3 | 2,0 т/га фосфоазотину | 3,2 | 3,5 | 3,4 | +8,3 | +3,2 |
| 4 | 3,0 т/га фосфоазотину | 3,6 | 3,9 | 3,7 | +11,9 | +4,6 |
| | $НІР_{0,5}$ | 2,6 | 2,8 | | | |

Дані структурного аналізу свідчать, що показники структури врожаю також залежали від систем удобрення (табл. 3). Слід відмітити, що такий показник структури врожаю ячменю ярого, як кількість продуктивних стебел суттєво не відрізняється між собою на удобрюваних варіантах, проте значно відрізняється від контролю. Найбільша кількість продуктивних стебел – 567 шт./м$^2$ нараховувалась на варіанті № 4, а найменша – 397 шт./м$^2$ спостерігається на контролі.

Таблиця 3

Структура врожаю ячменю ярого
залежно від систем удобрення (середнє за 2019–2020 рр.)

| № з/п | Варіанти досліду | Кількість продуктивних стебел, шт./м$^2$ | Висота рослин, см | Довжина колоса, см | Кількість зерен в колосі, шт. |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Контроль | 397 | 62,7 | 6,3 | 36,2 |
| 2 | 1,0 т/га фосфоазотину | 478 | 76,6 | 7,4 | 41,6 |
| 3 | 2,0 т/га фосфоазотину | 525 | 78,2 | 7,6 | 42,9 |
| 4 | 3,0 т/га фосфоазотину | 567 | 82,9 | 8,0 | 46,8 |

Висота рослин значно більша на варіантах з різними системами удобрення в порівнянні з контролем, де даний показник становить 62,7 см. Найбільша висота рослин спостерігається на четвертому варіанті і становить 82,9 см. Слід зазначити, що чим більша висота рослин, тим вищою є схильність посівів до вилягання.

Довжина колоса коливається в межах 6,3–8,0 см. Найвищі показники – 8,0 см спостерігаються на четвертому варіанті, а найнижчий – на контролі.

Кількість зерен в колосі в значній мірі характеризує величину врожаю зернових культур. На удобрюваних варіантах число зерен зростає. Так, найбільша кількість зерен – 46,8 шт. була також виявлена на варіанті № 4. Найменша кількість зерен спостерігається на контролі.

Отже, враховуючи всі показники структури врожаю, можна зробити висновок, що варіант з внесенням фосфоазотину в дозі 3 т/га (№ 4) дав найкращі результати.

Дослідженнями встановлено, що між якісними показниками зерна і системами удобрення спостерігалась тісна взаємозалежність (табл. 4).

Натура зерна, або маса певного його об'єму – є одним з важливих і найдавніших показників якості.

Таблиця 4

Якість зерна ячменю ярого залежно від систем удобрення (середнє за роки дослідження)

| № з/п | Варіанти досліду | Маса 1000 зерен, г | Натурна маса, г/л | Вміст білку, % |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Контроль | 32,1 | 451 | 9,7 |
| 2 | 1,0 т/га фосфоазотину | 39,3 | 482 | 10,6 |
| 3 | 2,0 т/га фосфоазотину | 40,2 | 502 | 10,7 |
| 4 | 3,0 т/га фосфоазотину | 41,2 | 512 | 11,0 |

В нашому досліді найбільшу натуру мало зерно вирощене на останньому варіанті (3 т/га фосфоазотину). На цьому варіанті натурна маса зерна становила відповідно 512 г/л. Без внесення добрив було одержане зерно ярого ячменю з меншою натурою. Так на контролі натура зерна становила 451 г/л. Це свідчить, що на цьому варіанті

рослини ярого ячменю були найгірше забезпечені елементами живлення для нормального росту і розвитку.

Важливою ознакою, за допомогою якої можна охарактеризувати зерно є маса 1000 зерен. Зерно в нашому досліді на різних варіантах мало різну величину маси 1000 зерен. Найбільшу масу 1000 зерен ми одержали на варіанті № 4 – 41,2 г. На інших варіантах зерно мало меншу масу 1000 зерен і найменша величина її була на контрольному варіанті – 32,1 г.

Важливою складовою частиною зерна ярого ячменю є білок, який являє собою високомолекулярну органічну сполуку, що складається з амінокислот, до яких входить вуглець, азот, кисень, водень, сірка і фосфор.

Фосфоазотин, який був внесений під ячмінь ярий, сприяли підвищенню врожаю зерна, збільшувалась маса 1000 зерен та натура. Зростав і вміст білку, проте збільшення його вмісту в зерні негативно позначається на пивоварних властивостях ячменю.

