

ISSN: 2306-9716 (Print)
ISSN: 2664-6110 (Online)

МІНІСТЕРСТВО ЗАХИСТУ ДОВКІЛЛЯ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ

ЕКОЛОГІЧНІ НАУКИ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

1(52) Том 2



Видавничий дім
«Гельветика»
2024

Екологічні науки : науково-практичний журнал / Головний редактор Бондар О.І. – К. :
Видавничий дім «Гельветика», 2024. – № 1(52). Т. 2. – 188 с.

Головний редактор: Бондар О.І., доктор біологічних наук

Заступник головного редактора: Нагорнева Н.А.

Науковий редактор: Машков О.А., доктор технічних наук

Відповідальний редактор: Сікачина В.Г.

Редакційна колегія:

Гандзюра В.П., доктор біологічних наук

Єрмаков В.М., доктор технічних наук

Захматов В.Д., доктор технічних наук

Іващенко Т.Г., кандидат технічних наук

Коніщук В.В., доктор біологічних наук

Лукаш О.В., доктор біологічних наук

Машков В.А., доктор технічних наук

Михайленко Л.Є., доктор біологічних наук

Нецветов М.В., доктор біологічних наук

Ольшевський С.В., доктор технічних наук

Риженко Н.О., доктор біологічних наук

Рудько Г.І., доктор геолого-мінералогічних наук,

доктор географічних наук, доктор технічних наук

Улицький О.А., доктор геологічних наук

Фінін Г.С., доктор фізико-математичних наук

Шматков Г.Г., доктор біологічних наук

На підставі Наказу Міністерства освіти і науки України № 409 від 17.03.2020 р. (додаток 1) журнал внесений до Переліку наукових фахових видань України (категорія «Б») у галузі біологічних наук (091 – Біологія), природничих наук (101 – Екологія, 103 – Науки про Землю) та технічних наук (183 – Технології захисту навколишнього середовища).

Журнал публікує (після рецензування та редагування) статті, які містять нові теоретичні та практичні здобутки в галузі екологічних наук.

Статті у виданні перевірені на наявність плагіату за допомогою програмного забезпечення StrikePlagiarism.com від польської компанії Plagiat.pl.

*Журнал включено до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus International
(Республіка Польща)*

ЗМІСТ

ЕКОЛОГІЯ АГРОВИРОБНИЦТВА.....	7
Безноско І.В., Горган Т.М., Мосійчук І.І., Гуменний Д.В. ЧИСЕЛЬНІСТЬ МІКРООРГАНІЗМІВ ТРОФІЧНИХ ГРУП РИЗОСФЕРИ РОСЛИН ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В УМОВАХ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ.....	7
Пикало С.В., Демидов О.А., Куманська Ю.О., Юрченко Т.В., Харченко М.В. СКРИНІНГ <i>IN VITRO</i> СОРТІВ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ОЗИМОЇ НА ПОСУХОСТІЙКІСТЬ В КУЛЬТУРІ НЕЗРІЛИХ ЗАРОДКІВ.....	13
ЕКОЛОГІЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ.....	18
Бурлуцька М.Е., Романчук М.С. НОРМУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РІЧНОГО СТОКУ В БАСЕЙНІ РІЧОК ПСЕЛ ТА ВОРСКЛА.....	18
Валерко Р.А., Герасимчук Л.О., Пацева І.Г., Устименко В.І., Шатило Є.Г. ВСТАНОВЛЕННЯ ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВИХ ЗВ'ЯЗКІВ МІЖ ЗАХВОРЮВАНІСТЮ НАСЕЛЕННЯ ТА ЯКІСТЮ ПИТНОЇ ВОДИ ДЖЕРЕЛ НЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	23
Ігнатенко М.Я. РЕТРОСПЕКТИВНИЙ АНАЛІЗ ПОХОДЖЕННЯ БІОМЕЛІОРАТИВНИХ ПРОЦЕСІВ У НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ВОДНІ ОБ'ЄКТИ.....	29
Пономаренко Д.В. СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА ЦІЛІСНІСТЬ ЕКОСИСТЕМИ МАЛОЇ РІЧКИ ЯК ОСНОВА ЇЇ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ.....	33
Репета В.Б., Криховець О.В., Кукура В.В. ОЦІНКА ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВОДИ ДЖЕРЕЛ ПЕРЕМИШЛЯНИЦІНИ.....	37
Сапко О.Ю. АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ ХАДЖИБЕЙСЬКОГО ЛИМАНУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ШЛЯХІВ ЇХ ВИРІШЕННЯ.....	41
Fedenko Yu.M., Kosenko K.O. REVIEW OF METHODS FOR GREENING WASTEWATER FROM ELECTROPLATING INDUSTRIES.....	46
Яковлев В.В., Дмитренко Т.В. ПРИРОДНІ ТА АНТРОПОГЕННІ ЗМІНИ ҐРУНТОВИХ ВОД У ЗВ'ЯЗКУ З ПРОБЛЕМОЮ ВОДОПОСТАЧАННЯ НА ПРИКЛАДІ С. КИЩЕНЦІ УМАНСЬКОГО РАЙОНУ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	51
ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО ТА ЛАНДШАФТНОГО РІЗНОМАНІТТЯ.....	59
Кратюк О.Л. ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА ОРГАНІЗАЦІЯ ПОПУЛЯЦІЇ БОБРА ЄВРОПЕЙСЬКОГО (<i>CASTOR FIBER L.</i>) НА ТЕРИТОРІЇ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	59
Мякушко С.А. ЕТАПНІСТЬ В РЕАГУВАННІ ПОПУЛЯЦІЙ ГРИЗУНІВ НА АНТРОПОГЕННІ ЗМІНИ СЕРЕДОВИЩА.....	66
Павлишак Я.Я., Даньків В.Я. ФЛОРИСТИЧНЕ РІЗНОМАНІТТЯ ЛУЧНИХ ФІТОЦЕНОЗІВ СТРИЙСЬКОГО РАЙОНУ (СМТ. ГНІЗДИЧІВ).....	72
Пацева І.Г., Корбут М.Б., Алпатова О.М., Пацев І.С. АНАЛІЗ СТІЙКОСТІ ДЕРЕВНИХ ПОРІД РОСЛИН У МІСЬКИХ УМОВАХ.....	76
Петруша Ю.Ю., Євтушенко Ю.С., Рильський О.Ф. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АНТИОЖЕЛЕДНИХ РЕАГЕНТІВ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ РОСТУ РОСЛИН.....	79
Роман Л.Ю., Галла-Бобик С.В. ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ НА ТЕРИТОРІЇ ДЕНДРОЛОГІЧНОГО ПАРКУ «БЕРЕЗИНКА».....	84
Фокшей С.І., Гостюк З.В. РІДКІСНІ ВИДИ ГРИБІВ У ЗАПОВІДНОМУ УРОЧИЩІ КАМЕНИСТИЙ (НАЦІОНАЛЬНИЙ ПРИРОДНИЙ ПАРК «ГУЦУЛЬЩИНА»).....	89
Хоменко С.В., Бельмега І.В., Кірейцева Г.В., Хрутьба В.О. РОЛЬ ФІТОІНВАЗІЇ ДЛЯ ПРИРОДНОГО БІОРІЗНОМАНІТТЯ ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ.....	94
ЗМІНА КЛІМАТУ.....	100
Гуреля І.В. ДОСЛІДЖЕННЯ ВРАЗЛИВОСТІ УРБОЕКΟΣИСТЕМИ М. УМАНЬ ДО ЗМІН КЛІМАТУ.....	100

Недострелова Л.В., Музика Т.А. ОЦІНКА ЗМІН ТЕМПЕРАТУРНО-ВОЛОГІСНОГО РЕЖИМУ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ В УМОВАХ ПОТЕПЛІННЯ КЛІМАТУ.....	105
Яковишина Т.Ф. ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕГРАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ЗМІНИ КЛІМАТУ.....	114
БІОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА.....	119
Войціцький В.М., Корнієнко В.І., Хижняк С.В., Мідик С.В., Самкова О.П., Якубчак О.М., Ладогубець О.В. УЧАСТЬ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ У ФОРМУВАННІ ЇХ НАДІЙНОСТІ.....	119
Гرابко Н.В., Вовкодав Г.М. ОЦІНКА БЕЗПЕКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ (НА ПРИКЛАДІ КОПЧЕНИХ, НАПІВКОПЧЕНИХ І СИРОВ'ЯЛЕНИХ КОВБАС) ЩОДО ВМІСТУ В ЇХ СКЛАДІ ХАРЧОВИХ ДОБАВОК.....	123
Гرابко Н.В., Колісник А.В. ПОПЕРЕДНЯ ОЦІНКА РОЛІ ПЕВНИХ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ І БІОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ У ФОРМУВАННІ СМЕРТНОСТІ ВІД COVID-19 В ОДЕСЬКІЙ ОБЛАСТІ.....	129
ЕКОЛОГІЧНА ОСВІТА.....	135
Кушнір С.М., Чумаченко І.М., Воронова Н.В., Горбань В.В., Притула Н.В., Воронов К.С. РОЛЬ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ В ПІДГОТОВЦІ ЗДОБУВАЧІВ СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ.....	135
Люленко С.О. РОЛЬ ІКТ У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ БІОЛОГІЇ ТА ХІМІЇ.....	142
ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ.....	146
Герасимчук Л.О., Пацева І.Г., Валерко Р.А., Маліновська В.В., Луньова О.В. ДЕРЖАВНИЙ НАГЛЯД ЗА ДОТРИМАННЯМ ВИМОГ ПРИРОДООХОРОННОГО ЗАКОНОДАВСТВА НА ТЕРИТОРІЇ ЖИТОМИРСЬКОЇ ТА РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТЕЙ.....	146
Дрозд І.П., Павловський В.В. ЕКСПРЕС-ОЦІНКА ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НОРИЦІ РУДОЇ (<i>MYODES GLAREOLUS</i>), ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ДОЗИМЕТРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	151
Єрмакович І.А. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ НАЦІОНАЛЬНОГО ЗАКОНОДАВСТВА У СФЕРІ ОХОРОНИ ОЗОНОВОГО ШАРУ З МІЖНАРОДНИМИ АКТАМИ.....	158
Ivanenko I.M., Fedenko Yu.M., Hutsul Kh.R., Klimenkov O.M. ZINC OXIDE AS A PROMISING ECOLOGICAL PHOTOCATALYST: PROPERTIES, SYNTHESIS AND APPLICATION.....	163
Рибак О.С., Пацева І.Г. ДОСЛІДЖЕННЯ ДИКОРΟΣЛИХ РОСЛИН ДЛЯ ЕКСПЕНСИВНОГО ОЗЕЛЕНЕННЯ ДАХІВ В ЗОНІ ПОЛІССЯ.....	168
Сірук І.М., Сірук Ю.В. РЕКРЕАЦІЙНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЛІСІВ ЗЕЛЕНОЇ ЗОНИ М. ЖИТОМИРА.....	172
Хом'як І.В. АНАЛІЗ ТЕОРІЙ ПОЛІКЛІМАКСУ ТА МОНОКЛІМАКСУ ІЗ ПОЗИЦІЇ СУЧАСНОЇ ТЕОРІЇ ДИНАМІКИ ЕКОСИСТЕМ.....	179
ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ.....	184

CONTENTS

ECOLOGY OF AGRICULTURAL PRODUCTION	7
Beznosko I., Gorgan T., Mosichuk I., Humennyi D. THE NUMBER OF MICROORGANISMS OF THE RHIZOSPHERE OF SPRING BARLEY PLANTS IN THE CONDITIONS OF ENVIRONMENTALLY SAFE CULTIVATION TECHNOLOGIES.....	7
Pykalo S., Demydov O., Kumanska Yu., Yurchenko T., Kharchenko M. <i>IN VITRO</i> SCREENING OF WINTER DURUM WHEAT VARIETIES FOR DROUGHT TOLERANCE IN IMMATURE EMBRYO CULTURE.....	13
ECOLOGY OF WATER RESOURCES	18
Burlutska M., Romanchuk M. NORMALIZATION OF THE CHARACTERISTICS OF ANNUAL FLOW IN THE BASIN OF THE PSEL AND VORSKLA RIVERS.....	18
Valerko R., Herasimchuk L., Patseva I., Ustymenko V., Shatylo E. ESTABLISHMENT OF CAUSE-EFFECT RELATIONSHIPS BETWEEN POPULATION DISEASE AND DRINKING WATER QUALITY OF NON-CENTRALIZED WATER SUPPLY SOURCES.....	23
Ignatenko M. RETROSPECTIVE ANALYSIS OF THE ORIGIN OF BIOMELIORATIVE PROCESSES IN THE ENVIRONMENT AND THE ENVIRONMENTAL CONSEQUENCES OF ANTHROPOGENIC LOAD ON WATER BODIES.....	29
Ponomarenko D. STRUCTURAL-FUNCTIONAL INTEGRITY OF SMALL RIVER ECOSYSTEM AS A BASIS FOR ITS REVITALIZATION.....	33
Repeta V., Krykhovets O., Kukura V. EVALUATION OF CHEMICAL INDICATORS OF WATER QUALITY IN THE PEREMYSHLANY REGION.....	37
Sapko O. ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF THE KHAJIBEYE ESTUARY AND DETERMINING WAYS TO SOLVE THEM.....	41
Fedenko Yu., Kosenko K. REVIEW OF METHODS FOR GREENING WASTEWATER FROM ELECTROPLATING INDUSTRIES.....	46
Yakovlev V., Dmytrenko T. NATURAL AND MAN-INDUCED SHIFTS IN STREAM FLOW AND CHEMISTRY OF GROUNDWATER IN VIEW OF HOUSEHOLD WATER SUPPLY: THE CASE STUDY OF KYSHCHENTSI VILLAGE (UMAN DISTRICT, CHERKASY REGION).....	51
PRESERVATION OF BIOLOGICAL AND LANDSCAPE DIVERSITY	59
Kratiuk O. SPATIAL AND TEMPORAL ORGANIZATION OF THE EUROPEAN BEAVER (<i>CASTOR FIBER L.</i>) POPULATIONS ON THE TERRITORY OF ZHYTOMYR REGION.....	59
Myakushko S. STAGES IN THE RESPONSE OF RODENT'S POPULATIONS TO ANTHROPOGENIC ENVIRONMENTAL CHANGES.....	66
Pavlyshak Ya., Dankiv V. FLORISTIC DIVERSITY OF MEADOW PHYTOCENOSES OF STRYI DISTRICT (HNIZDYCHIV VILLAGE).....	72
Patseva I., Korbut M., Alpatova O., Patsev S. ANALYSIS OF THE STABILITY OF WOODY PLANT SPECIES IN URBAN AREAS.....	76
Petrusha Yu., Yevtushenko Yu., Rylskyi O. STUDY OF THE INFLUENCE OF ANTI-ICE REAGENTS ON THE INTENSITY OF PLANT GROWTH.....	79
Roman L., Halla-Bobyk S. ECOLOGICAL ASPECTS OF BIODIVERSITY PRESERVATION ON THE TERRITORY OF THE DENDROLOGY PARK "BEREZYNKA".....	84
Fokshei S., Hostiuk Z. RARE SPECIES OF THE FUNGI WITHIN THE PROTECTED AREA OF KAMENYSTYI (HUTSULSHCHYNA NATIONAL NATURE PARK).....	89
Khomenko S., Belmega I., Kireitseva H., Khrutba V. THE ROLE OF PHYTOINVASION FOR THE NATURAL BIODIVERSITY OF PROTECTED AREAS IN UKRAINE.....	94
CLIMATE CHANGE	100
Hurelya I. STUDY OF THE VULNERABILITY OF THE UMAN URBOECOSYSTEM TO CLIMATE CHANGES.....	100

