

ВІСНИК

Національного університету
водного господарства та
природокористування

ISSN 2306-5478

В И П У С К 2(102)

<https://doi.org/10.31713/vs220230>

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

У збірнику опубліковані наукові статті з екології, сільськогосподарських меліорацій (сільськогосподарські науки), агрогрунтознавства 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)

Прищепя 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)

Бедункова 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 23 червня 2023 р., протокол № 6.

Адреса редколегії: 33028, м. Рівне, вул. Соборна, 11, НУВГП
© Національний університет водного господарства
та природокористування, 2023

BULLETIN
NATIONAL UNIVERSITY OF
WATER AND ENVIRONMENTAL
ENGINEERING

ISSN 2306-5478
VOLUME 2(102)

<https://doi.org/10.31713/vs220230>

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, 2023

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: Moshynskiy 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 Wyszyński University in Warsaw (Warsaw, Poland)

All papers have been reviewed and accepted for publication by the Academic Council of the University on June 23, 2023, Academic Council Meeting Minutes #6.

Scientific Editorial Board Address: 33028, Rivne, vul. Soborna, 11, NUWEE
© National University of Water and Environmental Engineering, 2023

Бєдункова О. О., д.б.н., професор; Кузнєцов П. М., здобувач третього рівня вищої освіти (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, o.o.biedunkova@nuwm.edu.ua; p.m.kuznietsov@nuwm.edu.ua)

МЕТОДОЛОГІЯ ЗАСТОСУВАННЯ КОРЕКЦІЙНОЇ ОБРОБКИ БІОЦИДАМИ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

Актуальність теми зумовлена проблемою біологічного обростання технічних елементів електростанцій, внаслідок постійно діючих високих температур та присутності поживних речовин у оборотній воді. Угруповання гідробіонтів, які з'являються при цьому, проявляють високу життєздатність порівняно з їх представниками в природних водоймах, а отже, потребують підбору спеціальних методів боротьби, що будуть безпечними як для комплектуючих агрегатів, так і для природних водойм, до яких надходять зворотні води електростанцій. У роботі представлена методологія впровадження корекційної обробки біоцидами систем технічного водопостачання (СТВ) електростанцій на прикладі впровадження біоцидної обробки СТВ Рівненської атомної електростанції (ВП РАЕС). Наведені вимоги до етапів впровадження корекційної (біоцидної) обробки електростанцій згідно з діючими в Україні нормативними документами, що включають проведення гідробіологічного моніторингу, вибір типу та визначення ефективної дози біоцидів, корозійні випробування впливу дози біоцидів на конструкційні матеріали. Робота містить огляд методів попередження та боротьби з біологічним забрудненням, вимоги до проведення контролю та технічного оснащення системи дозування біоцидів, зокрема для умови, коли проєктом електростанції не передбачена штатна система дозування біоцидів. Обґрунтовані вимоги екологічної безпечності застосування біоцидів для СТВ, на прикладі ВП РАЕС показало, що у визначених ефективних дозах, при реалізації промислової експлуатації корекційної обробки, активні речовини біоцидів втрачають токсичність у воді за короткий проміжок часу, але він є достатнім для ефективної дії проти усіх виявлених забруднень біологічного походження, залишкова концентрація біоцидів є нижчою за встановлену

гранично-допустиму концентрацію у водних об'єктах. Зроблено узагальнення про важливість проведення експериментальних досліджень та гідробіологічного моніторингу при визначенні ефективної дози біоцидів для боротьби з обростанням.

Ключові слова: системи технічного водопостачання; біобростання; біоцидна обробка; дослідно-промислові випробування.

Вступ. Важливою частиною загальної стратегії контролю обладнання на існуючих об'єктах електростанцій є стан систем технічного водопостачання (СТВ), адже умови, що виникають в їх конструкціях сприяють появі корозії та біобростанню. Біобростання, або біоплівка, є популяцією мікробних клітин, занурених у товстий слизовий матрикс із позаклітинних полімерних речовин [1], на якій через високі температури води та надмірну кількість поживних речовин здатні оселятись та розвиватись більш крупні форми гідробіонтів [2]. Такі процеси, зокрема в системах охолодження, знижують ефективність тепловіддачі, ушкоджують дороге обладнання, збільшують витрати на технічне обслуговування та спричиняють втрати виробництва [3]. Тому широко розповсюдженим методом у світовій практиці є застосування біоцидної обробки охолоджуючої води СТВ електростанцій. Водночас існує складність впровадження таких методів обробки СТВ, що насамперед обумовлено відсутністю гранично-допустимих концентрацій у водоймах для сучасних біоцидних реагентів та довготривалою процедурою погодження з наглядовими органами технології їх використання. По-друге, враховуючи результати відомих наукових розробок, стає очевидним, що біоцидна обробка охолоджуючої води СТВ має проводитись виключно з урахуванням особливостей самого препарату, його взаємодії з антикорозійною та протинакипною обробкою, науково обґрунтованих доз та доведеної ефективності дії.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як результат розвитку мікробних суспільств на занурених поверхнях у водному середовищі, біоплівка є загальним явищем, яке можна спостерігати практично в усіх водних об'єктах, незалежно від температури (від -12° С до 115° С), рН (від 0 до 13) та тиску [4].

Експресія генів бактерій, що живуть у біоплівках, значно відрізняється від експресії вільноживучих клітин і може бути опосередкована процесом «відчуття кворуму» [5], тобто біоплівки є

захищеним способом росту, який дозволяє мікроорганізмам виживати в суворих умовах. Цікаво, що бактерії у біоплівці стійкіші до протимікробних препаратів ніж планктонні клітини.

Натепер відомі численні експериментальні дослідження щодо ефективності дії біоцидів у різних промислових секторах, а самі біоциди класифікуються Європейським хімічним агентством (ECHA) на 22 типи [6]. Наприклад, у лабораторних умовах доведена ефективність обробки мембран 2,2-дібром-3-нітрилоропіонамідом у системах водного охолодження мембран нафтохімічної промисловості [7]. У ході експериментальної оцінки біоцидної ефективності та рентабельності трьох препаратів на основі хлору, було показано, що NaClO є найбільш доцільним засобом контролю біологічного обростання в циркуляційних системах охолодження електростанцій, що використовують для підживлення рециркуляційного очищення продувочних вод [8]. Водночас відомі дослідження доводять, що 1% дозування хлору в СТВ може спричиняти утворення таких побічних продуктів дезінфекції, як тригалометани, галоїдацетатні сліди, галоїдовуглеводні, галофеноли та галоїдуксусні кислоти [9]. Більш безпечним виявляється оксид хлору, основними перевагами якого є менша реакційна здатність з органічними речовинами, проте він виявляється менш ефективним у боротьбі з найпростішими роду *Cryptosporidium* [4].

Ще одним широко розповсюдженим активним інгредієнтом біоцидів є тетракіс гідроксиметилфосфорний сульфат (THPS), що характеризується низькою токсичністю продуктів розкладу та ефективними бактерицидними властивостями, однак залежно від характеристик води в якій він розчиняється, цей інгредієнт може спричинювати вторинний ріст біоплівки [10]. Альтернативним прикладом є використання ізотіазолонів, які характеризуються високим біоцидним потенціалом через присутність 5-хлор-3-ізотіазолону, хоча економічна доцільність його використання не завжди виправдана [11].

Основними тенденціями розвитку гідробіонтів в СТВ електростанцій згідно з [12] можна виділити:

- постійне адаптування видів джерел біологічного забруднення до умов експлуатації та освоєння біотипів;
- вселення та асиміляція нових біотипів;
- формування біологічних наносів з можливою асиміляцією потенційно небезпечних для здоров'я людини

- мікроорганізмів;
- різноспрямований характер впливу біоти в донних та планктонних угрупованнях;
- цілорічний розвиток гідробіонтів з домінуванням сезонного максимуму розповсюдження біотипів.

Мета, завдання та методики проведення досліджень. Враховуючи сучасний стан природоохоронних вимог та вимог до застосування хімічних реагентів, метою наших досліджень було показати методологію застосування біоцидної обробки СТВ електростанцій на прикладі її впровадження для СТВ ВП РАЕС.

Виклад основного матеріалу дослідження. Усі майданчики електростанцій при експлуатації СТВ стикаються з основними проблемами біологічного забруднення, відкладенням накипу та корозії. Високий вміст забруднень біологічного характеру у воді СТВ електростанцій може призводити до інтенсивного росту швидкості корозії, знижувати теплообмін, продуктивність та ефективність роботи систем в цілому. Температурні фактори обумовлюють зміну сезонної динаміки наявності у воді СТВ гідробіонтів на цілорічну сталість, а наявність поживних речовин, внаслідок концентрування та запровадженої корекційної хімічної обробки, сприяють постійному нагромадженню біологічного забруднення [13].

Біологічні відкладення на внутрішніх поверхнях теплообмінного обладнання викликають зниження тепловіддачі, провокують корозію теплообмінного обладнання і трубопроводів. Корозія внаслідок дії біологічного забруднення проявляється двома типами: активна, при безпосередній хімічній взаємодії мікроорганізмів із матеріалами та пасивна, коли корозійне пошкодження виникає під шаром біоплівки. Планктонні гідробіонти СТВ представлені передусім водоростями: фітопланктоном та перифітоном [14]. На сонячних ділянках водорості утворюють щільні волокнисті плівки, під якими розвиваються бактеріальне забруднення, а процес зростання кількості водоростей супроводжується підвищенням концентрації розчиненого кисню. Типові види бактеріологічного забруднення охолоджуючої води СТВ вказані в табл. 1.

Таблиця 1

 Можливі типові види бактеріального забруднення
охолоджуючої води СТВ [12]

Види бактеріологічного забруднення СТВ			
Сульфат-відновлюючі бактерії (<i>Desulfovibrio</i> , <i>Desulfomonas</i> , <i>Desulfotomaculum</i>) – анаеробні, для їх активного росту необхідна наявність сульфатів або сульфідів, ці бактерії можуть існувати при температурі до 80° С і в діапазоні значень рН від 5 до 9 од	Кислотоутворюючі бактерії (передусім <i>Thiobacillus thiooxidans</i> і <i>Clostridium</i>), які утворюють органічні або неорганічні кислоти в залежності від виду бактерій. Кислоти, утворені бактеріями, знижують рН, що зазвичай призводить до прискорення процесу корозії металів	Залізо-бактерії (ниткоподібні бактерії, передусім <i>Gallionella</i> , <i>Sphaerotilus</i> , <i>Crenothrix</i> і <i>Leptothrix</i>), що провокують окиснення заліза, кінцевим продуктом є тривалентний гідроксид заліза, викликають депасивацію поверхні сталей з проявом локальних корозійних пошкоджень	Слизоутворюючі бактерії (передусім <i>Pseudomonas</i>) аеробні, але можуть розвиватися в середовищі з низьким вмістом кисню, утворюють щільну плівку на поверхні конструкційних матеріалів

Методи попередження та боротьби з біологічними перешкодами у СТВ. Для зменшення біологічного забруднення застосовуються фізичні та хімічні методи. Найбільш утилітарним та вживаним [12] є застосування хімічних методів боротьби з перевагами надання технологіям, що націлені на попередження біообростань, зокрема боротьбі з статобластами та реагентам, що вирішують комплексні проблеми антикорозійної та протинакипної обробки. Вибір стратегії є індивідуальним для кожного об'єкту енергетики, враховуючи характеристики джерела водопостачання, типу СТВ, динаміку популяції біоти, наявність статобластів та багатоваріантність їх розвитку. Обрана стратегія повинна бути екологічно безпечною та відповідати умовам природоохоронного законодавства при скиді зворотних вод СТВ у водний об'єкт.

Роботи з впровадження біоцидної обробки СТВ електростанцій включають проведення гідробіологічного моніторингу (ГБМ), вибір типу та визначення ефективної дози біоцидів, корозійні випробування впливу дози біоцидів на конструкційні матеріали [14].

Гідробіологічний моніторинг забруднення СТВ. Гідробіологічний моніторинг (ГБМ) проводять для встановлення властивого

забруднення СТВ з визначенням якісних та кількісних характеристик наявних гідробіонтів, відповідно до рекомендацій [13]. Розповсюдженим та інформативним для ГБМ є метод контролю біологічного забруднення СТВ [12] з використанням гідробоксу (рис. 1), що являє собою циліндричний контейнер з набором пластин (оргскло), який під'єднують до потоку охолоджуючої води СТВ.

Результати гідробіологічного моніторингу СТВ ВП РАЕС зазначені в [15] та на рис. 2, серед біологічного забруднення виявлена наявність біоплівки, водоростей, молюсків.

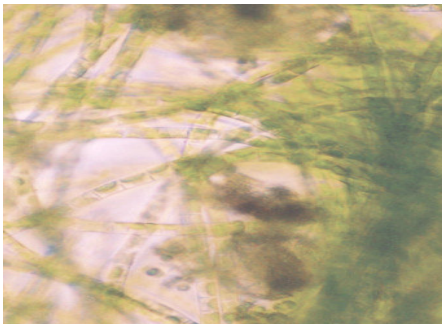


а)

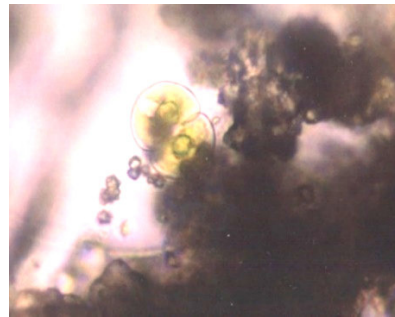


б)

Рис. 1. Гідробокс для контролю біологічного забруднення СТВ:
а) зовнішній вигляд, б) внутрішня вкладка



а)



б)

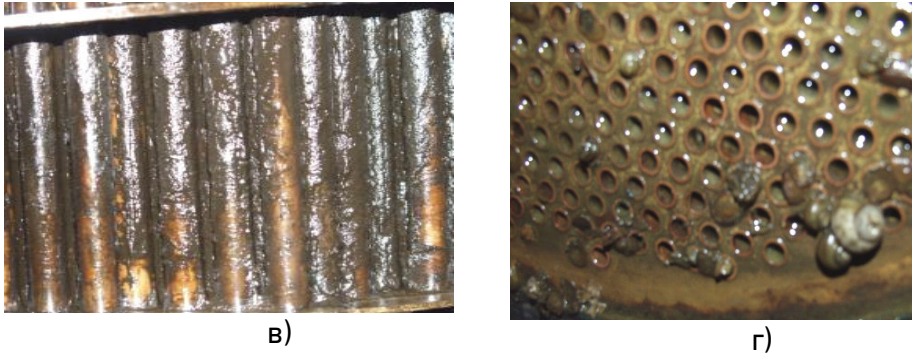


Рис. 2. Видове різноманіття гідробіонтів у біообростанні СТВ Рівненської АЕС: а) мікроскопія зелених водоростей роду Chlorophyta; б) мікроскопія жовто-зелених водоростей роду Tribonema (б); в) біоплівка на поверхні теплообмінниках споживачів; г) безхребетні тварини в складі біоплівки

Класифікація біоцидів, критерії ефективності біоцидів. За класифікацією біоцидів розрізняють: окиснюючі біоциди, що впливають за рахунок окисно-відновної реакції на клітини організмів, та неокиснюючі біоциди, що впливають на метаболізм та мембрани клітин організмів. При застосуванні хімічних речовин, повинна враховуватись екологічна утилітарність, зокрема перевага повинна надаватись сполукам із меншою біоцидною ефективністю, але за умови їх мінімального впливу на довкілля. Екологічність біоцидів визначається часом їх розкладу, тому вживаються сполуки, що самовільно розкладаються у воді протягом короткого проміжку часу [12].

Об'єм гідробіологічного та хімічного контролю ефективності біоцидної обробки на різних етапах впровадження (експериментальних дослідженнях (ЕД), дослідно-промислових дослідженнях (ДПВ) та промислових дослідженнях (ПВ)) зазначено в табл. 2.

Таблиця 2

Контроль ефективності на різних етапах впровадження обробки СТВ

Показник	Етап впровадження біоцидної обробки		
	ЕД	ДПВ	ПВ
Загальне мікробне число ¹⁾	+	+	+
Загальна кількість водоростей ²⁾	+	-	-
Кількісні характеристики розвитку поселень біообростань (кількість біомаси, наявність репродуктивних утворень)	-	+	-

продовження табл. 2

Ефективність зниження загальної площі біообростань, зниження чисельності та біомаси, що осіла в гідробоксі та динаміки проростання статобластів	-	+	-
Контроль корозійної стійкості металів та корозійної активності	+	+	-
Контроль біоциду та продуктів розкладу у зворотних водах ³⁾	+	+	+

Примітка: ¹⁾ ЗМЧ проводять тест системою з носієм агар-агар чи індикаторною тест системою за активністю АТФ; ²⁾ контроль відбором проби шляхом підрахунку кількості у камері Нажота; ³⁾ для СТВ відкритого типу.

При дослідно-промислових випробуваннях перелік контролю, в порівнянні з експериментальними дослідженнями, розширюють. Контроль проводиться в різних об'єктах споживачів СТВ та визначається специфічна ефективність для різних стадій розвитку гідробіонтів з підтвердженням екологічної безпечності технології. На етапі промислової експлуатації, зазвичай достатнім є виконання контролю загального мікробного числа (ЗМЧ) з підтримання його значень в охолоджуючій воді СТВ менше 10^3 КУО/см³ та контроль біоцидів у зворотних водах, для СТВ відкритого типу [11].

Умови промислового застосування біоцидних препаратів залежать від декількох факторів, що визначаються:

- звиканням організмів до одного і того ж біоциду, тому технологія біоцидної обробки передбачає чергування кількох видів біоцидів;

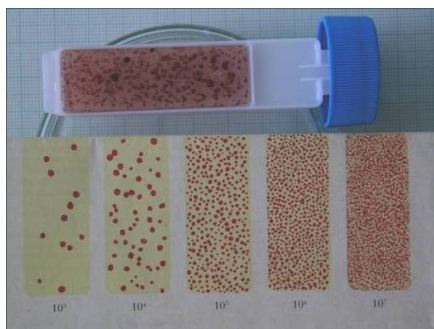
- періодом дії та періодичністю вводу біоцидів, що визначають час перебування води в СТВ, рН води, як фактор, що впливає на гідроліз біоцидів;

- скидом у водний об'єкт, що визначені встановленою гранично-допустимою концентрацією та часом розкладу біоцидів, щоб унеможливити вплив на довкілля для СТВ відкритого типу.

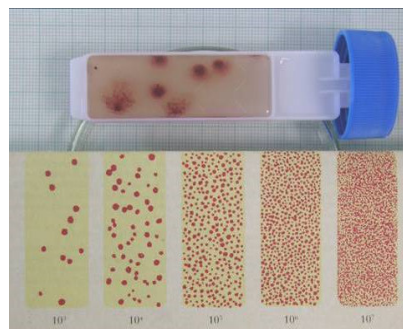
При експериментальному дослідженні біоцидної обробки проводять стендові корозійні випробування для матеріалів (зразків-свідків), що визначені як аналоги конструктивних матеріалів СТВ за методикою [14]. Стендові корозійні випробування повинні підтвердити відсутність корозійного впливу біоцидів на конструкційні матеріали за шкалою оцінки корозійної стійкості металів та корозійної активності середовища. При

експериментальних дослідженнях можливе визначення швидкості корозії лише гравіметричним методом, на етапі дослідно-промислових випробувань, для недопущення інтенсифікації корозійних процесів, необхідним є застосування онлайн-контролю швидкості корозії вольт-амперметричним методом для попередження можливого корозійного впливу.

Впровадження біоцидної обробки СТВ. Біоцидна обробка впроваджена на багатьох європейських АЕС [11]. На Рівненській АЕС проведено експериментальні дослідження з вибору та ефективності дії препаратів біоцидної обробки [17]. За результатами експериментальних досліджень підібрано біоциди гіпохлорид натрію (ГН) та дібромнітрілопропіонамід (ДБНПА). ГН розкладається до хлорид-іонів, ДБНПА до вуглекислого газу та бромід-іонів. Ці речовини мають ГДК речовин в водоймищах рибогосподарського призначення [16]. Апробацію технології біоцидної обробки води СТВ проведено лабораторним шляхом при моделюванні обробки: ГН, ДБНПА з підтримання ОЕДБ протягом 24 години з наступною витримкою 24 години – для ГН та 7 діб – для ДБНПА. Результати контролю проб після апробації технології у лабораторних умовах, складала ЗМЧ $\leq 10^2$ КУО/см³, ЗКВ $\leq 5 \cdot 10^3$ кл/см³, вміст активного хлору та ДБНПА менше межі виявлення за МВВ, вміст бромід іонів у діапазоні 6,0–10,2 мг/дм³, що підтверджує ефективність та екологічність застосованої технології біоцидної обробки (рис. 3).



а)



б)

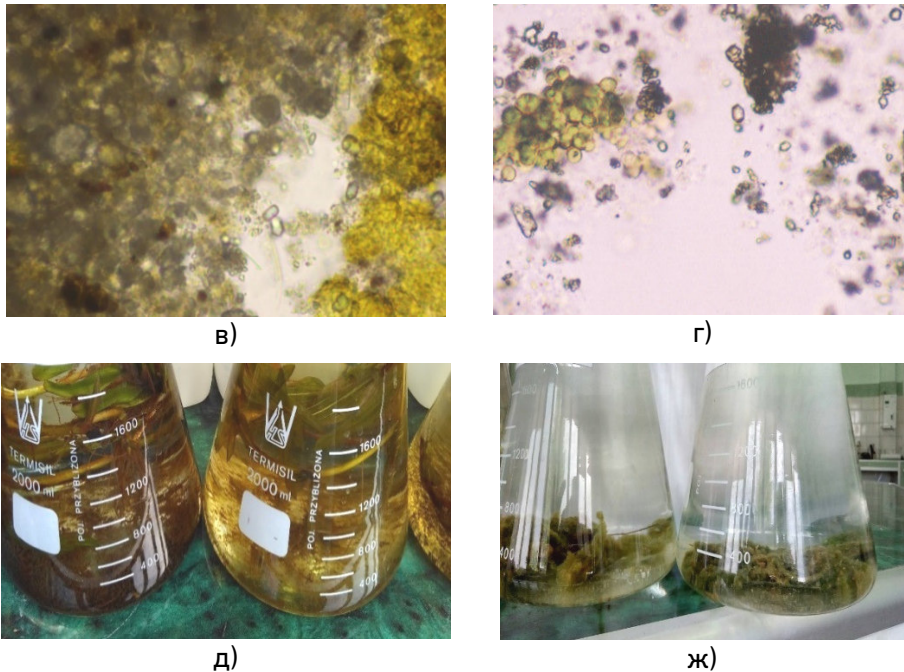


Рис. 3. Ефективність застосування технології обробки біоцидами ГН та ДБНПА охолоджуючої води СТВ ВП РАЕС за показниками ЗМЧ, ЗКВ, візуальними характеристиками: а) визначення тест-системою ЗМЧ охолоджуючої води до обробки; б) визначення тест-системою ЗМЧ охолоджуючої води після обробки; в) мікроскопіювання при підрахунку ЗЧВ охолоджуючої води до обробки; г) мікроскопіювання при підрахунку ЗЧВ охолоджуючої води після обробки; д) візуальний вигляд проб охолоджуючої води до обробки; ж) візуальний вигляд проб охолоджуючої води після обробки

Промислова реалізація біоцидної обробки. Для дозування біоцидів на етапі дослідно-промислових випробувань біоцидної обробки СТВ електростанцій застосовують штатну схему дозування корекційної обробки, якщо проєктом не передбачена схема дозування реагентів в СТВ можливим є реалізація обробки з застосуванням універсальної мобільної станції дозування (УМСД). УМСД являє собою мобільний технічний засіб з баками для приготування робочих розчинів біоциду, комплектується насосами та системою трубопроводів для забезпечення необхідного режиму дозування реагентів. УМСД також оснащений блоком управління і контролю, який призначений для управління роботою насосів-дозаторів і контролю параметрів водного середовища.

Подача біоциду в ефективній дозі здійснюється безпосередньо до підживлюючої води, для забезпечення перемішування та рівномірного розподілу біоцидів в контурі СТВ.

Висновки. Система технічного водопостачання енергетичних об'єктів є техноекосистемою, в межах якої температурні фактори та наявність поживних речовин сприяють розвитку біотопів гідробіонтів, які створюють перешкоди в експлуатації, зокрема можуть впливати на ефективність охолодження та надійність обладнання. Процесу розвитку гідробіонтів у СТВ властива зміна сезонної динаміки присутності в поверхневих водах та цілорічна наявність в охолоджуючій воді. Біологічне забруднення та біологічні перешкоди властиві тою чи іншою мірою для СТВ кожної електростанції.

Для кожного майданчику електростанції визначають індивідуальні доцільні та дієві методи, виходячи з параметрів вхідної води та зворотної системи. Критерії вибору методів зменшення біологічного забруднення СТВ повинні носити комплексний підхід, вимоги вибору біоциду для впровадження обробки СТВ повинні враховувати його ефективність, економічність та екологічність застосування.

Роботи з впровадження біоцидної обробки СТВ електростанцій включають проведення експериментальних досліджень, гідробіологічного моніторингу, вибір типу та визначення ефективної дози біоцидів, корозійні випробування впливу дози біоцидів на конструкційні матеріали та дослідно-промислові випробування.

Приведений досвід впровадження біоцидної обробки СТВ ВП РАЕС, активні речовини біоцидів, що запропоновані для використання, втрачають токсичність у воді за короткий проміжок часу, залишкова концентрація біоцидів є нижчою за встановлену ГДК. Результати досліджень були апробовані і впроваджені в практику ВП РАЕС у вигляді розроблених технічних рішень, програм проведення біоцидної обробки СТВВС енергоблоків № 3, 4 ВП РАЕС, та можуть бути застосовані для впровадження біоцидної обробки охолоджуючої води електростанцій, де в якості системи технічного водопостачання застосована система технічного водопостачання зі скидом продувних вод у водоймище рибогосподарського призначення.

1. Ilhan-Sungur E., Çotuk A. Microbial corrosion of galvanized steel in a simulated recirculating cooling tower system. *Corrosion Science*. 2010. Vol. 52,

no. 1. P. 161–171. URL: <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2009.08.049> (date of access: 04.12.2022). **2.** Cristiani P. Risk assessment of biocorrosion in condensers, pipework and other cooling system components. *Understanding Biocorrosion*. 2014. P. 357–384. **3.** Performance assessment of oxidants as a biocide for biofouling control in industrial seawater cooling towers / M. Al-Bloushi et al. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 2018. Vol. 59. P. 127–133. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2017.10.015> (date of access: 03.12.2022). **4.** Rao T. S. Biofouling (macro-fouling) in seawater intake systems. *Water-Formed Deposits*. 2022. P. 565–587. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-822896-8.00016-9> (date of access: 05.10.2022). **5.** Європейська хімічна агенція. <https://echa.europa.eu/> (date of access: 04.12.2022). **6.** Application of ozone treatment in cooling water systems for energy and chemical conservation / A. Ataei et al. *Advances in environmental research*. 2015. Vol. 4, no. 3. P. 155–172. URL: <https://doi.org/10.12989/aer.2015.4.3.155> (date of access: 05.12.2022). **7.** Chien S.-H., Dzombak D. A., Vidic R. D. Comprehensive Evaluation of Biological Growth Control by Chlorine-Based Biocides in Power Plant Cooling Systems Using Tertiary Effluent. *Environmental Engineering Science*. 2013. Vol. 30, no. 6. P. 324–332. URL: <https://doi.org/10.1089/ees.2012.0502> (date of access: 03.12.2022). **8.** Meesters K. P. H., Van Groenestijn J. W., Gerritse J. Biofouling reduction in recirculating cooling systems through biofiltration of process water. *Water Research*. 2003. Vol. 37, no. 3. P. 525–532. URL: [https://doi.org/10.1016/s0043-1354\(02\)00354-8](https://doi.org/10.1016/s0043-1354(02)00354-8) (date of access: 05.12.2022). **9.** Reclaimed water use in industrial cooling circuits: Compatibility with TP11 biocides / B. Garrido Arias et al. *Journal of Water Process Engineering*. 2021. Vol. 43. P. 102227. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102227> (date of access: 06.12.2022). **10.** Nicoll P. G., Thompson N., Gray V. Forward osmosis applied to evaporative cooling make up water. *Power Plant, Chemistry*. 2012. Cooling Ntchnology Institute. Houston, Texas. Vol. 14 (10). URL: https://www.researchgate.net/publication/269095245_Forward_Osmosis_Applied_to_Evaporative_Cooling_Make-up_Water (date of access: 06.12.2022). **11.** Бенчмаркинг «Водно-химический режим второго контура и системы технического водоснабжения» АЭС Козлодуй 25–26 июня 2019 г. URL: <https://www.wano.info/> (дата звернення: 06.12.2022). **12.** Визначення технічного стану системи технічного водопостачання ВП РАЕС. Техенерго, Львів. 132 с. **13.** СОУ НАЕК 178:2019. Охорона довкілля. Порядок розробки регламенту гідробіологічного моніторингу водойми-охолоджувача, систем охолодження і системи технічного водопостачання АЕС з реакторами типу ВВЕР : методичні вказівки. ДП НАЕК «Енергоатом». Київ, 2019. 75 с. **14.** СОУ НАЕК 067:2013. «Управление химическими технологиями. Водно-химический режим системы технического водоснабжения ответственных потребителей АЭС с ВВЭР. Общие требования». ДП «НАЕК «Енергоатом». 2013. **15.** Кузнецов П. М., Бедункова О. О. Порівняльний гідробіологічний

моніторинг вод систем технічного водопостачання атомних електростанцій. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2022. Вип. 2(12). С. 180–190. DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.13> **16.** Обобщенный перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов. М. : Главрыбвод Минрыбхоза СССР, 1990. 96 с. **17.** Kuznietsov P., & Biedunkova O. Експериментальні випробування біоцидної обробки охолоджуючої води систем безпеки енергоблоків Рівненської атомної електростанції. *Ядерна та радіаційна безпека*. 2023. Вип. 1(97). С. 30–40. URL: [https://doi.org/10.32918/nrs.2023.1\(97\).04](https://doi.org/10.32918/nrs.2023.1(97).04). (дата звернення: 06.12.2022).

REFERENCES:

1. Ilhan-Sungur E., Çotuk A. Microbial corrosion of galvanized steel in a simulated recirculating cooling tower system. *Corrosion Science*. 2010. Vol. 52, no. 1. P. 161–171. URL: <https://doi.org/10.1016/j.corsci.2009.08.049> (date of access: 04.12.2022).
2. Cristiani P. Risk assessment of biocorrosion in condensers, pipework and other cooling system components. *Understanding Biocorrosion*. 2014. P. 357–384.
3. Performance assessment of oxidants as a biocide for biofouling control in industrial seawater cooling towers / M. Al-Bloushi et al. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 2018. Vol. 59. P. 127–133. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2017.10.015> (date of access: 03.12.2022).
4. Rao T. S. Biofouling (macro-fouling) in seawater intake systems. *Water-Formed Deposits*. 2022. P. 565–587. URL: <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-822896-8.00016-9> (date of access: 05.10.2022).
5. Європейська хімічна агенція. <https://echa.europa.eu/> (date of access: 04.12.2022).
6. Application of ozone treatment in cooling water systems for energy and chemical conservation / A. Ataei et al. *Advances in environmental research*. 2015. Vol. 4, no. 3. P. 155–172. URL: <https://doi.org/10.12989/aer.2015.4.3.155> (date of access: 05.12.2022).
7. Chien S.-H., Dzombak D. A., Vidic R. D. Comprehensive Evaluation of Biological Growth Control by Chlorine-Based Biocides in Power Plant Cooling Systems Using Tertiary Effluent. *Environmental Engineering Science*. 2013. Vol. 30, no. 6. P. 324–332. URL: <https://doi.org/10.1089/ees.2012.0502> (date of access: 03.12.2022).
8. Meesters K. P. H., Van Groenestijn J. W., Gerritse J. Biofouling reduction in recirculating cooling systems through biofiltration of process water. *Water Research*. 2003. Vol. 37, no. 3. P. 525–532. URL: [https://doi.org/10.1016/s0043-1354\(02\)00354-8](https://doi.org/10.1016/s0043-1354(02)00354-8) (date of access: 05.12.2022).
9. Reclaimed water use in industrial cooling circuits: Compatibility with TP11 biocides / B. Garrido Arias et al. *Journal of Water Process Engineering*. 2021. Vol. 43. P. 102227. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2021.102227> (date of access: 06.12.2022).
10. Nicoll P. G., Thompson N., Gray V. Forward osmosis

applied to evaporative cooling make up water. *Power Plant, Chemistry*. 2012. Cooling Ntchnology Institute. Houston, Texas. Vol. 14 (10). URL: https://www.researchgate.net/publication/269095245_Forward_Osmosis_Applied_to_Evaporative_Cooling_Make-up_Water (date of access: 06.12.2022).

11. Benchmarking «Vodno-himicheskiiy rejim vtorogo kontura i sistemyi tehniceskogo vodosnabjeniya» AES Kozloduy 25–26 iyunya 2019 g. URL: <https://www.wano.info/> (data zvernennya: 06.12.2022).

12. Vyznachennia tekhnichnoho stanu systemy tekhnichnoho vodopostachannia VP RAES. Tekhenerho, Lviv. 132 s.

13. SOU NAEK 178:2019. Okhorona dovkillia. Poriadok rozrobky rehlamentu hidrobiolohichnoho monitorynhu vodoimyo-kholodzhuvacha, system okholodzhennia i systemy tekhnichnoho vodopostachannia AES z reaktoramy typu VVER : metodychni vkazivky. DP NAEK «Enerhoatom». Kyiv, 2019. 75 s.

14. SOU NAEK 067:2013. «Upravlenie himicheskimi tehnologiyami. Vodno-himicheskiiy rejim sistemyi tehniceskogo vodosnabjeniya otvetstvennyih potrebiteley AES s VVER. Obschie trebovaniya». DP «NAEK «Energoatom». 2013.

15. Kuznietsov P. M., Biedunkova O. O. Porivnialnyi hidrobiolohichniy monitorynh vod system tekhnichnoho vodopostachannia atomnykh elektrostantsii. *Vodni bioresursy ta akvakultura*. 2022. Vyp. 2(12). S. 180–190. DOI <https://doi.org/10.32851/wba.2022.2.13>.

16. Obobshchennyiy perechen predelno dopustimiyh kontsentratsiy (PDK) i orientirovochno bezopasnyih urovney vozdeystviya (OBUV) vrednyih veschestv dlya vodyi ryibohozyaystvennyih vodoemov. M. : Glavryibvod Minryibhoza SSSR, 1990. 96 s.

17. Kuznietsov P., & Biedunkova O. Eksperymentalni vyprobuvannia biotsydnoi obrobky okholodzhuiuchoi vody system bezpeky enerhoblokiv Rivnenskoj atomnoj elektrostantsii. *Yaderna ta radiatsiina bezpeka*. 2023. Vyp. 1(97). S. 30–40. URL: [https://doi.org/10.32918/nrs.2023.1\(97\).04](https://doi.org/10.32918/nrs.2023.1(97).04). (data zvernennia: 06.12.2022).

Biedunkova O. O., Doctor of Biological Science, Professor,
Kuznietsov P. M., Post-graduate Student (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

METHODOLOGY OF THE APPLICATION OF CORRECTIVE TREATMENT WITH BIOCIDES OF TECHNICAL WATER SUPPLY SYSTEMS OF POWER PLANTS

The actuality of theme is determined by the problem of biological fouling of technical elements of power plants. Fouling occurs as a result of constantly high temperatures and the presence of nutrients in circulating water. Groups of hydrobionts that appear at the same time show high viability compared to their representatives in natural

reservoirs. Therefore, it is necessary to select special methods of control, which will be safe both for the component units and for natural reservoirs to which return water from power plants enters. The paper presents the methodology of implementing corrective treatment with biocides of technical water supply systems (WSS) on the example of tests of biocidal treatment of the Rivne NPP. The requirements for the stages of implementation of corrective (biocidal) treatment of power plants of Ukraine in accordance with the regulatory documents in force in Ukraine are given. Works on the implementation of biocidal treatment of WSS of power plants include hydrobiological monitoring, selection of the type and determination of the effective dose of biocides, corrosion tests of the effect of the dose of biocides on structural materials. The work contains an overview of the methods of prevention and control of biological pollution, systematized data of experimental studies of biocidal treatment and data for the experimental and industrial implementation of biocidal treatment of the Rivne NPP. Reasoned environmental safety of applied biocides in defined effective doses during the industrial operation of corrective treatment with biocides at the Rivne NPP. The experience of implementing biocidal treatment of WSS of nuclear power plants is given, in particular, experimental studies of the introduction of biocidal treatment of the Rivne NPP. The active substances of the tested biocides lose their toxicity in water in a short period of time, but it is sufficient for effective action against all tested pollutants of biological origin, and the residual concentration of biocides is lower than the established limit-permissible concentration in water bodies. A generalization was made about the importance of conducting experimental studies and hydrobiological monitoring in determining the effective dose of biocides for combating fouling.

Keywords: technical water supply systems; biofouling; biocidal treatment; research-industrial tests.

Буднік З. М., к.с.-г.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, z.m.budnik@nuwm.edu.ua), **Грицюк В. В., ст. викладач, Кондратюк Н. В., ст. викладач, Писаренко В. О., ст. викладач, Ціпан Ю. Р., ст. викладач** (Надслучанський інститут НУВГП, м. Березне, v.v.hrytsiuk@nuwm.edu.ua, n.v.kondratiuk@nuwm.edu.ua, y.r.tsipan@nuwm.edu.ua)

ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ФАКТОРІВ НА ЛІСОВІ ЕКОСИСТЕМИ РІВНЕНЩИНИ

Зміна клімату чинить серйозний вплив на ліси, а також людей, особливо на тих, чиє життя залежить від лісів. З іншого боку, лісове господарство пропонує важливі можливості для скорочення викидів парникових газів і збільшення поглинання вуглецю, тому більшість стратегій боротьби зі зміною клімату пов'язані з лісами. Конвенція ООН про зміну клімату проголошує два підходи до вирішення проблеми зміни клімату: пом'якшення (наприклад, скорочення викидів і збільшення поглинання вуглецю) та адаптація (наприклад, адаптація до зміни клімату, яка вже існує). Лісове господарство може відігравати ключову роль в обох підходах.

У статті наведено результати досліджень впливу кліматичних показників на лісові екосистеми. Здійснено аналіз сучасного стану лісового сектору Рівненської області та встановлено основні показники впливу глобального потепління на ліси регіону. За останні десятиріччя у Рівненській області відбулася зміна породного складу лісів у напрямі зменшення цінних і продуктивних порід дерев (хвойних та твердолистяних) внаслідок збільшення площ похідних деревостанів і малоцінних лісонасаджень. Збільшення пройшло в основному за рахунок низькобонітетних твердолистяних порослевих насаджень та м'яколистяних, тобто якісний склад насаджень змінився в негативну сторону. Відповідно до структури лісів за групами порід панівними видами у Рівненській області є хвойні, зокрема сосна звичайна. Саме хвойні, які є панівними видами у Рівненській області, найбільше зазнають негативного впливу від зміни клімату. Тому виникає необхідність розробки стратегій із адаптації лісового

господарства до зміни клімату. Багато країн вже розробили стратегії, засновані на сталому управлінні лісами, але відсутність відповідних правових механізмів, прав власності та прав користувачів обмежує реалізацію цих стратегій. Найбільш негативний вплив чинять підвищення температури повітря та зміна кількості опадів, що призводить до зміни вегетаційного періоду та видового складу лісових екосистем.

Зміна клімату може спричинити заміну зональних типів рослинності, співвідношення лісових формацій та типів лісу; зниження життєздатності лісів, їх стійкості до шкідників та хвороб, збільшення інтенсивності всихання лісів; спалахи масового розмноження шкідників; зростання кількості та масштабності пожеж (особливо у хвойних лісах).

Ключові слова: лісові екосистеми; зміна клімату; потепління; кліматичні показники; тип лісу; видовий склад.

Постановка проблеми. Лісові екосистеми відіграють провідну роль у зміні клімату на планеті, адже лише рослинність здатна боротися зі шкідливими газами в атмосфері, при цьому найбільший відсоток поглинання вуглекислого газу з повітря та накопичення інших газів у своїй біомасі під час фотосинтезу належить лісам. За даними організації Міжурядової групи експертів зі зміни клімату (IPCC), вирубка лісів спричинила близько третини викидів парникових газів. За підрахунками Інституту світових ресурсів, на вирубку лісів на планеті на сьогодні припадає понад 20% внеску різних факторів у баланс викидів парникових газів, що посилює дефіцит здатності планети накопичувати вуглець в живих системах [1].

Зміна клімату чинить непоправний вплив на лісові екосистеми, тому сучасні підходи до ведення лісового господарства повинні зазнати реорганізації та бути націленими на стале управління лісами, які мають передбачити боротьбу зі зміною клімату, але відсутність відповідних законодавчих механізмів, прав власності чи прав користувачів зменшує ймовірність застосування таких стратегій.

У межах Рамкової конвенції ООН про зміну клімату була створена Паризька угода щодо регулювання заходів зі зменшення викидів діоксиду вуглецю з 2020 р., яка погоджена на 21-й Конференції учасників UNFCCC, де особливе місце належить

веденню лісового господарства. Сьогодні лісове господарство багатьох країн не пристосоване до використання Механізму розвитку чистих технологій (Clean Development Mechanism – CDM) згідно з Кіотським протоколом. На практиці це означає, що необхідно пройти багато комплексних перевірок, перш ніж проєкти, пов'язані з лісовим господарством, будуть затверджені та реалізовані [2].

Україна, разом із ще понад 100 країнами, підписала у 2021 р. Декларацію про ліси та землекористування в межах кліматичної конференції COP-26. Її підписанти заявляють про наміри посилити свої дії заради збереження лісів та інших екосистем, а також впровадити і, якщо необхідно, переглянути політику у сфері сільського господарства, аби забезпечити продовольчу безпеку без шкоди для довкілля. Декларація передбачає зберігати й відновлювати ліси та сприяти політиці сталого розвитку та виробництва, споживання товарів, які не призводять до вирубки лісів та деградації земель. У жовтні 2021 року Кабінет Міністрів України прийняв Стратегію з екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату до 2030 року. Це перший національний документ, який створює законодавче підґрунтя для адаптаційних заходів в Україні.