Вміст білку за різних систем удобрення знаходився в межах 9,7–11,0, Одержані дані свідчать, що величина білка в ячмені лінійно залежала від удобрення.

Узагальнюючи отримані дані по якості зерна ячменю, слід зробити висновки про придатність продукції для пивоварних цілей. Отже, аналізуючи табл. 4 та беручи до уваги ДСТУ 3769-98 (додаток Б), отримуємо наступні результати (табл. 5).

Таблиця 5

Цілі використання та класи зерна ячменю ярого залежно від удобрення

| № з/п | Варіанти досліду | Цілі використання | Клас |
|---|---|---|---|
| 1 | Контроль | пивоваріння | I |
| 2 | 1,0 т/га фосфоазотину | пивоваріння | I |
| 3 | 2,0 т/га фосфоазотину | пивоваріння | I |
| 4 | 3,0 т/га фосфоазотину | пивоваріння | II |

Аналізуючи таблицю 5, необхідно зазначити, що за якісними показниками четвертий варіант відноситься до другого класу за вмістом білку, однак все одно придатний для пивоваріння, решта – зерно першого класу.

**Висновки.** Фенологічними спостереженнями за ростом і розвитком рослин ячменю ярого не встановлено різниці по проходжен-

ню фенофаз на варіантах, де вносились добрива. Однак варто зазначити, що удобрення затримує фази виходу в трубку, колосіння та достигання на 3–5 днів в порівнянні з контролем.

Аналіз даних урожайних даних свідчить, що ячмінь ярий позитивно реагував на всі варіанти удобрення. Найбільший приріст урожаю отримали на четвертому варіанті, де вносили фосфазотин дозі 3 т/га. Найменший приріст одержали на варіанті № 2 (1 т/га фосфоазотину).

Дані структурного аналізу свідчать, що показники структури врожаю також залежали від удобрення. Найбільша кількість продуктивних стебел 567 шт./м нараховувалась на варіанті № 4. Також на цьому варіанті відмічена найбільша кількість зерен в колосі і маса 1000 зерен, що становили відповідно 46,8 шт. і 41,2 г.

Дослідженнями встановлено, що між якісними показниками зерна і удобренням спостерігалась тісна взаємозалежність. Вміст білку за різного удобрення знаходився в межах 9,7–11,0% і на варіанті з внесенням фосфоазотину в дозі 3 т/га був максимальним, на контролі - мінімальним. Натура відповідно становила 512 і 451 г/л

За якісними показниками всі варіанти придатні для пивоварних цілей. Лімітуючим фактором є підвищений вміст білку в зерні. Тому можна зробити висновок про негативну роль підвищених норм використовуваних добрив на пивоварні якості ярого ячменю.

Аналізуючи економічні показники використання добрив під ярий ячмінь, можна зробити висновок, що приріст чистого доходу за 2019–2020 роки досліджень найвищий на четвертому варіанті удобрення, всі варіанти є економічно вигідними.

Виходячи з отриманих даних щодо продуктивності структури врожаю та якості зерна ячменю ярого рекомендувати застосовувати фосфоазотин в дозі 3 т/га на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах під цю культуру.

**1.** Мусатов А. Г. Ранні зернофуражні культури. Київ : Урожай, 1992. 112 с. **2.** Пікуша Г. Р., Бондаренко В. І. Зернові культури. Київ : Урожай, 1985. 272 с. **3.** Медведева П. В. Почвенно-экологические основы возделывания сельскохозяйственных культур. Київ : Урожай, 1991. 176 с. **4.** Бадьорна Л. Ю., Бадьорний О. П., Стасів О. Ф. Технологія в галузях рослинництва : навч. посіб. Київ : Аграрна освіта, 2009. 666 с. **5.** Зернові культури / Н. А. Федорова, В. А. Кононюк, Г. Р. Пікуш та ін. ; під ред. Г. Р. Пікуша, В. І. Бондаренка. К. : Урожай, 1985. 272 с. **6.** Мусатов А. Г. Ранні зернофуражні культури. К. : Урожай, 1992. 112 с. **7.** Тітенко А. О. Вплив проміжної культури та обробітку ґрунту на продуктивність ячменю ярого. *Зб. наук. пр. Інституту землеробства УААН*. К. : ЕКМО, 2005. Вип. 4. С. 24–28. **8.** Медведева П. В. Почвенно-

экологические основы возделывания сельскохозяйственых культур. К. : Урожай. 1991. 176 с. **9.** Лопачев Н. А., Наумкин В. Н. О биологизации земледелия. *Земледелие.* 1999. № 6. С. 16–17. **10.** Ячмінь / Кононюк В. А., Борисонік З. Б., та ін. К. : Урожай, 1986. 144 с. **11.** URL: https://superagronom.com/news/dobryva (дата звернення: 12.12.2021). **12.** URL: https://www.agronom.com.ua/news/ (дата звернення: 12.12.2021).