Nedostrelova L., Muzyka T. RATING OF CHANGES IN THE TEMPERATURE AND HUMIDITY REGIMES OF ZHYTOMYR UNDER CONDITIONS OF CLIMATE WARMING.....	105
Yakovyshyna T. USING EFFICIENCY OF INTEGRAL INDICATORS FOR THE ASSESSMENT OF CLIMATE CHANGE.....	114
BIOLOGICAL SAFETY.....	119
Voitsitskiy V., Korniyenko V., Khyzhnyak S., Midyk S., Samkova O., Yakubchak O., Ladohubets E. PARTICIPATION OF THE ADAPTIVE POTENTIAL OF BIOLOGICAL SYSTEMS IN FORMING THEIR RELIABILITY.....	119
Hrabko N., Vovkodav G. ASSESSMENT OF THE SAFETY OF FOOD PRODUCTS (BASED ON THE SAMPLES OF SMOKED, SEMI-SMOKED AND DRY-CURED SAUSAGES) REGARDING THE CONTENT OF FOOD ADDITIVES IN THEIR COMPOSITION.....	123
Hrabko N., Kolisnyk A. PRELIMINARY ASSESSMENT OF THE ROLE OF CERTAIN METEOROLOGICAL AND BIOMETEOROLOGICAL CONDITIONS IN THE FORMATION OF MORTALITY FROM COVID-19 IN THE ODESSA REGION.....	129
ENVIRONMENTAL EDUCATION.....	135
Kushnir S., Chumachenko I., Voronova N., Horban V., Prytula N., Voronov K. THE ROLE OF THE ENVIRONMENTAL MANAGEMENT SYSTEM OF THE ZAPORIZHIA NATIONAL UNIVERSITY IN THE TRAINING OF HIGHER EDUCATION DEGREE SEEKERS.....	135
Liulenko S. THE ROLE OF ICT IN THE PROFESSIONAL TRAINING OF FUTURE BIOLOGY AND CHEMISTRY TEACHERS.....	142
GENERAL ENVIRONMENTAL SAFETY ISSUES.....	146
Herasymchuk L., Patseva I., Valerko R., Malinovska V., Lunova O. STATE SUPERVISION OF COMPLIANCE WITH THE REQUIREMENTS OF THE ENVIRONMENTAL PROTECTION LEGISLATION IN THE TERRITORY OF THE TERRITORY OF THE ZHYTOMYR AND RIVNE REGIONS.....	146
Drozd I., Pavlovskiy V. EXPRESS ASSESSMENT OF PHYSIOLOGICAL PARAMETERS OF BANK VOLE (<i>MYODES GLAREOLUS</i>) USED IN DOSIMETRIC RESEARCH.....	151
Yermakovych I. COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN NATIONAL LEGISLATION AND INTERNATIONAL AGREEMENTS CONCERNING THE PROTECTION OF THE OZONE LAYER.....	158
Ivanenko I., Fedenko Yu., Hutsul Kh., Klimenkov O. ZINC OXIDE AS A PROMISING ECOLOGICAL PHOTOCATALYST: PROPERTIES, SYNTHESIS AND APPLICATION.....	163
Rybak O., Patseva I. STUDY OF WILD PLANTS FOR EXTENSIVE GREENING OF ROOFS IN THE FOREST AREA.....	168
Siruk I., Siruk Yu. RECREATIONAL USE OF THE GREEN ZONE FORESTS OF ZHYTOMYR CITY.....	172
Khomiak I. ANALYSIS OF THE THEORIES OF POLYCLIMAX AND MONOCLIMAX FROM THE STANDPOINT OF THE MODERN THEORY OF ECOSYSTEM DYNAMICS.....	179
AUTHORS' CREDENTIALS.....	184

ЕКОЛОГІЯ АГРОВИРОБНИЦТВА

УДК 579.64:632.4:633.11

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.2.1>

ЧИСЕЛЬНІСТЬ МІКРООРГАНІЗМІВ ТРОФІЧНИХ ГРУП РИЗОСФЕРИ РОСЛИН ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В УМОВАХ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ

Безноско І.В., Горган Т.М., Мосійчук І.І., Гуменний Д.В.

Інститут агроекології і природокористування Національної академії аграрних наук України
вул. Метрологічна, 12, 03143, м. Київ
beznoskoirina@gmail.com

Використання в сучасних технологіях мікробіологічних препаратів не тільки підвищує стійкість рослин, продуктивність і якість продукції, але й сприяє формуванню мікробного комплексу притаманного кожній рослині. За результатами дослідження встановлено, що чисельність мікроорганізмів трофічних груп змінювалась залежно від умов вирощування рослин ячменю ярого, фази онтогенезу та ґрунтово-кліматичних умов. Високу чисельність мікроорганізмів трофічних груп спостерігалась у фазі дозрівання, що є найбільш фізіологічно активною для росту та розвитку культури, де значення гідротермічних умов було оптимальним і становило в середньому вище 1. Визначено, що високою чисельністю мікроорганізмів педотрофічних груп характеризувався ґрунт рослин ячменю ярого сортів Себастьян і Геліос із застосуванням препарату Вимпел 2 та суміші Вимпел 2 + Оракул мультикомплекс. У контрольному варіанті (обробка водою) визначено високу чисельність патогенних мікроміцетів. Водночас у варіантах, де застосовували Вимпел 2 та суміші Вимпел 2 + Оракул мультикомплекс, чисельність патогенних мікроміцетів ґрунту рослин ячменю ярого істотно знижувалася. Що свідчить, що препарат Вимпел 2, як окремо так і у суміші здатний захистити рослини від хвороб шляхом посилення імунітету. Чисельність мікроорганізмів оліготрофічних груп була найвищою у контрольному варіанті, а найнижчою – із застосуванням усіх досліджуваних препаратів відповідно і чисельність мікроорганізмів гуматутворюючих груп зменшувалася у 1–1,5 рази порівняно з контролем. Із внесенням препаратів Вимпел 2 та Оракул мультикомплекс суттєво посилено розвиток мікроорганізмів амоніфікуючих, амілолітичних та целюлозоруйнівних груп. Отже, ризосферний ґрунт рослин ячменю ярого здатний формувати мікробний комплекс який істотно залежить від умов вирощування культури. *Ключові слова:* ґрунтова мікобіота, агроценоз, чисельність, гідротермічний та мікробіологічні коефіцієнти, кореневі виділення рослин, елементи технології вирощування.

The number of microorganisms of the rhizosphere of spring barley plants in the conditions of environmentally safe cultivation technologies. Beznosko I., Gorgan T., Mosichuk I., Humennyi D.

The use of microbiological preparations in modern technologies not only increases the resistance of plants, productivity and quality of products, but also contributes to the formation of the microbial complex inherent in each plant. According to the results of the study, it was established that the number of microorganisms of trophic groups changed depending on the growing conditions of spring barley plants, the phase of ontogenesis, and soil and climatic conditions. A high number of microorganisms of trophic groups was observed in the ripening phase, which is the most physiologically active for the growth and development of the culture, where the value of hydrothermal conditions was optimal and was on average above 1. It was determined that the soil of spring barley plants of Sebastian and Helios varieties with the use of Vimpel 2 and the mixture of Vimpel 2 + Oracle multicomplex was characterized by a high number of microorganisms of pedotrophic groups. In the control variant (treatment with water), a high number of pathogenic micromycetes was determined. At the same time, in the variants where Vypmel 2 and mixtures of Vypmel 2 + Oracle multicomplex were used, the number of pathogenic micromycetes in the soil of spring barley plants decreased significantly. Which shows that the drug Vimpel 2, both individually and in a mixture, is able to protect plants from diseases by strengthening immunity. The number of microorganisms of oligotrophic groups was the highest in the control version, and the lowest – with the use of all the studied drugs, respectively, and the number of microorganisms of humate-forming groups decreased by 1–1.5 times compared to the control. With the introduction of Vimpel 2 and Oracle multicomplex, the development of microorganisms of ammonifying, amylolytic and cellulose-destroying groups has significantly increased. Therefore, the rhizospheric soil of spring barley plants is able to form a microbial complex that significantly depends on the growing conditions of the crop. *Key words:* soil mycobiota, agroecology, number, hydrothermal and microbiological coefficients, root secretions of plants, elements of growing technology.

Постановка проблеми. Структура мікробних ценозів – невід’ємна складова ґрунтів, включаючи процеси та чинники, що прямо чи опосередковано впливають на їх особливості. Кожен вид рослини має специфічний мікробіом ризосфери, залежний від наявного ґрунтового угруповання. Нестачу елементів живлення у ґрунті людина традиційно

намагається скоригувати за рахунок застосування різних добрив, що спричиняє більший рівень антропогенного навантаження на ґрунти, погіршуючи їх агрохімічні та біологічні характеристики [6]. Під впливом біологічних добрив суттєво змінюється біорізноманіття та структура основних фізіологічних груп мікроорганізмів, що сприяє

погіршенню або покращенню мікробіологічних процесів у ґрунті [7–9].

Актуальність дослідження. Велика роль у підвищенні продуктивності зернових культур і збереженні екологічної рівноваги належить екологічно безпечним технологіям вирощування. Використання в сучасних технологіях мікробіологічних препаратів не тільки підвищує стійкість рослин до фітопатогенів, продуктивність і якість продукції, але й сприяє оздоровленню агроценозів від шкідливої дії хімічних препаратів. На сучасному етапі розвитку сільськогосподарського виробництва використання екологічно безпечних технологій набуває дедалі більшого поширення, оскільки базується на застосуванні нових ефективних та екологічно безпечних мікробіологічних препаратів і регуляторів росту й розвитку рослин, які здатні спрямовано регулювати процеси життєдіяльності рослин і ґрунтової мікобіоти [13].

Наразі використання біологічних препаратів, зокрема, регуляторів росту рослин, мікродобрив, біологічних фунгіцидів та деструкторів є елементами сучасних екологічно безпечних технологій вирощування зернових культур [14–16]. Отже, однією із основних умов екологізації землеробства є раціональне застосування добрив у сівзміні зі збереженням біорізноманіття ґрунтової мікобіоти та її фізіологічних властивостей.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження виконували в рамках завдання 24.01.02.05.Ф «Розроблення науково-методичних основ регуляції чисельності мікроміцетів в агроценозах сільськогосподарських культур у Центральному Лісостепу України».

Новизна викладеного матеріалу полягає в тому, що чисельність мікроорганізмів трофічних груп ризосферного ґрунту рослин ячменю ярого змінювалась залежно від умов вирощування рослин, фази онтогенезу та ґрунтово-кліматичних умов.

Аналіз останніх джерел і публікацій. Дослідженнями вітчизняних та зарубіжних вчених [1–3] встановлено, що мікобіота здійснює як редуцційні, так і деструкційні процеси [4]. Особливості взаємодії мікроорганізмів між собою і рослинами мають різноманітні функціональні характеристики, що формують стійкі мікробні комплекси агроєкосистем [5].

Дослідженнями вчених [10] встановлено, що за поєднаного застосування гербіцидів і регуляторів росту рослин природного походження має місце послаблення негативної дії хімічних препаратів на розвиток основних ризосферних мікроорганізмів. Доведено також, що інокуляція насіння активними штамми ризобактерій сприяє активізації розвитку ризосферної мікобіоти [11]. Зокрема, І.М. Малиновська стверджує, що обробка насіння азотфіксувальними та фосфатмобілізувальними мікроорганізмами сприяє збільшенню об'єму корневих

виділень, завдяки яким чисельність ризосферних мікроорганізмів зростає [12].

Мета та задачі дослідження. Метою роботи було, визначення чисельності мікроорганізмів трофічних груп ризосферного ґрунту рослин ячменю ярого залежно від екологічно безпечних технологій вирощування рослин.

Матеріали та методи. Досліджено чисельність мікроміцетів трофічних груп у ризосферному ґрунту рослин ячменю ярого двох сортів (Себастьян, Геліос). Дослідження проводили впродовж 2021–2023 рр. на базі стаціонарних і тимчасових польових дослідів, які розташовані у Сквирській дослідній станції органічного виробництва ІАП НААН (Київська обл.). Відбір проб ґрунту для лабораторного аналізу здійснюється відповідно до Державного стандарту України 7847 (2015). Для визначення кількості мікроорганізмів у ґрунті з досліджуваної території відбирали від 3 до 7 окремих проб масою 100–200 г та готували середню пробу ґрунту. Зразки ґрунту відбирали у три фази онтогенезу: кущення, цвітіння і дозрівання.

Для характеристики гідротермічних умов території розраховували гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за формулою:

$$ГТК = R \times 10 / \sum T > 10$$

де R – сумарна кількість опадів за відповідний період, мм;
 $\sum T > 10$ – сума температур повітря понад 10°C за той самий період, °C.

За даними обласної метеостанції Київської області вивчено погодні умови впродовж вегетаційних періодів 2020–2022 рр. (таблиця 1).

Таблиця 1

Значення гідротермічного коефіцієнта (ГТК) протягом вегетаційного періоду в роки проведення досліджень (Сквирська ДСОВ ІАП НААН)

Рік	Місяць				Середнє
	Квітень	Травень	Червень	Липень	
2020	0,5	1,6	1,5	0,8	1,6
2021	0,8	0,9	1,7	1,8	1,3
2022	1,3	1,4	1,8	1,9	1,6

Примітка: ГТК ≥ 1 – достатнє зволоження; ГТК 0,8–1,0 – помірне зволоження; ГТК 0,6–0,7 – недостатнє зволоження.

Вегетаційний період 2021–2023 року характеризувався як достатньо вологий (ГТК 1,3–1,6). Висока температура повітря та велика кількість опадів протягом вегетації, мали суттєвий вплив на формування мікробного комплексу ґрунту під посівом ячменю ярого.

Протягом вегетаційного періоду були використані екологічно безпечні технології вирощування, що включали різні системи удобрення та захисту посівів ячменю ярого. Схему дослідів закладено рендомізованим способом. Перша технологія включала

оброблення по листку у фазу кущення стимулятором росту рослин Вимпел 2 у нормі 0,5 л/га; друга – обробка комплексним мікродобривом Оракул мультикомплекс у нормі 1 л/га; третя обробка сумішшю Вимпел 2 + Оракул мультикомплекс та контрольна ділянка – обробка водою.

Лабораторні дослідження проводили в лабораторії біоконтролю агроєкосистем та органічного виробництва Інституту агроєкології і природокористування. Чисельність мікроорганізмів основних еколого-трофічних груп визначали методом висівання ґрунтової суспензії на стандартні поживні середовища [17]: для визначення чисельності амілолітичних ґрунтових мікроорганізмів використовували крохмало-аміачний агар (КАА); оліготрофних – голодний агар (ГА); педотрофних мікроорганізмів – ґрунтовий агар (ПА); гуматрозкладаючих – гуматне середовище (ГС); целюлозолітичних – середовище Гетчинсона і Клейтона та для визначення чисельності патогенних мікроміцетів використовували картопляно-глюкозний агар (КГА); для визначення амоніфікуючих використовували м'ясо пептидний агар (МПА).

Для визначення у пробі ґрунту чисельності амілолітичних, оліготрофних, педотрофних, гуматрозкладаючих та патогенних мікроміцетів застосовується метод глибинного посіву. Засіяні пробірки інкубували у термостаті при 28 С протягом 3–4 тижнів.

Кількість колоній, які вирости, підраховували за допомогою автоматичного лічильника SCAN4000 (Interscience, France). При більшій кількості колоній і їхнього рівномірного розташування дно чашки Петрі умовно ділили на 4 або більше однакових секторів, рахували кількість колоній у двох-трьох секторах, знаходили середнє арифметичне числа колоній і множили на загальну кількість секторів на одній чашці. Чисельність мікроорганізмів в розрахунку на 1 г сухого ґрунту (X) в КУО обчислювали за формулою [18; 19].

$$X = \frac{a \times b \times 10^n}{V}$$

де: X – кількість клітин в 1 г сухого ґрунту;

a – середня кількість підрахованих колоній, од.;

b – коефіцієнт вологості, розрахований згідно ДСТУ ISO 11465-2001;

10^n – коефіцієнт розведення;

V – об'єм суспензії, що взяли для посіву, см³.