Отже, Україна обрала курс на боротьбу зі зміною клімату, відповідно провідна роль повинна належати зміні стратегії управління лісовим господарством та сталому використанні лісів, з метою їх збереження.

Об'єкт досліджень: лісові екосистеми Рівненської області за умов зміни клімату.

Предмет досліджень: кліматичні показники у межах Рівненської області та їх вплив на лісові екосистеми.

Мета дослідження полягає в аналізі кліматичних змін та вивченні їх впливу на вегетаційні зміни лісових екосистеми території Рівненської області.

Аналіз досліджень та публікацій. Згідно з літературними даними [3–6], за останнє століття середня температура в Україні зросла на 0,7° С, а також очікується подальше її зростання. Такі зміни несуть негативний вплив на лісові екосистеми. Прогнозований вплив зміни клімату на ліси може відрізнятись залежно від природних кліматичних зон, складу лісових порід і місцевих умов вирощування. Зміна клімату впливає на стійкість лісів та їх здатність реагувати на мінливість кліматичних факторів [7–9] і, крім того,

спричиняє значні зміни в біологічній продуктивності [10]. Щоб спрогнозувати кількість лісових ресурсів для лісового господарства та деревообробної промисловості, а також розробити заходи щодо запобігання зміні клімату та адаптації лісів [11–14], важливо мати розуміння продуктивності та стану лісу в середньостроковій та довгостроковій перспективі. Приведення лісового господарства до принципів сталого розвитку та впровадження стратегій, спрямованих на адаптацію лісів до змін клімату, може суттєво знизити уразливість лісів. Адаптаційні стратегії повинні ґрунтуватися на засадах сталого (невиснажливого) ведення лісового господарства з урахуванням природно-кліматичних зон та біоекологічних характеристик лісотвірних видів [15].

Питанням впливу змін клімату на лісові екосистеми присвячують свої праці науковці в усьому світі, як-от R. Seidl, D. Thom, M. Kautz, D. Martin-Benito, M. Peltoniemi, G. Vacchiano, J. Wild, D. Ascoli, M. Petr, J. Honkaniemi, M. J. Lexer, P. Maireta, M. Fabrika, P. De Frenne, J. Lenoir, M. Luoto, B. R. Scheffers, F. Zellweger, J. Aalto, M. B. Ashcroft, D. M. Christiansen, C. Greiser, E. Gril, J. Ogée, V. Tyystjärvi, P. Vangansbeke, K. Hylander, а також вітчизняні фахівці Букша І. Ф., Лакида П. І., Пастернако В. П., Краковська С. В., Швиденко А. З., Писаренко Л. А. та ін. [16–18]. Також науковцями Інституту екології Карпат здійснено моделювання уразливості лісових екосистем від змін клімату на регіональному рівні [19]. Отже, стійкість лісових екосистем та питання їх адаптації до змін клімату стає все більш актуальним.

Результати досліджень. Згідно з матеріалами Доповіді про стан навколишнього природного середовища Рівненської області, станом на 1 січня 2022 року загальна площа земель лісового фонду лісгосподарських підприємств сфери підпорядкування Державного агентства лісових ресурсів України (ДАЛРУ) становить 716,7 тис. га, 11,8 тис. га – землі в користуванні Міноборони України. Площа земель лісгосподарського призначення, що вкрита лісовою рослинністю регіону становить 632,5 тис. га. Лісистість області становить 36,4%. Відомості про землі лісгосподарського призначення області наведено в таблиці.

Таблиця

Землі лісогосподарського призначення

№ з/п	Показники	Одиниця виміру	Кількість
1	Загальна площа земель лісогосподарського призначення, у тому числі:	тис. га	787,9
2	площа земель лісогосподарського призначення державних лісогосподарських підприємств	тис. га, %	716,7
3	площа земель лісогосподарського призначення комунальних ССВК	тис. га	59,4
4	площа земель лісогосподарського призначення Міноборони	тис. га	11,8
5	Площа земель лісогосподарського призначення, що вкрита лісовою рослинністю л/гпідприємств ДАЛРУ	тис. га	632,5
6	Запас деревини у розрахунку на одну особу	м ³	0,69
7	Лісистість (відношення покритої лісом площі до загальної площі області)	%	36,4

Лісові господарства в області постійно проводять роботи із посадки лісу за принципом розширеного відтворення лісів, тобто площа лісовідтворення перевищує площі зрубів. В період 2018–2021 років створено понад 153 га нових лісових екосистем.

Питання збереження та відновлення лісів було внесено до першочергових завдань, з метою збереження лісового фонду України, належного захисту і відтворення лісів, створення сприятливих умов для ведення лісового господарства на засадах сталого розвитку з урахуванням природних та економічних умов, забезпечення прав громадян на безпечне довкілля у 2021 році під егідою Президента України В. Зеленського була започаткована екологічна ініціатива «Масштабне заліснення України». Динаміка лісовідновлення, лісорозведення в останні роки значно зменшилася, що було пов'язано із пандемією Covid-19 (рис. 1).

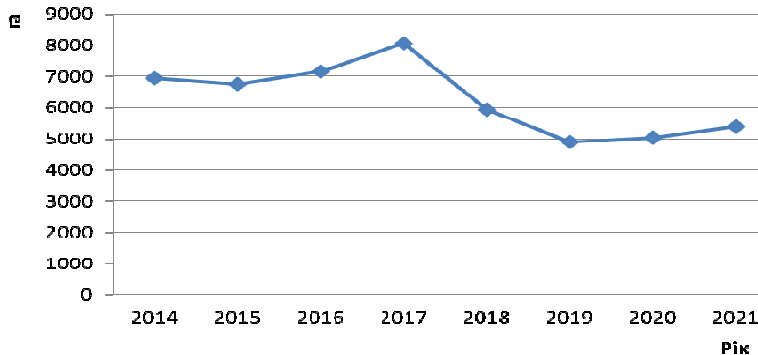


Рис. 1. Динаміка лісовідновлення, лісорозведення на землях лісогосподарського призначення

Ліси Рівненської області за екологічним і соціально-економічним значенням та залежно від основних виконуваних ними функцій поділяються на такі категорії (рис. 2): захисні ліси – 27992,6 га, експлуатаційні ліси – 509151,9 га, рекреаційно-оздоровчі ліси – 65003,9 га, ліси природоохоронного, наукового, історико-культурного призначення – 103613,1 га.

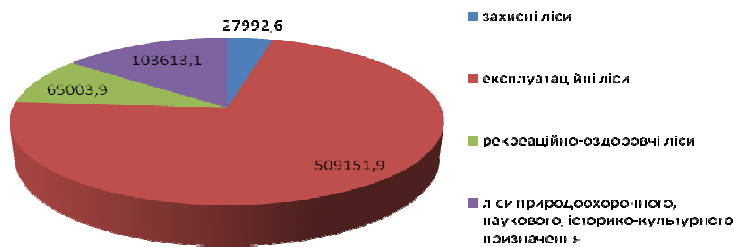


Рис. 2. Розподіл лісів Рівненської області за категоріями

Одним із вагомих показників лісового господарства є видовий склад лісів, адже саме від нього залежать водоохоронні та захисні функції, продуктивність насаджень, рівень використання деревних порід та ведення господарської діяльності.

Ґрунтово-кліматичні умови Рівненської області зумовили різноманітний породний склад лісів регіону. У структурі лісів за групами порід панівне значення належить хвойним деревостанам, під якими зайнято 389225,5 га, під м'яколистяними – 137960 га, а найменше під твердолистяними – 62272,3 га.

За останні десятиріччя у Рівненській області відбулася зміна породного складу лісів у напрямі зменшення цінних і продуктивних порід дерев (хвойних та твердолистяних) внаслідок збільшення площ похідних деревостанів і малоцінних лісонасаджень. Збільшення пройшло в основному за рахунок низькобонітетних твердолистяних порослевих насаджень та м'яколистяних, тобто якісний склад насаджень змінився в негативну сторону. Площа м'яколистяних порід збільшилася на 8392,9 га, тобто на 6,5%. Не виключено, що ці зміни були спричинені саме зміною клімату.

Відповідно до структури лісів за групами порід панівними видами у Рівненській області є хвойні, зокрема сосна звичайна, яка займає 65% вкритих лісовою рослинністю лісових ділянок (374993,5 га).

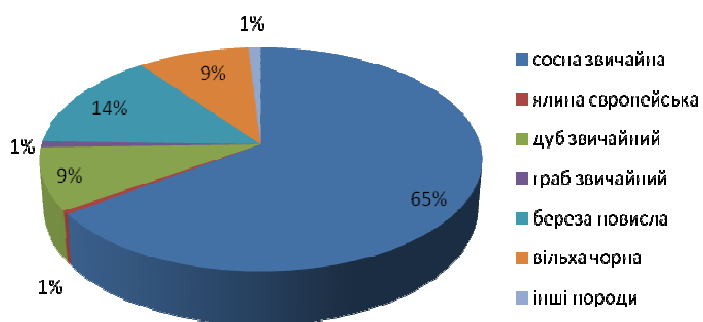


Рис. 3. Видова структура лісового фонду Рівненської області

До доміантних порід також належать береза повисла, яка займає 81658,8 га, дуб звичайний – 52110,9 га та вільха чорна 53892,2 га (по 9%). Всі інші породи становлять 3%, з яких по 1% займають ялина європейська (3064,6 га) та граб звичайний (5127,3 га).

Саме хвойні, які є панівними видами у Рівненській області, найбільше зазнають негативного впливу від зміни клімату. Тому виникає необхідність розробки стратегій із адаптації лісового господарства до зміни клімату. Багато країн вже розробили стратегії, засновані на сталому управлінні лісами, але відсутність відповідних правових механізмів, прав власності та прав користувачів обмежує реалізацію цих стратегій.

Найбільш негативний вплив чинять підвищення температури повітря та зміна кількості опадів, що своєю чергою веде до зміни вегетаційного періоду та зміни видового складу лісових екосистем.

Аналіз матеріалів спостережень по метеостанціях Рівненської області та проведення моделювання зміни кліматичних показників з використанням найбільш поширеного сценарію А1В, свідчить про підвищення температури повітря щороку на $0,7^{\circ}\text{C}$ (рис. 4).

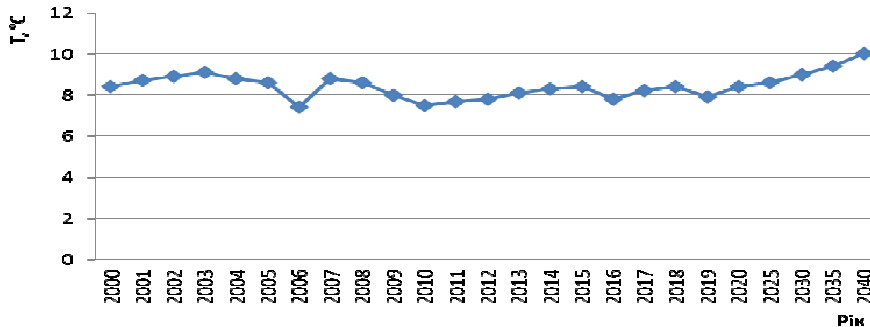


Рис. 4. Динаміка середньорічної температури повітря

Отже, середньорічна температура повітря для Рівненської області зростає на 1°C у 2020 р. порівняно із 2000 р. Здійснений прогноз, показує, що до 2040 року середня температура повітря зростає ще на $1,5\text{--}2^{\circ}\text{C}$. Такі зміни спричинені поступовим підняттям температури в зимовий період: в останнє десятиріччя спостерігаються аномально теплі зими.

Важливим показником, який впливає на вегетаційний період, є річна кількість опадів. Рівненська область належить до сприятливого для росту дерев регіону із достатнім зволоженням. Проте в останні роки спостерігається значний перерозподіл опадів зі збільшенням їх кількості в осінньо-зимовий періоди. В подальшому така тенденція призведе до суттєвого їх зменшення у весняно-літній період та незначного збільшення на початку вегетаційного періоду.

Негативний вплив на навколишнє середовище пом'якшився під час пандемії Covid-19, але потім усі основні кліматичні показники суттєво змінилися, значно більше ніж глобально, і значно ближче до 2020 року за кліматичним сценарієм А1В. Згідно з науковими дослідженнями [20], оптимальна температура для фотосинтезу в листяних і хвойних екосистемах становить $17,5$ і $16,0^{\circ}\text{C}$ відповідно, а опади впливають на інтенсивність фотосинтезу лише при низьких значеннях (менше 60 мм), іншими словами, можна припустити, що зміни кліматичних параметрів на початку вегетації сприятливо впливатимуть на фотосинтез у насадженнях. Незвично високі літні температури можуть бути обмежувальним фактором. При цьому

хвойні ліси можуть суттєво постраждати, оскільки цей фактор буде тільки посилюватися.

Варто також зазначити, що зменшення кількості опадів у серпні та вересні може бути згубним фактором для фотосинтезу та розвитку фотосинтетично активної флори. Враховуючи довгострокові тенденції тривалості вегетаційного періоду в XXI ст. Можна відзначити, що плантації відчувають стійке невелике збільшення, в середньому на 14 днів, через більш ранній початок фізіологічної активності на плантаціях. Загалом цю зміну можна вважати позитивною, оскільки накопичення вуглекислого газу лісовими екосистемами зростає.

Крім того, слід відмітити, що підвищення температури може призвести до поширення хвороб у лісових екосистемах. Найпоширенішим захворюванням у лісових екосистемах Рівненської області залишається коренева губка. Найбільшої шкоди хвороба завдає насадженням сосни віком 25–45 років, створеним на старих, непридатних для сільськогосподарського використання землях.

Посушливі кліматичні умови в останні роки призвели до збільшення експресії таких патогенів і відповідного збільшення кількості уражень на території, що призводить до виснаження насаджень, які часто вирощуються в поганих ґрунтових умовах. Поширенню хвороби сприяють і самі лісгосподарські підприємства, які через різні об'єктивні та суб'єктивні причини не приділяють належної уваги заходам боротьби з менш шкідливими осередками, які знаходяться на початковій стадії прояву кореневого грибка. Необхідно проводити малоінтенсивні заходи боротьби, санітарно-оздоровчі заходи, в тому числі вибіркові санітарні рубки та розчищення захаращеності лісу.

Отже, зміна клімату може спричинити заміну зональних типів рослинності, співвідношення лісових формацій та типів лісу; зниження життєздатності лісів, їх стійкості до шкідників та хвороб, збільшення інтенсивності всихання лісів; спалахи масового розмноження шкідників; зростання кількості та масштабності пожеж (особливо у хвойних лісах).

Лісова галузь може зменшити свою вразливість до зміни клімату через стратегічні впливи. У свою чергу, зменшення вразливості лісового сектору та покращення його здатності до адаптації матиме позитивний вплив для навколишнього середовища.

1. Швиденко А. З., Букша І. Ф., Краковська С. В. Уразливість лісів України до зміни клімату : монографія. Київ : Ніка-Центр, 2018. 184 с. 2. Соловій І. П., Кулешник Т. Я. Зміна клімату і лісовий сектор економіки: взаємовпливи, альтернативи, перспективи. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2008. Вип. 18.11. С. 209–216. 3. Букша І. Внесок лісового господарства України у зменшення ризику зміни клімату. *Деякі аспекти глобальної зміни клімату в Україні* : зб. статей. Київ : Ініціатива з питань зміни клімату, 2002. С. 132–146. 4. Букша І., Пастернак В., Корнієнко В. Роль лісового господарства у зменшенні ризику глобальних змін клімату. *Лісовий і мисливський журнал*. Київ : Преса України, 2002. № 1. С. 28–29. 5. Nabuurs G.-J., Mohren F., Dolman H. Monitoring and reporting carbon stocks and fluxes in Dutch forests: Pap. *Contribution of Forests and Forestry to Mitigate Greenhouse Effects* : COST E21 Workshop (Joensuu, 28–30 Sept, 2000). *Biotechnol., agr., soc. et environ.* 2000. No. 4. P. 308–310. 6. C. Robledo and C. Forner. Adaptation of Forest Ecosystems and the Forest Sector to Climate Change. *Forest and Climate Change Working Paper 2, Food and Agriculture Organization*. Rome, Robledo, Kanninen, and Pedroni, 2005. 7. Lindner M., Maroschek M., Netherer S. et al. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *For EcolManage*. 2010. Vol. 259. P. 698–709. 8. Мельнійчук М. М., Чабанчук В. Ю. Аналіз лісокористування у межах лісового фонду Рівненської області. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій* : зб. наук. пр. Луцьк, 2017. № 14. Т. 1. С. 116–121. 9. Дідух Я. П. Екологічні аспекти глобальних змін клімату: причини, наслідки, дія. *Вісник Національної академії наук України* : загальнонаук. та громадсько-політичний журнал. 2009. № 2. С. 34–44. 10. Лакида П. І., Букша І. Ф., Пастернак В. П. Зменшення ризику глобальної зміни клімату шляхом депонування вуглецю при лісорозведенні та лісовідновленні в Україні. *Науковий вісник НАУ* : зб. наук. праць. Сер. Лісівництво. Київ : Вид-во НАУ. 2004. № 79. С. 212–217. 11. Пастернак В. П., Букша І. Ф. Методичні підходи до моніторингу динаміки вуглецю у лісових екосистемах. *Науковий вісник УкрДЛТУ* : зб. наук.-техн. праць. Сер. Менеджмент природних ресурсів, економічна і лісова політика. Львів : Вид-во УкрДЛТУ. 2004. Вип. 14.2. С. 177–181. 12. Стойко С. М. Потенційні екологічні наслідки глобального потепління клімату в лісових формаціях Українських Карпат. *Науковий вісник УкрДЛТУ* : зб. наук.-техн. праць. Сер. Глобальні зміни клімату – загроза людству та механізми відвернення. Львів : РВВ НЛТУ України, 2009. Вип. 19.15. С. 214–224. 13. Thom D., Rammer W., Seidl R. Disturbances catalyze the adaptation of forest ecosystems to changing climate conditions. *Global Change Biol.* 2017. Vol. 23. Pp. 269–282. 14. Seidl R., Schelhaas M.-J., Lexer M. J. Unraveling the drivers of intensifying forest disturbance regimes in Europe. *Global Change Biol.* 2011. Vol. 17. Pp. 2842–2852. 15. Мельнійчук М. М., Чабанчук В. Ю. Видовий склад та вікова структура лісових ландшафтів Рівненської області. *Українська географія: сучасні*

виклики : зб. наук. праць. Київ, 2016. Т. II. С. 206–208. **16.** Seidl R., Thom D., Kautz M., Martin-Benito D., Peltoniemi M., Vacchiano G., Reyer C. P. Forest disturbances under climate change. *Nature climate change*. 2017. Vol. 7(6). Pp. 395–402. **17.** De Frenne P., Lenoir J., Luoto M., Scheffers B. R., Zellweger F., Aalto J., Hylander K. Forest microclimates and climate change: Importance, drivers and future research agenda. *Global Change Biology*. 2021. Vol. 27(11). Pp. 2279–2297. **18.** Pureswaran D. S., Roques A., Battisti A. Forest insects and climate change. *Current Forestry Reports*. 2018. Vol. 4. Pp. 35–50. **19.** Ramsfield T. D., Bentz B. J., Faccoli M., Jactel H., Brockerhoff E. G. Forest health in a changing world: effects of globalization and climate change on forest insect and pathogen impacts. *Forestry*. 2016. Vol. 89(3). Pp. 245–252. **20.** Інформаційні технології інвентаризації парникових газів та прогнозування вуглецевого балансу України / Бунь Р. А., Густі М. І., Дачук В. С. та ін. Львів : Вид-во Укр. акад. друкарства, 2004. 376 с.

REFERENCES:

1. Shvydenko A. Z., Buksha I. F., Krakovska S. V. Urazlyvist lisiv Ukrainy do zminy klimatu : monohrafiia. Kyiv : Nika-Tsentr, 2018. 184 s. **2.** Solovii I. P., Kuleshnyk T. Ya. Zmina klimatu i lisovyi sektor ekonomiky: vzaiemovplyvy, alternatyvy, perspektyvy. *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy*. 2008. Vyp. 18.11. S. 209–216. **3.** Buksha I. Vnesok lisovoho hospodarstva Ukrainy u zmeshennia ryzyku zminy klimatu. *Deiaki aspekty hlobalnoi zminy klimatu v Ukraini* : zb. statei. Kyiv : Initsiatyva z pytan zminy klimatu, 2002. S. 132–146. **4.** Buksha I., Pasternak V., Korniienko V. Rol lisovoho hospodarstva u zmeshenni ryzyku hlobalnykh zmin klimatu. *Lisovyi i myslyvskyi zhurnal*. Kyiv : Presa Ukrainy, 2002. № 1. S. 28–29. **5.** Nabuurs G.-J., Mohren F., Dolman H. Monitoring and reporting carbon stocks and fluxes in Dutch forests: Pap. *Contribution of Forests and Forestry to Mitigate Greenhouse Effects* : COST E21 Workshop (Joensuu, 28–30 Sept, 2000). *Biotechnol., agr., soc. et environ*. 2000. No. 4. P. 308–310. **6.** C. Robledo and C. Forner. Adaptation of Forest Ecosystems and the Forest Sector to Climate Change. *Forest and Climate Change Working Paper 2, Food and Agriculture Organization*. Rome, Robledo, Kanninen, and Pedroni, 2005. **7.** Lindner M., Maroschek M., Netherer S. et al. Climate change impacts, adaptive capacity, and vulnerability of European forest ecosystems. *For EcolManage*. 2010. Vol. 259. P. 698–709. **8.** Melniichuk M. M., Chabanchuk V. Yu. Analiz lisokorystuvannia u mezhakh lisovoho fondu Rivnenskoï oblasti. *Pryroda Zakhidnoho Polissia ta prylehlykh terytorii* : zb. nauk. pr. Lutsk, 2017. № 14. T. 1. S. 116–121. **9.** Didukh Ya. P. Ekolohichni aspekty hlobalnykh zmin klimatu: prychny, naslidky, diia. *Visnyk Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy* : zahalnonauk. ta hromadsko-politychnyi zhurnal. 2009. № 2. S. 34–44. **10.** Lakyda P. I., Buksha I. F., Pasternak V. P. Zmeshennia ryzyku hlobalnoi zminy klimatu shliakhom deponuvannia vuhletsiu pry lisorozvedenni ta lisovidnovlenni v Ukraini. *Naukovyi visnyk NAU* : zb. nauk. prats. Ser.

Lisivnytstvo. Kyiv : Vyd-vo NAU. 2004. № 79. S. 212–217. **11.** Pasternak V. P., Buksha I. F. Metodychni pidkhody do monitorynhu dynamiky vuhletsiu u lisovykh ekosystemakh. *Naukovyi visnyk UkrDLTU : zb. nauk.-tekhn. prats. Ser. Menedzhment pryrodnykh resursiv, ekonomichna i lisova polityka*. Lviv : Vyd-vo UkrDLTU. 2004. Vyp. 14.2. S. 177–181. **12.** Stoiko S. M. Potentsiini ekolohichni naslidky hlobalnoho poteplinnia klimatu v lisovykh formatsiiakh Ukrainykh Karpat. *Naukovyi visnyk UkrDLTU : zb. nauk.-tekhn. prats. Ser. Hlobalni zminy klimatu – zahroza liudstvu ta mekhanizmy vidvernennia*. Lviv : RVV NLTU Ukrainy, 2009. Vyp. 19.15. S. 214–224. **13.** Thom D., Rammer W., Seidl R. Disturbances catalyze the adaptation of forest ecosystems to changing climate conditions. *Global Change Biol.* 2017. Vol. 23. Pp. 269–282. **14.** Seidl R., Schelhaas M.-J., Lexer M. J. Unraveling the drivers of intensifying forest disturbance regimes in Europe. *Global Change Biol.* 2011. Vol. 17. Pp. 2842–2852. **15.** Melniichuk M. M., Chabanchuk V. Yu. Vydovyi sklad ta vikova struktura lisovykh landshaftiv Rivnenskoï oblasti. *Ukrainska heohrafiia: suchasni vyklyky* : zb. nauk. prats. Kyiv, 2016. T. II. S. 206–208. **16.** Seidl R., Thom D., Kautz M., Martin-Benito D., Peltoniemi M., Vacchiano G., Reyer C. P. Forest disturbances under climate change. *Nature climate change*. 2017. Vol. 7(6). Pp. 395–402. **17.** De Frenne P., Lenoir J., Luoto M., Scheffers B. R., Zellweger F., Aalto J., Hylander K. Forest microclimates and climate change: Importance, drivers and future research agenda. *Global Change Biology*. 2021. Vol. 27(11). Pp. 2279–2297. **18.** Pureswaran D. S., Roques A., Battisti A. Forest insects and climate change. *Current Forestry Reports*. 2018. Vol. 4. Pp. 35–50. **19.** Ramsfield T. D., Bentz B. J., Faccoli M., Jactel H., Brockerhoff E. G. Forest health in a changing world: effects of globalization and climate change on forest insect and pathogen impacts. *Forestry*. 2016. Vol. 89(3). Pp. 245–252. **20.** Informatsiini tekhnolohii inventaryzatsii parnykovykh haziv ta prohnozuvannia vuhletsevoho balansu Ukrainy / Bun R. A., Husti M. I., Dachuk V. S. ta in. Lviv : Vyd-vo Ukr. akad. druzarstva, 2004. 376 s.

Budnik Z. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne), **Hrytsiuk V. V., Senior Lecturer, Kondratiuk N. V., Senior Lecturer, Pysarenko V. O., Senior Lecturer, Tsipan Yu. R., Senior Lecturer** (Nadsluchansky Institute the National University of Water and Environmental Engineering, Berezne)

INFLUENCE OF CLIMATE FACTORS ON THE FOREST ECOSYSTEMS OF THE RIVNE REGION

Climate change is having a serious impact on forests as well as people, especially those whose livelihoods depend primarily on

forests. On the other hand, forestry offers important opportunities to reduce greenhouse gas emissions and increase carbon sequestration, which is why most strategies to combat climate change involve forests. The UN Convention on Climate Change advocates two approaches to addressing climate change: mitigation (e.g. reducing emissions and increasing carbon sequestration) and adaptation (e.g. adapting to climate change that already exists). Forestry can play a key role in both approaches.

The article presents the results of studies of the influence of climatic indicators on forest ecosystems. An analysis of the current state of the forest sector of the Rivne region was carried out and the main indicators of the impact of global warming on the forests of the region were established. Over the past decades, there has been a change in the species composition of forests in the Rivne region in the direction of a decrease in valuable and productive tree species (conifers and hardwoods) as a result of an increase in the area of derivative stands and low-value forest plantations. The increase was mainly due to low-quality hard-leaved coppice plantations and soft-leaved plantations, that is, the qualitative composition of plantations changed in a negative direction.

According to the structure of forests by species groups, the dominant species in the Rivne region are conifers, in particular Scots pine. Conifers, which are the dominant species in the Rivne region, are the most negatively affected by climate change. Therefore, there is a need to develop strategies for adaptation of forestry to climate change. Many countries have already developed strategies based on sustainable forest management, but the lack of appropriate legal mechanisms, property rights and user rights limits the implementation of these strategies. The most negative impact is the increase in air temperature and the change in the amount of precipitation, which in turn leads to a change in the growing season and a change in the species composition of forest ecosystems.

Climate change can cause the replacement of zonal types of vegetation, the ratio of forest formations and forest types; decrease in the vitality of forests, their resistance to pests and diseases, increase in the intensity of forest drying; outbreaks of mass reproduction of pests; increase in the number and scale of fires (especially in coniferous forests).

***Keywords:* forest ecosystems; climate change; warming; climatic indicators; forest type; species composition.**

Гриб Й. В., д.б.н., професор, Петрук А. М., к.с.-г.н., доцент, Борщевська І. М., к.с.-г.н., доцент, Войтишина Д. Й., здобувач, Михальчук М. А., ст. викладач (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, y.v.hryb@nuwm.edu.ua, a.m.petruk@nuwm.edu.ua, i.m.borshevaska@nuwm.edu.ua, m.a.mykhalchuk@nuwm.edu.ua)

БІОІНДИКАЦІЯ СТАНУ ВОДНОГО СЕРЕДОВИЩА У КОМПЛЕКСНОМУ ОЦІНЮВАННІ ТОКСИЧНОСТІ СЛАБОПРОТОЧНИХ ВОДОЙМ

Експериментальний метод біоіндикації стану водного середовища включає: а) оцінку токсичності за тест-об'єктом ряскою малою; б) реакцією іхтіофауни (рибна проба) за реакцією риби на токсичність водного середовища; в) за складом бентосних безхребетних організмів – личинок веснянок, поденок, струмковиків, їх чисельністю (індекс Майєра) та індексом Гуднайта – Уітлея (за питомою вагою олігохет до загальної чисельності бентосних організмів). Розроблені індекси реакції гідробіонтів при лабораторному моделюванні, а також в польових умовах. Протестований стан водного середовища р. Устя за створами спостережень за популяціями ряски малої, індексом Майєра та екологічною індексацією стану р. Устя за трьома блоками: сольовим складом, трофо-сапробіологічними характеристиками та токсичністю. Відповідно, можливі польові дослідження стану водного середовища за реакцією популяції ряски малої та бентосних організмів.

На відміну від лабораторних методів дослідження якості води (гідрохімічних, гідробіологічних), які дають оперативну інформацію проточних систем на момент відбору проби води, біоіндикація якості води дає достовірну інформацію впливу стану середовища на тест-об'єкт у системі «водне середовище – біота». Таким чином, лабораторні дослідження якості води дають інформацію щодо сутності людини, а не біоти. Біотест дає оперативну сумачію впливів домішок водного середовища і тому може бути включений в комплекс іхтіоекологічних досліджень при відборі проб води та отримання достовірної оцінки загальної екологічної ситуації.

Таким чином, в перелік іхтіоекологічних досліджень в літній період необхідно включати: фізичні характеристики (колірність, прозорість, запах, температура, газовий режим, піноутворення, зависі, сольовий склад (головні іони, мінералізацію, сухий залишок), органічні і біогенні домішки (С, N, P), токсичні домішки (за важкими металами), біотестування за безхребетними бентосними організмами (індексом Майєра, Гуднайта – Уїтлея, Вудівісса) та динаміку фітопланктону і його склад за сапробністю.

Ключові слова: водна екосистема; ряска мала; рибна проба; бентосні безхребетні; система ERT; індекси Майєра; Гуднайта – Уїтлея.

Вступ. За якістю поверхневих вод в сучасний період річкова вода не може бути використана як питна (без відповідної підготовки), як це було раніше, до епохи антропоцену.

Відбувається постійний вплив наслідків господарської діяльності людини через надходження стічних вод урбанізованих територій та тваринницьких ферм. Водне середовище негативно впливає на склад і продуктивність аборигенної іхтіофауни. Так, на зміну струмкової форелі та інших реофільних риб приходять ротан, який може жити в брудній воді і дихати через плавці. Тому необхідні більш глибокі комплексні дослідження в системі «вода – біота». Необхідно відмітити високу чутливість гідробіонтів до домішок, які вони відчувають у концентраціях, не встановлених приладами.

Так, річковий вугор відчуває сторонні домішки у концентраціях $1 \cdot 10^{-9}$ мг/дм³, дуже чутливо реагує на нафтопродукти, розчинники фарб, дизпаливо, аміак, сірководень, дефіцит розчиненого кисню, низьке значення рН. Його приманює запах свіжої ікри, трубочника, річкових раків, земляного черв'яка, відходів боєнь.

Таким чином, біоіндикацію можна рахувати як фінальний етап комплексних гідроекологічних досліджень якості водного середовища.

Постановка проблеми. Водне середовище індикується за станом гідробіоценозів: ряски малої, молоді коропових риб, ценозів бентосних безхребетних – личинок веснянок, поденок, струмковиків за індексами Майєра, Гуднайта – Уїтлея.

Необхідною умовою екологічної оцінки якості водного середовища та стану природних гідробіоценозів є аналіз кількісного складу безхребетних водних об'єктів, що піддаються антропогенному

навантаженню. Біоіндикація цього стану має велике наукове і практичне значення.

Всі річкові екосистеми представляють значну проблему, що вимагає змістовного вивчення і аналізу. У водне середовище надходить значна кількість забруднюючих і токсичних домішок від промислових і сільськогосподарських підприємств, а також стічні та зливові води комунального сектору, що несуть із собою важкі метали, біогенні домішки, пестициди тощо, що впливає на екологічну ситуацію, склад аборигенної іхтіофауни та рибопродуктивність.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Протягом останніх десятиріч великої актуальності набуло застосування біологічних методів індикації стану гідроекосистем [1]. Зокрема, широко почав застосовуватись біологічний метод індикації як інтегральної оцінки стану середовища за реакцією живих організмів [2–5]. Зміни у водному середовищі призводять до зміни фізіології, морфології як окремих організмів, так і видів та структури популяції гідробіонтів [6]. Тому чутливі види, які населяють водойми, можуть бути індикаторами несприятливих умов середовища, адже для свого розвитку вони вимагають певних умов (чинників), що діють у водних екосистемах.

Для санітарно-біологічної оцінки водних об'єктів, а також для оцінки ступеня евтрофікації водойм використовують водяні рослини – як біоіндикатори стану водного середовища [2; 7], бентосні організми та молодь аборигенних видів риб.

Об'єктом визначення токсичності водного середовища в застійних водоймах можуть слугувати макрофіти, оскільки вони є чутливими індикаторами стану водних екосистем, зокрема такий вид, як ряска мала (*Lemna minor* L.) [8–10].

Ряскові, за наявності біологічно активних речовин утворюють стійкий щільний покрив на поверхні водного дзеркала [11]. Їх функція багатогранна: це формування газового режиму, кормова база для коропових видів риб (короп, білий амур, карась тощо). Ряскові мають кормову цінність для риб при їх вирощуванні з промисловою метою. За біохімічними властивостями ряска наближена до зернових культур та не поступається бобовим за кількістю сирого протеїну.

Вид *Lemna minor* L. характеризується специфікою анатомо-морфологічної будови та еколого-біохімічними особливостями

метаболізму, що дає можливість проводити за змінами розвитку рослини індикацію стану водного середовища.

Так, були встановлені функціональні реакції плейстофітів на забруднення водного середовища важкими металами; досліджені морфологічні зміни та інтенсивність асиміляційних процесів у клітинах рослин *Lemna minor* L. залежно від рівня забруднення водного середовища важкими металами [12].

На сьогодні представників родини ряскових широко застосовують у моніторингу стану водойм, зокрема доведено можливість використання біометричних, цитологічних та біохімічних параметрів культури ряски малої *Lemna minor* L. як індикатора для визначення токсичних і полютантних властивостей вод [10; 13; 14].

Об'єкт і методи досліджень. За результатами біоіндикаційних досліджень якість води оцінюють за 4 категоріями: I – дуже чиста вода (відмінна якість), II – відносно чиста вода (задовільна якість), III – забруднена вода, непридатна для пиття (незадовільна якість), IV – брудна вода (дуже погана якість). Вивчивши склад водних безхребетних і відносно різноманіття комплексу ERT, можна визначити якість води на досліджуваній ділянці.

Якість води I категорії – «дуже чиста вода» (I клас екологічної класифікації якості води): у річці присутні всі три загони ERT (поденки, веснянки, струмковики), представники їх дуже різноманітні (в результаті можна виявити більше 20 морфотипів ERT); чисельність організмів ERT дуже висока; крім того, у бентосі присутні й інші різноманітні групи безхребетних, як-от ракоподібні гамариди (багаточисельні), вищі раки, двостулкові молюски та інші групи.

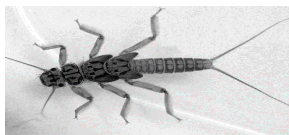
Якість води II категорії – «відносно чиста вода» (II клас екологічної класифікації якості води): присутні всі три загони ERT, але їх різноманіття відносно невисоке, особливо мало веснянок (не більше 1–2 морфотипів) і поденок (4–5 морфотипи), загальна кількість морфотипів ERT може досягати 10–14; чисельність ERT невисока, як і чисельність ракоподібних – гамарид, однак чисельність олігохет, хірономід, червононогих молюсків відносно збільшується.

Якість води III категорії – «забруднена вода» (III клас екологічної класифікації якості води): різко знизилась чисельність трьох загонів ERT, відсутні веснянки, поденки).

Якість води IV категорії – «брудна вода» (IV–V клас екологічної класифікації якості води).



Поденки
(Ephemeroptera)



Веснянки (Plecoptera)



Струмковики
(Trichoptera)

Рис. 1. Представники комплексу ERT. Личинки

У роботі для виконання поставлених завдань були використані наступні методи екологічного дослідження:

а) спостереження за станом водного середовища в досліджуваних водних об'єктах, лабораторні експерименти для вивчення впливу екотоксикологічних чинників на метаболізм у клітинах рослини; фізико-хімічні (визначення фізико-хімічних властивостей води); статистичні при вивченні впливу стічних вод цукрозаводів та урботериторій.

Фітоіндикаційні дослідження були проведені протягом 2000–2020 років на прикладі зарегульованих ділянок за профілем р. Устя.

Визначення показників флори та рослинності макрофітів було проведено із застосуванням традиційних гідроботанічних методик. Визначення класу якості води здійснено за макрофітним індексом та паралельно за трофо-сапробіологічним та токсичним індексом [8; 10].

У наших дослідженнях як тест-об'єкт було обрано один вид родин ряскових, що широко зустрічається на водних об'єктах з явищами стагнації: ряска мала (*Lemna minor* L.). Вона невибаглива до умов, володіє інтенсивним ростом (у перші дні набирає максимальний темп росту, а далі його призупиняє), характеризується підвищеною чутливістю до забруднення води та володіє специфічною реакцією. Зокрема фіксуються морфологічні відхилення рослин ряски від фізіологічної норми розвитку під впливом забруднювача: хлорози, пожовтіння, в'янення листя, специфічні реакції (наявність або відсутність корінців), інтенсивність формування дочірніх особин.

Увесь експериментальний матеріал опрацьовано з використанням методів варіаційної статистики.

Разом з фітоіндикацією стану якості середовища велась паралельно індикація за іхтіофауною та бентосними організмами;

б) іхтіоекологічні дослідження (рибна проба) – велась на молоді

коропових риб, за якими у досліджуваній пробі води вселяли 3 особини молоді коропа (контроль проба у чистій воді), досліджували у часі частоту дихання, характер і особливості плавання, забарвлення зовнішніх покривів, зябрових стулок, наявність гемолізу еритроцитів;

в) дослідження бентосних організмів за ключем (ERT) за трьома точками відбору площею 1 м² кожна, визначення індексів Майера, Гуднайта – Уітлея, Вудівісса.

Ряска мала (*Lemna minor* L.) – рослина з плаваючими еліптичними або округлими непрозорими пластинками, з однією-трьома жилками, завдовжки 2–4 мм, завширшки 2–3 мм. Корінці рослини сягають 1–4 см довжини. Їх довжина залежить від вмісту поживних речовин у воді. Квітки рослини одностатеві, суцвіття складається із двох тичинкових і однієї маточкової квітки. Рослини однодомні.

Ряска мала цвіте рідко, у червні-липні. Цвітіння стимулює висока літня температура, коли у водоймі спадає рівень води. Плід рослини – безкрила дрібна сім'янка з одним ребром. Розмножується насінням рідко, в основному – вегетативно.

Ряска мала поширена в озерах, стоячих природних і штучних водоймах, ставах. Рослина може опускатися на глибину 30–100 см. Формує зарості, вкриваючи всю поверхню води суцільним килимом.

Lemna minor L. поширена всією Україною. Вона є кормовою, харчовою, лікарською рослиною. Розрослі плантації ряски використовуються як природний біофільтр. Зелена маса рослини містить протеїн (20–40%), жири (4–5%), клітковину (до 30%), макро- та мікроелементи, вітаміни групи А, В, С, флавоноїди, тритерпени. Її продуктивність – 0,2–1,0 кг/м². Є хорошим кормом для 40 видів риб, а також молюсків, ракоподібних тощо.

Поширення ряски в світловий період насичує водне середовище розчиненим киснем і є кормом для коропових риб, однак, покриваючи всю водну поверхню водойми, створюють кризові умови в нічний (темновий) період, поглинаючи розчинений кисень і виділяючи вуглекислий газ. Відбувається так зване темнове дихання, що призводить до дефіциту кисню і задухи риби [15].

Виклад основного матеріалу дослідження. На рослини негативно впливає присутність продуктів анаеробного розкладу органічної речовини, наявність токсичних домішок і сполук, які надходять у водойми із антропогенними стоками, що проявляється у пригніченні життєздатності, зменшенні проєктивного покриття і показників видового і ценотичного різноманіття, зокрема заміну

поширення аборигенної іхтіофауни (карася сріблястого, лина, в'юна).
*Моделювання відгуку ряски малої на токсичність
водного середовища*

Кожний рослинний ценоз у часі проходить фізіологічний цикл розвитку від молодості (оптимуму) до старіння (клімаксного стану), що базується на сталій енергетичній базі. Причому чинником, який може викликати колапс ценозу, є відсутність навіть однієї складової енергетичних дотацій, наприклад фосфору. Лімітуючий чинник може виникати не тільки внаслідок відсутності його у річковому стоці, але і внаслідок енергетичної конкуренції у сукупності інших гідробіоценозів. Неприскосований до нових умов ценоз гине, однак на його місці розвивається новий.

Інша картина спостерігається при дії токсичного реагента на живу клітину. Процес деградації клітини досить розтягнутий у часі (для нижчих організмів – мікроводоростей, простіших) і більш швидкий у вищих хребетних (річкової іхтіофауни).

В цілому можна прийняти класифікацію Реккевега щодо гомотоксичних фаз тканини, що виникають під дією токсичної речовини – біоциду. Фазові реакції на токсикогенну (або несприятливу) дію зовнішніх (абіогенних) факторів наступні:

1 – фаза екскреції, або намагання організму звільнитись від сторонніх домішок за рахунок власних механізмів виділення (або вийти із зони забруднення) – додатній реотаксис (міграція риби проти течії у напрямку руху забрудника).