## REFERENCES:

**1.** 1. Musatov A. H. Ranni zernofurazhni kultury. Kyiv : Urozhai, 1992. 112 s. **2.** Pikusha H. R., Bondarenko V. I. Zernovi kultury. Kyiv : Urozhai, 1985. 272 s. **3.** Medvedeva P. V. Pochvenno-ekologicheskie osnovyi vozdelyivaniya selskohozyaystvennyih kultur. Kyiv : Urozhai, 1991. 176 s. **4.** Badorna L. Yu., Badornyi O. P., Stasiv O. F. Tekhnolohiia v haluziakh roslynnytstva : navch. posib. Kyiv : Ahrarna osvita, 2009. 666 s. **5.** Zernovi kultury / N. A. Fedorova, V. A. Kononiuk, H. R. Pikush ta in. ; pid red. H. R. Pikusha, V. I. Bondarenka. K. : Urozhai, 1985. 272 s. **6.** Musatov A. H. Ranni zernofurazhni kultury. K. : Urozhai, 1992. 112 s. **7.** Titenko A. O. Vplyv promizhnoi kultury ta obrobitku gruntu na produktyvnist yachmeniu yaroho. *Zb. nauk. pr. Instytutu zemlerobstva UAAN*. K. : EKMO, 2005. Vyp. 4. S. 24–28. **8.** Medvedeva P. V. Pochvenno-ekologicheskie osnovyi vozdelyivaniya selskohozyaystvenyih kultur. K. : Urojay. 1991. 176 s. **9.** Lopachev N. A., Naumkin V. N. O biologizatsii zemledeliya. *Zemledelie*. 1999. № 6. S. 16–17. **10.** Yachmin / Kononiuk V. A., Borysonik Z. B., ta in. K. : Urozhai, 1986. 144 s. **11.** URL: https://superagronom.com/news/dobryva (data zvernennia: 12.12.2021). **12.** URL: https://www.agronom.com.ua/news/ (data zvernennia: 12.12.2021).

---

**Furman V. M., Candidate of Agricultural Science (Ph.D.), Associate Professor, Moroz O. S., Candidate of Agricultural Science (Ph.D.), Associate Professor, Liusak A. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne), **Tkachuk S. O., Candidate of Agricultural Science (Ph.D.), Associate Professor** (Rivne branch of the Ukrainian Institute of Plant Variety Examination, s. Verkhivsk)

## MONITORING OF SPRING BARLEY REACTION TO PHOSPHOSAZOTIN FERTILIZATION

**The influence of fertilizer on the growth and development of spring barley has been studied and the influence of phosphoazotine on the productivity and quality of spring barley grain has been analyzed**

**and the efficiency of using the proposed fertilizer system has been established.**

**One of the conditions for intensive agriculture at the present stage is the optimal management of nutrients and creating their active balance through the use of mineral fertilizers in the implementation of programmed yield levels based on a clear implementation of science-based system (model) measures and technologies for enhanced soil fertility reproduction. regional conditions.**

**The genetic potential of modern varieties of cereals, including spring barley, has crossed the 10 t / ha mark. However, due to insufficient study of the biological characteristics of these varieties, lack of mineral fertilizers and financial resources, as well as changes in weather and climatic conditions, the realization of genetic potential reaches barely 40-50%. One of the important factors that significantly affect the productivity of cereals is the optimal fertilizer system.**

**The agrochemical and economic feasibility of fertilizing spring barley with phosphoazitin has been proved and the optimal doses of fertilizers for this crop on sod-podzolic sandy soils of the Western Polissya of Ukraine have been established.**

**Meat waste can be a valuable fertilizer due to its high protein content. This is one of the promising measures to reduce the amount of nitrogen and phosphorus fertilizers. One ton of this fertilizer is close to 5 tons of manure.**

**The positive effect of this fertilizer must be supplemented with mineral fertilizers. But in conditions of high prices for fertilizers, even partial replacement can give significant savings.**

**Numerous studies show that the productivity of spring barley depends on its growth and development during the growing season. Given this, we were faced with the task of studying the effect of fertilizers on the growth and development of spring barley plants. Structural analysis data show that yield structure indicators also depended on fertilizer systems.**