Чисельність целюлозолітичних мікроорганізмів визначали шляхом розрахунку найбільш вірогідної кількості (НБК) клітин в одиниці об'єму вихідного субстрату за таблицею Мак-Креді. Чисельність целюлозолітичних мікроорганізмів в розрахунку на 1 г сухого ґрунту (X) в КУО обчислювали за формулою:

$$X = НБК \times b$$

де: X – кількість клітин в 1 г сухого ґрунту;

НБК – найбільш вірогідна кількість клітин мікроорганізмів в 1 г субстрату, од.;

b – коефіцієнт вологості, розрахований.

Результат виражали у колонієутворюючих одиницях (КУО) в 1 г досліджуваної проби ґрунту.

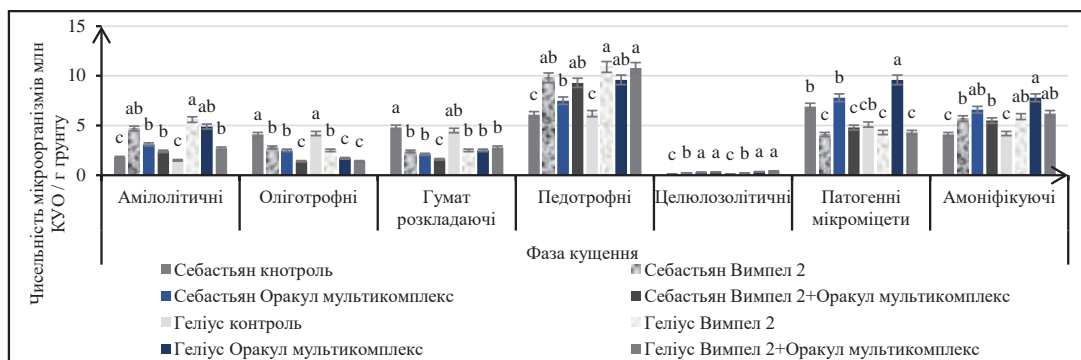
Був проведений однофакторний дисперсійний аналіз (ANOVA, тест Тьюки). Різниця між контрольними і експериментальними показниками вважалася значною, коли ймовірність різниці становила $P < 0.05$.

Результати досліджень та їх обговорення.

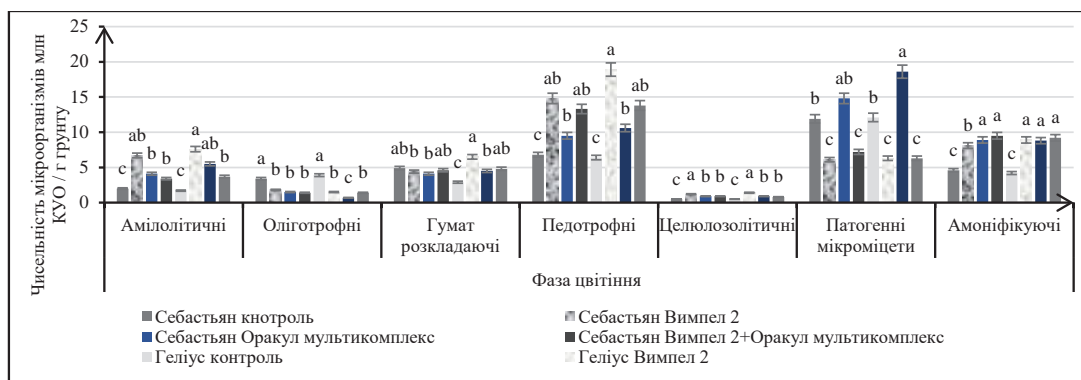
Зростання чисельності мікроорганізмів трофічних груп ґрунту рослин ячменю ярого сортів Себастьян та Геліос спостерігали у фазі дозрівання, що є найбільш фізіологічно активною для росту та розвитку культури. Саме у цій фазі онтогенезу значення гідротермічних умов було оптимальним і становило в середньому вище 1, що сприяло наявністю доступної вологи в ґрунті і збільшенню чисельності мікробіоти (рис. 1).

За результатами дослідження представленими на рисунку 1, показано, що у ризосферному ґрунті рослин ячменю ярого чисельності мікроорганізмів педотрофних груп зростала і становили від 6,11 до $20,91 \times 10^6$ КУО/г ґрунту. Це підтверджує, що ґрунт містить достатню кількість органічної речовини. Високою чисельністю мікроорганізмів педотрофних груп характеризувався ґрунт рослин сортів Себастьян і Геліос із застосуванням препарату Вимпел 2 та суміші Вимпел 2+Оракул мультикомплекс, де їх кількість сягала $20,91 \times 10^6$ КУО/г ґрунту. Поряд з тим, у ризосферному ґрунті рослин ячменю ярого із застосуванням препарату Оракул мультикомплекс чисельність мікроорганізмів педотрофних груп була нижчою і становила $12,60 \times 10^6$ КУО/г ґрунту. Найменшою чисельністю мікроорганізмів педотрофних груп характеризувався ґрунт у контрольному варіанті, де їх чисельність була 2,0–2,5 рази меншою ніж на варіантах із внесенням препаратів. Слід зазначити, що кількість мікроорганізмів педотрофних груп ґрунту рослин ячменю ярого сорту Геліос була дещо вищою порівняно із сортом Себастьян. Це дає підстави вважати, що на чисельність мікроорганізмів впливають не лише препарати, а і метаболіти рослин.

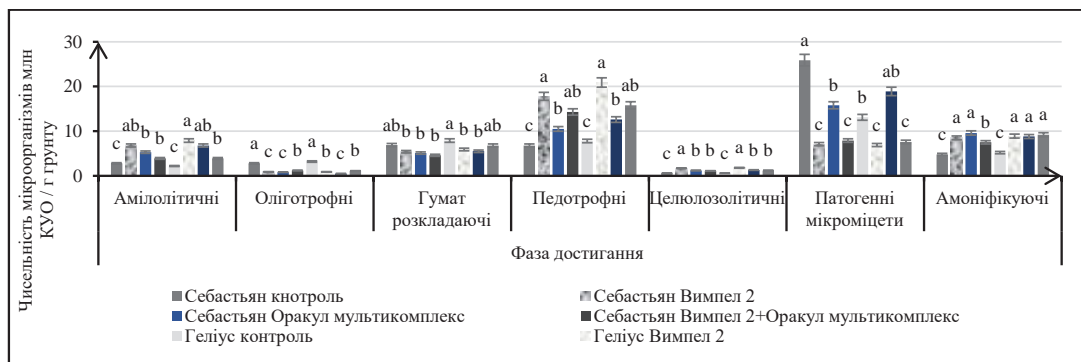
Також впродовж вегетаційного періоду в агроценозах ячменю ярого високою чисельністю характеризувалася патогенна мікробіота, яка була в межах від 4,0 до $25,5 \times 10^6$ КУО/г ґрунту. Найвищою чисельністю патогенних мікроміцетів характеризувався ґрунт у контрольному варіанті, де їх кількість під посівом ячменю ярого сорту Себастьян сягала від 6,8 до $25,6 \times 10^6$ КУО/г ґрунту. Також високою чисельністю патогенних мікроміцетів характеризувався ґрунт із застосуванням препарату Оракул мультикомплекс в агроценозах ячменю ярого, де їхня чисельність варіювалася від 7,9 до $18,8 \times 10^6$ КУО/г ґрунту. Водночас у варіантах, де застосовували Вимпел 2 та суміші Вимпел 2 + Оракул мультикомплекс, чисельність патогенних мікроміцетів ґрунту рослин ячменю ярого істотно знижувалася і сягала до $6,0 \times 10^6$ КУО/г ґрунту. Що свідчить, що препарат Вимпел 2 здатний



а



б



с

Рис. 1. Чисельність мікроорганізмів ризосферного ґрунту рослин ячменю ярого у фази онтогенезу: а – куцнення, в – цвітіння, с – дозрівання ($x \pm SD$ Тьюкі тест, $n = 5$ повторів); літери а–с позначають статистично значущі відмінності кількість мікроорганізмів у межах групи ($P < 0.05$)

захистити рослини від хвороб шляхом стимуляції природної здатності рослини чинити опір хворобам. Це дає підстави вважати, що рослини оброблені препаратом через кореневі виділення здатні пригнічувати розвиток патогенної мікобіоти ґрунту.

Чисельність мікроорганізмів оліготрофних груп інтенсивно розвивається на збіднених ґрунтах, що обумовлено їх трофічною специфічністю та відсутністю конкуренції. З огляду на це чисельність мікроорганізмів оліготрофних груп найвищою була у контрольному варіанті і сягала $4,10 \times 10^6$ КУО/г

ґрунту. Виявлені закономірності свідчать про вичерпання запасів легкодоступних поживних елементів та посилення гуміфікаційних процесів, де кількість гуматрозкладаючих мікроорганізмів у контрольному варіанті була найбільшою і сягала $7,98 \times 10^6$ КУО/г ґрунту. Найнижчою чисельністю мікроорганізмів оліготрофних груп характеризувався ґрунт в агроценозах ячменю із застосуванням препаратів на всіх варіантах, де їх кількість була від $0,51$ до $2,82 \times 10^6$ КУО/г ґрунту і відповідно кількість гуматутворюючих мікроорганізмів теж зменшувалася у 1–1,5 рази.

Застосування різних умов вирощування рослин ячменю ярого із внесенням різних препаратів суттєво посилило розвиток амоніфікуючих мікроорганізмів. Найвищу кількість амоніфікуючих мікроорганізмів ґрунту спостерігали із застосування препарату Оракул мультикомплекс, що становила $9,60 \times 10^6$ КУО/г ґрунту, найменшу на контрольному варіанті – $4,81 \times 10^6$ КУО/г ґрунту. Також зростали амілолітичні та целюлозоруйнівні мікроорганізми ризосферного ґрунту рослин із застосуванням препаратів Вимпел 2 та Оракул мультикомплекс. Дані мікроорганізми за наявності ферментів здійснюють деградацію целюлозовмісних субстратів. Отже, ризосферний ґрунт рослин ячменю ярого здатний формувати мікробний комплекс, чисельність якого істотно залежить від технологій вирощування рослин.

Чисельність популяцій у ґрунті визначається не тільки сезонними коливаннями едафічних факторів (вміст елементів живлення, температура ґрунту, наявність доступної вологи), а й застосуванням різних технологій вирощування рослин [23]. Роботами вчених [9; 21; 24] з'ясовано, що під впливом різних норм добрив змінюється біорізноманіття та чисельність основних фізіологічних груп мікроорганізмів, що істотно впливає на перебіг мікробіологічних процесів у ґрунті [9, 20, 22]. З вище зазначених результатів досліджень показано, що структура ґрунтового мікробіому визначається біотичними, абіотичними та антропогенними факторами. Таким чином, склад мікробного ценозу ґрунту, вміст у ньому як корисної, так і фітопатогенної мікробіоти для рослин ячменю ярого є динамічний процес, у якому важливе значення відіграє гідротермічний коефіцієнт під час вегетаційного періоду, кореневі виділення рослин різних сортів ячменю ярого, фаза розвитку та умови вирощування культури.

Головні висновки. Високою чисельністю мікроорганізмів характеризувався ґрунт рослин сортів Себастьян і Геліос із застосуванням препарату Вимпел 2 та суміші Вимпел 2 + Оракул мультикомплекс, де їх кількість сягала $20,91 \times 10^6$ КУО/г ґрунту. Це підтверджує, що ґрунт містить достатню кількість органічної речовини.

Найнижчою чисельністю патогенної мікробіоти характеризувалася ґрунт, де застосовували Вимпел 2 та суміші Вимпел 2 + Оракул мультикомплекс кількість патогенних мікроміцетів ґрунту рослин ячменю ярого істотно знижувалася і сягала до $6,12 \times 10^6$ КУО/г ґрунту. Що свідчить, що препарат Вимпел 2, як окремо так і у суміші здатний захистити рослини від хвороб шляхом посилення імунітету. Чисельність мікроорганізмів оліготрофних груп знижувалася із застосуванням досліджуваних препаратів, відповідно чисельність мікроорганізмів гуматутворюючих груп теж зменшувалася у 1–1,5 рази порівняно з контролем.

Застосування різних умов вирощування суттєво посилило розвиток мікроорганізмів амоніфікуючих, амілолітичних та целюлозоруйнівних груп, які за наявності ферментів здійснюють деградацію целюлозовмісних субстратів.

Отже, ризосферний ґрунт рослин ячменю ярого здатний формувати мікробний комплекс який істотно залежить від умов вирощування рослин та значенням ГТК вегетаційного періоду.

Перспективи використання результатів дослідження. Дослідження в цьому напрямку дозволять краще зрозуміти взаємозв'язок рослин і мікроорганізмів, що визначають їх роль в мікробно-рослинних асоціаціях і в системах паразит-господар в природі. Це надасть можливість підвищити рівень біобезпеки в агроекосистемах, що покращить якість рослинної сировини.

Література

1. Nannipieri P., Ascher J., Ceccherini M. T. Microbial diversity and soil functions. *European Journal of Soil Science*. 2003. Vol. 54. P. 655.
2. Іутинська Г. О. Ґрунтова мікробіологія : навчальний посібник. Київ: Арістей, 2007. 284 с.
3. Aislabie J. A. Soil microbes and their contribution to soil services. *Ecosystem services in New Zealand – condition sand trends*. New Zealand: Manaaki Whenua Press. 2013. P. 143–161.
4. Bruinsma M., Kowalchuk G.A., Veen J.A. Effects of genetically modified plants on microbial communities and processes in soil. *Biology and Fertility of Soils*. 37(6). 2003 329–337. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-003-0613-6>
5. Giri B., Huong Giang P., Kumari R. Microbial Diversity in Soils. *Microorganisms in Soils: Roles in Genesis and Functions*. 2005. P. 19–49.
6. Сабадин В. Я., Мурашко Л. А., Кривов'яз І. З. Захист зерна пшениці озимої від насінневої інфекції. *Агробіологія*. 2012 (9). С. 80–83.
7. Терновий Ю., Гавлюк В., Парфенюк А. Екологічно безпечні ахротехнології. *Агроєкологічний журнал*. 2018. № 4. С. 50–58.
8. Bruinsma M., Kowalchuk G. A., Veen J. A. Effects of genetically modified plants on microbial communities and processes in soil. *Biology and Fertility of Soils*. 37(6). 2003 329–337. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-003-0613-6>
9. Romero-Olivares A.L., Allison S.D., Treseder K.K. Soil microbes and their response to experimental warming over time: A meta-analysis of field studies. *Soil Biology and Biochemistry*. 2017. P. 32–40. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.12.026>.
10. Безноско І.В., Дідик Ю.А., Паламарчук С.П. Фітопатогенна мікробіота в агроценозах культурних рослин в умовах центрального лісостепу України. *Науковий журнал «Біологічні системи: теорія та інновації»*. 2023. Том 14(3-4). С. 84–98.
11. Іутинська Г.О. Мікробні біотехнології для реалізації нової глобальної програми забезпечення сталого розвитку агросфери України. *Агроєкологічний журнал*. 2017. № 2. С. 149–155.
12. Бублик Л.І., Діденко Г.С., Чергіна О.Д. Вплив різнополярних гербіцидів на чисельність ґрунтових мікроорганізмів у ризосфері сої. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. 2012. Вип. 178. С. 137–141.