2 – фаза реакції – намагання звільнитися від забрудника, прискорити механізм обміну шляхом активації обміну тканин, багатих судинами (зябра), або підняття риби із зимувальних ям на чисту воду, пошук середовища із сприятливими умовами детоксикації.

3 – фаза депонування – два попередніх механізми не допомогли вийти з кризового стану, встановлюється рівновага між дією токсичного чинника та захисною реакцією виду (перехід на інший вид газового обміну рибами при дефіциті кисню, виділення слизу для захисту зовнішніх покривів та інше).

4 – фаза імпрегнації – фіксує надходження речовини у клітину, як складову частини (ДДТ, важкі метали). Клітина перестає виділяти продукти обміну, вони накопичуються в ній, виникає феномен акумуляції. Він може мати два напрями: 1) посилення ділення клітини і утворення дефектних дочірніх особин (*Lemna minor* L.) при дії кристалів 2, 4-ізомер – ДДТ, у присутності іонів Zn, з явищами хлорозу (Гриб Й.В., 1970); 2) накопичення продуктів обміну з

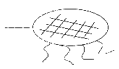
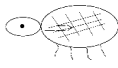

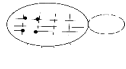
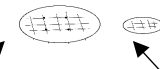
явищами деформації клітин (наприклад, викривлення хребта у коропових риб в присутності хлороганічних пестицидів та порушення кальцієвого обміну, генетичні порушення в найпростіших організмів та рослинах (гігантизм). Саме явище колапсу у розвитку біоценозу нами було виділено між III та IV класом, або відповідно явищам депонування домішок та імпрегнації (перехідний стан) (табл. 1).

5 – фаза дегенерації клітин виникає в результаті постійного впливу абіотичних факторів – токсичних, температурних, радіаційних. Патологічний процес переходить із матрікса в саму клітину, викликаючи їх невпорядкованість та порушуючи диференціацію (зміни у складі та формулі крові, опіки зябер, ороговіння ока у риб).

6 – фаза дедиференціації – вихід клітин із ієрархічної системи організму, утворення цисти (мікроводорості).

Таблиця 1

Фазові реакції *Lemna minor* L. на дію токсичних речовин

	<p>а) <i>Фаза екскреції</i> – розривлення клітинної оболонки із сторони підходу кристалу біоциду</p>
	<p>б) <i>Фаза реакції</i> – вихід клітинної рідини назовні та захват кристалу (піноцитоз), довжина корінців – до 4 см</p>
	<p>в) <i>Фаза депонування</i> – включення кристалу біоциду в структуру клітини, скорочення довжини корінців, їх чисельності, формування дочірньої клітини</p>
	<p>г) <i>Фаза деградації</i> – інтенсифікація обмінних процесів, початок формування нової особини ряски, зникнення більшості корінців</p>
	<p>д) <i>Фаза дедиференціації</i> – вихід нової особини з явищами хлорозу, відсутність корінців</p>

маточна
інтоксикована
особина

хлорозна
особина

Рівень патолого-біологічних фаз повинен бути підтверджений функціональними та енергетичними критеріями. Відновлення системи можливе (з енергетичних позицій) там, де втрачена менша половина енергетичного матеріалу ценозу чи їх сукупності.

Теж саме стосується і цілої екосистеми річки, що складається із сукупності біоценозів.

Схему відповідності екологічної класифікації якості поверхневих вод відносно гомотоксичних фаз клітин гідробіонтів розроблено професором Грибом Й. В. (див. табл. 1).

Слід зауважити, що оцінка екологічного стану водних об'єктів за фазами реакцій гідробіонтів носить частково консервативний характер, оскільки залежить від часу і просторових характеристик (протічність, витрати води тощо). Тому екологічна оцінка стану водного об'єкту повинна бути комплексною (гідрохімічною, гідробіологічною, іхтіологічною, токсикологічною). На об'єкті дослідження паралельно мають бути використані експрес-методи дослідження (температура води, розчинений кисень, рН, редокс-потенціал).

Розроблена класифікація якості поверхневих вод за рівнем токсичності на рівні водних рослин – ряски малої (*Lemna minor* L.) та одноліток коропових риб (рибна проба) (табл. 2), рис. 2, 3.

Клас якості води р. Устя за *Lemna minor* L. наведений у табл. 3.

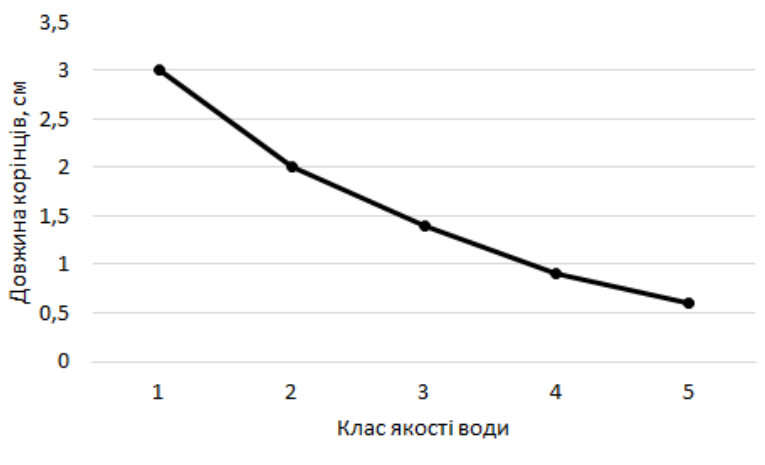


Рис. 2. Залежність морфометричних характеристик Lemna minor L. від якості води за довжиною корінців

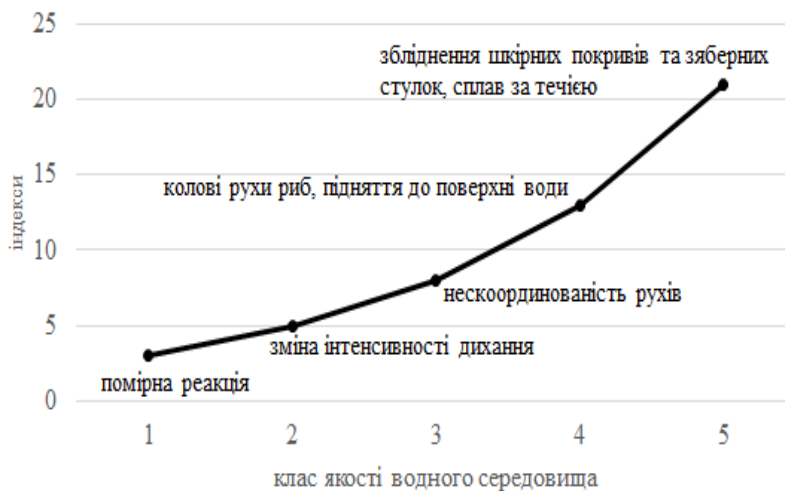


Рис. 3. Залежність індексу реакції риб (короп) на забруднення за фазами екологічного режиму

Таблиця 2

Фазові перетворення у сукцесіях біоценозів в залежності від якості води (на клітинному і ценотичному рівні)

Якісні характеристики розвитку ценозу	Клас				
	I оптимум	II добрий	III задовільний	IV перехідний	V поганий
	біологічний бар'єр деградація неможливість зворотного розвитку деградація ценозу				
а) ценотичний рівень					
Норма	Оптимальні стартові умови розвитку сукупності ценозів	Фаза енергетичної конкуренції та метаболічної інгібіторної дії	Фаза перебудови трофічних зв'язків	Випадіння окремих видів, монотипізація видового складу	Колапс, руйнування ценозу, явища деградації
Прояви	Якість води відповідає всім стартовим умовам розвитку ценозів, чиста, прозора, без запахів, придатна для пиття відношення C :	Зовнішньо – без видимих ознак, хоча відбувається диференціація за умовами середовища – температурними, кисневими, світловими, гідрологічними, посилення міграції	Сплавлення за течією угруповань мікроводоростей, ряски, опалесценція води, запах водоростевий, ріст чисельності гетеротрофних бактерій	Інтенсивний розвиток фітомаси мікроводоростей та вищої водної рослинності, зменшення видового різноманіття у ценозах (фіто- та зоопланктону, бентосних	Явища стагнації, «цвітіння» води (анабена, мікроцистіс та ін.), заростання поверхні водного дзеркала макрофітами (очерет, кушир,

продовження табл. 2

	N : P як 106:16:1			організмів), явища стагнації та періодичного дефіциту розчиненого кисню, бактеріальні забруднення, вода непридатна для пиття	ряска, спіроделла), запах водоростей, часом сірководневий, гниючий, вода непридатна для пиття
б) клітинний рівень (токсична дія)					
Норма	Витоки річок у непорушених природних басейнах, природні джерела; внаслідок сталих умов та динамічності вивчаються як еталони порівняння				
Патологія (поява абіотичного чинника, токсичних домішок)	Фаза екскреції: фізіологічний обмін, пошук оптимальних умов розвитку біотою або зайняття фізіологічних ніш, вихід на чисту воду	Фаза реакції: посилення фотосинтезу мікрободоростей, інтенсивне дихання у риб, підвищена рухомість, активація обмінних процесів у клітині	Фаза депонування та імпрегнації, явища хлорозу, зміни формули крові у риб, сплавлення по течії, додатній реотаксис, інтенсифікація процесів поділу клітини	Фаза деградації клітин, хлороз, лізис водоростей та червоних кров'яних тілець у риб, сплавлення по течії, викривлення хребта у риб	Фаза дедиференціації, мутації клітин, розвиток пухлин, деструктуризація

Таблица 3

Клас якості води р. Устя за Lemna minor L.

	за індексом Іе	за Майєром (чисельність бентосних організмів)	Клас (за біоіндикацією)
Вище м. Здолбунів	2	20	I
Нижче м. Здолбунів	4	15	II
Вище м. Рівне (Б. Кут)	3	10	III
Нижче м. Рівне (с. Золотіїв)	4	17	IV
Став с. Зозів	5	8	V

Примітка: При відсутності ряски малої у водному об'єкті токсичність можна визначити за рибною пробою або за видовим складом безхребетних організмів бентосу.

Характеристику видів-біоіндикаторів водойм наведено в табл. 4.

Якість води р. Устя за індексом Майєра – в табл. 5.

Індикатор стану водного об'єкту за рибною пробою наведено в табл. 6.

Таблица 4

X. Жителі чистих вод (n x 3)	Y. Організми середньої чутливості (n x 2)	Z. Жителі забруднених вод (n x 1)
Личинки веснянок	Бокоплави	Хірономіди
Личинки поденок	Річкові раки	П'явки
Личинки струмковиків	Личинки стрекоз	Водяні ослики
Личинки вислокрилок	Личинки комарів	Молюски-ставковики
Двостулкові молюски	Молюски катушки	Личинки молюсків, олігохет

Розрахунок індексу: $3X + 3Y + 1Z = S$.

За сумою індексу оцінюється стан забруднення водойми.

I клас – $S = > 22$ бали, чиста водойма

II клас – $S = 17-21$ бал, помірно чиста водойма

III клас – $S = 11-16$ балів, помірно забруднена водойма

IV клас – $S < 11$ балів, водойма брудна

Таблиця 5

Якість води р. Устя за індексом Майера

	S	клас
Нижче м. Здолбунів	15	III
Вище м. Рівне (водосховище)	11	III
Нижче м. Рівне	10	IV
Став с. Зозів	8	IV

Таблиця 6

Індикатор стану водного об'єкту за рибною пробєю

Фазові реакції молоді коропових риб	Клас	Зовнішні ознаки, особливості поведінки
Фаза фізіологічного обміну	0	У риби відмічається посилення рухомості, частоти дихання
Фази реакції на токсичність	1	Інтенсивна рухомість, частота дихання, намагання вийти із зони забруднення, явище реотаксису
Фази депонування	2	Зміна кольору зовнішніх покривів (збліднення), підвищення інтенсивності дихання риб, підвищена рухомість
Фаза адаптації	3	Посилення рухів риб, нескоординовані рухи, підвищена частота дихання, підняття до поверхні води
Фаза деградації	4	Риба піднімається на поверхню води, неупорядковано рухається, лягає на бік, збліднення зовнішніх покривів та зябрових пластин, сплавляється за течією, викривлення хребта
Фаза деструктивних змін	5	Риба лягає на бік, гине, сплавляється за течією

Примітка: Індикація стану молоді риб проведена у лабораторних умовах. В природному стані в створі с. Зозів в р. Устя відмічається затримка росту риб, потемніння зовнішніх покривів, викривлення хребта як підсумок дії токсичності вод від стічних вод м. Рівне, фаза деградації. При дії значних домішок стічних вод риба піднімається до поверхні, гине (насамперед такий вид, як окунь).

За крупними таксонами бентосу Гуднайта і Уїтлея запропонували індексацію стану водного об'єкта – як частку виявлених олігохет у відсотках до всіх виявлених видів донних безхребетних.

Чистим водам відповідає чисельність олігохет до 60%, забрудненим – від 66 до 100%.

Співвідношення (періодичність) значень індексу Гуднайта – Уїтлея та екологічна класифікація якості води за Грибом Й. В. представлено в табл. 7.

Таблиця 7

Співвідношення (періодичність) значень індексу Гуднайта – Уїтлея та екологічна класифікація якості води

Екологічний клас	Індекс Гуднайта – Уїтлея	
	Іе за токсичністю Іс	Індекс Гуднайта – Уїтлея Іс
I	1,0–2,0	15,0
II	3,0–5,0	30,0
III	8,0–13,0	45,0
IV	15,0–21,0	66,0
V	> 21	> 66,0

Водні безхребетні – індикатори якості води

Безхребетні у річках представлені великою кількістю різноманітних груп організмів, але найбільш зручні при тестуванні вод – це так звані організми *макробентосу*.

Для біоіндикації вод важливі личинки *амфібіотичних* комах. *Амфібіотичні* комахи – це такі, личинки яких живуть у воді, а дорослі комахи (імаго) – мають крила і живуть на суші, літаючи поблизу водойм. Серед комах найбільш важливі – поденки (Ephemeroptera), веснянки (Plecoptera) і струмковики (Trichoptera), тому що вони найбільш чутливі до забруднень організми бентосу, вони – показники чистої води. Ці три загони коротко називають «комплекс ERT».

Обговорення отриманих результатів. Ряска мала (Lemna minor L.) – класичний об'єкт для біотестування токсичності вод, який можна досліджувати у слабопроточних водоймах, а також в лабораторії під мікроскопом. Він дає картину стану водної екосистеми на поверхні води.

Стан фізіологічного розвитку ряски залежить від температури води, наявності біогенних елементів, наявності плівки на водному

дзеркалі. Тому для об'єктивної оцінки стану середовища нам необхідно визначити екологічну ситуацію водної товщі і бентосу.

Водну товщу ми спостерігаємо за станом аборигенної іхтіофауни, як за її складом, що вимагає більш глибоких досліджень, а також за реакцією молоді коропових риб (рибна проба). У гострому досліді ми спостерігаємо інтенсивність руху риб, частоту дихання, зміну забарвлення збліднення зябрових стулок, порушення координації. У випадках токсичності води спостерігаємо витік лакованої крові з-під зябрових стулок внаслідок гемолізу еритроцитів.

Більш стійкі показники ми отримуємо при дослідженні складу безхребетних організмів бентосу – личинок веснянок, поденок, струмковиків, вислокрилок. За їх чисельністю визначаємо рівень забруднення водного середовища – чистої води, води з незначними домішками, відносно чисті а також забруднені води.

Разом з визначенням екологічного індексу якості води за сольовим складом, трофо-сапробіологічними та токсикологічними характеристиками, отримані дані спостережень дають об'єктивну характеристику реакції біоти на домішки. Таким чином, ми користуємось комплексною якісною класифікацією стану водного середовища за індексом якості води екологічним (Ie), морфометричним за ряскою малою (Mi), за індексом рибопродуктивності (Ri); індексом Майера (Mgi), індексом Гуднайта – Уітлея (HUi) – за бентосними організмами. Аналогом дослідження стану водного середовища за бентосними організмами є індекс Вудівісса, що використовується при експертних дослідках.

Висновки

1. За дією біоциду на тест-об'єкт при лабораторному моделюванні відмічається висока чутливість ряски малої, що відбувається за першої доби. Під час проведення рибної проби відмічена зміна у поведінці риб, їх рухомості, диханні, забарвленні тіла та побіління зяберних стулок, що дає можливість тестування стану середовища.
2. При хронічній дії токсиканта відмічена затримка ростових процесів, викривлення хребта, підвищена нескоординована рухливість, підняття до поверхні води, додатній реотаксис. При дії глікозидів (сапоніну), у риб відмічено руйнування червоних кров'яних тілець, витікання лакованої крові з-під зяберних стулок.
3. При гострому отруєнні у польових умовах відмічено підняття риби до поверхні водного дзеркала, хаотичність рухів та колове плавання, порушення дихання, сплавлення за течією (під дією хлорорганічних

та хлорфенольних сполук після скидання біологічно очищених та оброблених активним хлором стічних вод).

4. За комплексом ERT чисельність бентосних організмів для вод першої категорії – поденок, веснянок, струмковиків до 20 морфотипів, присутні інші групи безхребетних (гамариди, вищі раки, двостулкові молюски).

5. При подальшому погіршенні якості води відмічено зниження чисельності морфотипів, ERT до 10–14 видів, мало веснянок, збільшується чисельність хірономід, олігохет, черевоногих молюсків.

6. При значному забрудненні відмічені рідкі представники ERT (1–2 морфотипи), зростає чисельність п'явок, водяних кліщів, стрикоз, може зрости чисельність ряски і спіроделли. Наявні дрібні види карася сріблястого.

7. Дуже забруднена вода – відмічена відсутність бентосних організмів комплексу ERT, розвиток олігохето-хірономідного комплексу, п'явок, мотиля, відсутність карася, присутній ротан. Крім токсичних домішок стічних вод, впливає кисневий режим, кислі атмосферні опади при $\text{pH} < 4,0$.

8. Хімічно чиста вода без біоти може рахуватись як токсична, ще вимагає подальших досліджень (вплив діоксинів, фенольних сполук тощо).

1. Guiguen M. et al. Shellfish and residual chemical contaminants : hazards, monitoring, and health risk assessment along French coasts. *Rev. environ. contam. toxicol.* 2011. Vol. 213. P. 55–111.
2. Брагінський Л. П. Біотестування як метод контролю токсичності природних і стічних вод. *Гідроекологічна токсикометрія та біоіндикація забруднень*. Львів : Світ, 1993. С. 27–37.
3. Holt E. A., Miller S. W. Bioindicators : using organisms to measure environmental impacts. *Nature education knowledge.* 2011. Vol. 3, N 10. P. 8.
4. Ольхович О. П., Мусієнко М. М. Фітоіндикація та фітомоніторинг. Київ : Фітосоціоцентр, 2005. 64 с.
5. Глухов О. З., Машталер О. В. Біоіндикація техногенного забруднення навколишнього середовища південного сходу України : монографія. Донецьк : Вебер, 2007. 153 с.
6. Дідух Я. П. Основи біоіндикації. Київ : Наук. думка, 2012. 344 с.
7. Hilton J., O'Hare M., Bowes M. J., Jones J. I. How green is my river? A new paradigm of eutrophication in rivers. *Sci. total environ.* 2006. Vol. 365. N 1–3. P. 66–83.
8. Клепець О. В., Пилипенко М. О. Фітоіндикація екологічного стану малої паркової водойми. *Біологія та екологія*. 2018. № 1. Т. 4. С. 73–85.
9. Цьось О. О., Музиченко О. С., Боярин М. В. Методика оцінки екологічного стану поверхневих вод приток верхів'я річки Прип'ять за макрофітами. Луцьк : Вид-во Вежа, 2022. 26 с.
10. Гриб Й. В. Екологічна оцінка стану екосистем річкових басейнів

рівнинної частини території України (охорона, відновлення, управління) : автореф. дис. ... д-ра біол. наук. Дніпропетровськ, 2002. 50 с. **11.** Floating plant dominance as a stable state / M. Scheffer et al. *Proc. natl. acad. sci. U.S.A.* 2003. Vol. 100. P. 4040–4045. **12.** Бубис О. Є. Екотоксикологічні механізми впливу важких металів на процеси метаболізму в клітинах рослин плейстофітону : автореф. дис. ... канд. с.-г. наук : 03.00.16. Львів, 2018. 24 с. **13.** Сидорович М. М., Кундельчук О. П., Прокопець Л. О., Кузнецова Д. О. *Lemna minor* L. – фітотест для визначення токсичності і полютантності міської питної води з нецентралізованого водопостачання (пунктів продажу). *Научный взгляд в будущее*. Одесса : КУПРИЕНКО С. В., 2016. Вип. 2(2). Т. 12. С. 80–86. **14.** Федорчук І. В., Козак М. І. Макрофіти басейну річки Мукша в різних умовах впливу антропогенного пресу. *Природничий альманах (біологічні науки)* : зб. наук. праць. Кам'янець-Подільський, 2015. № 12. С. 267–274. **15.** Ботаніка з основами гідроботаніки (водні рослини України) : підручник для студентів класичних та аграрних університетів / Якубенко Б. Є. та ін. Київ : Фітосоціоцентр, 2011. 35 с.

REFERENCES:

1. Guiguen M. et al. Shellfish and residual chemical contaminants : hazards, monitoring, and health risk assessment along French coasts. *Rev. environ. contam. toxicol.* 2011. Vol. 213. P. 55–111. **2.** Brahinskyi L. P. Biotestuvannya yak metod kontroliu toksychnosti pryrodnykh i stichnykh vod. *Hidroekolohichna toksykometriia ta bioindykatsiia zabrudnen.* Lviv : Svit, 1993. S. 27–37. **3.** Holt E. A., Miller S. W. Bioindicators : using organisms to measure environmental impacts. *Nature education knowledge.* 2011. Vol. 3, N 10. P. 8. **4.** Olkhovych O. P., Musiienko M. M. Fitoindykatsiia ta fitomonitorynh. Kyiv : Fitosotsiotsentr, 2005. 64 s. **5.** Hlukhov O. Z., Mashtaler O. V. Brioindykatsiia tekhnohenoho zabrudnennia navkolyshnoho seredovyscha pivdennoho skhodu Ukrainy : monohrafiia. Donetsk : Veber, 2007. 153 s. **6.** Didukh Ya. P. Osnovy bioindykatsii. Kyiv : Nauk. dumka, 2012. 344 s. **7.** Hilton J., O'Hare M., Bowes M. J., Jones J. I. How green is my river? A new paradigm of eutrophication in rivers. *Sci. total environ.* 2006. Vol. 365, N 1–3. P. 66–83. **8.** Klepets O. V., Pylypenko M. O. Fitoindykatsiia ekolohichnoho stanu maloi parkovoi vodoimy. *Biolohiia ta ekolohiia.* 2018. № 1. Т. 4. S. 73–85. **9.** Tsos O. O., Muzychenko O. S., Boiaryn M. V. Metodyka otsinky ekolohichnoho stanu poverkhnevyykh vod pryток verkhivia richky Prypiat za makrofitamy. Lutsk : Vyd-vo Vezha, 2022. 26 s. **10.** Hryb Y. V. Ekolohichna otsinka stanu ekosystem richkovykh baseiniv rivnynoi chastyny terytorii Ukrainy (okhorona, vidnovlennia, upravlinnia) : avtoref. dys. ... d-ra biol. nauk. Dnipropetrovsk, 2002. 50 s. **11.** Floating plant dominance as a stable state / M. Scheffer et al. *Proc. natl. acad. sci. U.S.A.* 2003. Vol. 100. P. 4040–4045. **12.** Bubys O. Ye. Ekotoksykologichni

mekhanizmy vplyvu vazhkykh metaliv na protsesy metabolizmu v klitynakh roslyn pleistofitonu : avtoref. dys. ... kand. s.-h. nauk : 03.00.16. Lviv, 2018. 24 s. **13.** Sydorovych M. M., Kundelchuk O. P., Prokopets L. O., Kuznetsova D. O. Lemna minor L. – fitotest dlia vyznachennia toksychnosti i poliutantnosti miskoi pytnoi vody z netsentralizovanoho vodopostachannia (punktiv prodazhu). *Nauchnyiy vzglyad v budushee*. Odessa : KUPRIENKO S. V., 2016. Vyp. 2(2). T. 12. S. 80–86. **14.** Fedorchuk I. V., Kozak M. I. Makrofity baseinu richky Muksha v riznykh umovakh vplyvu antropohennoho presu. *Pryrodnychiy almanakh (biolohichni nauky)* : zb. nauk. prats. Kamianets-Podilskyi, 2015. № 12. S. 267–274. **15.** Botanika z osnovamy hidrobotaniky (vodni roslyny Ukrainy) : pidruchnyk dlia studentiv klasychnykh ta ahrarnykh universytetiv / Yakubenko B. Ye. ta in. Kyiv : Fitosotsiotsentr, 2011. 35 s.

Hryb I. V., Doctor of Biological Science, Professor, Petruk A. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Borshchevska I. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Voityshyna D. Y., Applicant, Mykhalchuk M. A., Senior Lecturer (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

BIOINDICATION STATE OF THE AQUATIC ENVIRONMENT IN A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE LOW-FLOWING RESERVOIRS TOXICITY

The experimental method of bioindication state of the aquatic environment includes a) toxicity assessment by the common duckweed test object; b) reaction of the ichthyofauna (fish test) by the reaction of fish to the aquatic environment toxicity; c) composition of benthic invertebrates: larvae of plecoptera, mayflies, caddisflies, their number (Mayer index) and the Goodnight-Whitley index (by the specific weight of oligochaetes to the total number of benthic organisms). The reaction indices of hydrobionts during laboratory modelling, as well as under field conditions, were developed. The state of the aquatic environment of the Ustia river was tested based on the observations of common duckweed populations, the Mayer index, and ecological indexing of the state of the Ustia river in three blocks: salt composition, tropho-saprobiological characteristics, and toxicity. Accordingly, it is possible to carry out field studies of the

state of the aquatic environment based on the reaction of the common duckweed and benthic organisms' population.

In contrast to laboratory methods of water quality research (hydrochemical, hydrobiological), which provide operational information on stream systems at the moment of water sampling, water quality bioindication provides reliable information on the impact of the state of the environment on the test object in the system of "water environment biome". The biotest gives an operational summation of the effects of impurities in the aquatic environment and therefore can be included in a complex of ichthyological studies when taking water samples and obtaining a reliable assessment of the general ecological situation.

Thus, the list of ichthyological ecological studies in the summer period should include physical parameters (colour, transparency, smell, temperature, gas regime, foaming, suspensions, salt composition (main ions, mineralization, dry residue), organic and biogenic impurities (C, N, P), toxic impurities (heavy metals), biotesting of invertebrate benthic organisms (Mayer, Goodnight – Whitley, Woodiwiss index) and dynamics of phytoplankton and its composition by saprobity.

***Keywords:* aquatic ecosystem; common duckweed; fish test; benthic invertebrates; ERT system; Mayer; Goodnight – Whitley indices.**

Залеський І. І., к.геогр.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, i.i.zaleskyi@nuwm.edu.ua)

ВПЛИВ ПРИРОДНИХ ФАКТОРІВ НА СТАН ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ

Проведено аналіз впливу природних факторів на стан захворюваності населення України. Встановлено, що рівень здоров'я значною мірою залежить від умов зовнішнього середовища та визначається як показник рівня адаптованості конкретної групи людей до певних природних та соціально-економічних обставин.

Людське суспільство протягом своєї історії безперервно впливало на навколишнє природне середовище, однак значення природи в житті людини, а одночасно і обсяг впливу суспільства на довкілля постійно змінювалися.

Однією з сучасних проблем людства є стан навколишнього природного середовища та його вплив на індивідуальне та суспільне здоров'я. Обґрунтовано виділяються кліматогенні та метеотропні захворювання, спричинені різними кліматичними чинниками. Визнаним став біогеопатогенез як сукупність природних явищ, які спричиняють негативний вплив на здоров'я населення.

Ключові слова: природні фактори; здоров'я; середовище; хвороби; клімат; населення; патологія; довкілля.

Постановка питання. Пристосування природних умов до власних потреб стало однією з причин зростання чисельності населення планети, яке залежить від економічних та соціальних умов. З їх поліпшенням виникла тенденція до зростання людської популяції, а також до погіршення природних умов внаслідок безжальної їх експлуатації. Нинішні темпи приросту населення (кількість мешканців Землі перевищила 7 млрд осіб) не можуть зберігатися довгий час. Із 1950 р. і до наших днів чисельність людей зросла на 5 млрд, що є найбільшим приростом в історії людства. Існує загроза неспроможності держав забезпечити своїх громадян достатньою кількістю їжі, освітою, культурою, охороною здоров'я

тощо.

Усвідомлюючи основні постулати сталого розвитку, людина повинна розуміти, що споживання природних благ не повинно переходити допустиму межу, після якої природні ресурси не відновлюються, оскільки незворотні зміни можуть створити загрозу не тільки для здоров'я людини, а й самого її існування.

Ще з доісторичних часів були відомі медичні знання вчених Греції, Римської імперії та арабського світу про тісний взаємозв'язок природних факторів, які впливали на стан здоров'я населення.

Особливу роль для медико-географічних досліджень в Україні відіграла наукова праця С. А. Подолинського «Життя і здоров'я людей на Україні», видана в Женеві в 1878 р. Автор зазначає, що здоров'я залежить від стану природного середовища, тобто повітря, води, клімату, харчування, рослинного і тваринного світу, взаємодії між ними. Він зробив спробу визначити ті обставини життя людини, які не завдають шкоди її здоров'ю. На думку автора, найважливішими показниками, що визначають суспільне здоров'я є смертність, народжуваність, стать, тривалість життя, темперамент і спадковість, дитяча смертність тощо. При розгляді взаємозв'язку «здоров'я людини – середовище» треба їх враховувати до найменших особливостей. Він стверджував, що від багатьох недуг можна позбавитись, якщо докорінно змінити господарські і культурні обставини життя українців. Ці твердження залишились актуальними і в наш час.

Аналіз останніх досліджень. Для впровадження в науку основ сталого розвитку людства, за позицією М. О. Клименка, необхідно в певній послідовності розглядати еволюцію і життєдіяльність людини, як біологічної істоти, збереження її цілісності у сучасних соціально-економічних умовах. Власне середовище відіграє провідну роль у формуванні стану здоров'я індивідуального і суспільного. Беззаперечно здоров'я людини – це найбільша цінність.

Як зауважує Л. Шевчук, екологічне поняття здоров'я засвідчує зв'язок здоров'я людини із середовищем його проживання і виробничої діяльності з антропогенним впливом на природу. Людина розглядається як єдність трьох структур: морфологічної (організм), психоемоційної (індивідуальність), соціогенної (особистість), а середовище її проживання – як єдність природного середовища (власне природа), штучного середовища (техносфери) і суспільного середовища (суспільні відносини) [3].

На думку В. Гуцуляка [4], завдання медичної географії полягає у вивченні впливу складових географічного середовища, а також економічних чинників на здоров'я людини та закономірностей поширення недуг.

Натепер всім зрозуміло, що проблема здоров'я людини є чи не найважливішою серед усіх інших, що хвилюють вчених світу. За будь-яких медико-географічних дослідженнях у центрі уваги завжди є стан фізичного і психічного здоров'я людини та стан довкілля в його конкретних вимірах та планетарних географічних координатах. Найдорожчою цінністю для людини є її здоров'я. Людина завжди хотіла і буде хотіти зберегти вічну молодість, здоров'я і красу.

Здоров'я, за визначенням Л. Шевчук, – це стан людини, критерієм якого є рівень фізичного, душевного та соціального благополуччя в умовах високого ступеня комфортності навколишнього середовища. Отже, людина має певну кількість здоров'я, яку можна виміряти.

Проблема здоров'я стала соціально-філософською. Екологічне поняття здоров'я, як відзначає І. Залеський, засвідчує зв'язок здоров'я людини із середовищем його проживання і виробничої діяльності з антропогенним впливом на природу [1].

Всесвітня організація охорони здоров'я подає таке визначення здоров'я: «Здоров'я населення є станом повного фізичного, душевного і соціального благополуччя, а не тільки відсутність хвороб і фізичних недоліків».

Рівень здоров'я значною мірою залежить від умов зовнішнього середовища. Він визначається як показник рівня адаптованості конкретної групи людей до певних природних та соціально-економічних обставин.

Одним із важливих показників, що використовуються при оцінці здоров'я людей, є тривалість життя, вік. Економічний стан суспільства багато в чому залежить від трудового потенціалу: кількості, віку, стану здоров'я членів суспільства.

Як відзначає Ф. Зузук, на сьогоднішній день медикогеографи розрізняють індивідуальне і суспільне здоров'я. Зрозуміло, що індивідуальне здоров'я – це здоров'я конкретної людини, а суспільне – це здоров'я верстви суспільства чи суспільства загалом [2]. Всі сходяться на тому, що суспільне здоров'я не є сукупністю здоров'я індивідів, оскільки воно відзначається системними якостями, що піддаються статистичному аналізу, і оцінюється відповідними

показниками. Суспільне здоров'я – це відповідна інтеграція соціально-економічних ознак, що є необхідними складовими соціального організму, тобто суспільства. Згідно з О. Шаблій, «суспільне здоров'я – це характеристика індивідуальних рівнів здоров'я членів суспільства, яка засвідчує ймовірність досягнення кожним максимального здоров'я і творчого довголіття і несе інформацію про життєдіяльність усього суспільства як соціального організму, що прагне гармонійного розвитку і підтримки екологічної та іншої рівноваги з природою і соціальним середовищем» [10].

Мета і завдання дослідження. Основною метою наших досліджень було встановлення впливу природних факторів на стан здоров'я людського суспільства та середовища, у якому воно розвивається. Власне природне середовище, формування якого відбувається у широких масштабах від глобальних, планетарних змін до життєвих процесів місцевого значення, створює певні умови життєдіяльності населення.

Враховувались геолого-тектонічні особливості, гідросферна оболонка, ендегенно-екзогенні процеси, формування кліматичних умов, питання соціальної сфери та напрями розвитку суспільства [7].

Поставленими завданнями проводилось вивчення окремих досягнень у питаннях взаємовпливу природних абіотичних та біогенних факторів на людську сутність та зміни, що відбуваються на різних суспільних рівнях. Для аналізу використовувались і новітні досягнення в галузі природничих та суспільних наук [5].

Виклад основного матеріалу дослідження

Зовнішні причини хвороб. В наш час ніхто не сумнівається в тому, що на Землі немає жодної людини, яка б упродовж свого життя не хворіла хоча б один раз. Вважається, що хвороба – це відхилення фізіологічного стану людини від загальноприйнятої норми. Кожний випадок хвороби в окремо взятої людини слугує одиницею обліку в статистиці захворюваності населення.

При встановленні випадку захворювання у спеціалістів-медиків виникає запитання, чому людина захворіла і які чинники призвели до цього. Всі лікарі звертаються до патогенезу. Це розділ патології, що досліджує всі біологічні механізми виникнення та розвитку патологічних процесів і хвороб загалом та окремих їхніх проявів в організмі людини від рівня молекулярних порушень до змін в органах і системах людини. Патогенез дає можливість зрозуміти як глибоко зовнішнє середовище впливає на захворювання та суть поширення хвороб.

Усі хвороби сьогодні поділяються на дві великі групи: інфекційні та паразитарні; неінфекційні (всі інші).

Кліматогенні захворювання. В основі оцінки впливу клімату на людину повинні бути комплексні метеорологічні показники, які засвідчують вплив погоди і клімату на людину.

Медико-географічна класифікація погоди дає можливість людині об'єктивно оцінити її самопочуття, враховуючи не тільки метеорологічні показники, а й вміст кисню в повітрі, параметри гравітаційного і магнітного полів Землі, сонячної активності та інших складових погодного комплексу [6].

У медико-географічних класифікаціях у спрощеному вигляді виділяють три основні типи погоди: сприятливу, помірно-сприятливу та несприятливу. Ці стани погоди є головними чинниками, що визначають густоту населення в різних регіонах нашої планети. Найбільша густина населення у регіонах із сприятливими умовами погоди – це південно-східний Китай та Індія розташовані в зоні тропічно-вологих лісів субтропічного та субекваторіального поясів, а також поясу саван і рідколісся субекваторіального поясу.

Стан сприятливості погоди для людини залежить від метеорологічних показників, переміщення атмосферних фронтів, змін сонячної активності та геомагнітного поля Землі тощо. Несприятливість погоди значно залежить від швидкості зміни температури, тиску, особливостей повітряних мас, вмісту кисню, зокрема падіння його кількості з висотою, параметрів геомагнітного поля. Отже, не тільки абсолютні параметри зазначених вище показників, а й швидкість їх зміни мають відчутний вплив на самопочуття людини [8].

Щодо метеорологічного режиму людини, то варто зауважити, що добові коливання температури тіла людини не перевищують $1,7^{\circ}\text{C}$. Максимальна температура, наявна ввечері, а мінімальна – біля 4 год ранку. Таке коливання температури простежується в усіх рас.

Враховуючи кліматичні умови, зараз на Землі виділяють три екстремальні зони: заполярні райони; спекотні пустелі; високогірні райони світу.

Метеотропні захворювання. Захворювання можуть спричинятися різними кліматичними чинниками: сонячною радіацією, низькою і високою температурою, високим і низьким тиском, сильним вітром, нестачею кисню (в горах), ступенем мінливості погоди,

довготривалою полярною ясністю, а також магнітним і гравітаційним полями Землі.

Сонячна радіація має вплив на здоров'я людини. У випадку спалахів на Сонці посилюється рентгенівське випромінювання. Відомо, що активність сонячних променів впливає на стан крові, зокрема кількість лейкоцитів. Велика доза може спричинити рак шкіри, що часто трапляються у людей, що переселяються у нижчі широти. Наприклад, у Казахстані цією недугою приїжджі хворіють у 10 разів частіше місцевого населення. В Україні у два рази частіше ніж у Карелії.

Сонячна активність часто спричиняє інфаркти та інсульты. Останні найчастіше трапляються в період найвищої активності Сонця. У роки максимальної сонячної активності зростає кількість раптових смертей від атеросклерозу та гіпертонічної хвороби.

Температурний режим є також дуже важливим для здоров'я людини. Отже, комфортною температурою для людини є 18–21° С при вологості повітря 40–60%. Якщо температура 40° С, а вологість 30%, або температура 30° С, а вологість 85%, тоді теплообмін організму значно ускладнений. При одночасному підвищенні температури і вологості самопочуття людини різко погіршуються. При високій температурі організм нагрівається, що може спричинити тепловий удар, а це порушення кровообігу, травлення, водно-сольового обміну, зміна вегетативної нервової системи. Тепловий удар і сонячні опіки найчастіше трапляються при температурі 30–50° С і вологості 70%.

Переохолодження також спричиняє цілу низку захворювань, особливо при сильному вітровому режимі. Переохолодження, зокрема при сильному вітрі, дуже часто спричиняє активізацію вірусів і бактерій. Варто зауважити, що при замерзанні в людини зупиняється дихання і діяльність серця.

Гірська хвороба простежується високо в горах і зумовлюється зниженням атмосферного тиску та нестачею кисню. Відомо, що критичним для здоров'я людини є показник тиску, починаючи з 220 мм ртутного стовпчика. На розвиток гірської хвороби впливає також зниження температури з висотою, інтенсивна сонячна радіація, велика швидкість вітру та сухість повітря. Не дивлячись на це, значна частина населення Землі проживає на великих висотах, де вона адаптована до таких умов. Гірська недуга супроводжується задишкою, серцебиттям, запамороченням, шумом у вухах, м'язовій слабкості, втратою апетиту тощо.

Біогеопатогенез. Елементарними складовими магнітного поля Землі є біопатогенні зони – незначні площі, обмежені елементарними магнітними меридіанами та паралелями, що тяжіють до магнітного схилення і магнітної напруги Землі. Ці зони безпосередньо впливають на самопочуття і здоров'я людини. Їх мережу відкрив у 1937 році французький лікар Пайре, який назвав її сітковою системою. У 1963 році вчені дійшли висновку, що біопатогенні зони є перетинами ліній шириною 20 см під прямим кутом із півночі на південь, із заходу на схід. Найменша відстань між лініями північ – південь становить 2 м, захід – схід – 2,5 м. Перебування людини на цих лініях, передусім на їхніх перетинах, є шкідливим для здоров'я.

Окрім біопатогенних зон безпосередній негативний вплив на здоров'я людини мають *геопатогенні зони*, тобто прояви геологічного чинника на людський організм.

В останні десятиріччя минулого століття в Україні активно розвивалось вчення про геопатогенні зони. Автори виходили з того, що верхня зона геологічного середовища – це активна динамічна система, розвиток якої у часі і просторі слугує основою для формування активних геологічних аномалій, до яких належать області активного карсту, довготривалі глибинні тектонічні порушення земної кори, регіони купольних підняття тощо.

Такі аномальні області супроводжуються зміною геофізичних та ендегенних полів, виділенням газових еманцій і формуванням низхідних та висхідних водних потоків у зонах тріщинуватості.

Сукупність поданих явищ може мати набагато більший вплив на здоров'я людей, ніж техногенне забруднення довкілля. Такі регіони геологічних аномалій були названі Л. Галицьким областями геопатогенних зон. Вони можуть бути виявленими на підставі: 1) дослідження лінійних зон глибинних розломів; 2) зміни гравітаційних і магнітних полів Землі; 3) газових еманцій радону; 4) геохімічної спеціалізації металогенічних зон та областей захворюваності населення; 5) аномальної захворюваності людей [9].

Висновки. Отже, що стан захворюваності населення у будь-якій країні знаходиться у тісній залежності з еколого-природними умовами проживання. Природні фактори сприяють відхиленням фізіологічного стану людського організму від загальноприйнятої норми, що проявляється у виникненні специфічних захворювань.

Аналітичний патогенез спрямований на розуміння глибини впливу зовнішнього середовища на прояв або відновлення інфекційних чи паразитарних хвороб.