***Keywords:*** **spring barley; sod-podzolic soil; phosphoazotine; yield; grain quality.**

## ЗМІСТ

Базалій В. В., Домарацький Є. О., Козлова О. П., Базалій Г. Г., Добровольський А. В., Вознюк Н. М. — Генетичний контроль, мінливість стійкості до бурої іржі у гібридів пшениці озимої за різних умов вирощування ..... 3

Бєдункова О. О., Ціпан Ю. Р. — Просторова мінливість ґрунтової мезофауни залежно від гідротермічних характеристик лісового ґрунту ..... 16

Варжель О. В. — Оцінювання екологічних ризиків для населення Рівненської області за показниками якості довкілля ..... 25

Глухонець А. О., Морозова Т. В., Морозов А. В., Кобзиста О. П., Самойленко І. В., Стецюк Л. М. — Використання ГІС технологій для модернізації систем моніторингу об'єктів природно-заповідного фонду України ..... 40

Громаченко К. Ю., Яковишина М. С., Вітрук Н. О. — Міжнародний досвід рекреаційного використання порушених земель ..... 55

Мороз О. Т., Клименко В. О. — Механізми правового регулювання як засіб боротьби з незаконним видобутком буршутину ..... 70

Морозова Т. В., Ліхо О. А. — Емісія $CO_2$ з ґрунтів під енергетичними культурами ..... 89

Пічура В. І., Потрака Л. О., Дудяк Н. В., Прищепа А. М. — Ґрунтово-кліматичне бонітування степових ґрунтів України із використанням ГІС-технологій ..... 104

Скок С. В., Скрипчук П. М. — Оцінка якості поверхневих вод річок Кошова та Веревчина у зоні урбогенного впливу міста Херсон ..... 122

Статник І. І. — Оцінка екологічних ризиків погіршення якості води річок ..... 135

Фурман В. М., Мороз О. С., Люсак А. В., Ткачук С. О. — Моніторинг реакції ячменю ярого на удобрення фосфоазотином ..... 147

## CONTENT

Bazalii V. V., Domaratskyi E. O., Kozlova O. P., Bazalii H. H., Dobrovolskyi A. V., Vozniuk N. M. — Genetic Control, Variability of Resistance to Brown Rast in Winter Wheat Hybrids Under Different Growing Conditions ..... 3

Biedunkova O. O., Tsipan Yu. R., — Spatial Variability of Soil Mesofauna Depending on the Hydrothermal Properties of the Soil 16

Varzhel O. V. — Evaluation of Ecological Risks For the Inhabitants of Rivne Region According to the Indices of Environment Quality ..... 25

Hlukhonets A. O., Morozova T. V., Morozov A. V., Kobzysta O. P., Samoilenko I. V. Stetsiuk L. M. — Use of Gis Technologies For Modernization of Monitoring Systems of Natural Reserves Fund of Ukraine ..... 40

Gromachenko K. Yu., Yakovyshyna M. S., Vitruk N. O. — International Experience of Tourism and Recreation Organization in Disturbed Lands ... 55

Moroz O. T., Klymenko V. O. — Mechanisms of Legal Regulation as a Means of Combating Illegal Mining of Amber ..... 70

Morozova T. V., Likho O. A. — $CO_2$ Emissions From Soils Under Energy Cultures ..... 89

Pichura V. I., Potraka L. O., Dudiak N. V., Pryshchepa A. M. — Soil and Climate Bonitation of Steppe Soils of Ukraine Using GIS-technologies ..... 104

Skok S. V., Skrypchuk P. M. — Assessment of the Surface Water Quality of the Koshova and Verevchina Rivers in the Zone of Urban Impact of Kherson ..... 122

Statnyk I. I. — Assessment of Ecological Risks of Deterioration of Water Quality of Rivers ..... 135

Furman V. M., Moroz O. S., Liusak A. V., Tkachuk S. O. — Monitoring of Spring Barley Reaction to Phosphosazotin Fertilization ..... 147

Наукове видання

# ВІСНИК
## Національного університету водного господарства та природокористування

**Збірник наукових праць**

**Випуск 2(98)**

**Сільськогосподарські науки**

*Комп'ютерна верстка* *Галина Сімчук*

*Друкується в авторській редакції*

Підписано до друку 27.05.2022 р. Формат 70×100 1/16.
Ум.-друк. арк. 9,5. Обл.-вид. арк. 10,6.
Тираж 150 прим. Зам. № 5584.

*Видавець і виготовлювач*
*Національний університет*
*водного господарства та природокористування*
*вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028.*

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції РВ № 31 від 26.04.2005 р.*