13. Малиновська І.М. Стан мікробіоценозу ризосфери сої за комплексного оброблення насіння фосфатмобілізуєчими мікроорганізмами і *Bradyrhizobium japonicum* 71Т. *Агроекологічний журнал*. 2007. № 3. С. 79–83.
14. Noreen, S., Fatima, Z., Ahmad, S., Athar, H.-U.-R. & Ashraf, M. Foliar application of micronutrients in mitigating abiotic stress in crop plants (Book Chapter). *Plant Nutrients and Abiotic Stress Tolerance*. 2018. 95–117. DOI: http://doi.org/10.1007/978-981-10-9044-8_3.
15. Іщенко В.А., Козелець Г.М. Формування продуктивності ячменю звичайного ярого залежно від інокуляції насіння біопрепаратом та позакоренових підживлень в Степу України. *Agrology*. 2021. № 4(4). С. 180–186.
16. Ткачук, С.О., Трушева, С.С., Олійник, О.О. Ефективність комплексного застосування регуляторів росту рослин та мікродобрив при вирощуванні ячменю ярого в умовах Західного лісостепу. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2018. 2 (82) 79–87.
17. Якість ґрунту. Визначення чисельності мікроорганізмів у ґрунті методом посіву на тверде (агаризоване) живильне середовище: ДСТУ 7847:2015. [Чинний від 2016.07.01]. К.: ДП «УкрНДНЦ». 2015. Ш. 15 с. (Національний стандарт України).
18. Gardi, C., Jeffery, S., and Saltelli, A. An estimate of potential threats levels to soil biodiversity in EU. *Global Change Biology*, 19: 2013. pp. 1538–1548.
19. Парфенюк А.І., Горган Т.М., Стерлікова О.М., Безноско І.В. Сагановська В.І., Благініна А.А., Тищенко Г.Ф., Ковтун В.В. Науково – методичні рекомендації «Екологічне оцінювання культурних рослин за впливом на формування популяцій фітопатогенних грибів» К., 2015. 40 с.
20. Kirschbaum, M. U. F. (2006). The temperature dependence of organic-matter decomposition – still a topic of debate. *Soil Biology and Biochemistry*. 38(9). 2510–2518. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2006.01.030>
21. Suseela, V., Conant, R.T., Wallenstein, M.D., Dukes, J.S. Effects of soil moisture on the temperature sensitivity of heterotrophic respiration vary seasonally in an old-field climate change experiment. *Global Change Biology*. 2012. 18. 336–348. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02516.x>.
22. McDaniel, M.D., Kaye, J.P., & Kaye, M.W. Increased temperature and precipitation had limited effects on soil extracellular enzyme activities in a post-harvest forest. *Soil Biology and Biochemistry*. 2013. 56. 90–98. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.02.026>
23. Гадзало Я.М., Патика Н.В., Зарішняк А.С. Агробіологія ризосфери рослин: монографія. К.: Аграрна наука, 2015. 386 с.
24. Танчик С.П., Демідов О.А., Манько Ю.П. Екологічна система землеробства в Лісостепу України: метод. рекомендації для впровадження у виробництво. К.: НУБіП України, 2011. 39 с.

СКРИНІНГ *IN VITRO* СОРТІВ ПШЕНИЦІ ТВЕРДОЇ ОЗИМОЇ НА ПОСУХОСТІЙКІСТЬ В КУЛЬТУРІ НЕЗРІЛИХ ЗАРОДКІВ

Пикало С.В.¹, Демидов О.А.¹, Куманська Ю.О.², Юрченко Т.В.¹, Харченко М.В.¹

¹Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук України
08853, с. Центральне

²Білоцерківський національний аграрний університет
пл. Соборна, 8/1, 09117, м. Біла Церква
pykserg@ukr.net

Пшениця є однією з важливих сільськогосподарських культур, оскільки використовується у виробництві борошна та кормів. Пшениця тверда вважається основною сировиною для виробництва макаронів і крупи. Сучасні сорти пшениці повинні володіти високими хлібопекарськими і круп'яними властивостями та бути адаптованими до умов навколишнього середовища. Посуха належить до загрозливих обмежувальних чинників довкілля, що знижують продуктивність сільськогосподарських рослин і призводять до значних економічних збитків. Одним із пріоритетних напрямів селекції пшениці є створення сортів, толерантних до водного дефіциту. Успіх селекції у створенні посухостійких форм значно залежить від правильної оцінки ступеня їхньої стійкості. Поряд із морфолого-анатомічними та фізіолого-біохімічними методами оцінки стресостійкості рослин, біотехнологічні підходи набули значного поширення. У статті викладено результати щодо скринінгу *in vitro* сортів пшениці твердої озимої на посухостійкість в культурі незрілих зародків з використанням маніту в якості стрес-чинника. Різна генотипова реакція на осмотичний стрес у культурі *in vitro* проявлялась у неоднаковій реакції калюсів на дію селективного агента. У результаті досліджень виділено сорти пшениці твердої озимої, які характеризувались здатністю до росту на селективному середовищі за осмотиком та зберігали ознаку стійкості протягом циклу культивування. За морфологічними властивостями виділено два типи калюсу: морфогенний і неморфогенний. Встановлено, що концентрація 0,6 М маніту дозволяє диференціювати генотипи пшениці твердої озимої за посухостійкістю. Виявлено, що найбільшу стійкість до осмотичного стресу мали сорти Таврія і МІП Лакомка, оскільки їх калюси за селективних умов відрізнялись підвищеним морфогенетичним потенціалом та мали найбільший рівень виживання. У вивчених сортів відмічено генотипову залежність процесів морфогенезу в культурі незрілих зародків. Отримані результати є певним внеском у вивчення як теоретичних, так і практичних аспектів посухостійкості пшениці та можуть застосовуватися як елементи селекційних програм. Культуру незрілих зародків можна використовувати як тест-систему для проведення скринінгу генотипів пшениці на посухостійкість. *Ключові слова:* пшениця тверда озима, посуха, калюс, незрілий зародок, маніт, стійкість.

***In vitro* screening of winter durum wheat varieties for drought tolerance in immature embryo culture. Pykalo S., Demydov O., Kumanska Yu., Yurchenko T., Kharchenko M.**

Wheat is one of the most important agricultural crops as it is used in the production of flour and feed. Durum wheat is considered the main raw material for the production of pasta and groats. Modern wheat varieties must have high baking and cereal properties and be adapted to environmental conditions. Drought is one of the threatening limiting environmental factors that reduce the productivity of agricultural plants and lead to significant economic losses. One of the priority areas of wheat breeding is the creation of varieties tolerant to water deficit. The success of breeding in creating drought-tolerant forms depends on a correct assessment of the degree of their tolerance. Along with morphological-anatomical and physiological-biochemical methods for assessing plant stress tolerance, biotechnological approaches have become widespread. The article presents the results of *in vitro* screening of durum winter wheat varieties for drought tolerance was carried out in immature embryo culture using mannitol as a stress factor. Different genotypic responses to osmotic stress in *in vitro* culture were manifested in the unequal response of calli to the action of a selective agent. As a result of the research, varieties of durum winter wheat were isolated that were characterized by the ability to grow on a selective medium with osmosis and retained the trait of tolerance during the cultivation cycle. Based on morphophysiological properties, two types of callus are distinguished: morphogenic and non-morphogenic. It has been established that a concentration of 0.6 M mannitol makes it possible to differentiate the genotypes of durum winter wheat by drought tolerance. It was revealed that the varieties Tavriia and MIP Lakomka had the greatest tolerance to osmotic stress, since their calli under selective conditions were distinguished by increased morphogenetic potential and had the highest level of survival. In the studied varieties, a genotypic dependence of the processes of morphogenesis in immature embryo culture was noted. The results obtained are a definite contribution to the study of both theoretical and practical aspects of drought tolerance in wheat and can be used as elements of breeding programs. The immature embryo culture can be used as a test system for screening wheat genotypes for drought tolerance. *Key words:* durum winter wheat, drought, callus, immature embryo, mannitol, tolerance.

Постановка проблеми. Пшениця – основний продукт харчування більшості половини населення земної кулі та є основним енергетичним джерелом життєдіяльності людського організму [1]. Зерно твердої пшениці (*Triticum durum* Desf.) та продукти його переробки є джерелом білку, життєво важливих амінокислот, вуглеводів, мінеральних елементів

і вітамінів, надзвичайно корисних для людини [2]. Використовують його досить широко в хлібопекарській, круп'яній, кондитерській галузях харчової промисловості, зокрема для виробництва високоякісних макаронних виробів. Тверда пшениця порівняно з м'якою майже не осипається, менше уражується хворобами та шкідниками, стійкіша до вилягання [3].

У світовому землеробстві посівні площі під пшеницею твердою за останні 15 років розширилися з 15,5 до 18,3 млн га, що становить близько 5–7 % від загального світового пшеничного клину [4].

Збільшення врожайності є найбільш важливим критерієм при вирощуванні будь-яких сільськогосподарських рослин. Існує багато чинників, що не дають можливості повністю реалізувати детермінований спадковий потенціал сортів. Серед природних чинників, що найбільш негативно впливають на фізіологічні процеси росту і розвитку рослин і, як наслідок, спричиняють втрати врожаю, є водний дефіцит, викликаний посухою [5]. Шкідлива дія посухи полягає у зневодненні рослин і порушенні у них метаболічних процесів, що призводить до розпаду білків, зміни колоїдно-хімічного стану цитоплазми клітини і, в кінцевому результаті, до зниження кількості накопиченої рослинами органічної речовини [6]. Стрес, викликаний посухою, є причиною прямих або непрямих пошкоджень рослин, що обумовлені інактивацією ферментів, порушенням біохімічних процесів, накопиченням токсичних речовин, витоком іонів, дефіцитом живлення та іншими причинами [7]. Очікується, що за прогресуючого глобального потепління періодичність посух за роками буде посилюватись [8].

Селекція пшениці на посухостійкість є визначальною передумовою для підвищення її пластичності й продуктивності та дає змогу розширити посіви цієї культури у районах із несприятливими кліматичними умовами. Успіх селекції пшениці на стійкість до водного дефіциту значною мірою залежить від правильної оцінки цієї ознаки у створюваних сортах [9]. Слід зазначити, що оцінка генотипів на посухостійкість традиційними прийомами ускладнюється неможливістю створення відповідних екстремальних умов у польових дослідженнях. Багатогранність проблеми стійкості рослин до стресових чинників для її успішного розв'язання потребує інноваційних ефективних підходів. Принципово новим підходом на сьогоднішній день є застосування методів біотехнології, що значно полегшує та прискорює традиційний селекційний процес щодо створення нових ліній і сортів пшениці. Варто зазначити, що за останні десятиліття біотехнологічні підходи набули значного поширення і стали одними з новітніх інструментів сільськогосподарських досліджень [10; 11]. У поєднанні з традиційною практичною селекцією біотехнології належить вагомий внесок у розвиток нових методів генетичного поліпшення рослин та підвищення їх продуктивності, а тому вона успішно застосовується селекціонерами всього світу [12]. Біотехнологічні підходи прискорюють селекцію сільськогосподарських культур завдяки скороченню часу, необхідного для створення сортів з поліпшеними характеристиками, а також доповнюють та розширюють генетичну мінливість, що є невід'ємною умовою для отримання нових сортів

із заданими ознаками [11; 12]. Особливої актуальності набуває застосування культури тканин і органів *in vitro* – біологічної системи, де немає механізмів регуляції, що діють на рівні цілого організму [12; 13]. Метод культури тканин та органів *in vitro* нині широко використовують для вирішення прикладних завдань селекції різних сільськогосподарських рослин [14]. Використання тканинних і клітинних культур дає можливість ефективно прискорити селекційний процес і вважається важливим доповненням до класичних методів селекції пшениці.

За умов *in vitro* можна задавати різні параметри, подібні до тих, у яких у подальшому зростатимуть дорослі рослини, у тому числі й екстремальні умови вирощування. При цьому стійкі форми можна ідентифікувати шляхом порівняння росту калюсів на селективному середовищі за наявності і відсутності стресового агента. На клітинному рівні стійкість до водного дефіциту виявляється у толерантності клітин до наявності у живильному середовищі осмотично активних речовин. Для імітації *in vitro* стресового ефекту водного дефіциту застосовують такі осмотики, як високомолекулярний поліетиленгліколь або низькомолекулярний маніт [15; 16].

Одним із ключових чинників, що впливає на ефективність біотехнологічних робіт зі злаковими культурами, є вибір відповідного типу експланта. Для отримання калюсу з соматичних клітин використовують незрілі та зрілі зародки, незрілі суцвіття, сегменти колеоптиля, мезокотиля та молодих листків, апікальні меристеми пагонів [17; 18]. Як відомо, незрілі зародки є традиційним експлантом у злаків [19]. Вибір такого типу експланта зумовлений високою інтенсивністю проліферації і компетентністю всіх тканин зародка при культивуванні *in vitro*. Це дає підстави виключити вплив зниження проліферативної функції клітин, характерного для спеціалізованих тканин, на результати експериментів.

Метою роботи є проведення скринінгу *in vitro* сортів пшениці твердої озимої на посухостійкість у культурі незрілих зародків з використанням маніту як стрес-чинника.

Матеріали і методи. Матеріалом досліджень були сорти пшениці твердої озимої вітчизняної селекції, серед яких сорти Селекційно-генетичного інституту – Національного центру насіннєзнавства та сортовивчення НААН (Бурштин, Гавань, Лагуна, Таврія, Золоте руно, Крейсер, Континент) і Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН (МП Лакомка). Культура калюсної тканини була ініційована з незрілих зародків, ізольованих на 12–15 добу після запилення. Незріле насіння польових рослин витримували 2 доби у холодильнику при температурі +4 °С, стерилізували 70 % етанолом протягом 3 хв, 30 % комерційним препаратом «Білізна» 5 хв, а також 0,01 Н розчином HCl 3 хв, після того тричі промивали стерильною дистильованою водою. Після видалення зародка із зернівки для індукції калюсо-

генезу його висаджували у чашки Петрі із живильним середовищем Мурасіге-Скуга [20] (МС) щитком вгору. Для кожного сорту було взято по 160 експлантів. Культуру калюсної тканини отримували на середовищі МС, яке додатково містило 2 мг/л 2,4-Д. Експланти культивували при 26 °С в темряві впродовж трьох тижнів. Потім їх переносили на світло і далі вирощували при освітленні 3–4 клк, відносній вологості повітря 70 % і 16-годинному фотоперіоді ще протягом трьох тижнів. Частоту індукції калюсу та утворення морфогенного калюсу по кожному варіанту визначали як відсоток до початкової кількості висаджених експлантів.

Одержані калюси культивували у чашках Петрі за температури 26 °С в темряві на селективному середовищі протягом чотирьох тижнів. Як селективний агент застосовували низькомолекулярний маніт, який додавали до модифікованого середовища МС у концентрації 0,6 М. Контролем слугувало середовище без маніту. Через 4 тижні визначали частку живих калюсів як відсоткове відношення кількості життєздатних калюсів до їх початкового числа. При цьому до мертвих відносили калюси, які побуріли на 2/3 своєї поверхні й більше, а решту вважали живими. Експериментально отримані дані обробляли методами статистичного аналізу з використанням прикладної програми MS Excel 2013.

Виклад основного матеріалу. Початок калюсогенезу в усіх сортів спостерігали вже з п'ятої доби культивування, при переході до дедиференціації на експлантах утворювалася калюсна тканина (рис. 1).

В ході роботи виявлено, що частота індукції калюсу досліджуваних сортозразків варіювала від 73,0 % до 49,6 % (табл. 1). Найбільшу частоту калюсоутворення спостерігали в сортів: Таврія (73,0 %), МІП Лакомка (72,3 %), Континент (69,1 %), найменшу – Золоте руно (49,6 %), Гавань (53,7 %).

При перенесенні на світло було виявлено два типи калюсу, які розрізнялися за морфофізіологічними властивостями: морфогенний, здатний до регенерації, що містив агрегати клітин із щільних сегментів жовтувато-білого кольору з ділянками зелених хлорофіловмісних клітин, і неморфогенний, не здатний

до морфогенезу, що складався з м'яких водянистих клітин білого кольору, при подальшому культивуванні яких спостерігали некроз (рис. 2).