Ми приводимо приклади кліматогенних захворювань, що виникають залежно від метеорологічних показників, зокрема сонячної радіації, температурного режиму, коливань атмосферного тиску та ступеню мінливості погоди.

Доведеним є негативний вплив на здоров'я людей біогенних та геопатогенних зон, природа яких пов'язана з геологічною будовою окремих територій Землі.

1. Залеський І. І., Клименко М. О. Екологія людини : підручник. Херсон : ОЛДІ, 2014. 340 с.
2. Зузук Ф. В. Медична географія : навч. посіб. Луцьк, 2018. 227 с.
3. Шевчук Л. Т. Основи медичної географії. Львів, 1997. 168 с.
4. Гуцуляк В. М. Медична географія. Чернівці : Вид. «Рута», 2008. 132 с.
5. Ковальчук І. П. Детальний аналіз демографічних проблем аграрних регіонів (на прикладі Тернопільської області). *Моделювання стану і перспектив розвитку сільських територій в умовах трансформації земельних відносин в Україні* : монографія. Київ : Медінформ, 2015. С. 79–89.
6. Мокієнко А. В., Нікіпелова О. М. Гігієнічна оцінка впливу мінерального складу питних і мінеральних вод на здоров'я населення. *Медико-гідрогеохімічні чинники геологічного середовища України*. Київ – Чернівці : Букрек, 2015. С. 259–293.
7. Сафаров Т. А. Фізіологічна повноцінність мінерального складу питних вод як чинник формування здоров'я населення. *Медико-гідрогеохімічні чинники геологічного середовища України*. Київ – Чернівці : Букрек, 2015. С. 294–315.
8. Ворохта Ю. М. Гігієнічна оцінка впливу мінерального складу питних вод на здоров'я населення. Київ, 2007. 223 с.
9. Галецький Л. Области геохімічних аномалій України. Київ : Наукова Думка, 1997. 198 с.
10. Shabljiy O. I. Problemy i zadania rozwoju geografii medycznej na Ukrainie. *Zdrowie i środowisko: materiały konferencji naukowej z geografii medycznej* (Lublin, 14–15 września 1993). S. 32–35.

REFERENCES:

1. Zaleskyi I. I., Klymenko M. O. Ekolohiia liudyny : pidruchnyk. Kherson : OLDI, 2014. 340 s.
2. Zuzuk F. V. Medychna heohrafiia : navchalnyi posibnyk. Lutsk, 2018. 227 s.
3. Shevchuk L. T. Osnovy medychnoi heohrafii. Lviv, 1997. 168 s.
4. Hutsuliak V. M. Medychna heohrafiia. Chernivtsi : Vyd. «Ruta», 2008. 132 s.
5. Kovalchuk I. P. Detalnyi analiz demohrafichnykh problem ahrarnykh rehioniv (na prykladi Ternopilskoi oblasti). *Modeliuvannia stanu i perspektyv rozvytku silskykh terytorii v umovakh transformatsii zemelnykh vidnosyn v*

Ukraini : monohrafiia. Kyiv : Medinform, 2015. S. 79–89. **6.** Mokiienko A. V., Nikipelova O. M. Hihienichna otsinka vplyvu mineralnoho skladu pytnykh i mineralnykh vod na zdorovia naselennia. *Medyko-hidroheokhimichni chynnyky heolohichnoho seredovyshcha Ukrainy*. Kyiv – Chernivtsi : Bukrek, 2015. S. 259–293. **7.** Safarov T. A. Fiziolohichna povnotsinnist mineralnoho skladu pytnykh vod yak chynnyk formuvannia zdorovia naselennia. *Medyko-hidroheokhimichni chynnyky heolohichnoho seredovyshcha Ukrainy*. Kyiv – Chernivtsi : Bukrek, 2015. S. 294–315. **8.** Vorokhta Yu. M. Hihienichna otsinka vplyvu mineralnoho skladu pytnykh vod na zdorovia naselennia. Kyiv, 2007. 223 s. **9.** Haletskyi L. Oblasti heokhimichnykh anomalii Ukrainy. Kyiv : Naukova Dumka, 1997. 198 s. **10.** Szablij O. I. Problemy i zadania rozvoju geografii medycnej na Ukrainie. Zdrowie i środowisko: materiały konferencji naukowej z geografii medycnej (Lublin, 14–15 września 1993). S. 32–35.

Zaleskyi I. I., Candidate of Geographical Sciences (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

INFLUENCE OF NATURAL FACTORS ON THE HEALTH OF THE POPULATION

An analysis of the influence of natural factors on the state of morbidity of the population of Ukraine was carried out. It was established that the level of health largely depends on the conditions of the external environment, and is defined as an indicator of the level of adaptability of a specific group of people to certain natural and socio-economic circumstances.

Throughout its history, human society has continuously influenced the surrounding natural environment, but the importance of nature in human life, and at the same time the extent of society's influence on the environment, have constantly changed.

One of the modern problems of humanity is the state of the natural environment and its impact on individual and public health. Climatogenic and metetropic diseases caused by various climatic factors are reasonably distinguished.

Biogeopathogenesis was recognized as a set of natural phenomena that cause a negative impact on the health of the population.

The problem of health has become a socio-philosophical

problem. The ecological concept of health, as noted by I. Zaleskyi, testifies to the connection of human health with his living environment and industrial activity with anthropogenic influence on nature.

The World Health Organization provides the following definition of health: "Population health is a state of complete physical, mental and social well-being, and not merely the absence of disease or physical infirmity".

The level of health largely depends on the conditions of the external environment. It is defined as an indicator of the level of adaptability of a specific group of people to certain natural and socio-economic circumstances.

The state of favorable weather for humans depends on meteorological indicators, the movement of atmospheric fronts, changes in solar activity and the Earth's geomagnetic field, etc. Unfavorability of the weather depends significantly on the rate of change of temperature, pressure, characteristics of air masses, oxygen content, in particular the decrease in its amount with height, parameters of the geomagnetic field. Therefore, not only the absolute parameters of the above indicators, but also the speed of their change have a tangible effect on a person's well-being.

***Keywords:* natural factors; health; environment; diseases; climate; population; pathology; environment.**

Колесник Т. М., к.с.-г.н., доцент, Солодка Т. М., к.с.-г.н., доцент, Олійник О. О., к.с.-г.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, t.m.kolesnyk@nuwm.edu.ua, t.m.solodka@nuwm.edu.ua, o.o.oleinik@nuwm.edu.ua), **Прядунець В. А., вчитель біології** (Новоукраїнський ліцей Ярославницької сільської ради Дубенського району Рівненської області, с. Новоукраїнка, Рівненська область)

ЕФЕКТИВНІСТЬ БІОЛОГІЗАЦІЇ СИСТЕМИ ЗАХИСТУ КАПУСТИ БІЛОГОЛОВОЇ ВІД *PIERIS BRASSICAE* L. У ЗАХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ

Важливим питанням, яке сьогодні стоїть перед людством, є охорона та раціональне використання природних ресурсів, запобігання негативним наслідкам інтенсивного втручання в природу та реабілітація порушених екосистем. Насамперед це стосується агропромислового виробництва, в якому вплив антропогенних факторів є необхідною умовою існування і одночасно чинником, який викликає негативні відповідні реакції агросистем на його дію. Незважаючи на велику кількість публікацій, присвячених дослідженню *Pieris brassicae*, недостатньо вивчено особливості сезонної і багаторічної динаміки його популяції і не розроблено методи її прогнозування для умов Північного Лісостепу України. Потребують удосконалення також заходи захисту капусти від шкідника із використанням ентомофагів, застосування нових біологічних систем захисту. Вперше виявлено закономірності динаміки чисельності *Pieris brassicae* в умовах Західного Лісостепу, міграційної здатності *Trichogramma evanescens* в агроценозах капусти. Встановлено функціональні залежності між поширенням імаго *Pieris brassicae* та ГТК за період його розвитку, між ступенем пошкодженості капусти білоголової личинками *Pieris brassicae* та температурою середньодобовою, сумою опадів та ГТК за період розвитку батьківських особин. В роботі визначено ступінь пошкодженості капусти залежно від щільності шкідника. Відмічено функціональну лінійну обернено пропорційну залежність між відсотком зараження яєць *Pieris brassicae* та віддаллю розселення *Trichogramma evanescens*. Подальшого розвитку набула оцінка екологічної та

економічної ефективності різних систем захисту капусти білоголової від ушкодження *Pieris brassicae*, на основі чого запропоновано найефективніші біологічні засоби захисту капусти від *Pieris brassicae* для умов Західного Лісостепу України.

Ключові слова: біологічний захист; *Trichogramma evanescens*; *Pieris brassicae* L.; капуста білоголова; шкідники; комахи; личинки.

Постановка проблеми. Важливим питанням, яке сьогодні стоїть перед людством є охорона та раціональне використання природних ресурсів, запобігання негативним наслідкам інтенсивного втручання в природу та реабілітація порушених екосистем. Насамперед це стосується агропромислового виробництва, в якому вплив антропогенних факторів є необхідною умовою існування і водночас чинником, який викликає негативні відповідні реакції агросистем на його дію. Одним з невідкладних заходів, для докорінного покращення загальної екологічної ситуації, є створення екологічно чистих технологій ведення сільськогосподарського виробництва, в тому числі овочівництва [1; 2].

У нашому регіоні головною овочевою культурою є капуста білокачанна. На сьогодні обсяги вирощування даної культури на приватних ділянках та фермерських господарствах нашого регіону сягають до 54% від усіх вирощуваних овочів [3]. Аграрії ставлять перед собою завдання забезпечити нашу і сусідні області капустою, яка є цінним і незамінним продуктом харчування людини. Вирішення поставленого завдання можливе при ефективному захисті капусти від шкідників, серед яких відчутної шкоди завдає *Pieris brassicae*. Пошкодження капусти цим шкідником призводить до зниження врожайності на 50%.

Враховуючи специфіку вирощування капусти – застосування пестицидів є небажаним [4; 5], тому що у разі використання хімічного методу захисту спостерігаються негативні явища, а саме рівень імунного захисту організму людини при постійному вживанні сільськогосподарської продукції із рештками пестицидів стабільно зменшується, що призводить до розвитку небезпечних захворювань (онкологічних, мутаційних, системних та ін.).

Незважаючи на велику кількість публікацій, присвячених дослідженню *Pieris brassicae*, недостатньо вивчено особливості сезонної і багаторічної динаміки його популяції і не розроблено методи її прогнозування для умов Західного Лісостепу України [6; 7]. Потребують удосконалення також заходи захисту капусти від

шкідника із використанням ентомофагів, застосування нових біологічних систем захисту, тому особливої актуальності набуває розробка екологічно безпечних засобів захисту капусти, для обмеження чисельності і шкодочинності *Pieris brassicaea* з оцінкою основних факторів його регуляції [8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Біологічний метод захисту рослин базується на використанні живих організмів, продуктів їх життєдіяльності та біологічно активних речовин, іншими словами, зоофагів, ентомопатогенних мікроорганізмів, гербіфагів, антибіотиків, феромонів, біологічно активних речовин, що регулюють розвиток та розмноження шкідливих організмів [9]. Спроби використання одних організмів для боротьби з іншими здійснювалися з давніх часів. Понад тисячу років тому почали застосовувати мурашок для знищення шкідливих комах на цитрусових рослинах. Була приручена дика кішка для боротьби з мишами та іншими гризунами, що шкодять запасам. Ще у 1772 році для боротьби з червоною сараною на острові Маврикій успішно застосовували птицю майну, завезену з Індії. І. І. Мечников відкрив збудників грибкових і бактеріальних хвороб хлібного жука. У 20-х роках минулого століття були проведені роботи з використання фітофагів – для придушення кактуса опунції в Австралії, обмеження кроликів в Австралії за допомогою штучно викликаної вірусної епізоотії та ін. [10]. Здійснювались програми щодо завезення паразитичних і хижих членистоногих для боротьби з каліфорнійською щитівкою, кров'яною попелицею, американським білим метеликом, павутинними кліщами та ін. Серед практичних аспектів біометоду, що широко застосовувались у захисті рослин, слід відзначити комплекс робіт щодо трихограми, біологічного захисту рослин у захищеному ґрунті, синтезу біологічно активних речовин, створення мікробіопрепаратів [11].

Мета проведених досліджень полягала в оцінюванні впливу *Trichogramma evanescens* L. на процеси зменшення чисельності *Pieris brassicae* в системі біологічного захисту капусти білоголової на фоні хімічної та біологічної систем захисту в умовах Західного Лісостепу України.

Об'єкт досліджень – процеси регулювання чисельності *Pieris brassicae* під впливом ентомофага *Trichogramma evanescens* L.

Предмет досліджень – показники розвитку та шкодочинності *Pieris brassicae* та ефективності *Trichogramma evanescens* L. в

боротьбі із шкідником в агроценозах капусти білоголової.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводили протягом 2019–2022 рр. на півдні Рівненської області, півночі Лісостепової зони на полях фермерського господарства «Зоря».

Ґрунти дослідних полів – чорноземи опідзолені середньосуглинкові. Дослідження ефективності систем захисту проводили на полях під насадженнями капусти білоголової сорту Анкома. Географічне положення регіону обумовлює помірність клімату. Тепле літо поступово переходить у помірно холодну зиму з різкими коливаннями температур. Дані про середньомісячну температуру повітря, кількість опадів, гідротермічний коефіцієнт свідчать, що умови для росту і розвитку капусти були відносно сприятливі. У роки досліджень вони значно коливались, тому мали суттєвий вплив на динаміку чисельності шкідників. Дослідження проводили за наступною схемою (табл. 1).

Таблиця 1

Схема польового досліді із вивчення систем захисту капусти

№ варіанта	Варіант досліді	Норма витрат
1	Контроль	-
2	Децис Форте	0,07 л/га
3	Гаупсин	4 л/га
4	Гаупсин + Trichogramma evanescens – 120 тис. шт/га	4 л/га+120 тис. шт/га
5	Trichogramma evanescens – 280 тис. шт/га	280 тис. шт/га
6	Trichogramma evanescens – 120 тис. шт/га	1х120 тис. шт/га
7	Trichogramma evanescens – 60 тис. шт/га	2х60 тис. шт/га
8	Trichogramma evanescens – 40 тис. шт/га	3х40 тис. шт/га

Обліки показників динаміки чисельності комах в агроценозах капусти проводили за загальноприйнятими методиками [4]. Ступінь пошкодження рослин шкідниками визначали за уніфікованою шкалою у відсотках:

I бал – 0,1–25% пошкоджень

II бали – 26–50% пошкоджень

III бали – 51% і більше пошкоджень

Визначення ступеню пошкодження рослин шкідником полягає в прийнятті окомірно за 100% площі листової поверхні або всієї рослини.

При аналізі багаторічної і сезонної динаміки досліджуваних комах на капусті використовували чотири показники. Абсолютну щільність популяції визначали за кількістю особин (колоній) певного виду на одну рослину, відносну щільність популяції (заселеність рослин) – як частку заселених рослин, виражену у відсотках. Коефіцієнт розмноження кожного виду комах обчислювали за співвідношенням абсолютної щільності популяції на дослідній ділянці у поточному й попередньому роках. Коефіцієнт поширення шкідників визначали за співвідношенням відносної щільності популяції на ділянці в поточному і попередньому роках.

Мікробіологічні й хімічні інсектициди випробовували згідно з Методикою випробування й застосування пестицидів [4]. У 2019–2022 рр. оцінювали ефективність: Гаупсну, з нормою витрат 4 л/га, Децис-форте 0,07 л/га. Трихограму випускали з розрахунку 280 тис. шт/га (варіант 5) та 120 тис. шт/га (варіант 6) впродовж 2019–2022 рр., а у 2022 р. внесли додаткові варіанти в схему досліду із кратним випуском *Trichogramma evanescens* для кожного періоду яйцекладки *Pieris brassicae*.

Випуск трихограми проводили при температурі 18° С. Перед випуском у банку з широкою горловиною поклали прив'ялі листки акації. Обережно розгортали пакет, змітали трихограму в банку і горловину обв'язували щільною тканиною, щоб уникнути розльоту трихограми. Через три години листки розкладали на посадках капусти.

Економічну ефективність застосування засобів захисту рослин визначали за допомогою ряду показників до яких відносяться: прибавка урожаю у порівнянні з контролем, вартість додаткової продукції, додаткові затрати на захист рослин додатковий прибуток, рентабельність та окупність здійснених затрат. Рівень рентабельності визначається відношенням додаткового прибутку до суми додаткових затрат у %.

Біологічну і економічну ефективність застосування різних систем захисту капусти розраховували за допомогою математичних методів. Статистичну обробку експериментальних даних

здійснювали стандартними методами за допомогою програми Microsoft Excel.

Відомо, що розвиток *Pieris brassicaea* та формування врожаю капусти істотно залежать від умов забезпечення теплом і вологою впродовж періоду вегетації капусти, а також в період перезимівлі лялечок II покоління.

Осереднені за період 2019–2022 рр. показники досліджень розвитку *Pieris brassicaea* показують, що виліт шкідників припадає від III декади квітня до кінця травня. Слід зазначити, що виліт *Pieris brassicaea* відбувається виключно вдень, за сонячної погоди його активність підвищується. Тому у 2020–2022 роках за тривалого періоду теплої сонячної погоди у квітні виліт білана капустиного припадав на 3-тю декаду квітня, тоді як у 2019 р. – на першу декаду травня, що було зумовлено наближенням середньомісячної температури квітня до норми.

Відкладання яєць самицями у 2019–2021 рр. розпочиналося у першій декаді травня. В цей період середня добова температура повітря становила 16,7° С, це позитивно вплинуло на розвиток яйцекладок, адже через 8 днів з'явилася гусінь. У першому поколінні вона була малочисельною. У 2022 р. яйцекладка розпочалася у другій декаді травня, який відрізнявся дуже сприятливою температурою для розвитку шкідників. Тому личинки з'явилися через 7 діб.

В цілому, погодні умови травня в усі роки досліджень, зокрема середня температура повітря сприяли розвитку гусені та появі у першій декаді червня перших лялечок.

Виліт метеликів другої генерації розпочався у II декаді червня за середньодобової температури 18,9° С у 2019–2021 рр., тоді як у 2022 р. – у другій декаді червня за середньодобової температури повітря 18,4° С. Проте сума опадів у червні 2019–2022 рр. була достатньою (63 мм). Такі умови відтермінували початок яйцекладки, яка розпочалася в першій декаді липня. Появу перших гусениць було відмічено в другій декаді липня і їх розвиток тривав до початку серпня. У 2019 р. було відтерміновано вихід імаго до третьої декади червня, що було зумовлено сильним перезволоженням в кінці травня (у 2 рази понад норму), але достатня кількість тепла прискорила завершення виходу імаго, тому II період яйцекладки тривав упродовж липня.

В 2019–2021 рр. у першій декаді серпня було відмічено фазу лялечки, тоді як у 2022 р. розвиток шкідника прискорився і фазу

лялечки було відмічено у третій декаді липня. За сприятливих температурних умов у цей час у 2019–2022 рр. випала значна кількість опадів (67,2 мм), яка сприяла затримці розвитку лялечки і, ймовірно, призвела до враження значної частини шкідника патогенними організмами. Погодні умови 2021 р. були вкрай сприятливими для розвитку II покоління *Pieris brassicae* тому у 2021 р. можливе істотне зростання чисельності шкідника. За період 2019–2022 рр. показники щільності *Pieris brassicae* варіювали від 3 до 6 штук на рослину. Виявлено зв'язки між показниками динаміки чисельності *Pieris brassicae* та окремими характерними погодними умовами. Бачимо, що для шкідника властиве підвищення заселеності капусти у рік спаду сонячної активності і зниження показника гідротермічного коефіцієнту. Відносна заселеність капусти *Pieris brassicae* упродовж років досліджень перевищувала 65%. Максимального значення цей показник набув у 2019 р. та 2021 р. (70%). Такому явищу сприяли погодні фактори (підвищена температура повітря, недостатня кількість опадів), які характеризувалися ГТК, що був нижче середньобагаторічної норми на 47,0% за період вегетації в цілому та в окремі місяці активності *Pieris brassicae* (-60,9% у травні, -41,8% у червні, -23,4% у липні та -45,4% у серпні).

Таким чином, ми бачимо, що на чисельність *Pieris brassicae* впливають метеорологічні умови: умови недостатнього вологозабезпечення та підвищеного теплозабезпечення є найбільш сприятливими для розвитку популяції *Pieris brassicae* та підвищення ступеня його шкодочинності щодо формування врожаю капусти білоголової (табл. 2).

Таблиця 2

 Динаміка чисельності *Pieris brassicae* L. за період 2019–2022 рр.

Рік дослідження	Абсолютна щільність, шт/рослину	Відносна щільність, %	Коефіцієнт розмноження	Коефіцієнт поширення шкідника
2019	3	65	0,5	1,08
2020	4	67	1,3	0,97
2021	6	70	1,2	1,07
2022	4	67	1,3	0,97

Пошкодженість рослин *Pieris brassicae* другого покоління у 2019–2022 рр. коливалась від 35,7% до 51,3% із максимумом у 2020 р.

Перше покоління *Pieris brassicae*, в умовах нашого регіону, суттєво не впливає на пошкодженість капусти. Протягом років дослідження кількість пошкоджених цим поколінням шкідників рослин капусти коливались в межах 7–12%, а ступінь пошкодженості рослин не перевищував 1 бала. Значну загрозу для капусти має друге покоління, оскільки його поява співпадає з періодом формування качанів капусти (липень–серпень). Тому дослідження взаємозв'язків між кліматичними умовами та показниками розвитку і шкодочинності *Pieris brassicae* є важливим етапом у прогнозуванні його чисельності за допомогою відповідних математичних залежностей, що й висвітлено нижче.

Аналіз фенології розвитку *Pieris brassicae* та динаміки основних показників життєздатності його популяції показав істотні коливання вказаних показників залежно від гідрокліматичних умов. Оскільки найбільшої шкоди насадженням капусти завдають саме личинки *Pieris brassicae*, розвиток II поколінь яких відбувається влітку, а розвиток популяції батьківських особин – імаго – залежить від гідрокліматичних умов попереднього періоду вегетації та умов формування і перезимівлі лялечок, то очевидно, що гідрокліматичні умови періоду циклу розвитку яйце – лялечка II покоління *Pieris brassicae* безпосередньо впливають на розвиток популяції шкідника у наступному періоді вегетації капусти білоголової. Саме тому доцільно було прослідкувати кореляційні залежності між основними кліматичними показниками в період розвитку батьківських особин *Pieris brassicae* та шкодочинністю його потомства.

Так, аналіз кореляційних зв'язків між чисельністю імаго *Pieris brassicae* L. та основними кліматичними показниками (середньодобовою температурою, сумою опадів, вологістю повітря) за період розвитку яйце – імаго показав існування дуже тісних обернено пропорційних кореляцій між відносною щільністю імаго та середньодобовою температурою повітря, сумою опадів, ГТК.

Ця залежність дозволяє спрогнозувати відносну щільність імаго *Pieris brassicae* навесні за результатами ГТК попереднього року за період розвитку 2-х поколінь шкідника. Таким чином виробники капусти матимуть час для підготовки адекватної, найбільш ефективної системи захисту рослини.

Найвищі модулі коефіцієнтів кореляції свідчать про найвищий ступінь функціонального зв'язку та доцільність пошуку математичних залежностей між скорельованими показниками

(рисунок). На основі коефіцієнтів кореляції було проведено підбір математичних залежностей. Функціональна залежність між ступенем пошкодження рослин (%) та середньодобовою температурою повітря за період циклу яйце – імаго попереднього покоління *Pieris brassicae* описується прямо пропорційною степеневою функцією $Y=7E-14x^{11,731}$ ($r^2=0,62$), за результатами ходу кривої якої бачимо, що різке зростання шкодочинності *Pieris brassicae* починається за середньодобових температур повітря 16°C , а максимальна швидкість її росту припадає на інтервал середньодобових температур 17°C – 19°C .

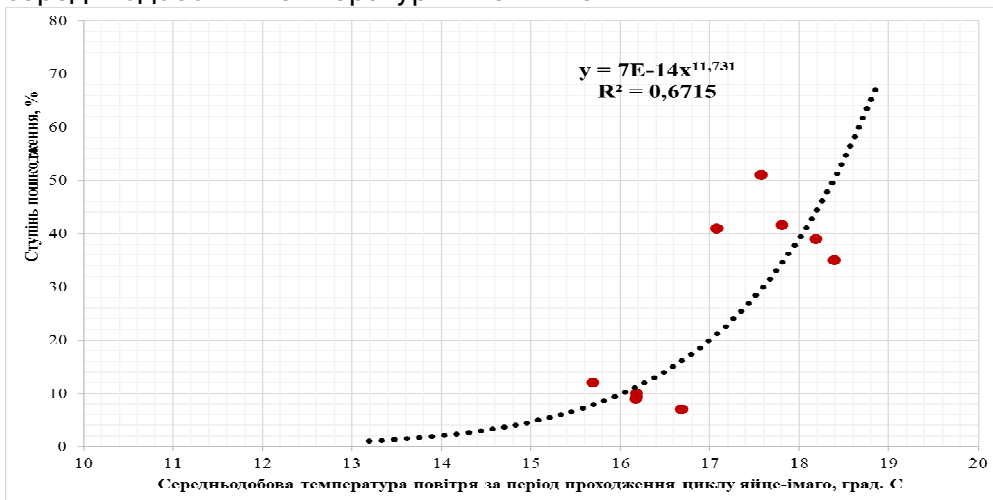


Рисунок. Функціональна залежність між ступенем пошкодження капусти білоголової личинками наступного покоління *Pieris brassicae* L. та середньодобовою температурою повітря за період циклу яйце – імаго попереднього покоління

Функціональна залежність між ступенем пошкодження рослин (%) та сумою опадів за період циклу яйце – імаго попереднього покоління *Pieris brassicae* описується обернено пропорційною логарифмічною регресійною залежністю $Y=-49,53\ln(x)+294,93$ ($r^2=0,5397$), за результатами ходу кривої якої бачимо, що різке зростання шкодочинності *Pieris brassicae* починається за суми опадів менше 250 мм, а максимальна швидкість її росту починається при зменшенні суми опадів нижче 150 мм.

Функціональна залежність між ступенем пошкодження рослин (%) та середнім показником ГТК за період циклу яйце – імаго попереднього покоління *Pieris brassicae* описується обернено пропорційною логарифмічною регресійною залежністю $Y=-$

$21,321\ln(x)+48,757$ ($r^2=0,5397$), за результатами ходу кривої якої бачимо, що різке зростання шкодочинності *Pieris brassicaea* починається за ГТК<1,3, а максимальна швидкість її росту починається при зменшенні ГТК до 0,8.

Таким чином, на основі встановлених функціональних залежностей між кліматичними показниками та показниками поширення імаго *Pieris brassicaea* та ступенем пошкодження рослин капусти білоголової личинками шкідника максимальної шкоди для насаджень капусти слід очікувати, якщо в період розвитку яйце – імаго середньодобова температура повітря знаходилася в межах, а сума опадів не перевищувала 250 мм.

Дослідження особливостей впливу *Trichogramma evanescens* на чисельність *Pieris brassicaea* залежно від кратності випуску однієї і тієї ж норми та віддалей від місця випуску ентомофага дозволяють зробити висновок про зміну біологічної ефективності *Trichogramma evanescens* та підібрати оптимальний спосіб випуску та віддалей між місцями випуску, що дозволить отримати високий біологічний та економічний ефект за найменших витрат праці та засобів захисту. Випуск *Trichogramma evanescens* на поля капусти білоголової проводили однократно: 120 тис. шт/га (еталон 2), двократно – по 60 тис. шт/га (*Trichogramma evanescens* – 2 кр) та трикратно – по 40 тис. шт/га (*Trichogramma evanescens* – 3 кр). Перший випуск *Trichogramma evanescens* розпочали в I декаді яйцекладки *Pieris brassicaea* (на 5-ту добу), кожен наступний випуск проводили через 10 діб, охопивши весь період яйцекладки *Pieris brassicaea*. Облік біологічної ефективності застосування *Trichogramma evanescens* проводили на кожну 8-му добу після випуску. Дослідження особливостей впливу однієї і тієї ж норми випуску *Trichogramma evanescens* (120 тис. шт/га) на чисельність *Pieris brassicaea* за різної кратності випуску показали, що на 8-му добу після першого випуску (5-та доба початку яйцекладки білана капустяного) біологічна ефективність варіантів випуску *Trichogramma evanescens* істотно відрізнялася. Максимальний показник після першого випуску зафіксовано на еталоні 2 (69,5%), варіант *Trichogramma evanescens* 2-крат. поступався за ефективністю еталону 2 на 35,3%, тоді як варіант *Trichogramma evanescens* 3-крат. – на 45,4% відповідно.

На 8-му добу після 2-го випуску *Trichogramma evanescens* (15 діб після початку яйцекладки *Pieris brassicaea*) істотних відмінностей між біологічною ефективністю варіантів еталон 2 та *Trichogramma evanescens* 2-крат. не було виявлено: ефективність 70

коливалася на рівні 54,5% та 53,6% відповідно, тоді як варіант *Trichogramma evanescens* 3-крат. істотно поступався еталону 2 та варіанту *Trichogramma evanescens* 2-крат. (на 11,2–10,3%).

На 8-му добу після 3-го випуску *Trichogramma evanescens* (25 діб після початку яйцекладки *Pieris brassicaea*) було відмічено істотні відмінності між біологічною ефективністю усіх досліджуваних варіантів: максимальний показник біологічної ефективності застосування *Trichogramma evanescens* показав варіант *Trichogramma evanescens* 3-крат. (61,6%), тоді як варіант двократного випуску поступався на 3,2%, а варіант однократного випуску – на 15% відповідно. Неістотну різницю між варіантами двократного та трикратного випусків *Trichogramma evanescens* можна пояснити зменшенням відтворювальної здатності старших поколінь *Pieris brassicaea* та несприятливим впливом погодних умов на імаго. Таким чином на основі проведених експериментальних досліджень було встановлено, що між біологічною ефективністю застосування *Trichogramma evanescens* в боротьбі із *Pieris brassicaea* існує обернено пропорційна лінійна функціональна залежність $Y = -9,7524x + 93,584$ ($r^2 = 0,942$), за даними якої можна дійти висновку, що на віддалі 4,5 м від місця розселення *Trichogramma evanescens* вдається досягти 50% її ефективності. Якщо врахувати ефект перекривання ніш між найближчими сусідніми рядками розселення *Trichogramma evanescens*, то очікується, що на віддалі до 9 м між ними слід очікувати понад 90% ефективності застосування *Trichogramma evanescens*. Робимо висновок, що розселення *Trichogramma evanescens* на капусті рекомендовано проводити таким чином: на рослини 1-го рядка від межі та кожного 15-го наступного рядка (на віддаль кожні 9 м), оскільки між сусідніми рядками відбудеться перекриття ніш *Trichogramma evanescens*, що дозволить досягти до 98% ураження яєць *Pieris brassicae*.

Результати порівняння ефективності застосування *Trichogramma evanescens* для боротьби із *Pieris brassicae*-ом із хімічною та біологічною системами захисту на основі Гаупсину показують, що максимальною ефективністю (76,8%) характеризується двофакторна біологічна система захисту (Гаупсин + *Trichogramma evanescens* – 120 тис. шт/га). На другому місці – біологічна система на основі біопрепарату Гаупсин (73,0%), на третьому місці – біологічна система на основі *Trichogramma evanescens* (*Trichogramma evanescens* – 280 тис. шт/га) (70,1%) і

лише на четвертому місці *Trichogramma evanescens* – 3х40 тис. шт/га (61,7%). Слід зазначити, що традиційна хімічна система захисту капусти білоголової від *Pieris brassicaea* поступається найбільш ефективній біологічній системі захисту (Гаупсин+ *Trichogramma evanescens* – 120 тис. шт/га) на 11,2%. Аналіз показників часової динаміки чисельності життєздатних яєць *Pieris brassicaea* залежно від застосованої системи захисту рослин показав, що на кінець 3-ї доби після останнього застосування системи захисту чисельність життєздатних яєць шкідника зменшується від 2,3 разів (*Trichogramma evanescens* – 2х60 тис. шт/га) до 7,0 разів (Гаупсин+ *Trichogramma evanescens* – 120 тис. шт/га).

Проте впродовж наступних 8-ми діб відбуваються зміни ефективності систем захисту у зв'язку із поновленням яйцекладки *Pieris brassicae*. Таким чином ефективність хімічної системи захисту зменшується на 13,7%, тоді як ефективність біологічних систем захисту поступово зростає, особливо у системі трикратного дробного випуску *Trichogramma evanescens*.

Дослідження ступеню перетворення личинок на лялечки підтвердили найвищу ефективність двофакторної біологічної системи захисту капусти білоголової від *Pieris brassicaea* (Гаупсин+ *Trichogramma evanescens* – 120 тис. шт/га), оскільки саме цей варіант забезпечує лише 16% перетворення личинок на лялечки. Це свідчить на користь пролонгованого ефекту застосування Гаупсину та *Trichogramma evanescens*, що пов'язано з ослабленням личинок *Pieris brassicaea* під впливом ентомофага та бактерій препарату Гаупсин. Найвищий ступінь перетворення личинок на лялечки (38%) забезпечує біологічна система захисту на основі однократного випуску *Trichogramma evanescens* (120 тис. шт/га), що свідчить про найменш пролонгований ефект захисту та найвищу екологічну безпеку цієї системи для личинок *Pieris brassicaea*. Хімічна система захисту капусти білоголової забезпечує 30% перетворення личинок на лялечки, що свідчить як про короткостроковість ефекту пестициду, так і про можливість часткової адаптації наступного покоління *Pieris brassicaea* до впливу інсектицидів.

Висновки. Результати досліджень не підтвердили доцільності збільшення норми випуску *Trichogramma evanescens* із 120 тис. шт/га до до 280 тис. шт/га в умовах Західного Лісостепу України, але показали доцільність трикратного випуску *Trichogramma evanescens* та його поєднання із біопрепаратом

Гаупсин. При цьому прогнозується, що прогнозована розрахункова ефективність системи захисту Гаупсин + *Trichogramma evanescens* 3x120 тис. шт/га зросте до 91,8%.

1. Джигирей В. С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища : навч. посіб. для студ. вуз. К. : Знання, 2004. 309 с. 2. Лісовий М. П., Трибель С. О. Інтегрований захист – основа сучасних технологій. *Захист рослин*. 1998. № 5. С. 4–5. 3. Антонюк С. І., Гончаренко О. І., Рубан М. Б. Сільськогосподарська ентомологія. К. : Вища школа, 1984. 271 с. 4. Бублик Л. І., Васечко Г. І., Васильєв В. П. Довідник із захисту рослин. К. : Урожай, 1999. 711 с. 5. Іванова О. М., Петренко Л. В. Особливості використання біологічних методів захисту капусти білоголової у Західному Лісостепу. *Науковий вісник НУБіП України*. 2019. Вип. 2(89). С. 33–39. 6. Ігнатенко О. М., Красюк І. В. Ефективність біологічних методів захисту капусти білоголової в умовах західного лісостепу. *Сучасні проблеми розвитку науки і освіти*. 2021. Вип. 4(18). С. 63–67. 7. Бабич І. В., Жук Н. В. Вплив біологізації системи захисту на формування урожайності капусти білоголової в західному лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2020. Вип. 4(44). С. 83–88. 8. Степаненко О. М., Гончаренко В. В. Використання біологічних препаратів у системі захисту капусти білоголової у західному лісостепу. *Вісник аграрної науки : наук. журнал*. 2018. Вип. 3(34). С. 67–72. 9. Павлова Л. М., Шевченко І. П. Біологізація системи захисту капусти білоголової як основа екологічно безпечного виробництва. *Аграрний вісник Причорномор'я*. 2019. Вип. 2(52). С. 78–82. 10. Дмитрієва Т. В., Кравченко В. П. Використання біологічних препаратів у системі захисту капусти білоголової у західному лісостепу. *Сільське господарство та лісівництво*. 2020. Вип. 1(56). С. 82–87. 11. Гаврилова Н. І., Луців В. С. Оцінка ефективності біологічних препаратів у системі захисту капусти білоголової в умовах західного лісостепу. *Науковий вісник НУБіП України*. 2021. Вип. 2(95). С. 18–25.

REFERENCES:

1. Dzhyhyrei V.S. Ekolohiia ta okhorona navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha : navch. posib. dlia stud. vuz. K. : Znannia, 2004. 309 s. 2. Lisovyi M. P., Trybel S. O. Intehrovanyi zakhyst – osnova suchasnykh tekhnolohii. *Zakhyst roslyn*. 1998. № 5. S. 4–5. 3. Antoniuk S. I., Honcharenko O. I., Ruban M. B. Silskohospodarska entomolohiia. K. : Vyshcha shkola, 1984. 271 s. 4. Bublyk L. I., Vasechko H. I., Vasylev V. P. Dovidnyk iz zakhystu roslyn. K. : Urozhai, 1999. 711 s. 5. Ivanova O. M., Petrenko L. V. Osoblyvosti vykorystannia biolohichnykh metodiv zakhystu kapusty biloholovoi u zakhidnomu lisostepu. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy*. 2019. Vyp. 2(89). S. 33–39. 6. Ihnatenko O. M., Krasiuk I. V. Efektyvnist biolohichnykh metodiv zakhystu kapusty biloholovoi v umovakh

zakhidnoho lisostepu. *Suchasni problemy rozvytku nauky i osvity*. 2021. Vyp. 4(18). S. 63–67. **7.** Babych I. V., Zhuk N. V. Vplyv biolohizatsii systemy zakhystu na formuvannia urozhainosti kapusty biloholovoi v zakhidnomu lisostepu. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2020. Vyp. 4(44). S. 83–88. **8.** Stepanenko O. M., Honcharenko V. V. Vykorystannia biolohichnykh preparativ u systemi zakhystu kapusty biloholovoi u zakhidnomu lisostepu. *Visnyk ahrarnoi nauky : nauk. zhurnal*. 2018. Vyp. 3(34). S. 67–72. **9.** Pavlova L. M., Shevchenko I. P. Biolohizatsiia systemy zakhystu kapusty biloholovoi yak osnova ekolohichno bezpechnoho vyrobnytstva. *Ahrarnyi visnyk Prychornomia*. 2019. Vyp. 2(52). S. 78–82. **10.** Dmytriieva T. V., Kravchenko V. P. Vykorystannia biolohichnykh preparativ u systemi zakhystu kapusty biloholovoi u zakhidnomu lisostepu. *Sil'ske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. 2020. Vyp. 1(56). S. 82–87. **11.** Havrylova N. I., Lutsiv V. S. Otsinka efektyvnosti biolohichnykh preparativ u systemi zakhystu kapusty biloholovoi v umovakh zakhidnoho lisostepu. *Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy*. 2021. Vyp. 2(95). S. 18–25.

Kolesnyk T. M., Candidate of Agricultural Sciences (PhD), Associate Professor, Solodka T. M., Candidate of Agricultural Sciences (PhD), Associate Professor, Oliinyk O. O., Candidate of Agricultural Sciences (PhD), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne), Priadunets V. A., Biology Teacher (Novoukrainka lyceum, Novoukrainka village, Rivne region)

EFFICIENCY OF THE BIOLOGICAL PROTECTION SYSTEM OF WHITE CABBAGE FROM PIERIS BRASSICAEA L. IN THE WESTERN FOREST STEPPE

An important issue facing humanity today is the protection and rational use of natural resources, prevention of the negative consequences of intensive intervention in nature and rehabilitation of damaged ecosystems. This primarily concerns agro-industrial production, where the impact of anthropogenic factors is a necessary condition for existence and, at the same time, a factor that causes negative responses of agro-systems to its action. Despite the large number of publications on *Pieris brassicae*, the peculiarities of seasonal and long-term dynamics of its population have not been sufficiently studied and methods for its forecasting have not been developed for the conditions of the Northern Forest-Steppe of Ukraine. Measures to protect cabbage from the pest using

entomophages and the use of new biological defense systems also need to be improved. For the first time, the regularities of the dynamics of *Pieris brassicae* population in the Western Forest-Steppe and the migration ability of *Trichogramma evanescens* in cabbage agroecosystems were revealed. The functional dependencies between the distribution of *Pieris brassicae* adults and the GTC during its development, between the degree of damage to cabbage by *Pieris brassicae* larvae and the average daily temperature, the amount of precipitation and the GTC during the development of parental individuals were established. The degree of damage to cabbage was determined depending on the density of the pest. A functional linear inversely proportional relationship between the percentage of *Pieris brassicae* eggs infection and the distance of *Trichogramma evanescens* dispersal was observed. The evaluation of ecological and economic efficiency of different systems of protection of white cabbage from damage by *Pieris brassicae* was further developed, on the basis of which the most effective biological means of protection of cabbage from *Pieris brassicae* for the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine were proposed

***Keywords:* biological protection; *Trichogramma Evanescens*; *Pieris brassicae* L.; white cabbage; pests; insects; larvae.**

Максютов А. О., к.пед.н., доцент (Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, м. Умань, Черкаська область, andriy.maksyutov@udpu.edu.ua)

ГЕОДЕЗИЧНІ РОБОТИ ПРИ ФОРМУВАННІ ЛІСОПАРКОВИХ ЗЕЛЕНИХ ПОЯСІВ

У статті досліджено основні етапи геодезичних робіт при формуванні лісопаркових зелених поясів та охарактеризовано основні технології, що застосовуються для формування лісопаркової зони. Описано технологію межування як основну технологію формування територіальної моделі майбутньої зони. Визначено конструктивне значення моделювання під час вирішення цього завдання. Виявлено, що при формуванні лісопаркових зелених поясів використовують дві моделі: територіальну модель можливого розміщення лісопаркових зелених поясів та ареальну модель лісопаркових зелених поясів. Доведено, що під час геодезичних робіт при формуванні лісопаркових зелених поясів доцільно застосовувати наступні моделі: планову територіальну модель можливого розміщення, тривимірну територіальну модель можливого розміщення, планову проєктну модель, тривимірну проєктну модель, планову ареальну модель розміщення, тривимірну ареальну модель розміщення лісопаркових зелених поясів.