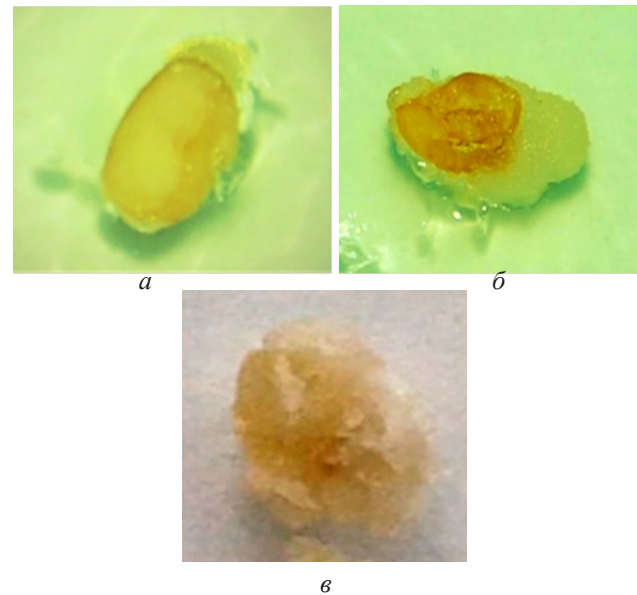


Рис. 1. Етапи індукції калюсу пшениці з незрілих зародків: а – вихідний експлант; б – початок калюсоутворення; в – сформований калюс

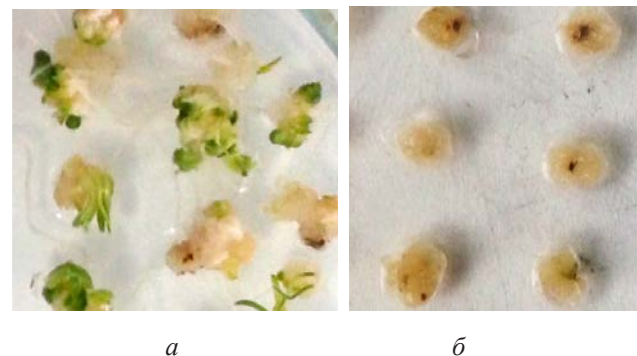


Рис. 2. Типи індукованих калюсів пшениці: а – морфогенні; б – неморфогенні

Варто зазначити, що отримання морфогенних калюсів і подальша регенерація з них рослин – невід'ємна частина багатьох рослинних біотехнологій [12].

Таблиця 1

Частота морфогенезу пшениці твердої озимої в культурі незрілих зародків

Сорт	Установа-оригіатор	Частота індукції калюсу, %	Частота утворення морфогенного калюсу, %
МІП Лакомка	МІП НААН	72,3±3,5	39,2±3,9
Бурштин	СГІ-НЦНС НААН	56,2±3,9	34,8±3,8
Гавань	СГІ-НЦНС НААН	53,7±3,9	30,6±3,6
Лагуна	СГІ-НЦНС НААН	56,6±3,9	34,8±3,8
Таврія	СГІ-НЦНС НААН	73,0±3,5	35,8±3,8
Золоте руно	СГІ-НЦНС НААН	49,6±4,0	24,9±3,4
Крейсер	СГІ-НЦНС НААН	63,5±3,8	27,6±3,5
Континент	СГІ-НЦНС НААН	69,1±3,7	33,5±3,7

Примітка: МІП – Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла, СГІ-НЦНС – Селекційно-генетичний інститут – Національний центр насіннєзнавства та сортовивчення

Найбільша частота утворення морфогенного калюсу виявлена в сортів МП Лаконка (39,2 %), Таврія (35,8 %), найменша – Золоте руно (24,9 %) і Крейсер (27,6 %) (табл. 1).

У подальшому усі морфогенні калюси пересажували на селективне середовище з 0,6 М маніту. Під час визначення виживаності калюсних культур пшениці твердої озимої на варіантах з манітом найбільшу частку живих калюсів спостерігали в сортів Таврія (33,4 %) і МП Лаконка (30,7 %). Ці сорти виявились найменш чутливими до осмотичного стресу, оскільки мали найвищу частку життєздатних калюсів, що продовжували свій ріст і проявляли ознаки морфогенезу за селективних умов (рис. 3).

Нестійкі до осмотичного стресу калюси через 4–5 днів набували буро-коричневого кольору, а через 10–20 днів відмирили. Стійкі калюси мали щільну глобулярну структуру та темно-жовтий колір (рис. 4).

Стійкість до осмотичного стресу була найменшою в сорту Лагуна, оскільки у нього виживаність калюсів була найменшою – 15,3 %.

Таким чином, результати роботи підтвердили можливість застосування культури тканин *in vitro* як тест-системи для проведення скринінгу генотипів пшениці на стійкість до водного дефіциту. У багатьох роботах також показано застосування методу *in vitro* для оцінки селекційного матеріалу злакових на стійкість до несприятливих факторів середовища

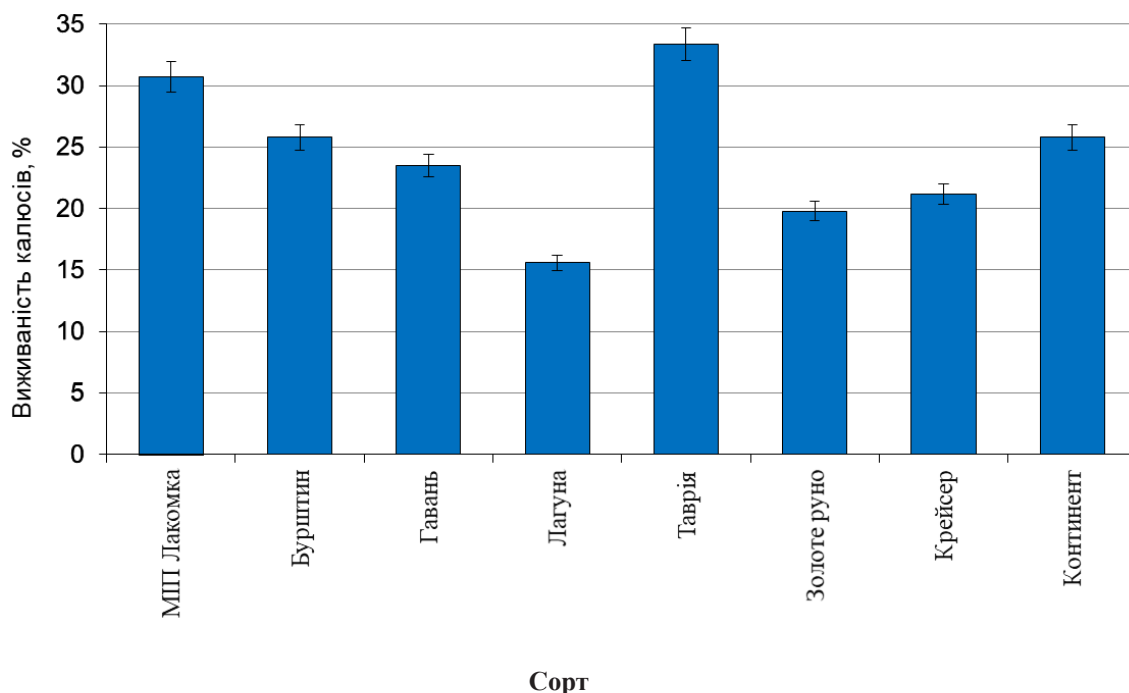


Рис. 3. Вживаність калюсів пшениці твердої озимої на селективному середовищі з 0,6 М маніту

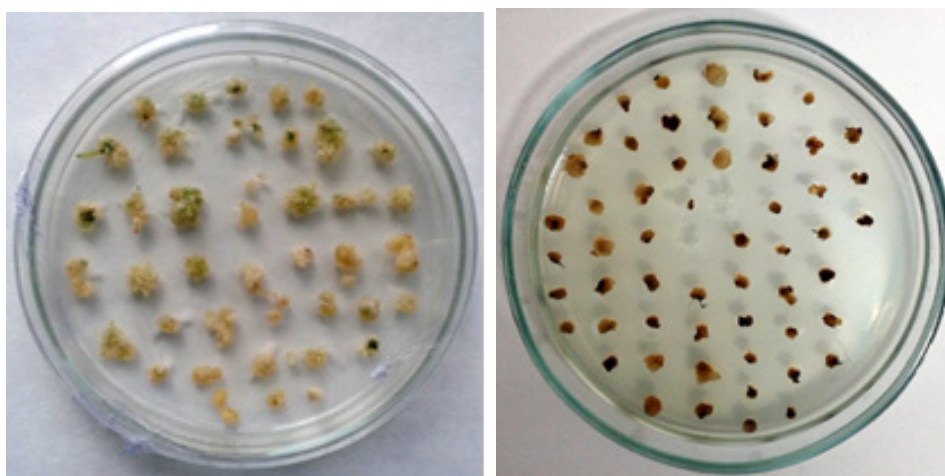


Рис. 4. Стійкі (а) та нестійкі (б) калюси пшениці твердої озимої на селективному середовищі з 0,6 М маніту

[10, 13, 15]. Зокрема, на прикладі генотипів м'якої пшениці виявлено істотний прямий кореляційний зв'язок між реакціями клітинних систем *in vitro* на водний дефіцит і посухостійкістю рослин у польових випробуваннях [21].

Головні висновки. Проведено скринінг *in vitro* сортів пшениці твердої озимої на посухостійкість в культурі незрілих зародків з використанням маніту в якості стрес-чинника. Різна генотипова реакція на осмотичний стрес у культурі *in vitro* проявлялась у неоднаковій реакції калюсів на дію селективного агента. У результаті досліджень виділено сорти пшениці твердої озимої, які характеризувались здатністю

до росту на селективному середовищі з осмотиком та зберігали ознаку стійкості протягом циклу культивування. За морфофізіологічними властивостями виділено два типи калюсу: морфогенний і неморфогенний. Встановлено, що концентрація 0,6 М маніту дозволяє диференціювати генотипи пшениці твердої озимої за посухостійкістю. Виявлено, що найбільшу стійкість до осмотичного стресу мали сорти Таврія і МПП Лакомка, оскільки їх калюси за селективних умов відрізнялись підвищеним морфогенетичним потенціалом та мали найбільший рівень виживання. У вивчених сортів відмічено генотипову залежність процесів морфогенезу в культурі незрілих зародків.

Література

1. Demydov O., Khomenko S., Fedorenko M., Kuzmenko Ye., Pykalo S. Stability and plasticity of collection samples of durum spring wheat in the Forest-Steppe conditions of Ukraine. *American Journal of Agriculture and Forestry*. 2021. Vol. 9. No 2. P. 83–88. DOI: 10.11648/j.ajaf.20210902.16
2. Любич В.В. Хвороби і шкідники різних сортів пшениці твердої озимої. *Збірник Уманського НУС*. 2022. Вип. 1(100). С. 7–16. DOI: 10.31395/2415-8240-2022-100-1-7-16
3. Sabanci K., Aslan M. F., Durdu A. Bread and durum wheat classification using wavelet based image fusion. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2020. Vol. 100(15). P. 5577–5585. DOI: 10.1002/jsfa.10610
4. Франченко Л.О. Вирощування твердої пшениці в Україні – крок до поліпшення її конкурентоспроможності на світовому ринку. *Ефективна економіка*. 2013. № 7. С. 1–4.
5. Blum A. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential – are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Australian Journal of Agricultural Research*. 2005. Vol. 56. Iss. 11. P. 1159–1168. doi: 10.1071/AR05069
6. Raveena, Bharti R., Chaudhary N. Drought resistance in wheat (*Triticum aestivum* L.): a review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2019. Vol. 8. Iss. 9. P. 1780–1792. doi: 10.20546/ijemas.2019.809.206
7. Mwadzingeni L., Shimelis H., Dube E., Laing M. D., Tsilo T. J. Breeding wheat for drought tolerance: Progress and technologies. *Journal of Integrative Agriculture*. 2016. Vol. 15. Iss. 5. P. 935–943. doi: 10.1016/S2095-3119(15)61102-9
8. Makar O.O., Patsula O.I., Kavulych Y.Z., Batrashkina T.I., Bunio L.V., Kozlovskyy V.I., Vatamaniuk O., Terek O.O., Romanyuk N.D. Excised leaf water status as a measure of drought resistance of Ukrainian spring wheat. *Studia Biologica*. 2019. Vol. 13. Iss. 2. P. 41–54. doi: 10.30970/sbi.1302.604
9. Пикало С., Демидов О., Юрченко Т., Хоменко С., Гуменюк О., Харченко М., Прокопів Н. Методи оцінки посухостійкості селекційного матеріалу пшениці. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2020. Вип. 82. С. 63–79. DOI: 10.30970/vlubs.2020.82.05
10. Дубровна О. В., Моргун Б. В., Бавол А. В. Біотехнології пшениці: клітинна селекція та генетична інженерія. Київ: Логос, 2014. 375 с.
11. Моргун В. В., Дубровна О. В., Моргун Б. В. Сучасні біотехнології отримання стійких до стресів рослин пшениці. *Фізіологія рослин та генетика*. 2016. Т. 48. № 3. С. 196–214. DOI: 10.15407/frg2016.03.196
12. Дубровна О. В., Чугункова Т. В., Бавол А. В., Лялько І. І. Біотехнологічні та цитогенетичні основи створення рослин, стійких до стресів. Київ: Логос, 2012. 428 с.
13. Pykalo S.V., Zinchenko M.O., Voloshchuk S.I., Dubrovna O.V. *In vitro* selection of winter triticale for the resistance to water deficit. *Biotechnologia Acta*. 2015. Vol. 8. Iss. 2. P. 69–77. DOI: 10.15407/biotech8.02.069
14. Pykalo S.V., Dubrovna O.V. Variability of the triticale genome in culture *in vitro*. *Cytology and Genetics*. 2018. Vol. 52. Iss. 5. P. 385–393. DOI: 10.3103/S0095452718050092
15. Дубровна О. В., Бавол А. В., Зінченко М. О., Лялько І. І., & Kruglova, N. М. Вплив осмотичних речовин на калюсні лінії м'якої пшениці, стійкі до культурального фільтрату *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. *Вісник Укр. тов-ва генетиків і селекціонерів*. 2011. Т. 9. № 1. С. 10–16.
16. Pykalo S.V. *In vitro* selection of genotypes of winter triticale for resistance to osmotic stress. In *Advances in genetics, plant breeding and cropping to improve grain production: Collected Abstracts of Int. Sci. Conf. of Young Researchers*. (p. 46). June 18, 2014, Myronivka, Ukraine.
17. Гончарук О. М., Бавол А. В., Дубровна О. В. Морфогенний потенціал високопродуктивних сортів озимої пшениці в культурі апікальних меристем пагонів. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2011. Т. 11. С. 237–241.
18. Бавол А. В., Дубровна О. В., Лялько І. І. Регенерація рослин із експлантів верхівки пагона проростків пшениці. *Вісник Укр. тов-ва генетиків і селекціонерів*. 2007. Т. 5. №1/2. С. 3–10.
19. Бавол А. В., Дубровна О. В., Лялько І. І. Регенерація рослин із різних типів експлантів м'якої пшениці. *Фізіологія та біохімія культ. рослин*. 2008. Т. 40. № 2. С. 150–156.
20. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*. 1962. Vol. 15. No 3. P. 473–497. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x
21. Ahmed A. Response of immature embryos *in vitro* regeneration of some wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under different osmotic stress of mannitol. *Journal of Agriculture Science*. 1999. Vol. 30. No 3. P. 25–34.

НОРМУВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК РІЧНОГО СТОКУ В БАСЕЙНІ РІЧОК ПСЕЛ ТА ВОРСКЛА

Бурлуцька М.Е., Романчук М.Є.

Одеський державний екологічний університет
вул. Львівська, 15, 65016, м. Одеса
viktoryb59@ukr.net, mromanchuk67@gmail.com

Характеристики річного стоку широко використовуються, але визначення їх в умовах обмежених вихідних даних складають проблему, яку можна віднести до недостатньо вивчених у практичному та теоретичному відношенні. Ступінь вивчення особливостей формування річного стоку річок України недостатня, тому потребує подальшого розвитку дослідження у рівній мірі як в області теоретичних, так і практичного відношеннях. Основні характеристики річного стоку повинні мати достатнє обґрунтування рекомендацій з їх розрахунку.

Вони пов'язані з практичними потребами до теоретичних результатів дослідження. При відсутності систематичних вимірювань стоку і, відповідно, часових рядів, характеристики річного стоку визначаються непрямими методами. До найбільш поширених відносяться картування характеристик стоку та регіональні залежності від фізико-географічних чинників.

Головним джерелом живлення річок є атмосферні опади. В сучасних умовах формування стоку на річках України знаходяться під впливом змін клімату, як й увесь світ в цілому, тому при розрахунках норми річного стоку, слід враховувати цей чинник. Авторами статті ця задача вирішується на прикладі визначення та обґрунтування однієї з головних характеристик річного стоку, його норми. Спостереження за річковим стоком велись у басейні річок Псел та Ворскла, винятково у межах України. Досліджуваний регіон має певні особливості у формуванні річного стоку, що обумовлено його географічним положенням, орографією, своєрідним кліматом.

Метою дослідження є аналіз сучасних умов формування річного стоку, визначення та розрахунок норми річного стоку, аналіз ступеня впливу місцевих факторів на цю характеристику та узагальнення розрахункової характеристики по території, базуючись на сучасних даних.

В результаті дослідження виявлено, при аналізі ступеня впливу місцевих чинників, в басейні річок Псел та Ворскла, норма річного стоку не зумовлена географічним положенням, а підкорюється впливу лісу. *Ключові слова:* річний стік, статистичні характеристики, часові ряди, місцеві фактори, регіональні залежності.

Normalization of the characteristics of annual flow in the basin of the Psel and Vorskla rivers. Burlutska M., Romanchuk M.

The characteristics of river flow are widely used, but their determination under conditions of limited initial data is a problem that can be attributed to insufficiently studied in practical and theoretical terms. The degree of study of the peculiarities of the formation of the annual runoff of Ukrainian rivers is insufficient, so further research is needed in both theoretical and practical terms. The main characteristics of the annual runoff should have sufficient justification for recommendations on their calculation.

They are related to practical needs to the theoretical results of the study. In the absence of systematic runoff measurements and, accordingly, time series, annual runoff characteristics are determined by indirect methods. The most common ones include mapping of runoff characteristics and regional dependencies on physical and geographic factors.

The main source of water for rivers is precipitation. In the current conditions of runoff formation, Ukrainian rivers are under the influence of climate change, as is the whole world, so this factor should be taken into account when calculating the annual runoff rate. The authors of this article solve this problem by defining and substantiating one of the main characteristics of the annual runoff, its rate. Observations of river flow were conducted in the basin of the Psel and Vorskla rivers, exclusively within Ukraine. The studied region has certain peculiarities in the formation of annual runoff, which are due to their geographical location, orography, and peculiar climate.

The purpose of the study is to analyze the current conditions of annual runoff formation, determine and calculate the annual runoff rate, analyze the degree of influence of local factors on this characteristic, and generalize the estimated characteristic for the territory based on current data.

As a result of the study, it was found that when analyzing the degree of influence of local factors in the basin of the Psel and Vorskla rivers, the annual runoff rate is not determined by geographical location, but is subject to the influence of the forest. *Key words:* annual flow rate, statistical characteristics, time series, local factors, regional dependencies.

Постановка проблеми. Річний стік являє собою складний природний процес, обумовлений впливом комплексу фізико-географічних чинників та господарською діяльністю. Дія різних природних факторів річний стік та його характеристики залежать від розташування досліджуваного району. Річний

стік є однією з базових характеристик при вирішенні питань, пов'язаних з будівництвом і експлуатацією гідрологічних споруд в долинах і руслах гідрографічної мережі, при здійсненні заходів протиаварійного захисту населених пунктів, промислових і сільськогосподарських об'єктів.

Актуальність. Стаття присвячена актуальній проблемі, яка пов'язана з нормуванням розрахункових характеристик річного стоку (норми) в басейні річок Псел та Ворскла. На основі моделі визначення характеристик річного стоку за відсутності гідрометричних спостережень, обґрунтовується варіант розрахункової схеми і його реалізація. Виконані дослідження відповідають запитам народного господарства, особливо в сучасних умовах.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Наукове обґрунтування і практична реалізація виконаних досліджень має важливе значення при розрахунках річного стоку досліджуваного регіону, методики визначення кількісних характеристик стоку у різних водогосподарських та гідрометеорологічних умовах, його формування для забезпечення ефективної діяльності споживачів водних ресурсів.

Аналіз останніх досліджень. Проблемою річного стоку в басейнах річок України та узагальнення його характеристик займаються сучасні відомі вчені нашої країни. Так О.І. Лук'янець, О.Г. Ободовський, В.В. Гребінь, О.О. Почаєвець, В.О. Корнієнко у своїй статті «Просторові закономірності зміни середнього річного стоку води річок України» [1] аналізують створену за сучасними даними за допомогою аналітичних функцій ГІС карту ізолій модулів середнього річного стоку води річок України, яка є актуальною та має важливе практичне значення. У роботі виконано порівняння між фактичними їх значеннями за багаторічний період в гідрометричних створах та знятими з карти. Виконаний аналіз відповідності просторового розподілу картографованих річних норм стоку води щодо збереження територіального розподілу водно-балансових співвідношень в межах окремих географічних (природних) зон та річкових басейнів. Виділено найбільш характерні особливості розподілу середнього річного стоку води по території України.

У роботі Л.О. Горбачової «Багаторічні тенденції річного стоку води річок України та його кліматичних чинників» [2] проаналізовано багаторічні тенденції річного стоку води річок України та його кліматичних чинників на основі гідролого-генетичного аналізу. Автором статті досліджено, що просторово-часова мінливість річного стоку вод річок України добре узгоджується з коливаннями річних сум атмосферних опадів у різних фізико-географічних зонах. Проаналізована циклічність рядів спостережень середньорічного стоку води річок, вони є стаціонарними, оскільки його багаторічні тенденції вказують на наявність у рядах спостережень повних циклів коливань як довгострокових, так і короткострокових.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Водні ресурси великих територій розуміють величину середньорічного стоку річок за рік. Територія України насичена великими та малими річками, але за запасами місцевих водних ресурсів

у розрахунку на одного мешканця (близько 1 тис.м³ на рік) Україна відноситься до малозабезпечених водою країн. Водні ресурси нерівномірно розподілені по території нашої України. На деяких річках, на жаль не велись спостереження за стоком річок. Тому при розрахунках річного стоку, які повинні відповідати запитам водопостачання, зрошення, осушення, гідроенергетики та інших галузей народного господарства, для досліджуваного району була удосконалена методика визначення головних характеристик річного стоку для невивчених річок.

Новизна. При розрахунку величини річного стоку в басейні річок Псел та Ворскла, в рамках наукових досліджень на сучасних матеріалах, була отримана регіональна формула, для визначення норми річного стоку за відсутності даних спостережень.

Методологічне або загальнонаукове значення. Отримана регіональна формула для визначення норми річного стоку невивчених річок досліджуваного району, доведена до практичного використання. Обґрунтована методика при визначенні величини річного стоку за відсутності даних спостережень, яка може бути поширена і на інші регіони України.

Викладення основного матеріалу. У статті розглядаються басейни річок Псел та Ворскла, виключно у межах території України. Досліджувані річки є лівими притоками Дніпра, які несуть свої води по Сумській та Полтавській областях.

Мета дослідження – нормування найбільш важливої характеристики річного стоку, а саме його норми, досліджуваного району.

Для рішення цієї задачі було обрано 17 гідрологічних постів, які входять до басейну річок Псел та Ворскла. Вихідні дані для розрахунків отримані у фондових матеріалах Одеського державного екологічного університету.

Карта-схема розташування гідрологічних постів басейна річок Псел та Ворскла представлена на рис. 1.

Систематичні спостереження за річним стоком на відповідних гідрологічних постах, у межах досліджуваної території, складають від 25 до 74 років. Вони охоплюють діапазон водозбірних площ від 56 км² (р. Ворскла – с. Яковлеве) до 21800 км² (р. Псел – с. Запсілля) [3].

Статистична обробка часових рядів річного стоку виконувалась з використанням кривих біноміального і трипараметричного гама-розподілу [4]. Основні статистичні характеристики – середні значення рядів \bar{q} , коефіцієнт варіації C_v і асиметрії C_s (або співвідношення C_s / C_v) обчислювались за допомогою методів моментів і найбільшої правдоподібності [5]. Як показали результати статистичних розрахунків середні значення рядів \bar{q} змінюються від 2,09 л/(с·км²) (р. Ворскліця – с. Березівка) до 4,38 л/(с·км²) (р. Ворскла – с. Яковлеве). Отримані практично однакові значення коефіцієнтів варіації, які розраховані за двома методами C_{vm} і $C_{v\lambda}$ і знаходяться в межах від 0,27 (Псел – м.Суми) до 0,80 (р. Голтва – с. Михнівка). Коефіцієнти асиметрії C_s

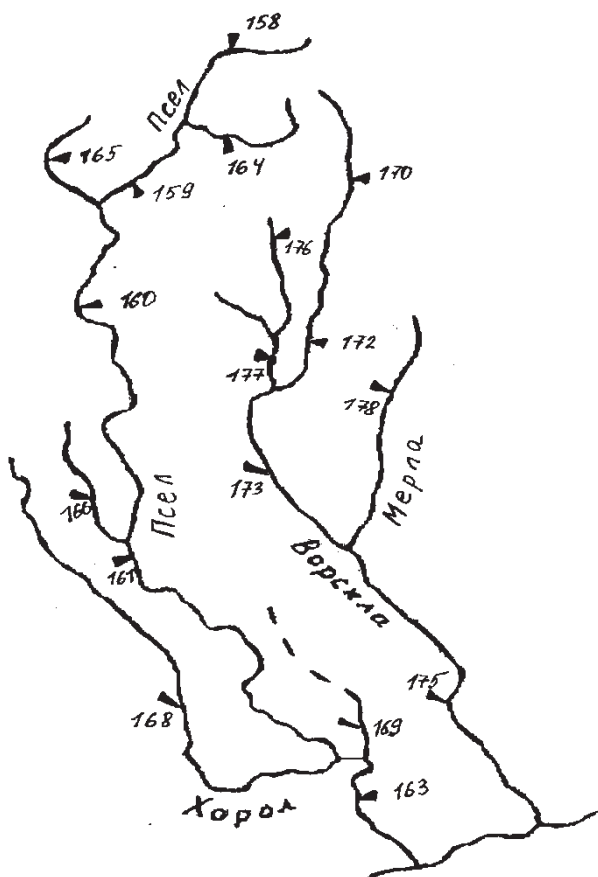


Рис. 1. Карта-схема розташування гідрологічних постів спостережень за річним стоком у басейні річок Псел та Ворскла

нормовані за їх співвідношенням з C_v . В середньому в межах усієї досліджуваної території $C_s = 2.03 C_v$. Точність визначення параметрів статистичного розподілу складає: $\sigma_q = 6,5\%$ і $\sigma_{C_v} = 11,7\%$.

При розрахунках річного стоку звертається увага на питання дослідження циклічності коливань стоку річок в наслідку впливу антропогенних чинників, тому у першу чергу необхідно керуватись аналізом циклічності в басейні річок Псел та Ворскла. Так як коливання річного стоку характеризуються циклічністю, то для визначення циклічності на розглянутій території побудовані різниці інтегральні криві [5]. Аналіз цих кривих показав, що вони утворюють замкнуті цикли коливань водності. Нажаль, деякі пости все ж мали невеликі розриви, але на середні значення це суттєво не впливає і всі наявні ряди спостережень можуть бути використані для подальшого розрахунку норми річного стоку на досліджуваній території.

На значення норми річного стоку можуть впливати такі фактори, як широта, висота водозборів та місцеві фактори (залісеність) [6]. Внаслідок цього були побудовані залежності середньорічних модулів стоку від широти геометричних центрів водозборів, висоти та залісеності. Для узагальнення норми річ-

ного стоку у межах розглянутої території, слід перевірити наявність залежності величини норми річного стоку від широтного положення водозборів для річок басейну Псел та Ворскла. Коефіцієнт кореляції цієї залежності виявився мало значим $r = 0,33$ (рис. 2).

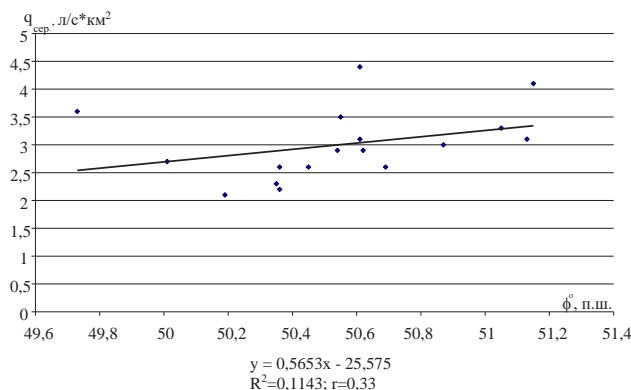


Рис. 2. Залежність середніх модулів річного стоку від широти геометричних центрів водозборів річок Псел та Ворскла

На значення норми річного стоку можуть впливати такі фактори, як висота водозборів так і місцеві фактори (лісистість). Внаслідок цього були побудовані залежності середньорічних модулів стоку від висоти та лісистості. Першим був проаналізований вплив висоти на норму річного стоку (рис. 3).

Аналіз цієї залежності показав, що коефіцієнт кореляції є значим і дорівнює $r = 0,60$. Так як коефіцієнт кореляції залежності норми стоку від висоти водозборів значимий, стає питання все ж таки впливу широтного положення водозборів. Для цього, використовуючи рівняння (1), яке описує залежність на рис. 3, були визначені для всіх постів середні модулі стоку, які приведені до умовної висоти $\bar{q}_{H=200}$

$$\bar{q} = 0.015(H - 200) + \bar{q}_{H=200} \quad (1)$$

де H – висота водозборів;

$\bar{q}_{H=200}$ – середній модуль стоку, приведений до умовної висоти $H=200$ м.

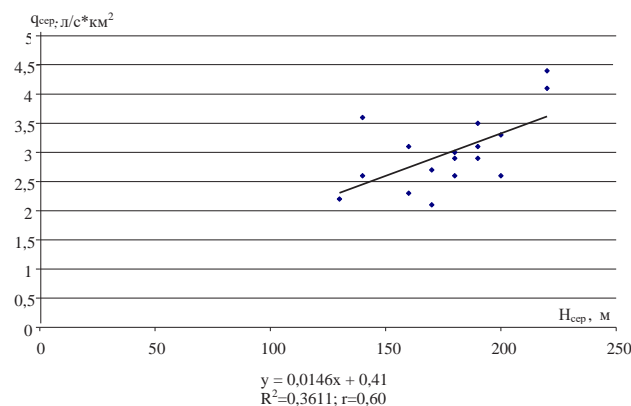


Рис. 3. Залежність середніх модулів річного стоку від середньої висоти водозборів в басейнах річок Псел та Ворскла

Була побудована залежність $\bar{q}_{H=200}$ від широти гео- метричних центрів водозборів. Коефіцієнт кореляції цієї залежності відноситься до незначущих і дорівнює $r = 0,014$. Тому автори статті вважали недоцільним наводити цю залежність. Останнім дослідженням норми річного стоку даного району є вплив на цю характеристику лісистості. Побудована таким же чином залежність норми стоку від лісистості $\bar{q}_{H=200} = f(f_l)$, яка наведена на рис. 4.