Ключові слова: геодезичні роботи; лісопаркові зелені пояси; інформаційне моделювання; кадастр; інформаційна ситуація; ситуаційне моделювання; організаційні заходи; супутникові технології.

Постановка проблеми. В сучасних умовах надзвичайно актуальним питанням є впровадження заходів, спрямованих на забезпечення ефективної організації та науково обґрунтованого ведення лісопаркового господарства, охорони, захисту, раціонального використання, підвищення екологічного, ресурсного та рекреаційного потенціалу лісопаркових зелених поясів.

Лісопаркові масиви є найважливішим чинником збалансованого функціонування та розвитку міського ландшафту. Їх формування та розміщення проводиться із використанням

геодезичних робіт. Будь-який вид геодезичних робіт заснований на застосуванні геодезичних технологій та побудові просторових моделей. При вирішенні прикладних завдань, просторові моделі будуються шляхом виділення суттєвих параметрів з позиції важливості розв'язання прикладного завдання. Будь-який вид геодезичних побудов ґрунтується на логічних побудовах та на явному або неявному застосуванні системної моделі технології та моделі об'єкта. Усі види геодезичних робіт ґрунтуються на застосуванні принципу раціональності чи економічної доцільності. Це є важливим фактором при проведенні робіт для організації лісопаркових зелених поясів [11, С. 68].

Геодезичні роботи при формуванні лісопаркових зелених поясів засновані на побудові просторової моделі території або територіальної моделі та подальшого використання цієї моделі. Модель лісопаркового зеленого поясу є просторовою ареальною моделлю. Тому вона або вписується в територіальну модель, або піддається реконфігурації і також вписується в територіальну модель. В силу цього при формуванні лісопаркових зелених поясів використовують дві моделі: територіальну модель можливого розміщення лісопаркових зелених поясів та ареальну модель самих лісопаркових зелених поясів.

Відповідно геодезичні роботи поділяються на дві групи: перша група пов'язана зі зйомкою території, друга група – з виносом в натуру проєкту лісопаркових зелених поясів або реконфігурацією лісової смуги відповідно до проєкту. Геодезичні роботи другої групи використовують порівняльний аналіз як порівняння проєктної моделі лісопаркових зелених поясів з її реальним розташуванням чи з ареальною моделлю лісопаркових зелених поясів.

Таким чином, у цьому виді робіт необхідно застосовувати наступні моделі: планову територіальну модель можливого розміщення лісопаркових зелених поясів, тривимірну територіальну модель можливого розміщення лісопаркових зелених поясів, планову проєктну модель лісопаркових зелених поясів лісопаркових зелених поясів, тривимірну проєктну модель лісопаркових зелених поясів, планову ареальну модель розміщення лісопаркових зелених поясів лісопаркових зелених поясів, тривимірну ареальну модель розміщення лісопаркових зелених поясів [2, С. 618]. Їх застосовують залежно від ситуації, рельєфу та поставленої задачі (розміщення, реконфігурація). У цьому виді діяльності необхідно проводити якісно

різні за завданнями групи геодезичних робіт: зйомку території для вирішення завдання розміщення, зйомку лісопаркових зелених поясів для встановлення інформаційної відповідності між проектною моделлю та моделлю ареалу лісопаркових зелених поясів на місцевості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження організації геодезичних робіт при формуванні лісопаркових зелених поясів відображені у працях вітчизняних та зарубіжних авторів: Бандурка В. І. [1], Баран П. І. [2], Білокриницького С. М. [3], Кучерявого В. П. [5], Неумивакіна Ю. К. [8], Островського А. Л. [9], Ранського М. П. [11], Романчука С. В., Кирилюка В. П. [14].

Бандурка В. І. займався дослідженням планувальної організації ландшафтно-рекреаційних лісів, основ планування лісопарків, впорядкування лісопаркового господарства, лісопаркового благоустрою.

Баран П. І. вивчав особливості проєктування, планування та ведення господарських заходів у лісопаркових насадженнях зелених зон населених пунктів.

Білокриницький С. М. досліджував проблему інвентаризації зелених зон, лісопаркових насаджень та лісопаркових зелених поясів.

Кучерявий В. П. вивчав показники, що характеризують стан лісопаркових зелених поясів в результаті несприятливого антропогенного впливу.

Неумивакін Ю. К. запропонував концептуально нові принципи побудови композиції, пропорції і ритму для планування простору лісопаркових зелених поясів.

Кирилюк В. П. займався прогнозуванням розвитку територій з врахуванням функціональних властивостей і впливу геодинамічних процесів.

Островський А. Л. та Ранський М. П. займались розробкою методики проєктування лісопаркових зелених поясів.

Мета і завдання досліджень. На основі аналітичного підходу та порівняльного аналізу за допомогою обробки просторової інформації, методів супутникових визначень, методів геоінформатики та теорії дистанційного зондування визначити аспекти розміщення та формування лісопаркових зелених поясів.

Визначити конструктивне значення моделювання під час формування лісопаркових зелених поясів.

Виявити та охарактеризувати передумови формування лісопаркових зелених поясів з урахуванням територіальної моделі та ареальної моделі розміщення лісопаркових зелених поясів.

Виклад основного матеріалу досліджень. Особливість робіт зі створення лісопаркових зелених поясів полягає у первинному етапі організації та вирішенні правових питань, після яких можливе вирішення технологічних завдань. Організаційні заходи при створенні лісопаркових зелених поясів включають такі етапи:

- інформаційне забезпечення робіт з проєктування та створення лісопаркових зелених поясів;

- наукове обґрунтування критеріїв виділення меж лісопаркового зеленого поясу з урахуванням діючого лісового, містобудівного та земельного законодавства;

- науково-правове обґрунтування методики встановлення меж лісопаркового зеленого поясу з урахуванням діючого лісового, містобудівного та земельного законодавства;

- науково-правове обґрунтування нормативно-правових актів, що задають правовий режим господарської та іншої діяльності в ареалі лісопаркових зелених поясів;

- науково-правове обґрунтування нормативно-правових актів та вилучення земель зі складу лісопаркових зелених поясів при реконфігурації та його компенсації;

- нормативне обґрунтування заходів пожежної безпеки, методики оцінки ступеня забруднення, захаращення та благополуччя навколишнього середовища;

- наукове обґрунтування критеріїв екологічного стану лісопаркових зелених поясів та заходів щодо підтримки цього стану;

- наукове обґрунтування функціональних зон та складу лісопаркових зелених поясів з урахуванням категорії земель та їх цільового призначення [14, С. 296].

Проведення комплексу геодезичних робіт з вимірювання території, винесення проєкту в натуру та визначення фактичних меж лісопаркових зелених поясів. На практиці, якщо у проєкті не враховані реальні умови, його доводиться змінювати і проводити повторні узгодження. Це буває за недостатньо якісного інформаційного забезпечення проєкту.

Геодезичні роботи класифікують за багатьма ознаками: призначенням, точністю, обсягом і характером одержуваної інформації, інструментальною природою одержуваної інформації, їх

статистичною залежністю тощо. За своїм призначенням геодезичні роботи поділяють на: кутові, лінійні, нівелірні, координатні, довготривалі та гравіметричні. З урахуванням різновидів геоінформаційних вимірів сформувалися технології: наземних геодезичних вимірів, астрономічних, гравіметричних та супутникових визначень, дистанційного аерокосмічного зондування, лазерного сканування та ін. У цьому плані виміру прийнято ділити на: високоточні, точні та технічні [15, С. 166].

За характером одержуваної інформації виміри поділяють на:

–прямі, коли результат вимірювання отримують безпосереднім порівнянням вимірюваної величини з носієм еталона;

–непрямі, при яких результат отримують як функцію інших прямих вимірювань;

–сукупні, коли результати кількох прямих вимірів знаходять із розв'язання систем лінійних рівнянь (вимірювання кутів у комбінаціях);

–спільні, коли результати одержують із спільного рішення низки непрямих вимірів (супутникові визначення координат) [9, С. 239].

З точки зору обробки вимірювань важливо виділити вимірювання рівноточні, що виконуються в однакових, і нерівноточні, що виконуються в різних у широкому розумінні умовах, коли змінюється хоча б один із факторів впливу (об'єкт, суб'єкт, прилад, метод та середовище виміру).

Зрозуміло, що вимірювання можуть виконуватися як дискретно, так і безперервно, однак, оскільки при комп'ютерній реалізації безперервні вимірювання перетворюють на дискретну цифрову форму, то на практиці при аналізі та обробці розглядають лише дискретні вимірювання, які зручно представляти в термінах лічильних множин.

При формуванні лісопаркових зелених поясів використовують наступні геодезичні технології: технології формування мереж, мобільне та лазерне сканування, дистанційне зондування, безпілотні літальні апарати, аерофотознімання, супутникові приймачі GPS, наземну геодезію. Під час формування лісопаркових зелених поясів використовують наступні роботи щодо формування моделі території для вирішення локальної задачі лісопаркових зелених поясів, створення геодезичних комплексів для інтегрованого вирішення територіального планування та управління міською територією [11, С. 68].

Якщо роботи виконуються у межах проєкту лісопаркових зелених поясів і виконуються одним підприємством, то мережі створюють з економічної недоцільності одного підприємства. Якщо роботи виконуються у межах комплексу завдань управління міською територією, то створюють не тільки мережі, а й комплекс з оцінки стану рельєфу і екології міської території. Можна констатувати, що інтереси окремого підприємства при геодезичному забезпеченні вирішення приватного завдання суперечать інтересам органів міського управління. Економічна доцільність міського управління призводить до необхідності вищих витрат на комплекс спостережень, натомість це знижує витрати на вирішення приватних завдань геодезичного забезпечення.

За своїм призначенням і точністю геодезичні мережі поділяють на державні мережі згущення і знімальні мережі. Точну геодезичну мережу, що має координати та розповсюджуються на всю територію країни і є основою для побудови інших мереж, називають Державною геодезичною мережею. Геодезичною мережею згущення є мережа, що створюється між пунктами державної геодезичної мережі та зв'язує їх зі знімальними мережами [8, С. 184].

Геодезична мережа, що створюється для безпосереднього виробництва топографічних зйомок, для геодезичного забезпечення інженерних робіт та вирішення інших наукових та практичних завдань, називається знімальною геодезичною мережею. Геодезичні мережі забезпечують просторову прив'язку визначення місця розташування будь-якого просторового об'єкта на заданій території. Просторовий розподіл геодезичних точок мережі забезпечує можливості для пошуків та підлеглих зйомок у кадастрових, інженерних роботах та інших додатках, орієнтованих на управління земельними ресурсами [7, С. 403].

Просторова структура точок мережі та пов'язаних з ними точок об'єктів використовує різні математичні програми та методи, такі як закони Тоблера, метод найближчого сусіда, просторовий кластерний аналіз та інші.

Просторовий кластерний аналіз виконують у різних масштабах, що задає кластери різних масштабів. Мультимасштабний кластерний аналіз визначає методологію для подальшого аналізу просторових структур геодезичних точок, а також кількісну оцінку однорідності геодезичних мереж за регулярною щільністю. Він є інструментом

геодезичного інформаційного забезпечення органів міського управління.

Результати кластерного аналізу дають геодезістам можливість швидко оцінити стан геодезичних пунктів, а також виявити екологічні перешкоди, які можуть ускладнити виміри. Результати показують, що базові геодезичні контрольні точки розподілені рівномірно (одна точка на 50 км²), проте вони мають тенденцію до групування в урбанізованих районах та лісах. Вони служать методологічним ресурсом та довідковим матеріалом для органів управління територією та для подальшого ущільнення чи модернізації геодезичної мережі. Каталоги точок дають геодезістам можливість швидко оцінити стан мережі. У межах локального проєкту лісопаркових зелених поясів мережі зазвичай не створюють [12, С. 336].

Мобільне лазерне сканування – це нова технологія, яку застосовують для зйомки різних просторових ареальних та тривимірних об'єктів. Найбільш ефективно її використовують для формування різних типів інфраструктурних коридорів, включаючи автомобільні, залізничні, трубопровідні та силові лінії. Закордонні фахівці в галузі геодезії розрізняють поняття інфраструктурний коридор та транспортний коридор. Інфраструктурний коридор визначають як зв'язки інфраструктури, які пов'язують дві чи більше міських чи дорожніх зон. Це підходить під опис лісопаркових зелених поясів. Транспортний коридор – це складна технологічна транспортна система, що концентрує на заданих напрямках транспорт загального користування (залізничний, автомобільний, морський, трубопровідний) та телекомунікації. Отже, інфраструктурний коридор – це просторова зона для транспортування чи розміщення інших об'єктів [6].

Лазерне сканування – це безконтактний метод вимірювання, у якому лазерний промінь використовується для визначення тривимірного положення точки на поверхні об'єкта. Повторюючи цей процес кілька мільйонів разів, лазерний сканер створює так звану «хмару точок». Ця хмара точок є точним знімком розмірів та форми фізичного об'єкта і може бути імпортована на комп'ютер для подальшої обробки та візуалізації. Хмари точок можна переглядати в кольорових кольорах (залежно від інтенсивності сигналу) або в реальному кольорі з цифрової камери. Цей метод забезпечує рішення для швидкого знімання недоступних поверхонь або складних геометричних деталей. Дані можуть бути пов'язані в 3D із

сіткою сайту та легко поєднані з планами топографічних зйомок, висотами та розрізами. У межах локального проєкту лісопаркових зелених поясів мобільне лазерне сканування зазвичай застосовують [4, С. 128].

Основним видом робіт формування лісопаркових зелених поясів є межування. Межування лісопаркових зелених поясів є комплексом робіт із встановлення, відновлення і закріплення біля меж можливого перебування лісопаркових зелених поясів та юридичне оформлення отриманих матеріалів. При проведенні будь-яких операцій із земельними ділянками (купівля-продаж, дарування, успадкування, приватизація, зміна площі тощо) необхідно провести землепорядні роботи, які включають обміри ділянки, формування пакета документів (землепорядної справи) та подальшу здачу його у відповідні державні органи. Межування лісопаркових зелених поясів проводиться:

– як технічний етап реалізації затверджених проєктних рішень про місцезнаходження кордонів лісопаркових зелених поясів при утворенні нових або реконфігурації існуючих лісопаркових зелених поясів (встановлення кордонів);

– як захід щодо уточнення розташування на території кордонів лісопаркових зелених поясів за відсутності достовірних відомостей про їхнє розташування шляхом узгодження кордонів на території (упорядкування кордонів);

– як захід для відновлення кордонів лісопаркових зелених поясів за наявності у національному земельному кадастрі відомостей, що дозволяє визначити положення кордонів на місцевості з точністю межування лісопаркових зелених поясів (відновлення біля кордонів лісопаркових зелених поясів) [13, С. 168].

Межування лісопаркових зелених поясів проводиться відповідно до технічного завдання виконання робіт. Технічне завдання готується замовником або за його дорученням підрядником на основі проєкту територіального землеустрою або відомостей державного земельного кадастру про земельну ділянку, що надаються у вигляді виписок у формі кадастрової карти (плану) земельної ділянки. Технічне завдання затверджується замовником. Межування лісопаркових зелених поясів включає такі роботи:

– підготовчі роботи;

– складання проєкту кордонів лісопаркових зелених поясів;

–повідомлення осіб, права яких можуть бути порушені під час проведення межування;

–визначення кордонів лісопаркових зелених поясів на місцевості, їх узгодження та закріплення межовими знаками;

–визначення координат межових знаків;

–визначення площі лісопаркових зелених поясів;

–складання карти (плану) меж лісопаркових зелених поясів;

–формування землевпорядної справи;

–затвердження землевпорядної справи в установленому порядку.

При відновленні кордонів лісопаркових зелених поясів зі складу робіт виключаються:

–узгодження кордонів лісопаркових зелених поясів на місцевості;

–визначення координат межових знаків;

–визначення площі лісопаркових зелених поясів;

–складання карти (плану) лісопаркових зелених поясів або карти (плану) меж лісопаркових зелених поясів [5, С. 456].

Матеріали межування та карта лісопаркових зелених поясів або карта (план) меж лісопаркових зелених поясів формується у землевпорядну справу у кількості не менше двох екземплярів.

У системах супутникового позиціонування космічні апарати глобальної супутникової навігаційної системи виконують роль геодезичних опорних пунктів. Відмінність у цьому, що звичайні пункти пасивні, а космічні апарати активні. Системи супутникового позиціонування створюють інформаційне поле у якому з допомогою приймачів здійснюють вимір координат. Це інформаційне поле є штучним. Слід підкреслити різницю між інформаційним полем та інформаційним простором [14, С. 296].

Інформаційний простір дає можливість вимірювання у цьому просторі. Інформаційне поле визначає польову змінну, яка існує в кожній точці поля. Відсутність польової змінної говорить про відсутність поля. Таким чином, інформаційне поле фізично вкладено в інформаційний простір. Дані технології засновані на вимірах із використанням штучних супутників Землі. Виділяють чотири основні сфери їх застосування: глобальне позиціонування, навігація наземних, морських та повітряних транспортних засобів, точне сільське господарство (спеціальна технологія), вимірювання координат, включаючи геодезію. За призначенням всю приймальну

апаратуру можна поділити на три класи: навігаційна, геодезична та апаратура, призначена для звіряння шкал часу.

Існують різні режими проведення робіт. У режимі «Статика» одночасні вимірювання на двох або кількох пунктах виконуються нерухомими приймачами. Один із приймачів приймають за базовий. Положення інших приймачів визначається щодо базового. Вимірювання у режимі «Статика» виконують, як правило, на великих відстанях між пунктами (понад 15 км). Час спостережень залежить від відстані між пунктами, числа супутників, стану іоно- і тропосфери, необхідної точності і зазвичай становить не менше 1 год.

Режим «Швидка статика» дозволяє скоротити тривалість вимірювань завдяки можливості застосування на лініях до 15 км. активних алгоритмів розв'язання неоднозначності. Тривалість спостереження у цьому режимі становить 5–20 хв.

Режим «Реокупація» використовується, коли немає одночасної видимості на необхідну кількість супутників. Тоді виміри виконують за кілька сеансів, накопичуючи потрібний обсяг даних. На етапі комп'ютерної обробки всі дані об'єднують для вироблення єдиного рішення.

Режим «Кінематика» служить для визначення координат пересувної станції під час її переміщення. При роботі в цьому режимі необхідно, щоб приймачі на базовій та пересувній станціях підтримували безперервний контакт із супутниками протягом усього часу вимірювань. На початок руху виконують ініціалізацію – дозвіл неоднозначності фазових вимірів. «Кінематика» в масштабі реального часу RTK (Real Time Kinematic) дозволяє визначити розташування об'єкта з використанням фазових вимірювань GPS в масштабі реального часу з точністю 1–5 см.

Режим «Стій – іди» – такий різновид кінематичного режиму, коли пересувну станцію переміщують з точки на точку, роблячи на кожній точці зупинку і виконуючи для підвищення точності кілька епох вимірювань протягом 5–30 с [1, С. 223].

Під час визначення координат об'єктів використовують супутникові мережі. Геодезична супутникова мережа може бути побудована із застосуванням променевого та мережевого методів.

При променевому методі координати пункту, що визначаються, отримують, вимірявши вектор, що з'єднує його з опорним пунктом. Для контролю координати визначають двічі, тобто за результатами

вимірювань, що зв'язують пункт, що визначається, з двома опорними пунктами. При мережному методі пункти, що визначаються, пов'язують вимірюваннями не тільки з опорними пунктами, але і між собою. Можливі мережі, де одну частину пунктів мережі визначають мережним, іншу – променевим методом.

Супутникові технології визначення координат мають суттєві переваги перед традиційними геодезичними технологіями. Їм властиві висока точність, незалежність від погоди та часу, оперативність, можливість визначення координат за відсутності взаємної видимості між пунктами. Водночас у закритій та напівзакритій місцевості (ліс, міські квартали) застосовувати їх досить важко. У цьому випадку супутникові методи поєднують з польовими вимірами.

Моделювання є важливим доповненням технологічних робіт для формування лісопаркових зелених поясів. У цих роботах застосовують:

- інформаційне;
- просторове;
- ситуаційне;
- геоінформаційне моделювання [7, С. 403].

Лісопарковий зелений пояс є просторовим об'єктом. З огляду на це для його опису необхідно застосовувати просторові моделі.

При формуванні лісопаркових зелених поясів застосовують наступні моделі:

- планову територіальну модель можливого розміщення лісопаркових зелених поясів;
- тривимірну територіальну модель можливого розміщення лісопаркових зелених поясів;
- планову проєктну модель лісопаркових зелених поясів;
- тривимірну проєктну модель лісопаркових зелених поясів;
- планову ареальну модель розміщення лісопаркових зелених поясів;
- тривимірну ареальну модель розміщення лісопаркових зелених поясів [3, С. 64].

Планова територіальна модель можливого розміщення лісопаркових зелених поясів та тривимірна територіальна модель можливого розміщення лісопаркових зелених поясів є фактофіксуючими. Планова ареальна модель розміщення лісопаркових зелених поясів та тривимірна ареальна модель розміщення лісопаркових зелених поясів є інформаційними. Планова ареальна

модель розміщення лісопаркових зелених поясів та тривимірна ареальна модель розміщення лісопаркових зелених поясів є композиційними.

Інформаційне моделювання включає:

- обґрунтовану побудову самої моделі об'єкта;
- обґрунтовану побудову складу моделі чи компонентів моделі об'єкта моделювання, обґрунтовану побудову структури моделі об'єкта;

- обґрунтовану побудову зв'язків та відносин між елементами моделі та між моделлю та навколишнім середовищем.

Коригування побудованої моделі включає:

- доповнення;
- оновлення (заміни);
- регенерацію [15, С. 166].

Лісопаркові зелені пояси є ареалом, тому його основною просторовою моделлю є ареальна модель. Лісопаркові зелені пояси включають лінійні об'єкти (кордони, дороги), тому їх компонентом є лінійна модель. Лісопаркові зелені пояси включають точкові об'єкти (пункти тріангуляції, особливо цінні дерева, що окремо стоять), тому їх компонентом є точкова модель [6].

Композиційна просторова модель лісопаркових зелених поясів включає ареальну, планову та лінійні моделі і просторові відносини між компонентами моделі.

Композиційна просторова модель лісопаркових зелених поясів є сукупністю ареальної моделі, планової моделі, лінійної моделі, та інших компонентів моделі).

Інформаційна модель лісопаркових зелених поясів містить множину параметрів, між яким існують зв'язки та відносини, тому вона додатково включає інформаційні відносини між компонентами моделі. Звідси впливає узагальнений опис інформаційної моделі лісопаркових зелених поясів.

Інформаційна модель лісопаркових зелених поясів являє собою сукупність ареальної моделі, планової моделі, лінійної моделі, інших компонентів моделі та інформаційних відносин.

Важливим аспектом інформаційного моделювання лісопаркових зелених поясів і те, що їх можна розглядати як метамоделювання. Існують концептуальні моделі лісопаркових зелених поясів, які стосуються питання її структури, корисності і навіть інноваційності. Концептуально-технологічна модель

лісопаркових зелених поясів описується моделлю інформаційної конструкції. У цьому випадку інформаційне моделювання використовує моделі логічних одиниць як основи побудови інформаційних конструкцій. При трансформації інформаційної конструкції на проєкт лісопаркових зелених поясів логічні одиниці трансформуються в семантичні інформаційні одиниці. Для структуризації вихідного лісового масиву в лісопаркових зелених поясів застосовують механізм опозиційного поділу разом із корелятивним аналізом [10].

Моделювання лісопаркових зелених поясів практично здійснюють із застосуванням ГІС. Тому важливим етапом моделювання є геоінформаційне моделювання. Геоінформаційне моделювання використовує геодані та дозволяє представляти об'єкт у різних формах, картографічній, електронній та цифровій.

Висновки. Лісопаркові зелені пояси займають особливе становище серед моделей інформаційних ситуацій та моделей територій. Лісопаркові зелені пояси є одночасно частиною міста та частиною ландшафту. Взаємозв'язок міста та ландшафту виділяє дві основні позиції планування: з одного боку, лісопаркові зелені пояси розглядається як розділовий елемент міста та передмістя. Відповідно до цієї точки зору, лісопаркові зелені пояси призначені для захисту компактної міської форми. З іншого боку, лісопаркові зелені пояси сприймаються як сполучний елемент міста та природи.

Для формування лісопаркових зелених поясів варто застосовувати всі методи інформаційного моделювання, методи систем автоматизованого проєктування та методи моделювання із застосуванням ГІС. Інформаційне моделювання лісопаркових зелених поясів пов'язане із загальною теорією інформаційного моделювання та теорією просторового моделювання, формування зон лісопаркових зелених поясів, що також пов'язано із геодезичним забезпеченням. Лісопаркові зелені пояси відіграють особливу роль у екології, оскільки інформаційне моделювання є основою екологічного моделювання. Моделі лісопаркових зелених поясів є основою екологічних систем. Лісопаркові зелені пояси пов'язані з моделюванням як просторових ситуацій, так із проєктуванням розвитку лісопаркових зелених поясів всієї міської території. Формування лісопаркових зелених поясів можна розглядати як нову, що не має аналогів, геодезичну технологію, яка доповнює існуючі технології проєктування лісопаркових зелених поясів.

Аналіз досліджень показує доцільність запровадження нового поняття ситуаційна модель лісопаркових зелених поясів. Означені дослідження вимагають аналізу мультиагентних систем для моделювання динаміки міського середовища, включаючи лісопаркові зелені пояси.

1. Бандурка В. І. Геодезія : посіб. Дніпропетровськ : НГА України, 1999. 223 с. 2. Баран П. І. Інженерна геодезія : монографія. Київ : ПАТ «Віпол», 2012. 618 с. 3. Білокриницький С. М. Топографія і геодезія : метод. посібн. Чернівці : Рута, 2001. 64 с. 4. Ващенко В. І., Літинський В. О., Перій С. С. Геодезичні прилади та приладдя : посіб. Львів : Лоно. 2003. 128 с. 5. Кучерявий В. П. Озеленення населених місць : підручник. Львів : Світ, 2005. 456 с. 6. Лісовий кодекс України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text> (дата звернення: 22.06.2023). 7. Мамонов К. А. Територіальний розвиток використання земель регіону: напрями та особливості оцінки : монографія. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. 403 с. 8. Неумивакін Ю. К., Перський М. К. Земельно-кадастрові геодезичні роботи : посіб. Київ : Колос, 2006. 184 с. 9. Островський А. Л., Мороз О. І., Тарнавський В. Л. Геодезія : навч. посіб. Львів : Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2008. 239 с. 10. Про затвердження Інструкції з інвентаризації зелених насаджень у населених пунктах України : наказ Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України, 24 груд. 2001 р. URL: <http://zakon.nau.ua/doc/?code=z0182-02> (дата звернення: 20.06.2023). 11. Ранський М. П. Геодезичні роботи в землевпорядкуванні : метод. посіб. Чернівці : Рута, 2007. 68 с. 12. Родичкін І. Д. Короткий довідник архітектора: Ландшафтна архітектура. Київ : Будівельник, 1990. 336 с. 13. Родичкін І. Д. Лісопарки України : посіб. Київ : Будівельник, 1998. 168 с. 14. Романчук С. В., Кирилюк В. П., Шемякін М. В. Геодезія : навч. посіб. Київ : Центр учбової літератури, 2008. 296 с. 15. Рябчій В. А., Рябчій В. В. Теорія похибок вимірювань : навч. посіб. Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2006. 166 с.

REFERENCES:

1. Bandurka V. I. Heodeziia : posib. Dnipropetrovsk : NHA Ukrainy, 1999. 223 s. 2. Baran P. I. Inzhenerna heodeziia : monohrafiia. Kyiv : PAT «Vipol», 2012. 618 s. 3. Bilokrynytskyi S. M. Topohrafiia i heodeziia : metod. posibn. Chernivtsi : Ruta, 2001. 64 s. 4. Vashchenko B. I., Litynskyi V. O., Perii S. S. Heodezychni prylady ta pryladdia : posib. Lviv : Lono. 2003. 128 s. 5. Kucheriavyi V. P. Ozelenennia naselenykh mists : pidruchnyk. Lviv : Svit, 2005. 456 s. 6. Lisovyi kodeks Ukrainy. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3852-12#Text>

(data zvernennia: 22.06.2023). **7.** Mamonov K. A. Terytorialnyi rozvytok vykorystannia zemel rehionu: napriamy ta osoblyvosti otsinky : monohrafiia. Kharkiv : KhNUMH im. O. M. Beketova, 2020. 403 s. **8.** Neumyvakin Yu. K., Perskyi M. K. Zemelno-kadastrovi heodezychni roboty : posib. Kyiv : Kolos, 2006. 184 s. **9.** Ostrovskiy A. L., Moroz O. I., Tarnavskiy V. L. Heodeziia : navch. posib. Lviv : Vyd-vo Nats. un-tu «Lvivska politehnika», 2008. 239 s. **10.** Pro zatverdzhennia Instruksii z inventaryzatsii zelenykh nasadzhen u naselenykh punktakh Ukrainy : nakaz Derzhavnogo komitetu budivnytstva, arkhitektury ta zhytlovoi polityky Ukrainy, 24 hrud. 2001 r. URL: <http://zakon.nau.ua/doc/?code=z0182-02> (data zvernennia: 20.06.2023). **11.** Ranskyi M. P. Heodezychni roboty v zemlevporiadkuvanni : metod. posib. Chernivtsi : Ruta, 2007. 68 s. **12.** Rodychkin I. D. Korotkyi dovidnyk arkhitekтора: Landshaftna arkhitektura. Kyiv : Budivelnyk, 1990. 336 s. **13.** Rodichkin I. D. Lisopapky Ukpainy : posib. Kyiv : Budivelnyk, 1998. 168 s. **14.** Romanchuk S. V., Kyryliuk V. P., Shemiakin M. V. Heodeziia : navch. posib. Kyiv : Tsentr uchbovoi literatury, 2008. 296 s. **15.** Riabchii V. A., Riabchii V. V. Teoriia pokhybok vymiriuvan : navch. posib. Dnipropetrovsk : Natsionalnyi hirnychyi universytet, 2006. 166 s.

Maksiutov A. O., Candidate of Pedagogic Sciences (Ph.D.), Associate Professor (Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, Uman, Cherkasy region, andriy.maksyutov@udpu.edu.ua)

GEODESIC WORKS IN THE FORMATION OF FOREST PARK GREEN BELT

The article examines the main stages of geodetic work in the formation of forest park green belts and characterizes the main technologies used for the formation of a forest park zone. Demarcation technology is described as the main technology for forming the territorial model of the future zone. The constructive value of modeling during the solution of this task is determined. It was found that two models are used in the formation of forest park green belts: a territorial model of the possible placement of forest park green belts and an areal model of forest park green belts. It has been established that the following geodetic technologies are used in the formation of forest park green belts: network formation technologies, mobile and laser scanning, remote sensing, unmanned aerial vehicles, aerial photography, GPS satellite receivers, ground geodesy. During the formation of forest park green belts, the following works are used

on the formation of a territory model to solve the local problem of forest park green belts, the creation of geodetic complexes for the integrated solution of territorial planning and urban territory management.

Forest park green belts play a special role in ecology, as information modeling is the basis of ecological modeling. Models of forest-park green belts are the basis of ecological systems. Forest park green belts are related to modeling both spatial situations and planning the development of forest park green belts throughout the city. The formation of forest park green belts can be considered as a new, unique geodetic technology that complements the existing technologies of designing forest park green belts.

It has been proven that it is advisable to use it during geodetic works in the formation of forest park green belts the following models: planned territorial model of possible placement, three-dimensional territorial model of possible placement, planned project model, three-dimensional project model, planned areal model of placement, three-dimensional areal model of placement of forest park green belts.

The analysis of research shows the expediency of introducing a new concept of the situational model of forest park green belts. The indicated studies require the analysis of multi-agent systems for modeling the dynamics of the urban environment, including forest-park green belts.

***Keywords:* geodetic works; forest park green belts; information modeling; cadastre; information situation; situational modeling; organizational measures; satellite technologies.**

УДК 528.4-021.321]:349.4(045) <https://doi.org/10.31713/vs220237>

Максютов А. О., к.пед.н., доцент (Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, м. Умань, Черкаська область, andriy.maksyutov@udpu.edu.ua)

ОСНОВНІ ЕТАПИ ТА ОСОБЛИВОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ГЕОДЕЗИЧНИХ РОБІТ ПІД ЧАС ЗДІЙСНЕННЯ ЗЕМЛЕВПОРЯДНИХ ЗАХОДІВ

У статті розглянуто основні етапи та особливості проведення геодезичних робіт під час здійснення землепорядних заходів. Встановлено, що проведення землепорядних заходів є одним із складних процесів, оскільки включає великий комплекс робіт, спрямованих на вивчення стану земельних ресурсів, їх розподілу та організацію території в цілому. Доведено, що особливе місце в землеустрої та землепорядкуванні відводиться геодезичним роботам, які характеризуються достатньою складністю їх проведення. У зв'язку з цим виникає безліч питань щодо організації та реалізації такого виду робіт.

Ключові слова: геодезичні роботи; землепорядні заходи; топографо-картографічні матеріали; топографо-геодезичні дослідження; камеральні роботи; геодезична основа; знімальні мережі.

Постановка проблеми. Землепорядкування – це свого роду генеральний план, за яким визначають контур і характер господарства, розташування і розмір його полів, луків, пасовищ, місць для житлового і промислового будівництва, джерела водозабезпечення і багато іншого, дуже важливого для життя і виробництва.

Проведення топографо-геодезичних обстежень є однією із землепорядних дій, що включаються до землеустрою. Воно покликано забезпечити топографічною основою у вигляді карт і планів землепорядні дії, а саме:

1. Утворення нових, а також впорядкування існуючих проєктів землеустрою з усуненням незручностей у розташуванні земель; уточнення та зміна меж землекористувань на основі схем районного розпланування.

2. Внутрішньогосподарська організація території колективних сільськогосподарських підприємств, фермерських господарств та

92

інших сільськогосподарських господарств з введенням економічно обґрунтованих сівозмін і влаштуванням усіх інших сільськогосподарських угідь (сади, пасовища, сінокоси), а також розробка заходів по боротьбі з ерозією ґрунтів.

3. Виявлення нових земель для сільського господарства та іншого використання.

4. Відведення і вилучення земельних ділянок.

5. Встановлення і зміна меж міст та інших населених пунктів.

6. Проведення ґрунтових, геоботанічних та інших обстежень.

7. Проєктування, розпланування і забудова сільських населених пунктів.

8. Ведення державного земельного кадастру. Кожна з указаних дій вимагає точності, повноти й детальності топографічних карт і планів. Показниками якості слугують масштаб карти (плану) і висота перерізу рельєфу, а масштаб карти (плану) і площа, на якій виконуються топографо-геодезичні роботи, визначають види і методи проведення цих робіт [11, С. 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження особливостей організації та проведення геодезичних робіт під час здійснення землепорядних заходів відображені у працях вітчизняних та зарубіжних вчених: Баран К. О. [1], Баран П. І. [2], Білокриницького С. М. [3], Божок А. П. [4], Кухар М. А. [6], Міхно П. Б. [8], Неумивакіна Ю. К. [9], Петровича Л. М. [10], Ранського М. П. [11].

Мета і завдання досліджень. Розглянути основні етапи та особливості проведення геодезичних робіт під час здійснення землепорядних заходів.

Визначити конструктивне значення проведення геодезичних робіт під час здійснення землепорядних заходів.

Виявити та охарактеризувати основні етапи та особливості проведення геодезичних робіт під час здійснення землепорядних заходів.

Виклад основного матеріалу досліджень. Проведення землепорядних заходів, під яким розуміють комплекс дій, спрямованих на вивчення стану земельних ресурсів та їх розподілу з метою забезпечення ефективного та раціонального їх використання, організації території та встановлення меж об'єктів на місцевості, нерозривно пов'язане з геодезичними роботами. У зв'язку з цим у землеустрої та землепорядкуванні таким роботам відводиться

особливе місце.

В результаті виконання комплексу геодезичних робіт у межах проведення землепорядних заходів формується та складається землепорядна документація, в якій визначаються заходи щодо забезпечення раціонального використання та охорони земель, обов'язкові для виконання власниками земель, а також особами, які володіють та користуються такими землями [1, С. 19].

Як об'єкти землеустрою виступають території суб'єктів України, території муніципальних утворень, а також частини цих територій. Технологія організації, підстави проведення та випадки, що встановлюють обов'язковість проведення землепорядних заходів, представлені на рис. 1.



Рис. 1. Особливості проведення землеустрою

У процесі проведення землепорядних заходів, що здійснюються відповідно до землепорядного проєкту, розробленого компетентними в цьому організаціями та установами, створюються документи, інакше кажучи топографо-картографічні матеріали, що відображають зміст та результати землепорядних робіт, які отримують у результаті проведення геодезичних робіт [6, С. 122]. Саме тому геодезичні роботи є технологічною основою землеустрою.

Отже, землепорядні заходи на початковому та кінцевому етапі тісно пов'язані з геодезичними роботами. Формування технологічного проєкту відбувається за результатами проведення топографо-геодезичних розвідок. Реалізація ж даного проєкту не є можливою без здійснення подібного роду геодезичних вимірів, які мають на меті забезпечити дотримання конфігурації при перенесенні в природу геометричних фігур та їх параметрів як складових елементів об'єкта землеустрою, так і всього об'єкта землепорядних робіт.

Геодезичні роботи, що проводяться при землеустрої,

поділяються на два види, що відрізняються своїм змістом [10, С. 128].

До першого виду належать польові роботи, які полягають у проведенні вимірів на місцевості. Зазвичай до них відносять визначення вертикальних та горизонтальних кутів, плоских прямокутних координат, горизонтальні прокладання, похилі відстані, площу об'єктів робіт. З цією метою застосовують геодезичне обладнання, до якого відносять нівеліри, теодоліти, тахеометри, далекоміри, GPS-приймачі тощо. Усі отримані результати вимірювань зберігаються або в пам'яті самого вимірювального приладу, або записуються виконавцем робіт у спеціальні форми журналів [14, С. 342].

До другого виду належать камеральні роботи, що ґрунтуються на аналізі, систематизації та математичній обробці отриманих у ході польових робіт з метою формування різних картографічних матеріалів. Подібні обчислення відбуваються в результаті застосування різних комп'ютерних засобів, машин, таблиць, графіків, номограм.

Найчастіше геодезичні роботи задля забезпечення землепорядних заходів здійснюють у кілька етапів, поданих на рис. 2.

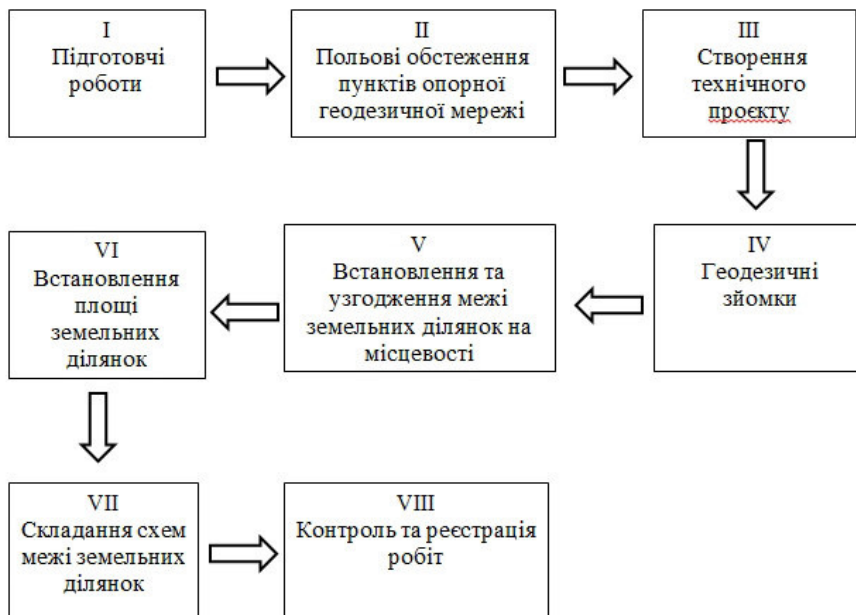


Рис. 2. Етапи проведення геодезичних робіт

Перший етап, підготовчі роботи, включає збирання та аналіз необхідної в конкретному випадку для проведення геодезичних робіт документації. У більшості випадків до неї відносять: проєкт землеустрою, договір про купівлю-продаж або оренду земельних ділянок, постанови органів місцевої влади про відведення земельної ділянки, топографічний план, креслення кордонів, списки координат пунктів державної геодезичної мережі та місцевих систем, документи, що містять інформацію про використання земель [5, С. 103].

До того, як проєкт починає складатися, в процесі його складання і на заключній стадії виконують наступні геодезичні роботи.

1. Побудова геодезичного знімального обґрунтування у вигляді типових схем трикутників, полігонометричних, теодолітних, тахеометричних, мензульних і нівелірних ходів, засічок із щільністю і точністю залежно від прийнятого масштабу знімання та висоти перерізу рельєфу.

2. Зйомки: аерофототопографічні (контурні, комбіновані, стереотопографічні) фототеодолітні, мензульні (топографічні – зі зйомкою рельєфа, контурні), теодолітні, тахеометричні, нівелювання поверхні, кадастрові зйомки.

3. Оновлення планів і карт – складання їх за результатами нової аерофотозйомки з використанням існуючих матеріалів геодезичного обґрунтування і старих зйомок.

4. Корегування планів – це зйомка і нанесення на існуючий план або карту об'єктів і контурів, які з'явилися, і видалення з плану об'єктів і контурів, які зникли. Перераховані 4 види геодезичних робіт проводять за відсутності якісних планів і карт на територію землекористувань, де виконується землеустрій.

5. Складання і оформлення планів і карт на основі виконаних зйомок.

6. Визначення площ землекористувань і угідь зі складанням експлікації.

7. Складання проєктних планів-копій із планів і карт.

8. Попереднє (ескізне) проєктування об'єктів.

9. Технічне проєктування об'єктів.

10. Підготовка до перенесення проєкту в натуру.

11. Перенесення проєкту в натуру (на місцевість).

12. Виконавчі зйомки [11, С. 8].