Ця залежність описується рівнянням

$$\bar{q}_{H=200} = 3.96 - 0.097f_l \quad (2)$$

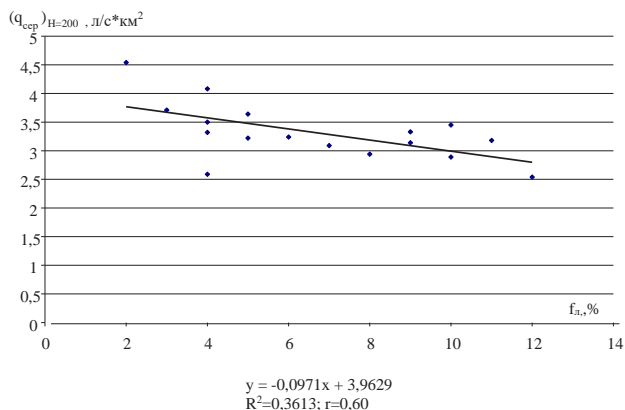


Рис. 4. Залежність середніх модулів стоку, приведених до умовної висоти $H=200$, від лісистості

Залежність норми річного стоку від лісистості має чіткий вираз, коефіцієнт кореляції є значимий і дорівнює $r = 0,60$.

Це свідчить про вплив лісистості на норму річного стоку в басейнах річок Псел та Ворскла. З урахуванням формули (2), формула (1) набуде вигляду

$$\bar{q} = 0,015(H-200) - 0,10 \cdot f_l + 4,0 \quad (3)$$

Таким чином, отримана регіональна формула визначення норми річного стоку для невивчених річок досліджуваного басейну.

На підставі одержаних результатів були виконані перевірочні розрахунки з використанням регіональної формули в басейнах річок Псел та Ворскла (табл. 1).

Перевірочні розрахунки виконувались за формулою

$$\Delta q = \frac{|q_p - q_\phi|}{q_\phi} \cdot 100\%, \quad (4)$$

де $q_p, \%$ – розрахункові за методикою значення;
 $q_\phi, \%$ – фактичні значення

Точність значень Δq для постів території, що розглядається, знаходиться в межах від $\Delta q = 0,32\%$ (р. Грунь – с. Римарівка) до $\Delta q = 39,0\%$ (р. Пена – с. Пени).

Середнє значення $\Delta q = 10,3\%$, що відповідає вихідній інформації по стоку річок $\sigma_q = 6.5\%$.

Це свідчить про те, що запропоновану методику можна використовувати для визначення розрахункової характеристики норми річного стоку за відсутністю даних спостережень в басейні річок Псел та Ворскла.

Головні висновки. Авторами статті виконано: аналіз сучасних умов формування стоку і проведено уточнення розрахункових характеристик часових рядів річного стоку для досліджуваного басейну річок Псел та Ворскла; оцінка та аналіз ступеня

Таблиця 1

Перевірочні розрахунки норм річного стоку в басейнах річок Псел, Ворскла

№ за картою	Річка - пост	F, км ²	\bar{q}_ϕ , л/(с·км ²)	\bar{q}_p , л/(с·км ²)	$ \Delta \bar{q} $, %
158	Псел – м. Обоянь	1100	3,8	3,9	2,63
159	Псел – с. Крупец	4700	3,32	3,6	8,43
160	Псел – м. Суми	7770	3,09	3,25	5,18
161	Псел – м. Гадяч	11300	3,03	2,8	7,59
163	Псел – с. Запсілля	21800	2,34	2,6	11,1
164	Пена – с. Пени	1000	2,59	3,6	39,0
165	Суджа – с. Замостье	972	3,49	3,35	4,01
166	Грунь – с. Римарівка	958	3,11	3,1	0,32
168	Хорол – м. Миргород	1740	2,17	2,45	12,9
169	Голтва – с. Михнівка	1560	3,64	2,9	20,3
170	Ворскла – с. Яковлеве	56	4,38	3,9	10,9
172	Ворскла – с. Козинка	1870	2,94	3,15	7,14
173	Ворскла – с. Чернечина	5790	2,69	2,65	1,49
175	Ворскла – с. Кобеляки	13500	2,55	2,1	17,6
176	Ворскла – с. Мокра Орловка	612	2,88	2,6	9,72
177	Ворскліця – с. Березівка	1460	2,09	2,35	12,4
178	Мерла – м. Богодухів	309	2,59	2,7	4,25
Середнє значення					10,3

впливу місцевих факторів на його параметри та узгальнення розрахункової характеристики у вигляді регіональної формули, базуючись на сучасних даних.

Перспективи використання результатів дослідження. Обґрунтована методика для нормування розрахункових характеристик річного стоку в басейні річок Псел та Ворскла доведена для прак-

тичного використання. Отримана регіональна формула для визначення норми річного стоку невивчених річок досліджуваного басейну. Використання цієї формули може бути поширено і на інші регіони України, причому, за такою методикою можна визначати норму інших характеристик річного стоку за відсутністю даних спостережень.

Література

1. Просторові закономірності зміни середнього річного стоку води річок України. / О.І.Лук'янець та ін. *Український географічний журнал*, 2021. № 1(113), С. 6–14.
2. Горбачова Л.О. Багаторічні тенденції річного стоку води річок України та його кліматичних чинників. *Наукові праці УКРНДГМІ*, 2016. вип. 269. С. 94–106.
3. Вишневський В.І., Косовець О.О. Гідрологічні характеристики річок України. Київ: Ніка-Центр, 2003. 324 с.
4. Овчарук В.А. Максимальний стік весняного водопілля рівнинних річок України: монографія. Одеса: Видавничий дім «Гальваніка», 2020. 300 с.
5. Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., Овчарук В.А. Гідрологічні розрахунки: підручник. Одеса: ТЕС, 2014. 484 с.
6. Генсірук С.А., Нижник М.С. Географія лісових ресурсів України. Львів: Світ, 1995. 123 с.

ВСТАНОВЛЕННЯ ПРИЧИННО-НАСЛІДКОВИХ ЗВ'ЯЗКІВ МІЖ ЗАХВОРЮВАНІСТЮ НАСЕЛЕННЯ ТА ЯКІСТЮ ПИТНОЇ ВОДИ ДЖЕРЕЛ НЕЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Валерко Р.А., Герасимчук Л.О., Пацева І.Г., Устименко В.І., Шатило Є.Г.
Державний університет «Житомирська політехніка»
вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир
valerko_ruslana@ukr.net, gerasim4uk@ukr.net, rig@ztu.edu.ua, ke_uvi@ztu.edu.ua

Причиною виникнення різних видів захворювань людства може бути неякісна питна вода. Особливо це стосується сільського населення, яке використовує питну воду із джерел нецентралізованого водопостачання, якість води яких часто є неконтрольованою та не відповідає санітарним нормам. Тому, метою даного дослідження є визначення вмісту нітратів та заліза загального у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів Житомирської області та дослідження зв'язків між її якістю і окремими групами захворювань населення. Статистичну обробку результатів проводили за допомогою мови програмування R, для графічного зображення результатів використовували програмне забезпечення ArcGIS Pro.

Установлено перевищення середнього вмісту нітратів у 15 районах області, яке становило від 1,2 до 3,7 рази. Перевищення середнього вмісту заліза зафіксовано у 5-ти районах регіону, що варіювало у межах 1,04–2,2 рази. Кореляційний аналіз між вмістом нітратів і заліза у питній воді та захворюваністю сільського населення показав, що загалом нітрати позитивно корелюють із 33,3 % усіх видів захворювань, а залізо із 94 %. Для нітратів середній рівень зв'язку був характерним із захворюванням передміхурової залози ($R^2 = 0,33$). Слабкі зв'язки виявлено для хвороб шлунку, зокрема гастрит та дуоденіт ($R^2 = 0,25$) та кількістю дітей, що народились із вродженими вадами ($R^2 = 0,05$). Середній ступінь зв'язку між вмістом заліза у питній воді виявлено для онкозахворювань прямої кишки ($R^2 = 0,45$) та епілепсією ($R^2 = 0,31$). Крім того, установлено слабкий вплив заліза на: залізодефіцитну анемію, розсіяний склероз, захворювання підшлункової залози, анемію, захворювання нервової та кровоносної систем, розлади психіки і поведінки, діабет, холецистит, цироз печінки, гепатит, ішемічні напади та хворобу Паркінсона. *Ключові слова:* питна вода, захворювання, нітрати, залізо загальне, кореляція.

Establishment of cause-effect relationships between population disease and drinking water quality of non-centralized water supply sources. Valerko R., Herasimchuk L., Patseva I., Ustymenko V., Shatylo E.

Poor quality drinking water can be the cause of various types of human diseases. This especially applies to the rural population, which uses drinking water from non-centralized water supply sources, whose water quality is often uncontrolled and does not meet sanitary standards. Therefore, the purpose of this study is to determine the content of nitrates and total iron in drinking water sources of non-centralized water supply in rural settlements of Zhytomyr region and to study the relationship between its quality and certain groups of diseases of the population. Statistical processing of the results was carried out using the R programming language, and ArcGIS Pro software was used for graphical representation of the results.

An excess of the average nitrate content was established in 15 districts of the region, which ranged from 1.2 to 3.7 times. Exceeding the average iron content was recorded in 5 districts of the region, which ranged from 1.04 to 2.2 times. Correlation analysis between the content of nitrates and iron in drinking water and the morbidity of the rural population showed that, in general, nitrates are positively correlated with 33.3% of all types of diseases, and iron with 94%. For nitrates, the average level of association was typical with prostate disease ($R^2 = 0.33$). Weak associations were found for stomach diseases, in particular gastritis and duodenitis ($R^2 = 0.25$) and the number of children born with birth defects ($R^2 = 0.05$). A moderate degree of association between iron content in drinking water was found for rectal cancer ($R^2 = 0.45$) and epilepsy ($R^2 = 0.31$). In addition, a weak effect of iron on: iron-deficiency anemia, multiple sclerosis, pancreatic diseases, anemia, diseases of the nervous and circulatory systems, mental and behavioral disorders, diabetes, cholecystitis, liver cirrhosis, hepatitis, ischemic attacks and Parkinson's disease has been established. *Key words:* drinking water, diseases, nitrates, total iron, correlation.

Постановка проблеми. Різні неінфекційні та інфекційні захворювання можуть бути спричинені питною водою, яка не відповідає гігієнічним стандартам. Тому якісна та епідеміологічно безпечна питна вода відіграє важливе значення для збереження та зміцнення здоров'я населення. Проте, така вода постачається населенню лише через централізоване водопостачання, яке постійно контролюється на предмет якості. В той же час, станом на 2022 рік 30 % населення України проживає в селах та селищах міського типу, що використовує колодязі та неглибокі свердловини в якості джерел нецентралі-

зованого водопостачання. Якість води у таких джерелах часто є неконтрольованою, а санітарний стан джерел водопостачання – незадовільним [1].

Актуальність дослідження. Якість підземних вод вважається вищою, ніж поверхневих, але на неї впливають декілька факторів, такі як урбанізація, промислове водопостачання, санітарія, інтенсивне сільське господарство тощо. Зокрема, нітрати є одним із найпоширеніших забруднювачів питної води, особливо у сільській місцевості, що пов'язано із методами ведення сільського господарства та нехтуванням правил санітарії у межах приватних

домогосподарств [17]. Дослідженнями, проведеними у межах сільських селітебних територій України, довели, що перевищення нормативного вмісту нітратів у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання становили від 1,3 до 13,6 рази [12].

Постійне споживання води з підвищеним вмістом нітратів створює навантаження на імунну систему, що, у свою чергу, призводить до загострення хронічних і виникнення нових захворювань дихальної, нервової та серцево-судинної систем [2]. Крім того, стан тривалої гіпоксії виражається швидкою втомою, зниженням рівня працездатності, розумової активності, а також дистрофічними порушеннями у серцевому м'язі [3]. Доведено вплив нітратів, що надходить із питною водою на репродуктивні функції жінок (спонтанні аборти, мертвонароджуваність) [15], на вроджені аномалії у новонароджених [13]. Нітрати у питній воді можуть збільшити ризик розвитку раку прямої кишки через їх перетворення у організмі людини у канцерогенні N-нітрозосполуки [14], раку сечового міхура [9], нирок [19]. Нітрати потенційно впливають на функцію щитоподібної залози, конкуруючи з поглинанням йоду і таким чином впливають на етіологію раку [18]. Позитивний зв'язок спостерігався також для раку головного мозку у дітей та підлітків [16].

Серед широкого спектру забруднювачів ґрунтових вод, серйозну стурбованість викликає також й забруднення їх важкими металами, більшість з яких є токсичними для здоров'я людини, особливо при перевищенні концентрацій їх нормативів та накопиченні протягом тривалого часу. Залізо є найбільш розповсюдженим важким металом, який може впливати на людину навіть при низьких концентраціях. Перевищення вмісту заліза у питній воді може бути пов'язано із такими небезпечними явищами як хвороби Паркінсона, Хантінгтона, Альцгеймера, серцево-судинні захворювання, гіперкератоз, цукровий діабет, зміни пігментації, захворювання нирок, печінки, респіраторних та неврологічних розладів [5]. Крім того, розлади шлунково-кишкового тракту і дисфункції багатьох органів можуть виникати через споживання води з підвищеними кількостями заліза [7].

Зв'язок авторського доробку із важливими та практичними завданнями. Дослідження проходило у рамках науково-дослідної роботи «Еколого-соціальна оцінка стану сільських селітебних територій у контексті сталого розвитку» (державний реєстраційний №: 0120U104233).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наразі, оцінка якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання та її вплив на здоров'я населення описані у багатьох працях українських [1, 3, 8, 11, 12] та зарубіжних учених [5, 6, 10 тощо]. Проте, наразі в Україні, і особливо у Житомирській області, є недостатньою кількість досліджень, що стосуються безпосереднього зв'язку між неякісною

питною водою та окремими групами захворювань. Враховуючи те, що забруднення підземних вод на територіях сільських селітебних територій набуває глобального масштабу, а від якості питної води безпосередньо залежить стан здоров'я сільського населення, яке споживає воду для питних потреб із джерел нецентралізованого водопостачання, проведення моніторингу якості такої води та визначення її впливу на здоров'я людини набуває все більшої актуальності та потребує постійного дослідження.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття та новизна. Таким чином, метою даного дослідження є здійснення екологічної оцінки стану питної води, що надходить із джерел нецентралізованого водопостачання у межах сільської території Житомирської області, а також дослідження зв'язків між якістю такої води та окремими групами захворювань населення.

Методологічне або загальнонаукове значення. Зразки питної води відбирали із джерел нецентралізованого водопостачання (колодязів та свердловин) на території сільських населених пунктів Житомирської області. Аналітичні дослідження відібраних проб води на вміст нітратів та заліза загального проводили на базі Виміральної лабораторії Поліського національного університету відповідно до вимог системи управління якістю, за методами, що відповідають нормативній базі України. Для проведення епідеміологічного ретроспективного дослідження використано дані КП «Обласний інформаційно-аналітичний центр медичної статистики» Житомирської обласної ради. Епідеміологічне спостереження включало вплив нітратів та заліза загального, що надходять із питною водою на групи захворювань кровоносної, ендокринної, сечо-статевої та травної систем. Статистичну обробку результатів проводили за допомогою мови програмування R.

Викладення основного матеріалу. Нітрати є найбільш розповсюдженими аніонами, що зустрічаються у природі у більшості водних ресурсів. Відомо, що концентрація нітратів у поверхневих і ґрунтових водах усього світу збільшується внаслідок антропогенної діяльності. У результаті власних досліджень якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів Житомирської області було зафіксовано перевищення вмісту нітратів у 15 районах області, що становило 68 %. Зокрема, перевищення середнього вмісту нітратів варіювалось у межах від 1,2 рази у Коростенському районі до 3,7 рази у Андрушівському. У Ружинському, Коростишівському та Попільнянському районах вміст нітратів коливається у межах 37,4–33,02 мг/дм³, у Бердичівському та Брусилівському районах – 26,9–23,8 мг/дм³. Найменший середній вміст нітратів у питній воді виявлено у Малинському районі, що становить 12,5 мг/дм³ (рис. 1).