При організації геодезичних робіт використовують основу, в ролі якої виступають різного виду та типу геодезичні мережі, які є сукупністю розташованих по всій території України геодезичних пунктів. Структура геодезичної основи характеризується достатньою складністю, оскільки включає геодезичні побудови різних класів точності [2, С. 618]. Будується вона на основі принципу «від загального до приватного», тобто спочатку будується основа з пунктів вищого порядку з досягненням найвищої точності робіт, після їх згущення від вихідних базових точок будуються більш детальні мережі і так далі (рис. 3).

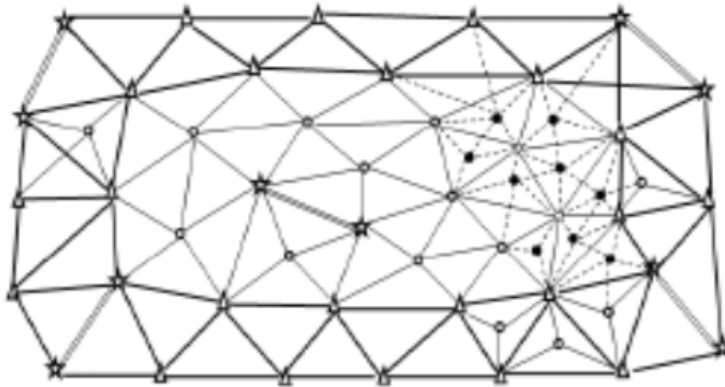


Рис. 3. Принцип побудови геодезичної основи

З метою виконання геодезичних робіт при проведенні землевпорядних заходів використовують геодезичні мережі згущення 3 та 4 класів точності, що розвиваються на основі пунктів геодезичної мережі, що характеризується вищою точністю.

Топографічні зйомки проводять переважно з використанням знімальних мереж, що розвиваються від базових пунктів мереж згущення. Знімальні мережі мають меншу точність ніж мережі згущення [8, С. 150]. За кількістю поширення пунктів на місцевості вони перевищують усі попередні шаблі геодезичної основи, оскільки характеризуються найчастішим їх розташуванням [4, С. 275].

З метою недопущення на місцевості втрати пунктів національних геодезичних мереж, мереж згущення, навіть знімальних мереж і пунктів, вони підлягають закріпленню постійними особливими знаками, які забезпечують їх збереження і стійкість протягом довгого часу. Тому з метою виявлення раніше встановлених пунктів, перевірки їх стану, збереження та вибору найбільш вигідної технології проведення геодезичних робіт на другому етапі геодезичних робіт під час проведення землеустрою

виконують польове обстеження геодезичної основи. Результат перевірки обов'язково включається до складу технічного проєкту [9, С. 184].

На третьому етапі відбувається процес складання технічного проєкту, що є основним документом, що визначає організацію, порядок і методику проведення геодезичних робіт, що містить відомості про пункти геодезичної основи, обладнання, терміни, порядок виробництва математичної обробки геодезичних вимірювань, а також включає кошторис витрат на виконання робіт. Після складання виконавцем робіт технічного проєкту його обов'язково надають замовнику для погодження.

Залежно від землевпорядних заходів, геодезичні зйомки, що здійснюються на четвертому етапі, роблять тими самими способами і з тією ж точністю, що і топографічні. Проведення внутрішньогосподарського землеустрою території (складання проєктів розпланування сільських населених пунктів, гідромеліоративні заходи гідротехнічні споруди, а саме: водозатримуючі й водовідводні вали, водозбірні споруди, ставки, терасування схилів) вимагає створення планової основи масштабом від 1:500 до 1:5000. Додатково на кадастрових планах та картах відображають межі земельних ділянок, кадастрові номери, дають експлікацію категорій земель, дозволене використання та функціональне призначення [12, С. 34].

Створення планової опорної геодезичної мережі виконується графічним, графоаналітичним, аналітичним способами (рис. 4, 5).

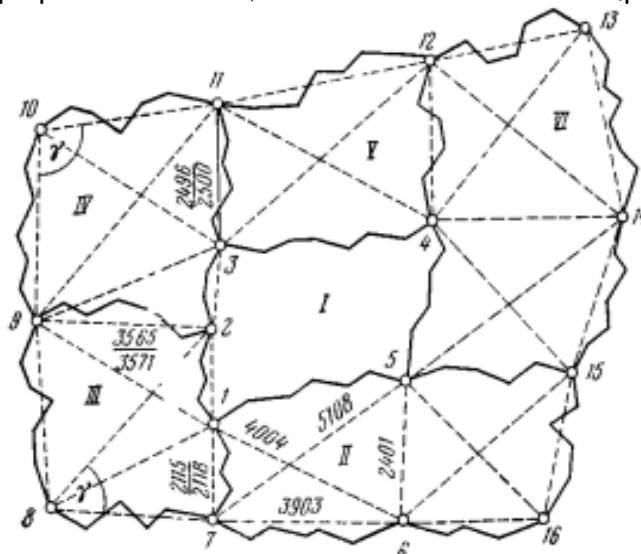


Рис. 4. Схема графічного способу створення планової опорної геодезичної мережі

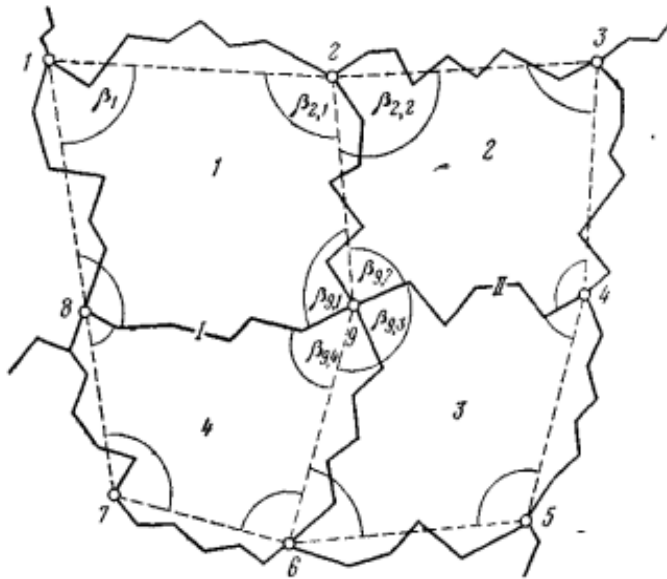


Рис. 5. Схема аналітичного способу створення планової опорної геодезичної мережі

При аналітичному способі обчислені за координатами діагональні лінії, які створюють трикутники, дають можливість будувати опорну геодезичну мережу методом лінійної триангуляції (трилатерації).

Головною характеристикою об'єкта землеустрою є його межа, яка є лініями, що проходять між поворотними точками. Тому так важливо на одному з етапів геодезичних робіт проводити уточнення, відновлення, узгодження та закріплення розташування характерних точок меж об'єкта землеустрою та його складових частин на території [3, С. 64].

Для цілей відновлення кордонів на місцевості використовують координати характерних точок, отриманих від пунктів геодезичного обґрунтування і закріплюють спеціальними довговічними об'єктами штучного походження. Якщо кордони на місцевості закріплені чітко розпізнавальними знаками, проіснували п'ятнадцять років і більше, то визначають координати таких точок. При виконанні геодезичної зйомки характерні точки кордонів знімаються послідовно один за одним. Усі отримані координати фіксуються з метою їхньої камеральної обробки [7, С. 403].

Визначення площ об'єктів землеустрою, що відбувається на шостому етапі геодезичних робіт, виконують переважно аналітичним

способом, тобто за координатами характерних точок кордонів. За інших випадках площа обчислюється за топографо-картографічними матеріалами з урахуванням графічної точності. Чисельний масштаб картографічних матеріалів дорівнює чисельному масштабу карти або плану.

При формуванні на сьомому етапі креслення меж об'єкта землеустрою необхідно враховувати масштаб базової кадастрової карти (плану). Він повинен бути рівним йому або більшим. Креслення створюється за результатами встановлення, відновлення, уточнення та узгодження біля кордонів земельних ділянок [13, С. 324].

Результатом проведення землевпорядних робіт є карта, картосхема або план об'єкта землеустрою, що складається на основі відомостей Єдиного державного реєстру нерухомості, топографо-картографічних матеріалів, результатів геодезичних зйомок, які проводяться на території. В основі карти (плану) лежить відображення в текстовому та семантичному видах розташування, меж та розміру об'єкта землеустрою.

Результати проведення робіт підлягають обов'язковому контролю щодо дотримання вимог технічного завдання та відповідних інструкцій виробництва геодезичних робіт.

Висновки. Таким чином, на основі вищевикладеного можна зробити висновок, що землеустрій – це важлива законодавча категорія, яка включає заходи, що дозволяють детально вивчити, спланувати та організувати раціональне використання земельних територій. Значення землеустрою для організації діяльності, пов'язаної із землею, дуже велике, оскільки багато громадян стикаються з проблемами володіння, власності або використання земельних ділянок. Тому землеустрій включає виконання робіт з організації всіх територій, які використовуються населенням країни, при цьому забезпечуючи максимально раціональну і оптимальну експлуатацію земель, а також поліпшення і комплексну охорону земель.

Отже, проведення заходів із землеустрою тісно пов'язане з проведенням геодезичних робіт, у результаті яких формуються картографічні матеріали, визначаються координати поворотних точок, встановлюються та уточнюються межі земельних ділянок, обчислюються їх площі, переносяться на територію кордону земельних ділянок. Виходячи з цього, можна вважати, що землевпорядні заходи розпочинають та завершують геодезичними роботами.

1. Баран К. О., Буряк, В. Я., Ковтун А. П., Сухіна К. Р., Третяк П. І. Інженерно-геодезичні роботи в Україні. *Вісник геодезії та картографії*. 2011. № 5 (74). С. 19–26.
2. Баран П. І. Інженерна геодезія : монографія. Київ : ПАТ «Віпол», 2012. 618 с.
3. Білокриницький С. М. Топографія і геодезія : метод. посіб. Чернівці : Рута, 2001. 64 с.
4. Божок А. П. Топографія з основами геодезії : підруч. Київ : Вища школа, 1995. 275 с.
5. Дорошко Є. В., Захарова Е. В., Саркісян Г. С., Міхно П. Б. Обґрунтування доцільності єдиноформатної технології автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань : посіб. Київ : Технічні науки та архітектура, 2021. С. 103–107.
6. Кухар М. А., Доброходова О. В., Євдокімов А. А., Мироненко М. Л. Можливості сучасного електронного геодезичного обладнання та тенденції його розвитку. *Комунальне господарство міст. Сер. Технічні науки та архітектура*. 2021. Вип. 164. Том 4. С. 122–127.
7. Мамонов К. А. Територіальний розвиток використання земель регіону: напрями та особливості оцінки : монографія / Харків : Нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. 403 с.
8. Міхно П. Б. Проблеми застосування традиційних інженерно-геодезичних технологій в Україні в сучасних умовах. *Технічні та економічні рішення з протидії глобальним викликам : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (17–20 вересня 2020 р., Кременчук)*. Кременчук : Колос, 2020. С. 150–154.
9. Неумивакин Ю. К., Перский М. К. Земельно-кадастровые геодезические работы : пособие. М. : Колосс, 2008. 184 с.
10. Петрович Л. М., Волосецкий Б. І. Основи кадастру : навч. посіб. Львів : ЛАГТ, 2000. 128 с.
11. Ранський М. П. Геодезичні роботи в землевпорядкуванні : метод. посіб. Чернівці : Рута, 2007. С. 4–8.
12. Таратула Р. Б. Теоретичні засади формування та функціонування земельно-інформаційної системи. *Науковий вісник Херсонського державного університету. Сер. Економічні науки*. 2017. Вип. 24. Ч. 2. С. 34–38.
13. Хохлов Г. П. Теорія і практика розрахунку й оцінки точності інженерно-геодезичних вимірювань : монографія. Кременчук : КрНУ, 2017. 324 с.
14. Чижмаков А. Ф. Геодезія : навч. посіб. Київ : Надра, 1977. 342 с.

REFERENCES:

1. Baran K. O., Buriak, V. Ya., Kovtun A. P., Sukhina K. R., Tretiak P. I. Inzhenerno-heodezychni roboty v Ukraini. *Visnyk heodezii ta kartohrafii*. 2011. No 5 (74). S. 19–26.
2. Baran P. I. Inzhenerna heodeziia : monohrafiia. Kyiv : PAT «Vipol», 2012. 618 s.
3. Bilokrynytskyi S. M. Topohrafiia i heodeziia : metod. posib. Chernivtsi : Ruta, 2001. 64 s.
4. Bozhok A. P. Topohrafiia z osnovamy heodezii : pidruch. Kyiv : Vyshcha shkola, 1995. 275 s.
5. Dorozhko Ye. V., Zakharova E. V., Sarkisian H. S., Mikhno P. B. Obgruntuvannia dotsilnosti yedynoforamtnoi tekhnolohii avtomatyzovanoi obrobky rezultativ heodezychnykh vymiriuvan : posib. Kyiv : Tekhnichni nauky ta arkhitektura, 2021. S. 103–107.
6. Kukhar M. A., Dobrokhodova O. V., Yevdokimov A. A.,

Myronenko M. L. *Mozhlyvosti suchasnoho elektronnoho heodezychnoho obladnannia ta tendentsii yoho rozvytku. Komunalne hospodarstvo mist. Ser. Tekhnichni nauky ta arkhitektura.* 2021. Vyp. 164. Tom 4. S. 122–127.

7. Mamonov K. A. *Terytorialnyi rozvytok vykorystannia zemel rehionu: napriamy ta osoblyvosti otsinky : monohrafiia / Kharkiv. nats. un-t misk. hosp-va im. O. M. Beketova.* Kharkiv : KhNUMH im. O. M. Beketova, 2020. 403 s.

8. Mikhno P. B. *Problemy zastosuvannia tradytsiinykh inzhenerno-heodezychnykh tekhnolohii v Ukraini v suchasnykh umovakh. Tekhnichni ta ekonomichni rishennia z protydii hlobalnym vyklykam : materialy Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii (17–20 veresnia 2020 r., Kremenchuk).* Kremenchuk : Kolos, 2020. S. 150–154.

9. Neumyvakin Yu. K., Perskyi M. K. *Zemelno-kadastrovyie heodezycheskie raboty : posobiie.* M. : Koloss, 2008. 184 s.

10. Petrovych L. M., Volosetskyi B. I. *Osnovy kadastru : navch. posib.* Lviv : LAHT, 2000. 128 s.

11. Ranskyi M. P. *Heodezychni roboty v zemlevporiadkuvanni : metod. posib.* Chernivtsi : Ruta, 2007. S. 4–8.

12. Taratula R. B. *Teoretychni zasady formuvannia ta funktsionuvannia zemelno-informatsiinoi systemy. Naukovyi visnyk Khersonskoho derzhavnoho universytetu. Ser. Ekonomichni nauky.* 2017. Vyp. 24. Ch. 2. S. 34–38.

13. Khokhlov H. P. *Teoriia i praktyka rozrakhunku y otsinky tochnosti inzhenerno-heodezychnykh vymiriuvan : monohrafiia.* Kremenchuk : KrNu, 2017. 324 s.

14. Chyzhnikov A. F. *Heodeziia : navch. posib.* Kyiv : Nadra, 1977. 342 s.

Maksiutov A. O., Candidate of Pedagogic Sciences (Ph.D.), Associate Professor (Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, Uman, Cherkasy Region)

MAIN STAGES AND FEATURES OF GEODESIC WORK DURING EARTHWORKING MEASURES

The article discusses the main stages and features of conducting geodetic works during the implementation of land management measures. It has been established that the implementation of land management measures is one of the complex processes, as it includes a large complex of works aimed at studying the state of land resources, their distribution and organization of the territory as a whole. It has been proven that a special place in land management and land management is given to geodetic works, which are characterized by sufficient complexity of their implementation. In this connection, many questions arise regarding the organization and

implementation of this type of work.

It has been established that for the purpose of restoring the boundaries in the area, the coordinates of the characteristic points obtained from the points of geodetic justification are used and fixed with special durable objects of artificial origin. If the borders in the area are fixed with clearly recognizable signs, have existed for fifteen years or more, then the coordinates of such points are determined. When performing a geodetic survey, the characteristic points of the boundaries are taken one after the other. All received coordinates are fixed for the purpose of their camera processing. It has been proven that the organization of geodetic works uses a basis, in the role of which geodetic networks of various types and types act, which are a collection of geodetic points located throughout the territory of Ukraine. The structure of the geodetic base is characterized by sufficient complexity, as it includes geodetic constructions of various classes of accuracy. It is built on the basis of the principle "from general to private", i.e. first, the base is built from points of a higher order with the achievement of the highest accuracy of works, after their condensation from the initial base points, more detailed ones are built networks and so on.

***Keywords:* geodetic works; land management measures; topographical and cartographic materials; topographical and geodetic research; camera works; geodetic base; camera networks.**

Мошинський В. С., д.с.-г.н., професор, Клименко М. О., д.с.-г.н., професор, Клименко Л. В., к.с.-г.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, v.s.moshynskyi@nuwm.edu.ua, m.o.klimenko@nuwm.edu.ua, l.v.klimenko@nuwm.edu.ua)

ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДХОДІВ ДО ВИЗНАЧЕННЯ СТРАТЕГІЧНИХ І ОПЕРАЦІЙНИХ ЦІЛЕЙ СТАЛОГО РОЗВИТКУ МІСТА РІВНОГО

У статті проаналізовано Стратегію розвитку Рівного на період до 2040 року, яку була розроблена на матеріалах SWOT-аналізу і має кілька недоліків щодо узгодження її стратегічних і операційних цілей з Національними екологічними цілями. Запропоновано стратегію доповнити стратегічною та операційними цілями в екологічній сфері. Узгодження екологічних цілей в екологічній сфері Стратегії з Національними екологічними цілями пропонується здійснювати з дотриманням наступних до них вимог, які узгоджуються зі змістом стратегічного бачення, зорієнтовані на реальні ресурси, відповідають Національним цілям, мають бути досяжними і оцінюватися кількісно та якісно.

Запропонована нами стратегічна ціль в екологічній сфері міста включає чотири операційні цілі та низку завдань, які призначені для виведення критичних показників екологічної сфери на конкурентний рівень Івано-Франківська, Луцька.

Ключові слова: стратегія; стратегічні цілі; операційні цілі; завдання; показники; ризики.

Постановка проблеми. Глобальні цілі сталого розвитку для країн світу були визначені у *Порядку денному на XXI століття* (Ріо-де-Жанейро, 1992 р.), Йоганнесбурзькій декларації та Плану дій щодо подальшого впровадження принципів сталого розвитку Світового саміту з проблем сталого розвитку (Йоганнесбург, 2002 р.), доповіді «*Майбутнє, якого ми прагнемо*» (Ріо-де-Жанейро, 2012 р.)

Цих цілей було задекларовано – 17 і 169 конкретних завдань, які були затверджені у 2015 р. на засіданні Генеральної асамблеї ООН з питань сталого розвитку [1].

Світовий досвід впровадження засад сталого розвитку

засвідчує, що при розробці стратегій сталого розвитку країн, регіонів, міст передбачається досягнення об'єднаних цілей, а саме: зменшення соціальної нерівності, економічного зростання, конкурентоспроможності бізнесу, забезпечення екологічної безпеки (або екологічної стійкості).

В Україні у процесі визначення стратегічних і операційних цілей сталого розвитку регіонів, міст, об'єднаних громад практикують визначення також трьох стратегічних цілей, які стосуються соціальної, економічної, екологічної складових їх розвитку на довгострокову перспективу. При цьому слід зазначити, що визначення стратегічних цілей сталого розвитку на цих рівнях здійснюються на підставі проведення SWOT-аналізу за участю представників влади, бізнесу, громадських організацій і науки, і не практикуються інші підходи щодо визначення цих стратегічних цілей іншими методами.

Відповідно пошук і обґрунтування інших методів і способів визначення стратегічних цілей сталого розвитку на всіх рівнях, від локального до державного, набуває особливої актуальності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивченню концептуальних засад сталого розвитку на локальних і регіональних рівнях присвячені наукові праці [2–10], в яких висвітлюються підходи визначення стратегічних і операційних цілей та завдань сталого розвитку міст і об'єднаних громад за результатами SWOT-аналізу. Проте питання формулювання стратегічних і операційних цілей сталого розвитку міст і об'єднаних громад на підставі кількісних і якісних показників соціальної, економічної, екологічної сфер цих адміністративних одиниць потребує проведення додаткових досліджень.

Мета та завдання досліджень. Мета роботи передбачала обґрунтування підходів з використанням кількісних показників і конкурентних переваг до визначення стратегічних і операційних цілей сталого розвитку міста на прикладі екологічної сфери.

Досягнення мети передбачало вивчення наступних завдань: здійснити аналіз та оцінку визначених стратегічних і операційних цілей у стратегії сталого розвитку м. Рівне на період до 2040 р.; (сформулювати) обґрунтувати стратегічні й операційні цілі розвитку екологічної сфери м. Рівне за кількісними та якісними показниками і прогнозом їх змін на віддалену перспективу.

Об'єкт дослідження. Процеси, що протікають в екологічній

сфері міста.

Предмет дослідження. Показники, які характеризують стан екологічної сфери міста.

Методи дослідження. При проведенні досліджень використовувались методи аналізу порівнянь, системного аналізу, SWOT-аналізу.

Результати досліджень. За визначенням В. П. Кучерявого, міста, як і люди, мають свої долі, свої біографії [11]. Одні з них стрімко розвиваються, а інші – занепадають і навіть зникають.

У XX столітті Афіньська хартія визначала місто як просторове поєднання функцій житла, відпочинку та праці, тоді як в Європейській хартії міст місто розглядається як бажане місце досягнення історичного компромісу між економічними, соціальними та екологічними вимогами [12].

У нашому визначенні будь-яке місто є надскладною соціо-економіко-екологічною системою, яка має конкретні характеристики за класами, типами, ознаками і, у більшості випадків, є відкритою, динамічною, нелінійною, надскладною, багатофункціональною, мобільною, цілеспрямованою системою, якій притаманні цілі, темпи, стадії, напрями розвитку [13].

Ретроспективний аналіз розвитку міст України засвідчує, що вони були побудовані й розвивалися на основі екстенсивної моделі, для якої притаманною є етапність – від малого поселення до містечка, міста, з наростаючими протиріччями між економікою та станом довкілля.

Внаслідок цього більшість міст України мають справу зі складними та загрозливими проблемами, а саме: низькими темпами розвитку економіки, зростаючою бідністю, наявністю безробіття, нерівністю, нерозвиненою та застарілою інфраструктурою, низькою якістю публічних послуг, відсутністю почуття безпеки жителів, низькими показниками тривалості життя населення, незадовільним станом довкілля, наявністю загрози біорізноманіттю, деградацією ґрунтів, забрудненням повітря, відсутністю сортування й утилізації твердих побутових, небезпечних та токсичних відходів, підвищеним рівнем шуму і електромагнітних випромінювань, незадовільним станом питної води, обмеженим доступом до альтернативних джерел енергії.

Однак, нарощування темпів соціо-економіко-екологічного розвитку при переході на засади сталого розвитку може мати і позитивні аспекти, а саме: збільшувати пропозицію матеріальних

благ для задоволення попиту населення; сприяти зростанню продукування духовних благ (освіти, науки, культури); покращувати функціонування системи охорони здоров'я; збільшувати частку національного доходу на душу населення.

У свою чергу зростання доходу забезпечує: зниження негативного впливу антропогенної діяльності на стан довкілля міста (за рахунок фінансування природоохоронних заходів); екологічну підготовку кадрів; впровадження комплексу маловідходних і ресурсощадних технологій та реалізацію інших заходів природоохоронного характеру; підвищення рівня життя населення міста у безпечному довкіллі.

Виходячи з цього, недопустимо підвищувати рівень соціо-економічного розвитку міста без врахування екологічної складової та її покращення.

Відповідно до SWOT-аналізу стану м. Рівного в екологічній складовій виявлено наступні слабкі сторони: висока щільність забудови міста; дефіцит вільних територій; використання для перевезень пасажирів застарілого парку автобусів; висока забрудненість поверхневих вод озера Басів Кут, р. Устя та її приток [10].

У Стратегічному баченні на 2040 рік м. Рівне повинне стати одним із найбільших у Східній Європі логістично-торгівельних центрів із розвиненою інфраструктурою, сучасним і конкурентним економічним потенціалом. Це місто, яке створює можливості для самореалізації, відкрите, екологічне [10].

Для досягнення цього бачення у стратегії розвитку міста сформульовано три стратегічні цілі.

Третя стратегічна ціль. *«Місто, соціально-орієнтоване на мешканців, у якому безпечно та затишно»* – передбачає реалізацію операційних цілей, які орієнтовані на покращення стану екологічної складової, а саме: **3.1.** *«Місто дружнє до дітей та людей з вадами»* і **3.2.** *«Розвиток рекреаційних та екологічних зон міста»*.

Для цього необхідні: **3.1.2.** модернізація просторової інфраструктури міста (шляхом створення безпечного середовища); **3.2.1.** створення екологічних затишних зон у місті для відпочинку та прогулянок (шляхом збереження і покращення стану водних об'єктів, облаштування у прибережних зонах нових зелених просторів із парками, алеями, спортивними майданчиками); **3.2.2.** популяризація рекреаційних можливостей міста (шляхом проведення культурних,

спортивних, освітніх заходів у зелених зонах міста); **3.2.3.** підвищення ефективності використання води та енергоресурсів (шляхом впровадження міської системи управління ТПВ, модернізації мережі РОВКП ВГК «Рівнеоблводоканал» з метою зменшення втрат води і підвищення її якості, забезпечення стабільного електро- і газопостачання міста) [10].

На нашу думку, стратегічна та операційні цілі в екологічній сфері міста, сформульовані у Стратегії розвитку Рівного на період до 2040 року, не повною мірою відповідають Національним екологічним цілям, які визначені Законом України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» № 2697-VIII від 28.02.2019 р.

Узгодження екологічних цілей розвитку в екологічній сфері м. Рівного на період до 2040 року з Національними екологічними цілями нами пропонується здійснювати з дотриманням наступних до них вимог, які узгоджуються зі стратегічним баченням; зорієнтовані на реальні ресурси; відповідають національним цілям; мають бути досяжними; оцінюються якісними показниками (експертами); оцінюються кількісно з використанням даних, наведених у Статистичних щорічниках України (наявності конкурентних переваг або їх відсутності).

Аналіз відповідності цілей Стратегії розвитку м. Рівного на період до 2040 року національним екологічним цілям представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Аналіз відповідності цілей Стратегії розвитку м. Рівного на період до 2040 року національним екологічним цілям

Національні екологічні цілі	Стратегічна ціль в екологічній сфері м. Рівного	Операційні цілі в екологічній сфері м. Рівного
1. Формування в суспільстві екологічних цінностей і засад сталого споживання та виробництва	3. Покращення екологічної сфери життєдіяльності міста шляхом формування	3.1. Формування у жителів міста екологічних цінностей і підвищення у них екологічної свідомості ++
2. Забезпечення сталого розвитку природно-ресурсного потенціалу України	екологічно безпечного середовища як необхідної вимоги для	3.2. Забезпечення сталого розвитку природно-ресурсного потенціалу міста ++

продовження табл. 1

4. Зниження екологічних ризиків з метою мінімізації їх впливу на екосистеми, соціально-економічний розвиток та здоров'я населення	покращення умов проживання населення та здоров'я міських жителів ++	3.3. Зниження екологічних ризиків з метою мінімізації їх впливу на соціально-економічний розвиток і здоров'я населення ++
5. Удосконалення та розвиток державної системи природоохоронного управління		3.4. Удосконалення та розвиток регіональної системи природоохоронного управління ++

Примітка: авторська розробка, операційні цілі 3.1–3.4 нейтральні по відношенню до 3-ї національної екологічної цілі.

Для експертної оцінки відповідності цілей використовували п'ятибальну шкалу, а саме: (++) – цілі стратегії добре узгоджені з екологічними цілями; (+) – цілі стратегії та екологічні цілі принципово узгоджуються; (0) – цілі стратегії та екологічні цілі нейтральні по відношенню одні до одних; (-) – цілі стратегії та екологічні цілі не узгоджуються; (--) – цілі стратегії та екологічні цілі принципово суперечать одні одним.

Як видно з табл. 1, в якій наведено результати встановлення відповідності стратегічної та операційних цілей Стратегії розвитку м. Рівного на період до 2040 року національним екологічним цілям, запропоновані нами стратегічна і операційні цілі добре узгоджені з національними екологічними цілями.

Рекомендується досягнення операційних цілей в екологічній сфері здійснювати шляхом виконання заходів, завдань і проєктів (табл. 2).

Таблиця 2

Перелік завдань, призначених для досягнення операційних цілей в екологічній сфері

Операційні цілі	Оцінка	Завдання
1	2	3
Ціль 3.1. Формування у жителів міста екологічних цінностей і підвищення у них екологічної свідомості	++	Впровадження освіти в інтересах сталого розвитку, екологічної освіти та виховання з метою підвищення у жителів екологічної свідомості. Забезпечення участі науковців, бізнесу і громадськості в ухваленні управлінських рішень у сфері охорони навколишнього природного середовища та природокористування

продовження табл. 2

<p>Ціль 3.2. Забезпечення сталого розвитку природно-ресурсного потенціалу міста</p>	<p>++</p>	<p>Впровадження основних засад Стратегії державної екологічної політики в збалансоване лісоуправління (збереження зелених насаджень) Вдосконалення державної статистичної звітності використання природних ресурсів та забруднення навколишнього середовища Зменшення негативного впливу процесів урбанізації на навколишнє середовище Недопущення необґрунтованого знищення зелених насаджень та незаконного відведення земельних ділянок, зайнятих зеленими насадженнями, під будівництво Забезпечення сталого управління водними ресурсами за басейновим принципом Забезпечення сталого використання та охорона земель, зменшення втрат біорізноманіття Недопущення зростання рівнів забруднення атмосферного повітря міста та погіршення якості питної води</p>
<p>Ціль 4. Зниження екологічних ризиків з метою мінімізації їх впливу на соціально-економічний розвиток і здоров'я населення</p>	<p>++</p>	<p>Зниження рівня забруднення атмосферного повітря міста та поверхневих вод озера Басів Кут, р. Устя та її приток Покращення якості ґрунтів та впровадження ефективної системи підвищення їх родючості Запровадження управління екологічним ризиком на основі моделювання, прогнозування з метою захисту природних екосистем, здоров'я населення Запобігання розповсюдженню інвазійних видів рослин, поширенню уражень зелених насаджень міста Впровадження сталої системи управління відходами та небезпечними хімічними речовинами</p>
<p>Ціль 5. Удосконалення та розвиток регіональної системи природоохоронного управління</p>	<p>++</p>	<p>Посилення спроможності природоохоронного управління у проведенні комплексного моніторингу стану навколишнього природного середовища Забезпечення цільового бюджетного фінансування природоохоронних заходів та недержавного інвестування природоохоронних проєктів Удосконалення професійної підготовки фахівців у системі охорони довкілля</p>

Примітка: авторська розробка.

Як видно з табл. 2, в якій сформульовані завдання для досягнення операційних цілей Стратегії розвитку м. Рівного до 2040 року, вони також добре узгоджуються з Національними екологічними цілями та завданнями.

Враховуючи відсутність конкурентних переваг, судячи зі статистичних даних середніх міст України на 2017 рік (Івано-Франківська, Луцька, Мелітополя), Рівне характеризується: високими показниками викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел – 11,68 кг/особу, тоді як у містах порівняння від 1,8 до 5,3 кг/особу; високими показниками утворення відходів I–III класів небезпеки – 6,89 кг/особу, а у містах порівняння від 1,3 до 2,4 кг/особу; малою площею зелених масивів та насаджень – 22,9 м²/особу, а у містах порівняння від 23,2 до 47,9 м²/особу; низькими витратами на природоохоронну діяльність – 12,5 грн/особу, а у містах порівняння від 198,1 до 224,2 грн/особу.

У 2020 році показники стану екологічної сфери у Рівному не зазнали значних змін на краще у порівнянні з іншими середніми містами України і складала величини: викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел – 15,4 кг/особу, утворення відходів I–III класів небезпеки – 5,05 кг/особу; площ зелених масивів та насаджень – 23,0 м²/особу, інвестицій і поточних витрат на охорону навколишнього середовища – 51,2 грн/особу.

Виникає потреба внесення доповнень до стратегічної і операційних цілей та завдань Стратегії розвитку Рівного на період до 2040 року з метою виведення цих критичних показників екологічної сфери на конкурентний рівень.

Операційна ціль 3.2. Забезпечення сталого розвитку природно-ресурсного потенціалу міста.

Завдання. Недопущення необґрунтованого знищення зелених насаджень та незаконного відведення земельних ділянок, зайнятих зеленими насадженнями, під будівництво.

Збільшення площ зелених масивів і насаджень повинно стати одним із пріоритетних завдань для планування розвитку та інтеграції елементів живої природи у міський простір. Це посприятиме збільшенню продукування кисню, зниженню захворюваності населення та підвищуватиме привабливість міста Рівне.

Що ж для цього потрібно зробити: розробити концепцію розвитку зелених масивів і насаджень у прибережних зонах озера Басів Кут, річки Устя і її приток Боярчик та Тиннівський.

Місто має облаштувати у прибережних зонах нові паркові зони, квітники, алеї, пішохідні та велосипедні доріжки, обсажені декоративними кущами.

Індикатори успіху: **1)** довести площу зелених масивів і насаджень до 30 м²/особу; **2)** здійснити реконструкцію та доукомплектування парків «Хімік», «Молоді», зелених масивів; **3)** збільшити обсяг капіталовкладень та інвестицій в озеленення міста.

Завдання. Забезпечення сталого управління водними ресурсами за басейновим принципом.

З цією метою водні об'єкти міста мають використовуватися для рибальства, купання населення та мати привабливий вигляд.

Що ж для цього потрібно зробити: розробити проекти очистки від осаду Басівкутського озера, русла р. Устя; розробити проект упорядкування русл і водоохоронних зон річок Боярчик і Тиннівської.

Індикатори успіху: **1)** проєкт очистки від осаду озера Басів Кут; **2)** проєкт упорядкування водоохоронних зон і русл річок Боярчик, Тиннівська.

Завдання. Недопущення погіршення якості питної води.

Невідповідність якості питної води за хімічними та мікробіологічними показниками санітарно-гігієнічним вимогам обумовлює зростання захворюваності населення міста. Виникає потреба в уточненні цих впливів на стан, рівень захворюваності населення міста та покращення якості питної води.

Що ж для цього потрібно зробити: відновити роботу колонок подачі питної води у житлових масивах з метою регулярного відбору зразків для проведення контролю її якості; для знезараження питної води підприємствам рекомендувати використовувати гіпохлорит натрію марки А; мінімізувати витрати води в системах централізованого водопостачання.

Індикатори успіху: **1)** відновлення роботи колонок подачі води на вулицях містах в кількості 20 штук; **2)** мінімізація витрат води від аварій у системі централізованого водопостачання до рівня 3%; **3)** доведення якості води Басівкутського озера, річок Устя, Боярчик, Тиннівська до II класу якості; **4)** упорядкування Басівкутського пляжу.

Завдання. Недопущення зростання рівнів забруднення атмосферного повітря міста.

Зростання рівня забруднення атмосферного повітря забруднюючими речовинами спричиняє підвищення показників захворюваності населення міста та скорочення тривалості життя.

Що ж для цього потрібно зробити: підприємствам – основним забруднювачам атмосферного повітря міста необхідно модернізувати газоочисне обладнання (фільтри), а за їх відсутності встановити сучасне газоочисне обладнання та фільтри.

Індикатори успіху: **1)** зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря міста від стаціонарних джерел на 50%; **2)** запровадження обліку викидів забруднюючих речовин від пересувних джерел.

Операційна ціль 4. Зниження екологічних ризиків з метою мінімізації їх впливу на соціально-економічний розвиток і здоров'я населення.

Завдання. Упровадження сталої системи управління відходами.

За показником накопичення відходів I–III класів небезпеки Рівне накопичує їх в розрахунку на особу від 5 до 6,8 кг, що у 3 рази більше, ніж у Луцьку та Івано-Франківську. Виникає потреба в проведенні досліджень щодо встановлення реальної ваги накопичення відходів населенням міста.

Що ж для цього потрібно зробити: провести наукові дослідження та встановити реальні показники накопичення відходів I–III класів небезпеки жителями міста; переглянути тарифи на вивезення відходів відповідно до їх реальних величин, встановлених експериментально; запровадити сортування твердих побутових відходів із видаленням органіки, теплотворних компонентів, скла зусиллями ОСББ та на сортувальному підприємстві.

Індикатори успіху: **1)** запроваджена система поводження з твердими побутовими відходами; **2)** часткова компенсація тарифу на поводження з відходами.

Завдання. Запровадження управління екологічними ризиками на основі моделювання та прогнозування з метою захисту здоров'я населення.

За результатами наукових досліджень учених НУВГП було встановлено, що переважна більшість поширення хвороб населення міста корелює з обсягами викидів забруднюючих речовин від стаціонарних, пересувних джерел.

Одночасно було встановлено, що захворюваність населення на рак легенів у місті обумовлюється об'ємною активністю радону в

будинках і густиною потоку радону з поверхні ґрунту.

Що ж для усунення цих ризиків необхідно зробити: розробити математичні моделі оцінювання і прогнозування впливу обсягів викидів забруднюючих речовин від стаціонарних і пересувних джерел на поширеність основних хвороб населення міста; об'ємної активності радону і густини потоку радону з поверхні ґрунту на рак легень населення.

Індикатори успіху: 1) картосхеми територій міста з визначенням зон ризиків для проживання населення від обсягів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря й об'ємної активності радону в будинках.

Висновки. Аналіз Стратегії розвитку Рівного на період до 2040 року, яка розроблялась на підставі результатів, отриманих при проведенні SWOT-аналізу, засвідчує про її декларативність у визначенні 3-х стратегічних і операційних цілей, зорієнтованих на вирішення проблем у соціальній, економічній і частково в екологічній сферах.

Задекларовані в Стратегії три операційні цілі, які побічно зорієнтовані на покращення стану екологічної сфери, не повною мірою відповідають Національним екологічним цілям і потребують визначення самостійної стратегічної цілі в наступній редакції: «Покращення екологічної сфери життєдіяльності міста шляхом формування екологічно безпечного середовища як необхідної вимоги для покращення умов проживання населення та здоров'я міських жителів».

Узгодження екологічних цілей в екологічній сфері Стратегії розвитку Рівного на період до 2040 року з Національними екологічними цілями пропонується здійснювати з дотриманням наступних до них вимог, які узгоджуються зі змістом стратегічного бачення, зорієнтовані на реальні ресурси, відповідають національним цілям, мають бути досяжними, оцінюються кількісно та якісно.

Стратегічна ціль в екологічній сфері міста включає чотири операційні цілі та завдання, які узгоджуються з Національними екологічними цілями і призначені для виведення критичних показників екологічної сфери (високі викиди забруднюючих речовин в атмосферу від стаціонарних джерел 11,6 кг/особу, утворення відходів I–III класів небезпеки 6,9 кг/особу, мала площа зелених масивів та насаджень 22,9 м²/особу, низькі витрати на природоохоронну діяльність 12,5 грн/особу) на конкурентний рівень, 114

досягнутий у містах Івано-Франківськ, Луцьк, Мелітополь.

1. Цілі сталого розвитку 2016–2030. URL: <http://www.un.org.ua/ua/tsili-rozvytku-tysiacholittia/tsili-staloho-rozvytku>. (дата звернення: 08.06.2023).
2. Про Стратегію сталого розвитку «Україна – 2020» : Указ Президента України від 12.01.2015 р. № 5/2015. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/5/2015/conv> (дата звернення: 08.06.2023).
3. Васильєва О. І., Васильєва Н. В. Концептуальні засади сталого розвитку територіальних громад. *Інвестиції: практика та досвід*. 2018. № 8. С. 74–78.
4. Циклаурі О. Б. Інтеграція цілей сталого розвитку міст і громад в умовах децентралізації в Україні. *Менеджер*. 2018. № 1. С. 209–217.
5. Микитась М. В., Плоский В. О. Сталий розвиток міст: стан досліджень, міжнародний та український досвід. *Енергоефективність в будівництві та архітектурі* : наук.-техн. зб. ; відп. ред. П. М. Куліков. Київ : Нац. ун-т буд-ва і архіт., 2017. Вип. 9. С. 168–173.
6. Дерун Т. М., Кочерга О. П. Цілі сталого розвитку в системі стратегічного планування розвитку територіальних громад. *Державне управління: удосконалення та розвиток*. 2021. № 4. URL: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=2052> (дата звернення: 08.06.2023). DOI: 10.32702/2307-2156-2021.4.34
7. Павліха Н. В., Войчук М. В. Концептуальні засади управління сталим розвитком міста в умовах європейської інтеграції та реалізації реформи децентралізації. *Регіональна економіка*. 2018. № 3(89). С. 29–35.
8. Стратегія економічного та соціального розвитку м. Рівного на 2015–2019 роки.
9. Герасимчук З. В., Середа О. В. Стратегічне управління розвитком міст: теорія, методологія, практика : монографія. Луцьк : Вежа-Друк, 2014. 276 с.
10. Стратегія розвитку Рівного на період до 2040 року. URL: <http://investrv.org.ua/storage/web/source/1/1qW5AF0Edx0fdCRFWGH2bewRuFvlyK8x.pdf> (дата звернення: 08.06.2023).
11. Кучерявий В. П. Урбоєкологія : підручник. Львів : Світ, 1999. 360 с.
12. Клименко Л. В. Обґрунтування стратегічного бачення, місії, цілей та завдань сталого розвитку міста Рівне. *Вісник НУВГП. Сер. Сільськогосподарські науки*. Рівне : НУВГП, 2021. Вип. 2(94). С. 98–110.
13. Коваленко А. О. Урбанізація і стратегічне планування сталого розвитку міст. *Екологічний вісник*. Дніпро, 2017. № 4. С. 67–77.

REFERENCES:

1. Tsili staloho rozvytku 2016–2030. URL: <http://www.un.org.ua/ua/tsili-rozvytku-tysiacholittia/tsili-staloho-rozvytku>. (data zvernennia: 08.06.2023).
2. Pro Stratehiiu staloho rozvytku «Ukraina – 2020» : Ukaz Prezydenta Ukrainy vid 12.01.2015 r. № 5/2015. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/5/2015/conv> (data zvernennia: 08.06.2023).
3. Vasylieva O. I., Vasylieva N. V. Kontseptualni zasady staloho

rozvytku terytorialnykh hromad. *Investytsii: praktyka ta dosvid*. 2018. № 8. S. 74–78. **4.** Tsyklauri O. B. Intehratsiia tsilei staloho rozvytku mist i hromad v umovakh detsentralizatsii v Ukraini. *Menedzher*. 2018. № 1. S. 209–217. **5.** Mykytas M. V., Ploskyi V. O. Stalyi rozvytok mist: stan doslidzhen, mizhnarodnyi ta ukraïnskyi dosvid. *Enerhoefektyvnist v budivnytstvi ta arkhitekturi* : nauk.-tekhn. zb. ; vidp. red. P. M. Kulikov. Kyiv : Nats. un-t bud-va i arkhit., 2017. Vyp. 9. S. 168–173. **6.** Derun T. M., Kocherha O. P. Tsili staloho rozvytku v systemi stratehichnoho planuvannia rozvytku terytorialnykh hromad. *Derzhavne upravlinnia: udoskonalennia ta rozvytok*. 2021. № 4. URL: <http://www.dy.nayka.com.ua/?op=1&z=2052> (data zvernennia: 08.06.2023). DOI: 10.32702/2307-2156-2021.4.34 **7.** Pavlika N. V., Voichuk M. V. Kontseptualni zasady upravlinnia stalym rozvytkom mista v umovakh yevropeiskoi intehratsii ta realizatsii reformy detsentralizatsii. *Rehionalna ekonomika*. 2018. № 3(89). S. 29–35. **8.** Stratehiia ekonomichnoho ta sotsialnoho rozvytku m. Rivnoho na 2015–2019 roky. **9.** Herasymchuk Z. V., Sereda O. V. Stratehichne upravlinnia rozvytkom mist: teoriia, metodolohiia, praktyka : monohrafiia. Lutsk : Vezha-Druk, 2014. 276 s. **10.** Stratehiia rozvytku Rivnoho na period do 2040 roku. URL: <http://investrv.org.ua/storage/web/source/1/1qW5AFOEdx0fdCRFWGH2bewRuFvlyK8x.pdf> (data zvernennia: 08.06.2023). **11.** Kucheriavyi V. P. Urboekolohiia : pidruchnyk. Lviv : Svit, 1999. 360 s. **12.** Klymenko L. V. Obgruntuvannia stratehichnoho bachennia, misii, tsilei ta zavdan staloho rozvytku mista Rivne. *Visnyk NUVHP. Ser. Silskohospodarski nauky*. Rivne : NUVHP, 2021. Vyp. 2(94). S. 98–110. **13.** Kovalenko A. O. Urbanizatsiia i stratehichne planuvannia staloho rozvytku mist. *Ekolohichni visnyk*. Dnipro. 2017. № 4. S. 67–77.

Moshynskyi V. S., Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Klymenko M. O., Doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Klymenko L. V., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate
Professor (National University of Water and Environmental Engineering,
Rivne)

JUSTIFICATION OF APPROACHES TO DEFINITION OF STRATEGIC AND OPERATIVE GOALS OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE CITY RIVNE

The article performed the analysis of the development Strategy of Rivne within the period of the year 2040, being worked out on the basis of the results received while performing SWOT-analysis which testify its declarativeness when defining three strategic and operative

goals oriented towards the solution of problems in social, economic, and partly ecological spheres.

Three operative goals declared in the strategy are obliquely oriented to the improvement of ecological sphere state and don't fully respond to the National ecological goals and require the definition of independent strategic goals in the next edition «The improvement of ecological sphere of city life activity by forming ecologically safe environment as necessary requirement of improvement of population living conditions and health of city inhabitants».

Agreement of goals in the ecological sphere of development Strategy of Rivne within the period of the year 2040 with National ecological goals is suggested to realize complying the following requirements which are agreed with the contents to strategic vision, oriented to real resources, meet national goals, should be achievable, are evaluated quantitatively and qualitatively.

Defined by us the strategic goal in ecological sphere of the city includes four operative goals: formation of ecological values of the city inhabitation and raising their ecological consciousness, provision of sustainable development of natural resource potential of the city, reduction of risks aimed at minimization of their impact on social and economic development and health of the inhabitants, improvement and development of regional statistics of environmental management.

These goals include tasks which coincide with National ecological goals and are meant for their withdrawal from critical condition according to quantitative and qualitative indices (high emission of pollutants into atmosphere from stationary sources (11,6 kg/per person), small area of green massifs and plantations (22,9 m²/per person) low costs on environmental protection activity (12,5 hrn/per person) – on the competitive level achieved by the cities of Ivano-Frankivsk, Lutsk, Melitopol.

Keywords: strategy; strategic goals; operative goals; tasks; indices; risks.

УДК 631.45:631.8/821.1:633.34 <https://doi.org/10.31713/vs220239>

Польовий В. М., д.с.-г.н., професор (Інститут сільського господарства Західного Полісся, с. Шубків, rivne_apv@ukr.net), **Яценко Л. А., к.с.-г.н., доцент, докторантка** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, l.a.yashchenko@nuwm.edu.ua), **Ровна Г. Ф., старший науковий співробітник** (Інститут сільського господарства Західного Полісся, с. Шубків, rivne_apv@ukr.net)

ДИНАМІКА ПРОДУКУВАННЯ CO₂ ІЗ ПРОВАПНОВАНОГО ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОГО ҐРУНТУ ЗАЛЕЖНО РІВНІВ УДОБРЕННЯ СОЇ

У зв'язку із загрозою глобального потепління одним із актуальних завдань сучасності є оцінка інтенсивності процесів мінералізації та дослідження циклу вуглецю в наземних екосистемах. Питання впливу удобрення на фоні хімічної меліорації на емісійні потоки CO₂ у сівозміні Західного Полісся є маловивченим і потребує детального аналізування. Метою роботи було виявити інтенсивність емісії CO₂ з дерново-підзолистому ґрунту, його концентрацію в приземному шарі повітря, баланс органічного вуглецю за різних доз удобрення сої на фоні хімічної меліорації. Для проведення досліджень застосовували польовий, агрохімічний і статистичний методи. У ході досліджень виявлено, що впродовж вегетаційного періоду у полі сої на фоні 1,0 Нг дози CaMg(CO₃)₂ за внесення N₅₅P₂₀K₅₀ і N₆₅P₅₀K₇₅ із додаванням S₄₀ і мікродобрива прослідковується знижена концентрація CO₂ в приземному шарі повітря порівняно з іншими варіантами, що пов'язано з вищою продуктивністю культури. У фазу розгалуження сої відзначено посилення емісії діоксиду вуглецю з ґрунту, максимальний показник впродовж вегетації зафіксовано за одностороннього внесення азотних добрив N₅₅ – 353 кг/га/добу. У фазу повної стиглості відмічено найнижчі показники емісії CO₂ та концентрації CO₂ в приземному шарі повітря. Вирощування сої за різних рівнів удобрення на фоні меліорації зумовило непродуктивні потоки CO₂ в інтервалі від 13,1 до 20,0 т/га за вегетацію. Кореляційний аналіз показав обернену залежність між урожайністю надземної маси і непродуктивними втратами CO₂ з ґрунту при R²=0,61. Відповідно найнижчими непродуктивні втрати

CO₂ 3,3–3,6 кг/га/год були у варіантах застосування на фоні 1,0 Нг дози CaMg(CO₃)₂ розрахункових доз N₅₅P₂₀K₅₀ і N₆₅P₅₀K₇₅ із додаванням S₄₀ і мікродобрива (двічі), де за рахунок вищої врожайності основної і побічної продукції, післязбиральних залишків відбувалося нагромадження органічної речовини та секвестрація органічного вуглецю в ґрунті на рівні 0,45–0,53 т/га.

Ключові слова: соя; емісія CO₂; дози удобрення; хімічна меліорація; баланс органічного вуглецю.

Постановка проблеми. Головним джерелом нагромадження гумусу є органічні добрива, внесення яких за останні десятиріччя практично відсутні, тому відбуваються значні втрати родючості ґрунту, що супроводжуються емісією CO₂ в атмосферу [1].

Втрата карбону в орних ґрунтах через їх нераціональне використання перетворює агроєкосистеми на потужне джерело парникового газу – діоксиду карбону, а підвищення продуктивності агроценозів на орних ґрунтах сприяє зв'язуванню атмосферного CO₂ і тим самим пом'якшенню парникового ефекту [2]. Сучасні екологічні проблеми поставили перед суспільством ряд науково-практичних завдань, одним з яких є моніторинг накопичення парникових газів в атмосфері. Для запобігання екологічних катастроф та зниження родючості ґрунту необхідна їх своєчасна діагностика [3; 4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Ґрунтова органічна речовина є сховищем найбільших запасів вуглецю в наземних екосистемах та виконує в біосфері важливу роль контролювання кліматичних параметрів [5].

Кругообіг органічного вуглецю в ґрунті – це динамічний процес, в якому рослини відіграють провідну роль. Швидкість розкладання органічних матеріалів зазвичай пропорційна кількості органічної речовини в ґрунті. Збільшуючи вміст останньої в ґрунті, можна досягти більш високого рівня запасу вуглецю (вуглецевий баланс) [6; 7]. За висновками різних учених [8] сумарний річний потік CO₂ з ґрунтів наземних екосистем нашої планети оцінюється в 50–70 Гт, а тому незначні порушення ґрунтового дихання в глобальному масштабі можуть призвести до серйозних змін концентрації CO₂ в атмосфері [9; 10].

Емісія CO₂ тісно пов'язана із напрямом господарського використання земель та способами обробітку ґрунтів. Визначальним чинником істотного порушення балансу депонованого карбону в

ґрунті та атмосфері в агросфері є глибока оранка, незбалансоване застосування мінеральних добрив, порушення структури сівозміни тощо, які мають негативний вплив на ґрунтову біоту, що знижує екологічну стійкість і продуктивність агроєкосистем та родючість ґрунту [11].

Запровадження мінімального обробітку ґрунту призводить до суттєвого зменшення викидів вуглекислого газу в атмосфері, що пов'язано із створенням більш анаеробних умов в верхньому його шарі, що подавляє діяльність ґрунтових аеробних мікроорганізмів, яка значною мірою і визначає обсяги гетеротрофного дихання ґрунту [12].

Систематична оранка протягом шести років призводить до зменшення вмісту лабільної органічної речовини і фульвокислот та зниження потенційної здатності до продукування CO₂ у верхньому шарі ґрунту порівняно з поверхневим обробітком та технологією прямого висіву [13].

Система удобрення, яка передбачає застосування в сівозміні органічних і мінеральних добрив у загальноприйнятих дозах забезпечує стабільність гумусового стану, з тенденцією до підвищення з 1,02% до 1,16–1,34%, забезпечуючи відтворення його родючості [14].

Встановлено, що кількість діоксиду карбону, що виділяється у приземний шар атмосфери з ґрунту, тісно пов'язана з якістю рослинних решток, біотичною активністю та інтенсивністю процесів мінералізації – гуміфікацією. За величиною цього показника можна судити про інтенсивність процесів мінералізації органічної речовини ґрунту [15]. У разі гострої нестачі вологи спостерігається зниження обсягів емісії CO₂ з ґрунту.

Актуальність досліджень циклу вуглецю в наземних екосистемах пов'язана з проблемою оцінки глобальних змін клімату. Згідно з доповіддю Міжурядової групи експертів зі змін клімату, за останні 100 років середня температура земної поверхні підвищилася на 0,6° С, а концентрація вуглекислого газу в атмосфері – на 90 ppm (тобто на 30%) [16].

Сучасне потепління клімату спричиняє інтенсифікацію потоку неорганічного вуглецю з поверхні ґрунтів за рахунок біохімічної деградації органічної речовини. У зв'язку із загрозою глобального потепління одним з актуальних завдань сучасності є отримання об'єктивних оцінок балансу вуглецю в екосистемах. Для цього необхідно встановлення інтенсивності процесів мінералізації та

величини річних потоків вуглекислого газу з ґрунтів під різними рослинними угрупованнями [17].

Тому пошук способів раціонального використання ґрунту як основного засобу виробництва продукції рослинництва у контексті глобальної проблеми парникового ефекту набуває значної ваги.

Мета і завдання досліджень. Встановити інтенсивність емісії CO_2 та балансу органічного вуглецю під впливом різних доз удобрення на фоні вапнування при вирощуванні сої на дерново-підзолистому ґрунті в умовах Західного Полісся.

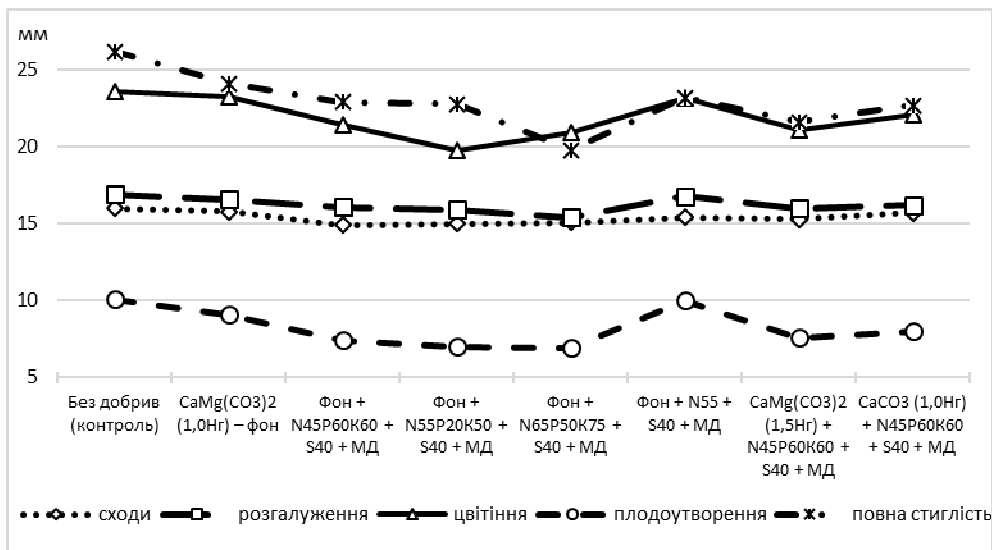
Методика досліджень. Стаціонарний дослід закладений на дерново-підзолистому зв'язнопіщаному ґрунті. Дослідження проведені у полі сої. Посівна площа ділянки в 99 м^2 ($16,5 \times 6$), облікова – 50 м^2 ($12,5 \times 4$), повторність досліду триразова. Розміщення варіантів у досліді послідовне. Технологія вирощування – загальноприйнята для зони Полісся. Захист культур від шкідників, хвороб і бур'янів проводився за інтенсивною технологією. Загальним фоном у досліді є заорювана побічна продукція.

Схема досліду: Без добрив (контроль); $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,0 Нг) – фон; Фон + $\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ + S_{40} + мікродобриво (двічі); Фон + $\text{N}_{55}\text{P}_{20}\text{K}_{50}$ + S_{40} + мікродобриво (двічі); Фон + $\text{N}_{65}\text{P}_{50}\text{K}_{75}$ + S_{40} + мікродобриво (двічі); Фон + N_{55} + S_{40} + мікродобриво (двічі); $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,5 Нг) + $\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ + S_{40} + мікродобриво (двічі); CaCO_3 (1,0 Нг) + $\text{N}_{45}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ + S_{40} + мікродобриво (двічі).

Хімічну меліорацію ґрунту проводили доломітовим ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) і вапняковим (CaCO_3) борошном перед закладанням стаціонарного досліду у дозі, встановленій за рівнем гідролітичної кислотності (Нг) досліджуваного ґрунту. Мінеральні добрива вносили у формі аміачної селітри, амофосу, калію хлористого.

Моніторинг емісії CO_2 здійснювався в польових умовах в основні фази росту і розвитку культури за допомогою портативного аналізатора TESTO-440 та в лабораторних умовах стандартизованих за параметрами температури і вологості за методикою Б. М. Макарова. Змішані ґрунтові зразки для визначення CO_2 у лабораторних умовах були відібрані у 0–20 см шарі ґрунту.

Погодні умови вегетаційного періоду були сприятливими для росту і розвитку сільськогосподарських культур і зумовили певні показники запасу продуктивної вологи і температури ґрунту на час проведення досліджень (рис. 1).

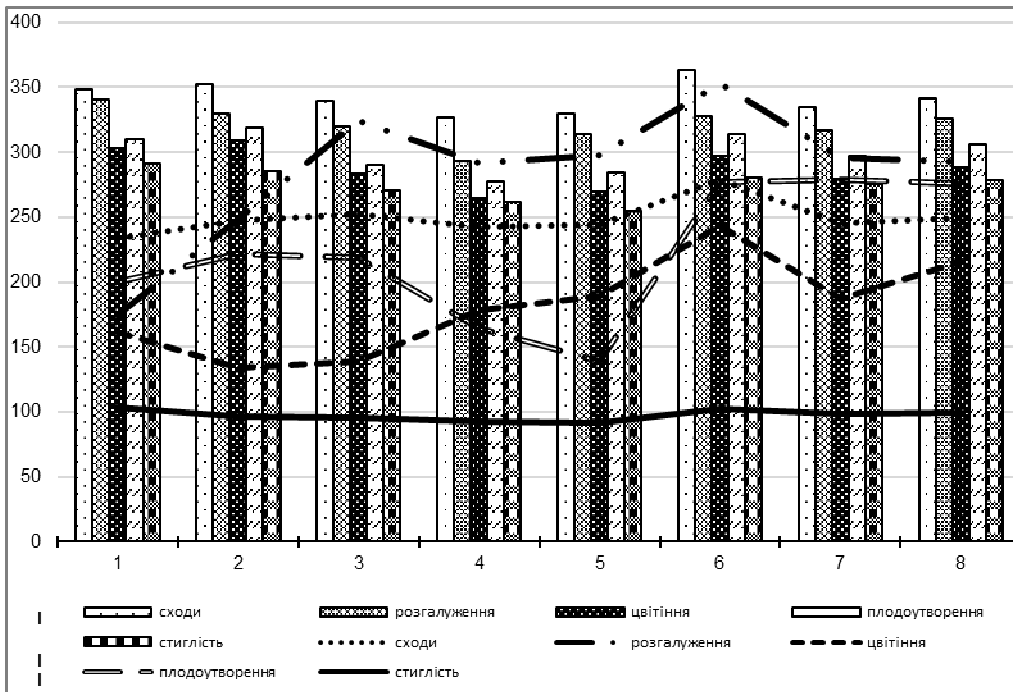


Примітка. Температура ґрунту, °С: сходи – 19,3; розгалуження – 22,3; цвітіння – 18,3; плодоутворення – 25,7; повна стиглість 24,4.

Рис. 1. Запаси продуктивної вологи у 0–20 см шарі ґрунту у посівах сої, мм

Виклад основного матеріалу дослідження. Інтенсивність емісії діоксиду карбону величина динамічна, яка змінюється протягом вегетаційного періоду і залежить від вологи, температури, антропогенного навантаження на ґрунт.

Рівень емісії діоксиду карбону на початку вегетації сої за температури ґрунту 19,3° С та продуктивної вологи 14,9–16,0 мм в 0–20 см шарі ґрунту варіантів у фазу сходів за добу знаходився в межах 234–279 кг/га/добу і концентрація CO₂ у приземному шарі повітря перебувала в інтервалі 327–363 ppm (рис. 2).



Примітка: 1–8 – варіанти схеми досліджу; I – концентрація CO₂ у приземному шарі повітря, ppm; II – емісія CO₂ з ґрунту, кг/га/добу.

Рис. 2. Динаміка виділення CO₂ з дерново-підзолистого ґрунту залежно від рівнів удобрення і меліорації

Дані показники за внесення 1,0 дози Нг СаMg(CO₃)₂ і на контролі (без добрив) були дещо вищими і склали 348 і 352 ppm у приземному шарі повітря за емісії CO₂ за добу з ґрунту 234 і 247 кг/га. Найвища інтенсивність емісії CO₂ (279 кг/га/добу) за концентрації CO₂ над ґрунтом 363 ppm у дану фазу відмічена з внесенням лише аміачної селітри (N₅₅) на фоні СаMg(CO₃)₂. За внесення повного мінерального удобрення N₆₅P₅₀K₇₅ і N₅₅P₂₀K₅₀ на фоні хімічної меліорації прослідковується зниження концентрації CO₂ у приземному шарі повітря та його емісійних потоків з ґрунту порівняно з іншими удобрюваними варіантами до рівнів 327–330 ppm і 242–244 кг/га/добу.

У фазу розгалуження за підвищеної температури ґрунту до 22,3° С і продуктивної вологи 15,4–16,9 мм в 0–20 см шарі ґрунту відмічено збільшення інтенсивності емісії CO₂ у варіантах із удобренням на 17,7–28,6% порівняно з попереднім періодом.

Підвищення температури повітря і вологості ґрунту викликає посилення емісійних втрат CO_2 [17; 18]. Хоча за удобрення $\text{N}_{65}\text{P}_{50}\text{K}_{75}$ і $\text{N}_{55}\text{P}_{20}\text{K}_{50}$ з додаванням S_{40} і мікродобрива (двічі) на фоні $1,0 \text{ Нг СаМg}(\text{CO}_3)_2$ прослідковується зниження емісії CO_2 з ґрунту та концентрації CO_2 у приземному шарі повітря відносно інших варіантів із удобренням, проте щодо контролю (без добрив і хімічної меліорації) інтенсивність емісії зростає в 1,8 рази. За внесення N_{55} за інших однакових умов удобрення емісійні потоки CO_2 були найвищими – 353 кг/га/добу.

У фазу цвітіння за температури ґрунту 18°C і продуктивної вологи 19,8–23,6 мм інтенсивність емісії CO_2 дещо знизилась порівняно з минулим періодом і склала 134–243 кг/га ґрунту та концентрація CO_2 у приземному шарі повітря 265–297 ppm. Як і у попередню фазу найвищими показниками вирізнявся варіант N_{55} на фоні доломітового борошна.

У фазу плодоутворення за температури ґрунту $25,7^\circ \text{C}$ та продуктивної вологи 6,9–10,1 мм концентрація CO_2 зростає порівняно з попередньою фазою росту і розвитку сої на 2,3–6,5%, що пов'язано як із погодними умовами так і фізіологічною активністю рослин. Найістотніше підвищення інтенсивності емісійних потоків CO_2 з ґрунту відносно попереднього періоду відмічено на фоні $1,5 \text{ Нг}$ дози $\text{СаМg}(\text{CO}_3)_2$ – 139 кг/га/добу за концентрації у приземному шарі 297 ppm.

У фазу повної стиглості за зниження температури ґрунту до $24,4^\circ \text{C}$ та продуктивної вологи 19,8–26,2 мм відмічено найнижчі показники емісії CO_2 91,4–103 кг/га/добу з ґрунту. Порівняно з попередньою фазою рослин сої зниження емісійних потоків CO_2 становило 6,1–10,8%. Найнижчими вони були у варіантах застосування розрахункових доз добрив на фоні $1,0$ дози $\text{СаМg}(\text{CO}_3)_2$ – 91,4–92,5 кг/га/добу та концентрації CO_2 у приземному шарі повітря – 255–262 ppm відповідно.

Емісійні потоки CO_2 з одиниці площі за вегетаційний період сої показані на рис. 3. Найменшими $21,0 \text{ т/га}$ вони були на варіанті без добрив (контроль). Згідно досліджень найвищим цей показник був за удобрення $\text{N}_{55} + \text{S}_{40} +$ мікродобриво (двічі) на фоні $1,0 \text{ Нг СаМg}(\text{CO}_3)_2$ – $30,1 \text{ т/га}$. Викиди CO_2 із провапнованого ґрунту при внесенні азоту пов'язані не тільки з мінералізацією органічного вуглецю ґрунту, але й з розчиненням неорганічної його частини [19].

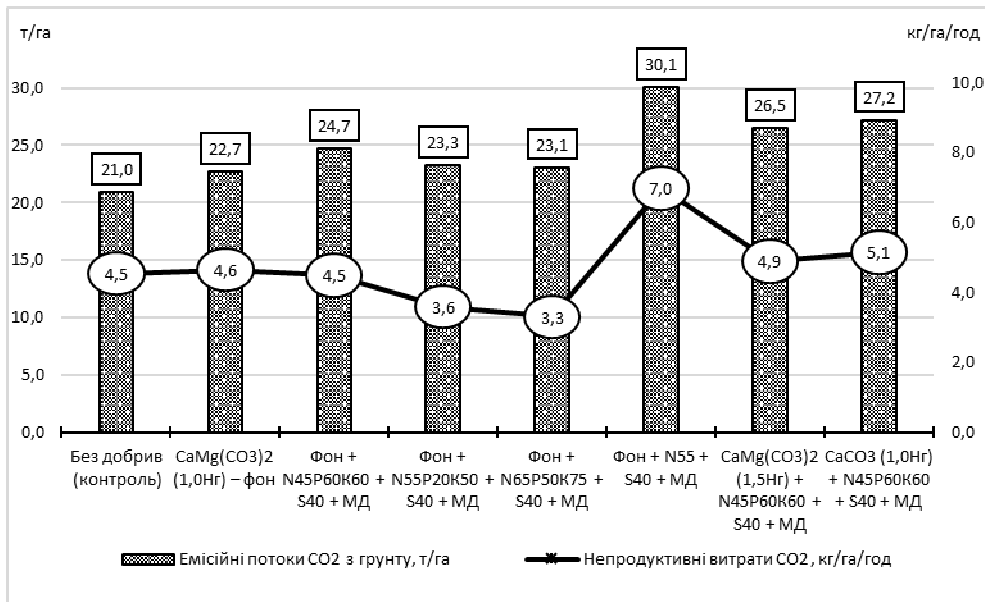


Рис. 3. Емісійні потоки CO₂ із дерново-підзолистого ґрунту

Колообіг діоксиду вуглецю зумовлює як використання рослинами виділеного з ґрунту CO₂ в процесі фотосинтезу, так і непродуктивні його витрати. Вирощування сої за різних рівнів удобрення на фоні меліорації зумовило непродуктивні потоки CO₂ в інтервалі від 13,1 до 20,0 т/га за вегетацію. Враховуючи час вегетації рослин сої (120 днів) на дерново-підзолистому ґрунті залежно від удобрення та вапнування непродуктивні втрати CO₂ були в межах 3,3–7,0 кг/га/год.

Слід відзначити, що кількість емітованого у атмосферу CO₂ за вегетаційний період сої знаходилася у протилежній залежності від рівня продуктивності культури. Взаємозв'язок урожайності надземної маси культури (y) і непродуктивних викидів діоксиду вуглецю (x) за вегетацію сої показана через поліноміальне рівняння другого порядку (рис. 4).

Із даних рівняння $y = -0,9741x^2 + 9,7024x - 11,914$ стає очевидним, що ріст продуктивності культури сприяє зниженню непродуктивним втратам CO₂ при R²=0,61.

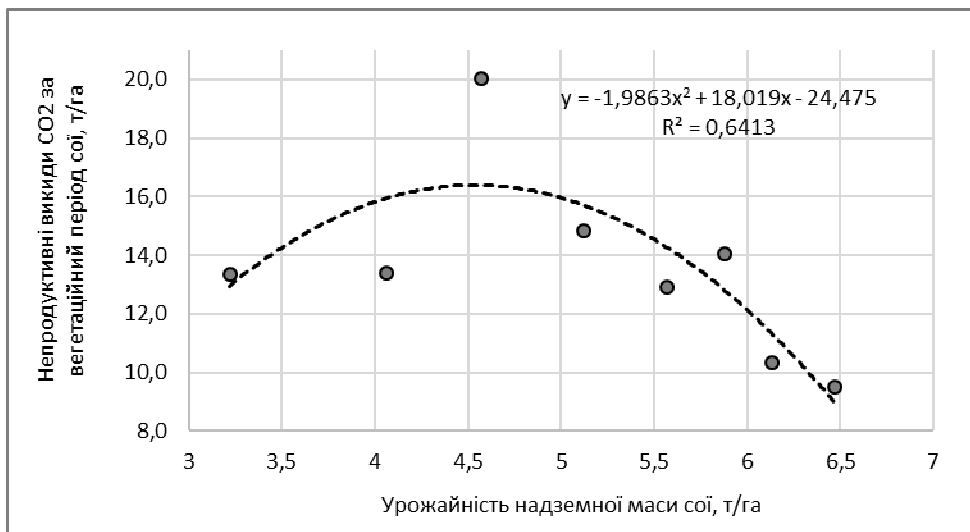


Рис. 4. Залежність між обсягами емітованого CO₂ в атмосферу за вегетаційний період та урожайності надземної маси сої

Ґрунтовий органічний вуглець чутливий до того, як управляють ґрунтом; нераціональне використання земель є причиною того, що ґрунти втрачають органічну речовину/вуглець, і відбуваються викиди парникових газів. Зміни вмісту гумусу в ґрунтах залежать від двох взаємно протилежних процесів – гуміфікації та мінералізації органічних речовин. Наслідком їх інтенсивності є накопичення або втрати гумусу. Для того, щоб встановити спрямованість та інтенсивність цих змін застосовують балансовий метод, який враховує статті надходження та відчуження органічного вуглецю [10].

Результатами досліджень встановлено, що у зоні Полісся залишення 100% нетоварної частини врожаю у полі за внесення різних доз мінеральних добрив на фоні хімічної меліорації забезпечує перевагу надходження органічної речовини над її втратами і оптимізацію параметрів вмісту органічної речовини у дерново-підзолистому ґрунті (таблиця).

Виявлено, що впродовж досліджень бездефіцитний баланс органічного вуглецю в ґрунті вдалося підтримувати у варіантах із удобренням і хімічною меліорацією. Найвищий додатний баланс органічного вуглецю в ґрунті сформувався за внесення N₅₅P₂₀K₅₀ і N₆₅P₅₀K₇₅ на фоні 1,0 дози Нг СаMg(CO₃)₂ з додаванням S₄₀ + мікродобриво і склав відповідно 0,45 і 0,53 т/га. Це пояснюється вищою урожайністю культури, що зумовило більшу кількість

органічної сировини, краще гумусоутворення та секвестрацію органічного вуглецю.

Одним із основних завдань землеробства є утримання вуглецевих сполук в родючому шарі ґрунту, що забезпечить підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Інтенсивність втрат органічного вуглецю суттєва на розорюваних земельних ділянках, тому для покращення їх стану рекомендується збільшення внесення органічних добрив, мінеральних добрив, заорювання соломи, проведення хімічної меліорації, що є ефективним заходом для боротьби з деградацією ґрунтів та забезпечує одержання додаткової кількості органічного вуглецю і позитивно впливає на показники родючості ґрунту [1; 20].

Таблиця

Баланс органічного вуглецю за вирощування сої залежно від
удобрення та хімічної меліорації, т/га

Варіант	Надходження			Втрати від мінералізації	Баланс	
	всього	в т.ч. за рахунок				
		кореневих решток	поверхневих решток			побічної продукції
Без добрив (контроль)	1,40	0,81	0,43	0,16	1,56	-0,16
CaMg(CO₃)₂ (1,0 Н_г) – фон	1,57	0,90	0,48	0,19	1,56	0,01
Фон + N₄₅P₆₀K₆₀ + S₄₀ + МД	1,89	1,06	0,58	0,25	1,56	0,33
Фон + N₅₅P₂₀K₅₀ + S₄₀ + МД	2,01	1,12	0,61	0,28	1,56	0,45
Фон + N₆₅P₅₀K₇₅ + S₄₀ + МД	2,09	1,16	0,64	0,29	1,56	0,53
Фон + N₅₅ + S₄₀ + МД (двічі)	1,66	0,94	0,51	0,21	1,56	0,10
CaMg(CO₃)₂ (1,5 Н_г) + N₄₅P₆₀K₆₀ + S₄₀ + МД	1,96	1,09	0,60	0,27	1,56	0,40
CaCO₃ (1,0 Н_г) + N₄₅P₆₀K₆₀ + S₄₀ + МД	1,81	1,03	0,56	0,22	1,56	0,25

Висновки. Узагальнені дані за вегетаційні періоди показали різницю інтенсивності виділення CO₂ з ґрунту за добу і концентрації

CO₂ в приземному шарі повітря між варіантами дослідів у весняно-літній період, що пов'язано насамперед із вологістю і температурою ґрунту, удобренням, хімічною меліорацією і заорюванням рослинної біомаси в ґрунт.

Встановлено, що на кислих ґрунтах без внесення мінеральних добрив та вапна, накопичення надземної та кореневої біомаси культур, відбувається повільно та не дає змоги компенсувати надходження відчуженої з урожаєм органічної речовини з ґрунту. В результаті цього створюються умови для підвищення мінералізації органічної речовини з ґрунту, та її втрати шляхом емісії CO₂ до атмосфери.

Визначено, що впродовж вегетаційного періоду у полі сої за внесення N₅₅P₂₀K₅₀ і N₆₅P₅₀K₇₅ + S₄₀ + Нутривант універсальний, 2 кг/га (двічі) на фоні 1,0 Нг дози СаMg(CO₃)₂ інтенсивність виділення CO₂ з ґрунту була найнижчою серед удобрюваних варіантів, що сприяло зниженню емісійних потоків діоксиду карбону в атмосферу до 9,5–10,3 т/га або 3,3–3,6 кг/га/год. У зазначених варіантах зростання маси побічної продукції, післязбиральних залишків зумовило підвищення надходження органічної речовини в ґрунт, що забезпечило формування найвищого додатного балансу органічного вуглецю в ґрунті 0,45–0,53 т/га порівняно з іншими варіантами дослідів.

1. Гаврилюк В. А., Мелимука Р. Я. Емісія вуглекислого газу та мікробіологічна активність ґрунтів за різного сільськогосподарського призначення в умовах Західного Полісся. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Сер. Агронія і біологія*. 2022. № 1. Т. 47. С. 42–47. DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.6>. (дата звернення: 08.06.2023).
2. Морозова Т. В., Ліхо О. А. Емісія CO₂ з ґрунтів під енергетичними культурами. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2022. Вип. 2(98). С. 89–103. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/24127>. (дата звернення: 08.06.2023). DOI: <https://doi.org/10.31713/vs220227>.
3. Трофименко П. І. Газовий склад надґрунтового шару повітря атмосфери та його роль у формуванні обсягів емісії газів із ґрунту. *Таврійський науковий вісник*. Херсон, 2018. № 103. С. 227–235. URL: http://tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/103_2018/103_2018.pdf. (дата звернення: 08.06.2023).
4. Piccolo A., Spaccini R., Drosos M., Vinci G., Cozzolino V. The Molecular Composition of Humus Carbon: Recalcitrance and Reactivity in Soils. *The Future of Soil Carbon, Its Conservation and Formation* / Editors: Garcia Carlos, Nannipieri Paolo, Hernandez Teresa. Academic Press., 2018. Edition

1st. Chapter 4. Pp. 87–124. DOI: 10.1016/B978-0-12-811687-6.00004-3. **5.** Lal G., Mohtar G. H., Assi A. T., Gay G., Baybil H., Lahn M. Soil as a Basic Nexus Tool: Soils at the Center of the Food–Energy–Water Nexus. *Current Sustainable/Renewable Energy Reports*. 2017. Issue 4. P. 117–129. DOI: 10.1007/s40518-017-0082-4. **6.** Nebbioso A., Piccolo A. Advances in humeomics: enhanced structural identification of humic molecules after size fractionation of a soil humic acid. *Analytica Chimica Acta*. 2012. Vol. 720. P. 77–90. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2012.01.027>. **7.** Pédrot M., Davranche M. Dynamic structure of humic substances: Rare earth elements as a fingerprint. *J. Colloid Interface Sci*. 2010. Vol. 345. Issue 2. P. 206–213. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2010.01.069>. **8.** Мірошніченко М. М. Динаміка емісії CO₂ за різних способів обробітку ґрунту. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2011. № 74. С. 1–5. **9.** Чорний С. Г., Видинівська О. В. Емісія оксиду вуглецю з чорнозему південного та можливості його секвестру при застосуванні технології no-till. *Біологічні системи*. 2013. Вип. 2. Т. 5. С. 262–267. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/3701/1/8.pdf>. (дата звернення: 08.06.2023). **10.** Снітинський В. В., Габриєль А. Й., Оліфір Ю. М., Германович О. М. Гумусний стан та емісія діоксиду вуглецю в агроєкосистемах. *Агроєкологічний журнал*. 2015. № 1. С. 53–58. **11.** Галицька М. А., Писаренко П. В., Кулик М. А. Гуміфікаційно-мінералізаційні процеси як показник акумуляції карбону в ґрунтах. *Таврійський науковий вісник*. 2018. № 2. С. 130–136. **12.** Ткачук В. П., Трофименко П. І. Вміст гумусу за різного використання дерново-підзолистого супіщаного ґрунту та обсяги емісійних втрат CO₂. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2020. № 2 (84). DOI: 10.31548/dopovidi2020.02. **13.** Попірний М. А., Сябрук О. П., Акімова Р. В., Шевченко М. В. Новітні інтегративні методи дослідження стабілізації органічного вуглецю за різного обробітку ґрунту. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2020. № 90. С. 13–28. DOI: 10.31073/acss90. **14.** Кочик Г. М. Гумусний стан дерново-підзолистого ґрунту за різних систем основного обробітку і удобрення. *Інститут землеробства НААН : зб. наук. праць ННЦ*. 2015. Вип. 2. С. 47–56. **15.** Трофименко П. І., Трофименко Н. В. Інтенсивність емісії CO₂ з ґрунтів Полісся під час вегетації культур та домінантність зумовлюючих її чинників. *Меліорація і водне господарство*. 2018. № 1. Т. 107. С. 47–54. DOI: 10.31073/mivg201801-120. **16.** Демиденко О. В. Управління обігом вуглецю в агроценозах під впливом низьковуглецевих агротехнологій. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 11. С. 46–52. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2014_11_10. (дата звернення: 08.06.2023). **17.** Трофименко П., Трофименко Н., Веремеєнко С., Борисов Ф. Методологія визначення інтенсивності дихання ґрунтів та емісійні втрати вуглецю агроландшафтами Лівобережного Полісся наприкінці періоду вегетації рослин. *Вісник Львівського національного аграрного університету. Сер. Агрономія*. 2019. Вип. 23. С. 238–243. URL:

<https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.238>. (дата звернення: 08.06.2023). **18.** Chen X., Liu M., Xu Z. et al. Influences of temperature and moisture on abiotic and biotic soil CO₂ emission from a subtropical forest. *Carbon Balance Manage.* 2021. Vol. 16. P. 18. URL: <https://doi.org/10.1186/s13021-021-00181-8> (дата звернення: 08.06.2023). **19.** Yu W. J., Li X. S., Chen Z. J., & Zhou J. B. Effects of nitrogen fertilizer application on carbon dioxide emissions from soils with different inorganic carbon contents. *The journal of applied ecology.* 2018. Vol. 29(8). P. 2493–2500. URL: <https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.201808.009> (дата звернення: 08.06.2023). **20.** Song Q., Zhu J., Gong Z., Feng Y., Wang Q., Sun Y., Zeng X., Lai Y. Effect of straw retention on carbon footprint under different cropping sequences in Northeast China. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2021. Vol. 28(39). Pp. 54792–54801. DOI: 10.1007/s11356-021-14316-4.

REFERENCES:

1. Havryliuk V. A., Melymuka R. Ya. Emisiia vuhlekysloho hazu ta mikrobiolohichna aktyvnist gruntiv za riznoho silskohospodarskoho pryznachennia v umovakh Zakhidnoho Polissia. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ser. Ahronomiia i biolohiia.* 2022. № 1. Т. 47. S. 42–47. DOI <https://doi.org/10.32845/agrobio.2022.1.6>. (data zvernennia: 08.06.2023).
2. Morozova T. V., Likho O. A. Emisiia SO₂ z gruntiv pid enerhetychnymy kulturamy. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Ser. Silskohospodarski nauky.* 2022. Vyp. 2(98). S. 89–103. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/24127>. (data zvernennia: 08.06.2023). DOI: <https://doi.org/10.31713/vs220227>.
3. Trofymenko P. I. Hazovyi sklad nadgruntovoho sharu povitria atmosfery ta yoho rol u formuvanni obsiahiv emisii haziv iz gruntu. *Tavriiskyi naukovyi visnyk.* Kherson, 2018. № 103. S. 227–235. URL: http://tnv-ahgho.ksauniv.ks.ua/ahchives/103_2018/103_2018.pdf. (data zvernennia: 08.06.2023).
4. Piccolo A., Spaccini R., Drosos M., Vinci G., Cozzolino V. The Molecular Composition of Humus Carbon: Recalcitrance and Reactivity in Soils. *The Future of Soil Carbon, Its Conservation and Formation* / Editors: Garcia Carlos, Nannipieri Paolo, Hernandez Teresa. Academic Press., 2018. Edition 1st. Chapter 4. Pp. 87–124. DOI: 10.1016/B978-0-12-811687-6.00004-3.
5. Lal G., Mohtar G. H., Assi A. T., Gay G., Baybil H., Lahn M. Soil as a Basic Nexus Tool: Soils at the Center of the Food–Energy–Water Nexus. *Current Sustainable/Renewable Energy Reports.* 2017. Issue 4. P. 117–129. DOI: 10.1007/s40518-017-0082-4.
6. Nebbioso A., Piccolo A. Advances in humeomics: enhanced structural identification of humic molecules after size fractionation of a soil humic acid. *Analytica Chimica Acta.* 2012. Vol. 720. P. 77–90. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2012.01.027>.
7. Pédrot M., Davranche M. Dynamic structure of humic substances: Rare earth elements as a fingerprint.

J. Colloid Interface Sci. 2010. Vol. 345. Issue 2. P. 206–213. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2010.01.069>. **8.** Miroshnychenko M. M. Dynamika emisii SO₂ za rıznykh sposobiv obrobittu gruntu. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*. 2011. № 74. S. 1–5. **9.** Chornyi S. H., Vydynivska O. V. Emisiia oksydu vuhletsiu z chornozemu pıvdennoho ta mozhlyvosti yoho sekvestru pry zastosuvanni tekhnolohii no-till. *Biolohichni systemy*. 2013. Vyp. 2. T. 5. S. 262–267. URL: <http://dspace.mnau.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/3701/1/8.pdf>. (data zvernennia: 08.06.2023). **10.** Snitynskyi V. V., Habryiel A. Y., Olifir Yu. M., Hermanovych O. M. Humusnyi stan ta emisiia dioksydu vuhletsiu v ahroekosystemakh. *Ahroekolohichni zhurnal*. 2015. № 1. S. 53–58. **11.** Halytska M. A., Pysarenko P. V., Kulyk M. A. Humifikatsiino-mineralizatsiini protsesy yak pokaznyk akumulatsii karbonu v gruntakh. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 2018. № 2. S. 130–136. **12.** Tkachuk V. P., Trofymenko P. I. Vmist humusu za rıznoho vykorystannia derno-pidzolistoho supishchanoho gruntu ta obsiahy emisiinykh vtrat SO₂. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy*. 2020. № 2 (84). DOI: 10.31548/dopovidi2020.02. **13.** Popirnyi M. A., Siabruk O. P., Akimova R. V., Shevchenko M. V. Novitni intehratyvni metody doslidzhennia stabilizatsii orhanichnoho vuhletsiu za rıznoho obrobittu gruntu. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*. 2020. № 90. S. 13–28. DOI: 10.31073/acss90. **14.** Kochyk H. M. Humusnyi stan derno-pidzolistoho gruntu za rıznykh system osnovnoho obrobittu i udobrennia. *Instytut zemlerobstva NAAN : zb. nauk. prats NNTs*. 2015. Vyp. 2. S. 47–56. **15.** Trofymenko P. I., Trofymenko N. V. Intensyvniat emisii SO₂ z gruntiv Polissia pid chas vechetatsii kultur ta dominantniat zumovliuiuchykh yii chynnykiv. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*. 2018. № 1. T. 107. S. 47–54. DOI: 10.31073/mivg201801-120. **16.** Demydenko O. V. Upravlinnia obihom vuhletsiu v ahrotsenozakh pid vplyvom nyzkovuhletsevykh ahrotekhnolohii. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2014. № 11. S. 46–52. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2014_11_10. (data zvernennia: 08.06.2023). **17.** Trofymenko P., Trofymenko N., Veremeienko S., Borysov F. Metodolohiia vyznachennia intensyvniat dykhannta gruntiv ta emisiini vtrat vuhletsiu ahrolandshaftamy Livoberezhnoho Polissia naprykintsi periodu vechetatsii roslyn. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Ser. Ahronomiia*. 2019. Vyp. 23. S. 238–243. URL: <https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.238>. (data zvernennia: 08.06.2023). **18.** Chen X., Liu M., Xu Z. et al. Influences of temperature and moisture on abiotic and biotic soil CO₂ emission from a subtropical forest. *Carbon Balance Manage.* 2021. Vol. 16. P. 18. URL: <https://doi.org/10.1186/s13021-021-00181-8> (data zvernennia: 08.06.2023). **19.** Yu W. J., Li X. S., Chen Z. J., & Zhou J. B. Effects of nitrogen fertilizer application on carbon dioxide emissions from soils with different inorganic carbon contents. *The journal of applied ecology*. 2018. Vol. 29(8). P. 2493–2500. URL: <https://doi.org/10.13287/j.1001-9332.201808.009> (data zvernennia: 08.06.2023). **20.** Song Q., Zhu J., Gong Z., Feng Y., Wang Q., Sun Y., Zeng X.,

Lai Y. Effect of straw retention on carbon footprint under different cropping sequences in Northeast China. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2021. Vol. 28(39). Pp. 54792–54801. DOI: 10.1007/s11356-021-14316-4.

Polovyi V. M., Doctor of Agricultural Sciences, Professor (Institute of Agriculture of Western Polissia of NAAS, vil. Shubkiv), **Yashchenko L. A., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Postdoctoral Fellow** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne), **Rovna H. F., Senior Research Fellow** (Institute of Agriculture of Western Polissia of NAAS, vil. Shubkiv)

DYNAMICS OF CO₂ PRODUCTION FROM LIMED SOD-PODZOLIC SOIL AT DIFFERENT LEVELS OF SOYBEAN FERTILIZATION

In connection with the threat of global warming, one of the urgent tasks of today is the assessment of the intensity of mineralization processes and the study of the carbon cycle in terrestrial ecosystems. The issue of the influence of fertilizer against the background of chemical land reclamation on CO₂ emission flows in the crop rotation of Western Polissia is poorly studied and requires detailed analysis. The aim of the study was to determine the CO₂ emission intensity from sod-podzolic soil, its concentration in the surface air layer, and the balance of organic carbon at different doses of soybean fertilization against the background of chemical reclamation. Field, agrochemical and statistical methods were used in trial. In variants application of N₅₅P₂₀K₅₀ and N₆₅P₅₀K₇₅ with S₄₀ and microfertilizer Nutrivant universal (2 kg·ha⁻¹) on background of 1.0 Hh CaMg(CO₃)₂ the less concentration of CO₂ in the surface layer of the air compared to other variants was observed. That is associated with higher crop productivity. In the branching phase of soybeans, an increase in the emission of carbon dioxide from the soil was noted, the maximum indicator during the growing season was recorded with one-sided application of nitrogen fertilizers N₅₅ – 353 kg/ha/h. In the phase of full maturity, the lowest CO₂ emissions and concentration in the surface air layer were noted. The different levels of soybean fertilization at ameliorated sod-podzolic soil caused unproductive CO₂ flows in the range from 13.1 to 20.0 t/ha per growing season. Correlation analysis showed an inverse relationship between the productivity of the above-ground mass and non-productive losses of

CO₂ from the soil at R²=0.61. The lowest non-productive CO₂ losses of 3.3–3.6 kg/ha/h were in the variants N₅₅P₂₀K₅₀ and N₆₅P₅₀K₇₅ with the addition of S₄₀ and microfertilizer on background of 1.0 Hh dose of CaMg(CO₃)₂. Due to the higher yield of the main and by-products, post-harvest residues, there was accumulation of organic matter and sequestration of organic carbon in the soil at the level of 0.45–0.53 t/ha in that variants.

***Keywords:* soybean; CO₂ emission; fertilizer doses; chemical amelioration; organic carbon balance.**

Паламарчук Р. П., заступник генерального директора з організаційної діяльності (Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, pgr777@ukr.net, ORCID: 0000-0002-5965-1305)

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ РІЗНИХ НОРМ УДОБРЕНЬ В КОРОТКОРОТАЦІЙНІЙ СІВОЗМІНІ

Проведено економічну оцінку ефективності застосування різних норм удобрень у короткоротаційній сівозміні на землях, забруднених радіонуклідами у 2015–2017 роках. Встановлено, що найвищий рівень умовно-чистого прибутку отримано від вирощування кукурудзи: від 1624,80 до 13978,80 грн/га, за рентабельності 8,5–92,8%. Найвищий рівень рентабельності отримали за вирощування тритикале – від 10,0 до 100,4%, умовно-чистого прибутку отримано від 1216,38 до 6925,20 грн/га. За вирощування вівса у 2015–2017 роках вдалося отримати від 2720,60 до 6937,60 грн/га умовно-чистого прибутку та рентабельність – від 18,9 до 70,3%. Від вирощування люпину рівень умовно-чистого прибутку становив від 790,40 до 4823,80 грн/га, а рентабельність – 8,4–77,7%. За вирощування кормових буряків отримали від 656,40 до 10314,50 грн/га умовно-чистого прибутку, за рентабельності 3,2–85,4%. Урожайність вівса у 2015–2017 роках становила 2,41–3,50 т/га, урожайність тритикале – 3,98–4,90 т/га, урожайність люпину – 1,78–2,67 т/га, урожайність кормових буряків – 29,47–36,86 т/га, урожайність кукурудзи – 4,89–8,72 т/га. Хоча у варіанті без застосування добрив отримано найвищу економічну ефективність, але вирощена продукція була найбільш забрудненою радіонуклідами. Найнижчі показники економічної ефективності отримано у 3-му варіанті удобрення, де вирощена продукція мала найменшу концентрацію радіонуклідів. Також у досліджуваній сільськогосподарській продукції у 2 та 3 варіантах удобрення спостерігали більший вміст сирого протеїну, сирого жиру та сирієї клітковини в порівнянні з контролем.

Ключові слова: овес; тритикале; люпин; кормовий буряк; кукурудза; економічна ефективність; короткоротаційна сівозміна; удобрення.

Постановка проблеми. У сучасних ринкових умовах збалансованого розвитку аграрного сектору економіки можна досягти лише шляхом підвищення економічної ефективності виробництва сільськогосподарської продукції. Сучасне рослинництво передбачає визначення економічної ефективності, за якої враховується кількісне і якісне співвідношення між витратами та отриманим ефектом шляхом встановлення загальної структури витрат, вартості виробництва валової продукції, а також величини отриманого прибутку, собівартості виробленої продукції та рівня її рентабельності [1–3]. Підвищення урожайності сільськогосподарських культур перебуває в тісному корелятивному зв'язку з нормою добрив [4–5].

За оцінювання ефективності методики вирощування сільськогосподарських культур в сучасних умовах, доречно брати до уваги не абсолютний врожай, а збалансоване співвідношення вартості технології та отриманої продукції [6].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання економічної ефективності вирощування сільськогосподарської продукції вивчали С. М. Каленська, Р. В. Говенько, Н. М. Асанішвілі, О. І. Дребот, В. М. Польовий, Л. А. Яценко, А. В. Гунчак та інші [3; 6–11], проте залишаються невивченими питання щодо впливу норм добрив на ефективність вирощування сільськогосподарських культур.

Більшість наукових праць містять оцінювання економічної ефективності застосування добрив або іншого агроприйому за цінами продукції на момент оцінювання. Це дозволяє виявити доцільність конкретних вкладень для отримання приростів врожаю [8, С. 6].

У нинішніх умовах ведення сільського господарства важливою вимогою до елементів технології вирощування сільськогосподарської продукції є зниження собівартості продукції та підвищення прибутку [9, С. 19].

На думку Каленської С. М., Мордованюк М. О. та ін., розробка комплексу агрономічних заходів забезпечує високу урожайність сільськогосподарських культур та обов'язково супроводжується всебічною економічною оцінкою [10, С. 18]. На думку Тупчія О. С., показники ефективності виробництва сільськогосподарської продукції доцільно розподілити на дві групи. Перша пов'язана із визначенням ефективності використання матеріальних, трудових і фінансових ресурсів, друга – з ефективністю використання землі. До

першої групи показників належать: витрати праці на виробництво одиниці продукції, собівартість одиниці продукції, ціна, прибуток в розрахунку на одиницю продукції, рівень рентабельності, норма прибутку. До другої групи відносять урожайність, вихід товарної продукції і прибуток з одиниці площі [11, С. 107].

Аналіз джерел літератури свідчить про те, що питання економічної ефективності вирощування сільськогосподарської продукції залежить від багатьох чинників, які щороку змінюються. Тому подальше розширення й поглиблення досліджень з цього питання дасть можливість не лише проаналізувати показники економічної ефективності застосування різних норм удобрень у короткоротаційній сівозміні, але й визначити найбільш ефективні культури для вирощування на радіоактивно забруднених землях.

Мета і завдання дослідження. Метою досліджень було вивчення економічної ефективності застосування різних норм удобрень у короткоротаційній сівозміні на землях, забруднених радіонуклідами.

Робота виконувалась впродовж 2015–2017 років у Житомирській філії державної установи «Інститут охорони ґрунтів України» на території с. Христинівка Народицького району Житомирської області, яке належить до 2-ї зони радіоактивного забруднення [12–13] за загальноприйнятими методиками [14–15]. Ґрунт дослідної ділянки – дерново-підзолистий.

Для досліджень у зерново-просапній сівозміні були вибрані науково-рекомендовані для регіону сільськогосподарські культури:

- Овес – сорт Чернігівський 27;
- Тритикале – сорт Аїст Харківський;
- Кукурудза – сорт Харківський 195 МВ;
- Кормові буряки – сорт Екендорфський жовтий;
- Люпин – сорт Індустріальний.

Усі сільськогосподарські культури вирощували за загальноприйнятною технологією у зерново-просапній сівозміні із наступним чергуванням культур:

1. Овес.
2. Люпин.
3. Тритикале.
4. Кормові буряки.
5. Кукурудза.

Вирівнюючою культурою у досліді була гречка.

Сівозміна закладалася одночасно всіма полями (одним полем: перший рік – овес, наступний – люпин і т.д.).

Культури вирощували на 3-х фонах удобрення:

1. Без добрив (контроль);
2. 1-ша норма удобрення;
3. 2-га норма удобрення.

Розмір дослідної ділянки 28 м², облікової – 18 м². Розміщення ділянок систематичне.

Розрахунок азотних добрив проводився під кожен культуру під запланований урожай. Норма фосфорних добрив збільшена у 1,5 рази, а калійних добрив у 2 рази у 3-му варіанті, оскільки дослідження проводяться у забрудненій радіонуклідами зоні.

Економічну ефективність застосування різних норм удобрень за вирощування вівса, тритикале, люпину, цукрових буряків та кукурудзи визначали за загальноприйнятими методиками. Економічну оцінку у 2015–2017 роках здійснювали за такими показниками: вартість продукції з 1 га, витрати на 1 га, собівартість 1 т зерна, умовно-чистий прибуток з 1 га та рівень рентабельності. Для контролю розраховували показники економічної ефективності вирощування досліджуваних культур без застосування добрив.

Статистичну обробку одержаних даних здійснювали методом дисперсійного аналізу [16] з використанням комп'ютерної програми Microsoft Office Excel.

Виклад основного матеріалу дослідження. Під час досліджень було проведено оцінку економічної ефективності застосування різних норм удобрень за вирощування вівса, тритикале, люпину, цукрових буряків та кукурудзи на 3-х фонах удобрення у 2015–2017 роках.

Собівартість вирощування 1 т продукції рослинництва розраховували включаючи всі прямі та непрямі витрати, які залучались для вирощування продукції, без врахування витрат на проведення удобрення. Собівартість вирощування 1 т зерна вівса у 2015 р. складала 3640,0 грн за врожайності 2,71 т/га, у 2016 році – 3851,0 грн за врожайності 2,46 т/га, у 2017 році – 3983,0 грн за врожайності 2,41 т/га. Собівартість вирощування 1 т зерна тритикале у 2015 р. складала 1497,0 грн за врожайності 4,47 т/га, у 2016 році – 1620,0 грн за врожайності 4,15 т/га, у 2017 році – 1760,0 грн за врожайності 3,98 т/га. Собівартість вирощування 1 т люпину у 2015 р. складала 3015,0 грн за врожайності 1,94 т/га, у 2016 році –

3254,0 грн за врожайності 1,81 т/га, у 2017 році – 3490,0 грн за врожайності 1,78 т/га. Собівартість вирощування 1 т кормового буряку у 2015 р. складала 353,0 грн за врожайності 29,71 т/га, у 2016 році – 380,0 грн за врожайності 30,65 т/га, у 2017 році – 410,0 грн за врожайності 29,47 т/га. Собівартість вирощування 1 т зерна кукурудзи у 2015 р. складала 2030,0 грн за врожайності 4,89 т/га, у 2016 році – 2120,0 грн за врожайності 5,43 т/га, у 2017 році – 2282,0 грн за врожайності 6,60 т/га. Не зважаючи на різну урожайність, щороку ріс показник собівартості, що зумовлено збільшенням витрат на оплату праці та підвищенням вартості паливно-мастильних матеріалів.

У 2015 р. реалізаційна ціна на зерно вівса становила 6200 грн/т, у 2016 р. – 6500 грн/т, у 2017 р. – 6700 грн/т. У 2015 р. ціна на зерно тритикале становила 3000 грн/т, у 2016 р. – 3200 грн/т, у 2017 р. – 3500 грн/т. У 2015 р. ціна на зерно люпину становила 5000 грн/т, у 2016 р. – 5500 грн/т, у 2017 р. – 6200 грн/т. У 2015 р. ціна на кормові буряки становила 580 грн/т, у 2016 р. – 620 грн/т, у 2017 р. – 760 грн/т. У 2015 р. ціна на зерно кукурудзи становила 3800 грн/т, у 2016 р. – 4000 грн/т, у 2017 р. – 4400 грн/т.

Таблиця 1

Економічна ефективність вирощування досліджуваних культур за різних норм удобрення в 2015 р. (с. Христинівка Народицького району Житомирської області)

№ з/п	Варіант удобрення	Урожайність, т/га	Вартість валової продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Умовно-чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
Овес Чернігівський 27						
1	I контроль	2,71	16802,00	9864,40	6937,60	70,3
2	II (N ₇₀ P ₆₀ K ₆₀)	2,76	17112,00	12966,40	4145,60	32,0
3	III (N ₇₀ P ₉₀ K ₁₂₀)	2,76	17112,00	14391,40	2720,60	18,9
Тритикале Аіст Харківський						
1	I контроль	4,47	13410,00	6691,59	6718,41	100,4
2	II (N ₉₀ P ₆₀ K ₈₀)	4,54	13620,00	10618,38	3001,62	28,3
3	III (N ₉₀ P ₉₀ K ₁₆₀)	4,46	13380,00	12163,62	1216,38	10,0
Люпин Індустріальний						
1	I контроль	1,94	9700,00	5820,00	3880,00	66,7
2	II (N ₃₀ P ₄₀ K ₅₀)	2,08	10400,00	8340,20	2059,80	24,7

продовження табл. 1

3	III (N ₃₀ P ₆₀ K ₁₀₀)	2,04	10200,00	9409,60	790,40	8,4
Кормовий буряк Екендорфський жовтий						
1	I контроль	29,71	17231,80	10487,63	6744,17	64,3
2	II (N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₆₀)	30,57	17730,60	16709,21	1021,39	6,1
3	III (N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₃₂₀)	30,69	17800,20	16941,57	858,63	5,1
Кукурудза Харківська 195 МВ						
1	I контроль	4,89	18582,00	9926,70	8655,30	87,2
2	II (N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₈₀)	5,25	19950,00	16324,50	3625,50	22,2
3	III (N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₆₀)	5,44	20672,00	19047,20	1624,80	8,5

Дослідження та розрахунки показали (табл. 1), що за вирощування вівса у 2015 році вдалося отримати від 2720,60 до 6937,60 грн/га умовно-чистого прибутку та рентабельність від 18,9 до 70,3%. За вирощування тритикале отримали від 1216,38 до 6718,41 грн/га умовно-чистого прибутку, за рентабельності від 10,0 до 100,4%. Від вирощування люпину рівень умовно-чистого прибутку становив від 790,40 до 3880,00 грн/га, а рентабельність – 8,4–66,7%. За вирощування кормових буряків отримали від 858,63 до 6744,17 грн/га умовно-чистого прибутку, за рентабельності 5,1–64,3%. За вирощування кукурудзи вдалося отримати від 1624,80 до 8655,30 грн/га умовно-чистого прибутку та рентабельність від 8,5 до 87,2%.

Варто зазначити, що найвищу економічну ефективність при вирощуванні всіх досліджуваних культур спостерігали у контролі, тобто без застосування добрив, а найнижчу ефективність – у 3-му варіанті, де норми добрив були збільшені.

Таблиця 2

Економічна ефективність вирощування досліджуваних культур за різних норм удобрення в 2016 р. (с. Христинівка Народицького району Житомирської області)

№ з/п	Варіант удобрення	Урожайність, т/га	Вартість валової продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Умовно-чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
Овес Чернігівський 27						
1	I контроль	2,46	15990,00	9473,46	6516,54	68,8
2	II (N ₇₀ P ₆₀ K ₆₀)	2,95	19175,00	14623,45	4551,55	31,1
3	III (N ₇₀ P ₉₀ K ₁₂₀)	2,83	18395,00	15626,33	2768,67	17,7

продовження табл. 2

Тритикале Аіст Харківський						
1	I контроль	4,15	13280,00	6723,00	6557,00	97,5
2	II (N ₉₀ P ₆₀ K ₈₀)	4,69	15008,00	11762,80	3245,20	27,6
3	III (N ₉₀ P ₉₀ K ₁₆₀)	4,63	14816,00	13330,60	1485,40	11,1
Люпин Індустріальний						
1	I контроль	1,81	9955,00	5889,74	4065,26	69,0
2	II (N ₃₀ P ₄₀ K ₅₀)	2,12	11660,00	9004,48	2655,52	29,5
3	III (N ₃₀ P ₆₀ K ₁₀₀)	2,09	11495,00	10096,86	1398,14	13,8
Кормовий буряк Екендорфський жовтий						
1	I контроль	30,65	19003,00	11647,00	7356,00	63,2
2	II (N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₆₀)	35,76	22171,20	20626,80	1544,40	7,5
3	III (N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₃₂₀)	33,96	21055,20	20398,80	656,40	3,2
Кукурудза Харківська 195 МВ						
1	I контроль	5,43	21720,00	11511,60	10208,40	88,7
2	II (N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₈₀)	5,85	23400,00	18279,00	5121,00	28,0
3	III (N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₆₀)	5,78	23120,00	20467,60	2652,40	13,0

Але враховуючи, що дослідження проводяться у забрудненій радіонуклідами зоні і застосування підвищених норм добрив сприяє зменшенню вмісту радіонуклідів у ґрунті та сільськогосподарській продукції, то отримання від 790,40 до 2720,60 грн з 1 га умовно-чистого прибутку та рівня рентабельності 5,1–18,9% є досить високим результатом.

Дослідження та розрахунки у 2016 році показали (табл. 2), що за вирощування вівса вдалося отримати від 2768,67 до 6516,54 грн/га умовно-чистого прибутку та рентабельність від 17,7 до 68,8%. За вирощування тритикале отримали від 1216,38 до 6718,41 грн/га умовно-чистого прибутку, за рентабельності від 10,0 до 100,4%. Від вирощування люпину рівень умовно-чистого прибутку становив від 790,40 до 3880,00 грн/га, а рентабельність – 8,4–66,7%. За вирощування кормових буряків у 2016 році отримали від 656,40 до 7356,00 грн/га умовно-чистого прибутку, за рентабельності 3,2–63,2%. За вирощування кукурудзи вдалося отримати від 2652,40 до 10208,40 грн/га умовно-чистого прибутку та рентабельність від 13,0 до 88,7%. Як і у 2015 році, у 2016 році найвищу економічну ефективність при вирощуванні всіх досліджуваних культур спостерігали у контролі, тобто без застосування добрив. Найнижчі показники економічної ефективності отримали у варіанті, де норми добрив були збільшені, зокрема умовно-чистого прибутку – від

656,40 до 2768,67 грн/га та рентабельності – 3,2–17,7%, що зумовлено застосуванням підвищених норм добрив для зменшення вмісту радіонуклідів у ґрунті та сільськогосподарській продукції.

Дослідження та розрахунки економічної ефективності вирощування досліджуваних культур у 2017 році (табл. 3) показали, що за вирощування вівса вдалося отримати від 4366,31 до 6547,97 грн/га умовно-чистого прибутку та рентабельність від 23,5 до 68,2%. За вирощування тритикале у 2017 році отримали від 2453,60 до 6925,20 грн/га умовно-чистого прибутку, за рентабельності від 16,7 до 98,9%. Від вирощування люпину рівень умовно-чистого прибутку становив від 3826,70 до 4823,80 грн/га, а рентабельність – 30,1–77,7%. За вирощування кормових буряків отримали від 2889,00 до 10314,50 грн/га умовно-чистого прибутку, за рентабельності 11,5–85,4%. За вирощування кукурудзи вдалося отримати від 9656,96 до 13978,80 грн/га умовно-чистого прибутку та рентабельність від 33,6 до 92,8%. У 2017 році, як і у попередні роки, найвищу економічну ефективність при вирощуванні всіх досліджуваних культур спостерігали у контролі, тобто без застосування добрив. Показники економічної ефективності у 3-му варіанті зі збільшеними нормами добрив хоча і були найнижчими, але досить високими, як для забруднених радіонуклідами земель: умовно-чистий прибуток – від 2453,60 до 9656,96 грн/га та рентабельності – 11,5–33,6%.

Таблиця 3

Економічна ефективність вирощування досліджуваних культур за різних норм удобрення в 2017 р. (с. Христинівка Народицького району Житомирської області)

№ з/п	Варіант удобрення	Урожайність, т/га	Вартість валової продукції, грн/га	Виробничі витрати, грн/га	Умовно-чистий прибуток, грн/га	Рівень рентабельності, %
Овес Чернігівський 27						
1	I контроль	2,41	16147,00	9599,03	6547,97	68,2
2	II (N ₇₀ P ₆₀ K ₆₀)	3,5	23450,00	17428,50	6021,50	34,5
3	III (N ₇₀ P ₉₀ K ₁₂₀)	3,43	22981,00	18614,69	4366,31	23,5
Тритикале Аіст Харківський						
1	I контроль	3,98	13930,00	7004,80	6925,20	98,9
2	II (N ₉₀ P ₆₀ K ₈₀)	4,9	17150,00	13014,00	4136,00	31,8

продовження табл. 3

3	III (N ₉₀ P ₉₀ K ₁₆₀)	4,89	17115,00	14661,40	2453,60	16,7
Люпин Індустріальний						
1	I контроль	1,78	11036,00	6212,20	4823,80	77,7
2	II (N ₃₀ P ₄₀ K ₅₀)	2,47	15314,00	10839,30	4474,70	41,3
3	III (N ₃₀ P ₆₀ K ₁₀₀)	2,67	16554,00	12727,30	3826,70	30,1
Кормовий буряк Екендорфський жовтий						
1	I контроль	29,47	22397,20	12082,70	10314,50	85,4
2	II (N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₁₆₀)	36,59	27808,40	22637,90	5170,50	22,8
3	III (N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₃₂₀)	36,86	28013,60	25124,60	2889,00	11,5
Кукурудза Харківська 195 МВ						
1	I контроль	6,6	29040,00	15061,20	13978,80	92,8
2	II (N ₁₂₀ P ₁₀₀ K ₈₀)	8,68	38192,00	26282,76	11909,24	45,3
3	III (N ₁₂₀ P ₁₅₀ K ₁₆₀)	8,72	38368,00	28711,04	9656,96	33,6

Висновки. Дослідженнями встановлено, що навіть на забруднених радіонуклідами землях можна вирощувати сільськогосподарську продукцію. Хоча у варіанті без застосування добрив отримано найвищу економічну ефективність, але вирощена продукція була найбільш забрудненою радіонуклідами. Найнижчі показники економічної ефективності отримано у 3-му варіанті удобрення, де вирощена продукція мала найменшу концентрацію радіонуклідів. Також у досліджуваній сільськогосподарській продукції у 2 та 3 варіантах удобрення спостерігали більший вміст сирого протеїну, сирого жиру, сирі клітковини в порівнянні з контролем. За вирощування вівса у 2015–2017 роках вдалося отримати від 2720,60 до 6937,60 грн/га умовно-чистого прибутку та рентабельність від 18,9 до 70,3%. За вирощування тритикале отримали від 1216,38 до 6925,20 грн/га умовно-чистого прибутку, за рентабельності від 10,0 до 100,4%, що за рівнем рентабельності є найвищим показником серед досліджуваних культур. Від вирощування люпину рівень умовно-чистого прибутку становив від 790,40 до 4823,80 грн/га, а рентабельність – 8,4–77,7%. За вирощування кормових буряків отримали від 656,40 до 10314,50 грн/га умовно-чистого прибутку, за рентабельності 3,2–85,4%. Від вирощування кукурудзи за досліджуваний період вдалося отримати від 1624,80 до 13978,80 грн/га умовно-чистого прибутку та рентабельність 8,5–92,8%, що за рівнем отриманого прибутку є найвищим серед досліджуваних культур.

1. Egli D. B. Modelling the effect of variation of in-row spacing on kernel m-2 in maize. *European Journal of Agronomy*. 2022. Vol. 136. DOI: 10.1016/j.eja.2022.126486.
2. Кукурудза. Вирощування, збирання, консервування і використання / Шпаар Д. та ін. К. : Альфа-стевія ЛТД., 2009. 396 с.
3. Kalenska S., Kashtanova O., Kalenskyi V., Hovenko R., & Antal T. Economic and energy efficiency of technologies for growing maize hybrids depending on the type and methods of applying fertilisers. *Plant and Soil Science*. 2022. Vol. 13 (1). P. 7–16. URL: [https://doi.org/10.31548/agr.13\(1\).2022.7-16](https://doi.org/10.31548/agr.13(1).2022.7-16). (дата звернення: 08.06.2023).
4. Drulis P., Kriauciuniene Z., Liakas V. The influence of different nitrogen fertilizer rates, urease inhibitors and biological preparations on maize grain yield and yield structure elements. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. P. 741. DOI: 10.3390/agronomy12030741.
5. Єгоров О. В., Жидок Н. П., Грищенко О. М., Шабанова І. І. Вплив добрив на показники родючості дерново-підзолистих ґрунтів та продуктивність короткоротаційних сівозмін Полісся. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 3. С. 119–126. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240329>.
6. Kalenska S., Rahmetov D., Yeremenko O., Novytska N., Yunyk A., Honchar L., Stolayrchuk T., Taran V., Rigenko A., Goenko V. Biodiversity of field crops in conditions of climate changing. *SEAB*. 2018.
7. Польовий В. М., Яценко Л. А., Ровна Г. Ф., Колесник Т. М. Еколого-економічні аспекти вирощування сільськогосподарських культур на дерново-підзолистому ґрунті Західного Полісся України. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 1. С. 91–98. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.257127>.
8. Фурдичко О. І., Дребот О. І. Про пріоритетність екологоекономічних досліджень в аграрній науці й виробництві. *Вісник аграрної науки*. 2012. № 6. С. 5–9.
9. Камінський В. Ф., Асанішвілі Н. М. Економічна ефективність технологій вирощування кукурудзи різного рівня інтенсивності. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2020. Вип. 3 (107). С. 19–27.
10. Каленська С. М., Новицька Н. В., Барзо І. Т. Економічна ефективність вирощування нуту в умовах правобережного Лісостепу України. *Молодий вчений. Сільськогосподарські науки*. 2014. № 10 (13). С. 18–20.
11. Тупчій О. С. Методичні основи дослідження економічної ефективності виробництва продукції садівництва. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2013. Вип. 3. С. 106–110.
12. Паламарчук Р. П., Трембіцька О. І., Клименко Т. В. та ін. Радіологічний стан ґрунтів сільськогосподарських угідь Житомирської області. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 4. С. 36–42. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2018.155813>.
13. Кирильчук А. М., Паламарчук Р. П. Динаміка вмісту ^{137}Cs та ^{90}Sr у ґрунтового покриві сільськогосподарських угідь Житомирської області. *Агроекологічний журнал*. 2022. № 4. С. 84–92. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2022.273254>.
14. Методика суцільного ґрунтового-агрохімічного моніторингу сільськогосподарських угідь України / за ред. акад. О. О. Созінова, Б. С. Прістера. Київ, 1994. 162 с.
15. Методика проведення

агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення: керівний нормативний документ / за ред. Яцука І. П., Балюка С. А. Київ, 2019. 108 с. **16.** Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.

REFERENCES:

1. Egli D. B. Modelling the effect of variation of in-row spacing on kernel m-2 in maize. *European Journal of Agronomy*. 2022. Vol. 136. DOI: 10.1016/j.eja.2022.126486.
2. Kukurudza. Vyroshchuvannia, zbyrannia, konservuvannia i vykorystannia / Shpaar D. ta in. K. : Alfa-steviiia LTD., 2009. 396 s.
3. Kalenska S., Kashtanova O., Kalenskyi V., Hovenko R., & Antal T. Economic and energy efficiency of technologies for growing maize hybrids depending on the type and methods of applying fertilisers. *Plant and Soil Science*. 2022. Vol. 13 (1). P. 7–16. URL: [https://doi.org/10.31548/agr.13\(1\).2022.7-16](https://doi.org/10.31548/agr.13(1).2022.7-16). (datazvernennia: 08.06.2023).
4. Drulis P., Kriauciuniene Z., Liakas V. The influence of different nitrogen fertilizer rates, urease inhibitors and biological preparations on maize grain yield and yield structure elements. *Agronomy*. 2022. Vol. 12. P. 741. DOI: 10.3390/agronomy12030741.
5. Yehorov O. V., Zhydok N. P., Hryshchenko O. M., Shabanova I. I. Vplyv dobryv na pokaznyky rodiuchosti dernovo-pidzolystrykh gruntiv ta produktyvnist korotkorotatsiinykh sivozmin Polissia. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2021. № 3. S. 119–126. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.3.2021.240329>.
6. Kalenska S., Rahmetov D., Yeremenko O., Novytska N., Yunyk A., Honchar L., Stolayrchuk T., Taran V., Rigenko A., Goenko V. Biodiversity of field crops in conditions of climate changing. *SEAB*. 2018.
7. Polovyi V. M., Yashchenko L. A., Rovna H. F., Kolesnyk T. M. Ekoloho-ekonomichni aspekty vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur na dernovo-pidzolystomu grunti Zakhidnoho Polissia Ukrainy. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2022. № 1. S. 91–98. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2022.257127>.
8. Furdychko O. I., Drebot O. I. Pro priorytetnist ekolohoekonomichnykh doslidzhen v ahrarnii nautsi y vyrobnytstvi. *Visnyk ahrarnoi nauky*. 2012. № 6. S. 5–9.
9. Kaminskyi V. F., Asanishvili N. M. Ekonomichna efektyvnist tekhnolohii vyroshchuvannia kukurudzy riznogo rivnia intensyvnosti. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomia*. 2020. Vyp. 3 (107). S. 19–27.
10. Kalenska S. M., Novytska N. V., Barzo I. T. Ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannia nutu v umovakh pravoberezhnoho Lisostepu Ukrainy. *Molodyi vchenyi. Silskohospodarski nauky*. 2014. № 10 (13). S. 18–20.
11. Tupchii O. S. Metodychni osnovy doslidzhennia ekonomichnoi efektyvnosti vyrobnytstva produktsii sadivnytstva. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomia*. 2013. Vyp. 3. S. 106–110.
12. Palamarchuk R. P., Trembitska O. I., Klymenko T. V. ta in. Radiolohichniy stan gruntiv

silskohospodarskykh uhid Zhytomyrskoi oblasti. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2018. № 4. S. 36–42. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2018.155813>. **13.** Kyrylchuk A. M., Palamarchuk R. P. Dynamika vmistu ^{137}Cs ta ^{90}Sr u gruntovomu pokryvi silskohospodarskykh uhid Zhytomyrskoi oblasti. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2022. № 4. S. 84–92. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.4.2022.273254>. **14.** Metodyka sutsilnoho gruntovo-ahrokhimichnoho monitorynhu silskohospodarskykh uhid Ukrainy / za red. akad. O. O. Sozinova, B. S. Pristera. Kyiv, 1994. 162 s. **15.** Metodyka provedennia ahrokhimichnoi pasportyzatsii zemel silskohospodarskoho pryznachennia: kerivnyi normatyvnyi dokument / za red. Yatsuka I. P., Baliuka S. A. Kyiv, 2019. 108 s. **16.** Dosphehov B. A. Metodika polevogo opyita (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezultatov issledovaniy). Moskva : Agropromizdat, 1985. 351 s.

Palamarchuk R. P., Deputy General Director (State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine», Kyiv)

ECONOMIC EFFECTIVENESS OF APPLICATION OF DIFFERENT FERTILIZER STANDARDS IN SHORT CROP ROTATION

An economic evaluation of the effectiveness of the application of different rates of fertilizers in short crop rotation on lands contaminated with radionuclides in 2015–2017 was carried out. It was established that the highest level of conditional net profit was obtained from growing corn: from 1,624.80 to 13,978.80 UAH/ha, with a profitability of 8.5–92.8%. The highest level of profitability was obtained for the cultivation of triticale – from 10.0 to 100.4%, conditional net profit was obtained from 1216.38 to 6925.20 UAH/ha. For the cultivation of oats in 2015–2017, it was possible to obtain from 2720.60 to 6937.60 UAH/ha of conditional net profit and profitability from 18.9 to 70.3%. From the cultivation of lupine, the level of conditional net profit was from 790.40 to 4823.80 UAH/ha, and the profitability was 8.4–77.7%. From 656.40 to 10,314.50 UAH/ha of conventional net profit was obtained for the cultivation of fodder beets, with a profitability of 3.2–85.4%. The cost of growing 1 ton of oat grain in 2015 was UAH 3,640.0 for a yield of 2.71 t/ha, in 2016 – UAH 3,851.0 for a yield of 2.46 t/ha, in 2017 – UAH 3,983.0 for yield of 2.41 t/ha. The cost of growing 1 ton of triticale grain in 2015 was UAH 1,497.0 for a yield of 4.47 t/ha, in 2016 – UAH 1,620.0 for a yield of 4.15 t/ha, in 2017 – UAH 1,760.0 for yield of 3.98 t/ha. The cost of

growing 1 ton of lupine in 2015 was UAH 3,015.0 for a yield of 1.94 t/ha, in 2016 – UAH 3,254.0 for a yield of 1.81 t/ha, in 2017 – UAH 3,490.0 for a yield 1.78 t/ha. The cost of growing 1 ton of fodder beet in 2015 was UAH 353.0 for a yield of 29.71 t/ha, in 2016 – UAH 380.0 for a yield of 30.65 t/ha, in 2017 – UAH 410.0 for yield of 29.47 t/ha. The cost of growing 1 ton of corn grain in 2015 was UAH 2,030.0 for a yield of 4.89 t/ha, in 2016 – UAH 2,120.0 for a yield of 5.43 t/ha, in 2017 – UAH 2,282.0 for yield of 6.60 t/ha. Although the highest economic efficiency was obtained in the variant without the use of fertilizers, the grown products were the most contaminated with radionuclides. The lowest indicators of economic efficiency were obtained in the 3rd version of fertilizer, where the grown products had the lowest concentration of radionuclides. Also, in the studied agricultural products in the 2 and 3 versions of fertilizer, a higher content of crude protein, crude fat and crude fiber was observed compared to the control.

***Keywords:* oats; triticale; lupine; fodder beet; corn; economic efficiency; short crop rotation; fertilizers.**

ЗМІСТ

Бєдункова О. О., Кузнєцов П. М.	Методологія застосування корекційної обробки біоцидами систем технічного водопостачання електростанцій 3
Буднік З. М., Грицюк В. В., Кондратюк Н. В., Писаренко В. О., Ціпан Ю. Р.	Вплив кліматичних факторів на лісові екосистеми Рівненщини 18
Гриб Й. В., Петрук А. М., Борщевська І. М., Войтишина Д. Й., Михальчук М. А.	Біоіндикація стану водного середовища у комплексному оцінюванні токсичності слабопроточних водойм 31
Залеський І. І.	Вплив природних факторів на стан здоров'я населення 51
Колесник Т. М., Солодка Т. М., Олійник О. О., Прядунець В. А.	Ефективність біологізації системи захисту капусти білоголової від <i>Pieris brassicaea</i> L. у Західному лісостепу 61
Максютов А. О.	Геодезичні роботи при формуванні лісопаркових зелених поясів 76
Максютов А. О.	Основні етапи та особливості проведення геодезичних робіт під час здійснення землевпорядних заходів 92
Мошинський В. С., Клименко М. О., Клименко Л. В.	Обґрунтування підходів до визначення стратегічних і операційних цілей сталого розвитку міста Рівного 104
Польовий В. М., Яценко Л. А., Ровна Г. Ф.	Динаміка продукування CO ₂ із провапнованого дерново-підзолистого ґрунту залежно рівнів удобрення сої 118

Паламарчук Р. П.	Економічна ефективність застосування різних норм удобрень в короткоротаційній сівозміні	134
------------------	---	-----

CONTENT

Biedunkova O. O., Kuznietsov P. M.	Methodology of the Application of Corrective Treatment With Biocides of Technical Water Supply Systems of Power Plants 3
Budnik Z. M., Hrytsiuk V. V., Kondratiuk N. V., Pysarenko V. O., Tsipan Yu. R.	Influence of Climate Factors on the Forest Ecosystems of the Rivne Region 18
Hryb I. V., Petruk A. M., Borshchevska I. M., Voityshyna D. Y., Mykhalchuk M. A.	Bioindication State of the Aquatic Environment in a Comprehensive Assessment of the Low-Flowing Reservoirs Toxicity 31
Zaleskyi I. I.	Influence of Natural Factors on the Health of the Population 51
Kolesnyk T. M., Solodka T. M., Oliinyk O. O., Priadunets V. A.	Efficiency of the Biological Protection System of White Cabbage From <i>Pieris Brassicaea</i> L. in the Western Forest Steppe 61
Maksiutov A. O.	Geodesic Works in the Formation of Forest Park Green Belt 76
Maksiutov A. O.	Main Stages and Features of Geodesic Work During Earthworking Measures 92
Moshynskiy V. S., Klymenko M. O., Klymenko L. V.	Justification of Approaches to Definition of Strategic and Operative Goals of Sustainable Development of the City Rivne 104
Polovyi V. M., Yashchenko L. A., Rovna H. F.	Dynamics of CO ₂ Production From Limed Sod-Podzolic Soil At Different Levels of Soybean Fertilization 118

Palamarchuk R. P. Economic Effectiveness of Application of Different Fertilizer Standards In Short Crop Rotation	134
--	-----

Наукове видання

ВІСНИК
Національного університету водного
господарства та природокористування

Збірник наукових праць

Випуск 2(102)

Сільськогосподарські науки

Комп'ютерна верстка
Технічний редактор
Літературний редактор

Галина Сімчук
Галина Сімчук
Ольга Якимчук

Друкується в авторській редакції

Підписано до друку 23.06.2023 р. Формат 70×100¹/₁₆.
Ум.-друк. арк. 8,8. Обл.-вид. арк. 9,7.
Тираж 150 прим. Зам. № 5614.

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.