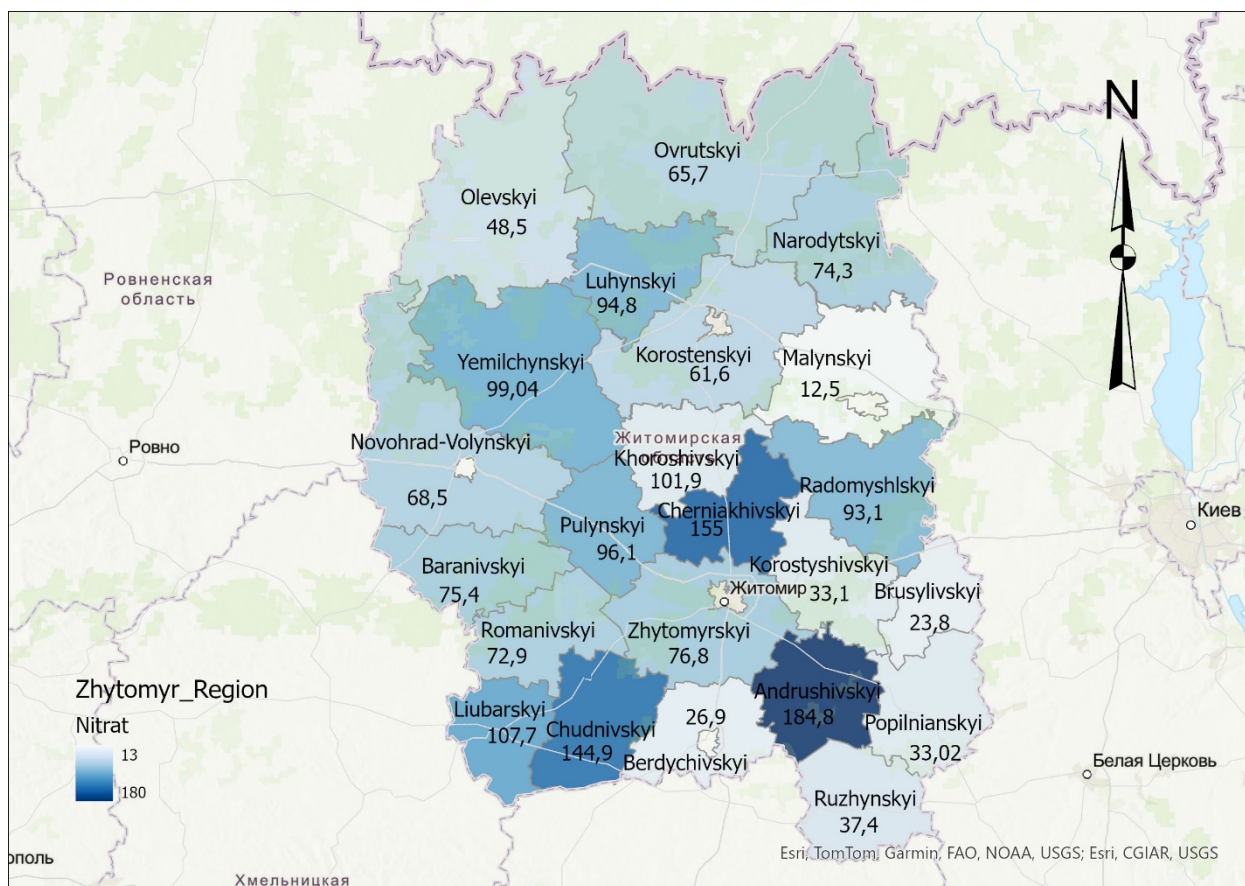


Рис. 1. Середній вміст нітратів у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів Житомирської області, мг/дм³

Під час проведення досліджень якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів Житомирської області стосовно вмісту у ній заліза загального встановлено перевищення його нормативного вмісту у межах п'яти досліджуваних районів. Найвищий рівень заліза загального у середньому зафіксовано у Бердичівському районі, який сягнув до 2,02 мг/дм³, що перевищує норматив у 2 рази. Перевищення вмісту заліза у межах Новоград-Волинського, Любарського, Коростишівського та Олевського районів коливалося у межах 1,22–1,04 рази (рис. 2).

Під час проведення власних досліджень було здійснено кореляційний аналіз між вмістом нітратів та заліза загального у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання та різними захворюваннями сільського населення Житомирської області. Стосовно вмісту нітратів та захворюваннями було виявлено середній та низький ступені зв'язку. Зокрема, середній рівень зв'язку був характерним для захворювання передміхурової залози ($R^2 = 0,33$). Слабкі зв'язки виявлено для хвороби шлунку, зокрема гастрит та дуоденіт ($R^2 = 0,25$). Крім того, було виявлено також слабкі зв'язки із вмістом нітратів у воді та кількістю дітей, що народились із вродженими вадами ($R^2 = 0,05$), для розладів мен-

струацій у жінок ($R^2 = 0,05$), захворювань сечо-статевої системи ($R^2 = 0,04$), онкозахворювань передміхурової залози, захворювань підшлункової залози, піелонефриту та холециститу ($R^2 = 0,03$) (рис. 3).

Середній ступінь зв'язку між вмістом заліза у питній воді виявлено для онкозахворювань прямої кишки ($R^2 = 0,45$) та епілепсією ($R^2 = 0,31$). Слабкий зв'язок у межах 20 % спостерігався для таких захворювань: залізодефіцитна анемія ($R^2 = 0,28$), розсіяний склероз, захворювання підшлункової залози ($R^2 = 0,27$), анемія ($R^2 = 0,26$), захворювання нервової системи ($R^2 = 0,25$), кровоносної системи ($R^2 = 0,24$), розлади психіки і поведінки ($R^2 = 0,23$). Для таких захворювань, як: діабет ($R^2 = 0,19$), холецистит, цироз печінки ($R^2 = 0,17$), гепатит ($R^2 = 0,13$) та ішемічні напади ($R^2 = 0,11$) виявлено зв'язок у межах 10 %. Також слабкий зв'язок на рівні меншому за 10 % був зафіксований для хвороби Паркінсона ($R^2 = 0,09$) (рис. 4).

Загалом було виявлено позитивний кореляційний зв'язок між вмістом заліза у питній та 94 % усіх досліджуваних захворювань.

Висновки. У результаті досліджень якості питної води джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів Житомирської області встановлено перевищення середнього вмісту нітратів у 15 районах області, яке становило від 1,2 до

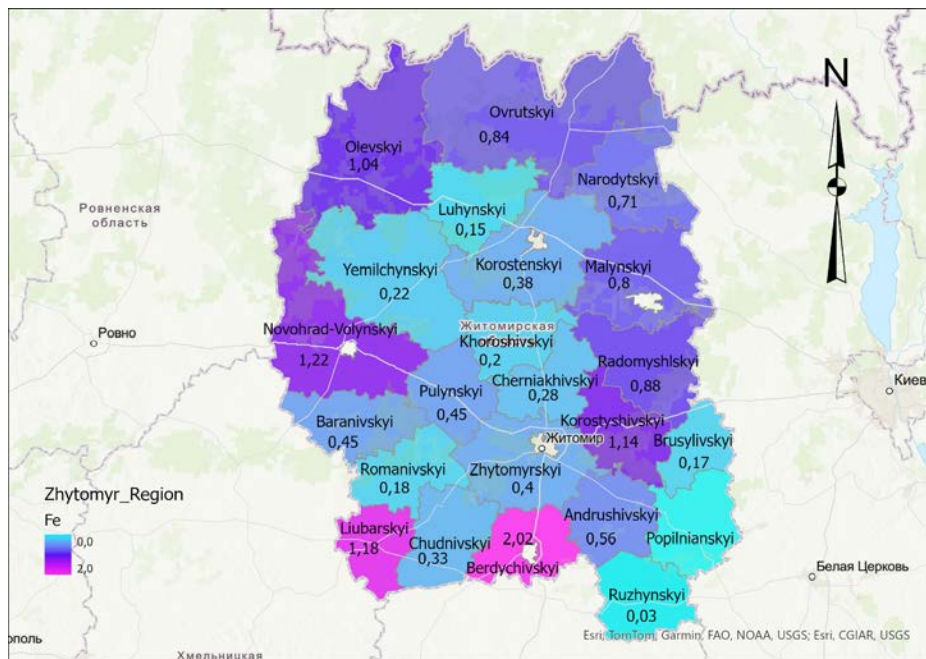


Рис. 2. Середній вміст заліза загального у питній воді джерел нецентралізованого водопостачання сільських населених пунктів Житомирської області, мг/дм³

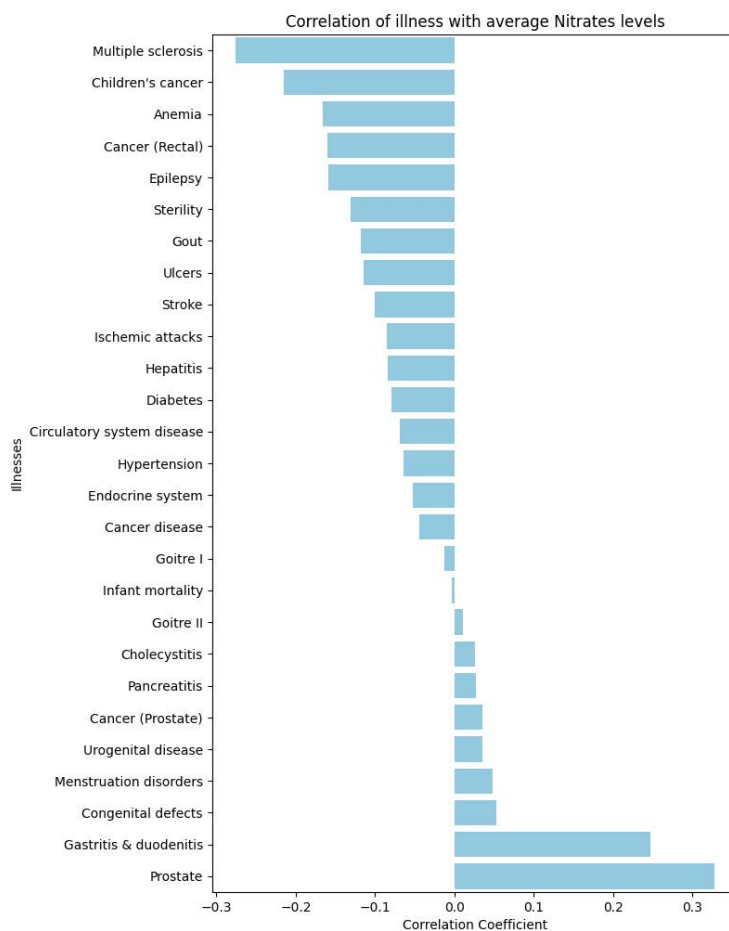


Рис. 3. Кореляційні зв'язки між вмістом нітратів у питній воді та рівнем захворюваності населення Житомирської області

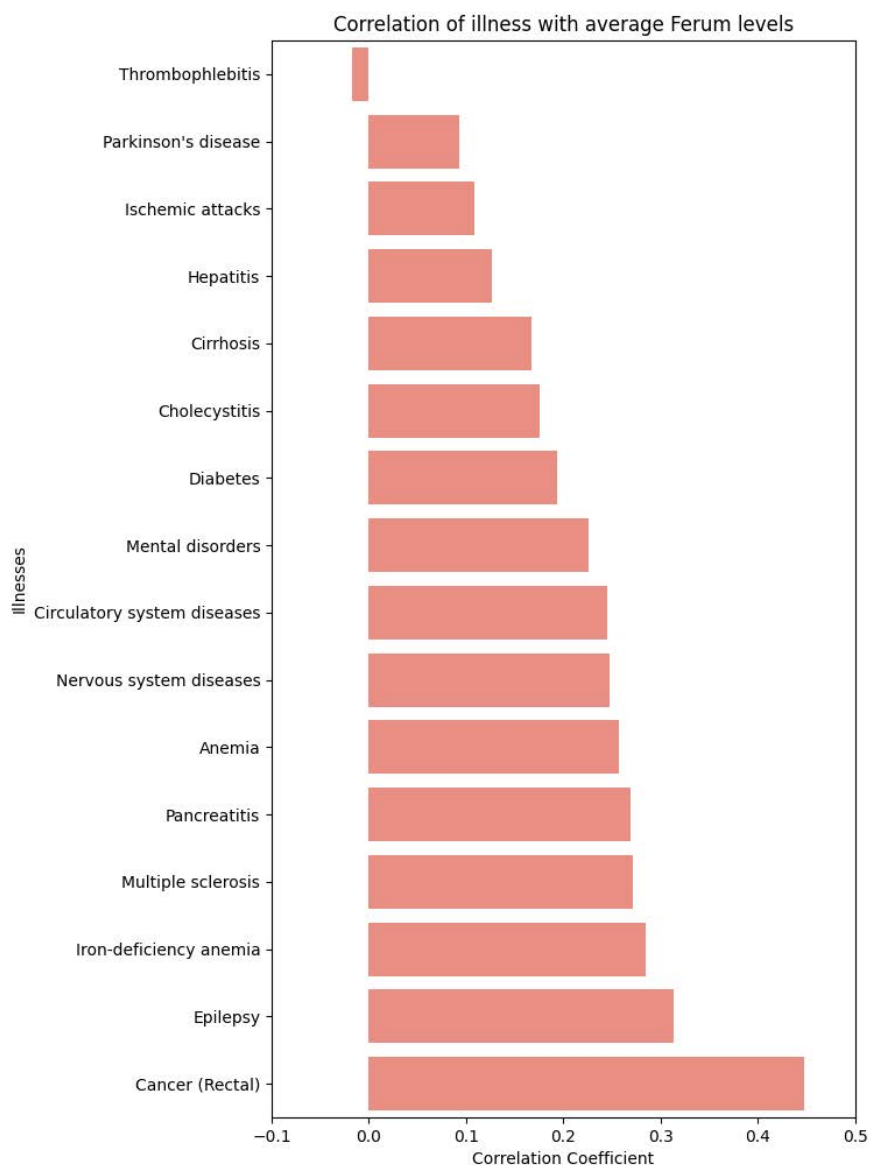


Рис. 4. Кореляційні зв'язки між вмістом заліза загального у питній воді та рівнем захворюваності населення Житомирської області

3,7 рази. Перевищення середнього вмісту заліза зафіксовано у 5-ти районах регіону, що варіювало у межах 1,04–2,2 рази. Кореляційний аналіз між вмістом нітратів і заліза у питній воді та захворюваністю сільського населення показав, що загалом нітрати позитивно корелюють із 33,3 % усіх видів захворювань, а залізо із 94 %. Слід зазначити, що наднормативний вміст заліза був зафіксований лише у декількох районах, а тому можна припустити, що його вплив на здоров'я людини спостерігається

навіть при концентраціях, що не перевищують нормативні. Таким чином, наголошуємо на постійному проведенні моніторингу якості питної води сільських територій, оскільки недоброякісна вода може впливати на захворюваність сільського населення.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані результати досліджень можуть бути використані органами самоврядування територіальних громад для покращення екологічної безпеки питного водопостачання.

Література

1. Данчишин М. В. Оцінка впливу нітратів на здоров'я населення при надходженні з питною водою. *Вісник соціальної гігієни та організації охорони здоров'я України*. 2023. №2 (96). С. 27-33. DOI 10.11603/1681-2786.2023.2.14031.
2. Корнацький В. М., Сілантьєва О. В. Серцево-судинні захворювання і шкідливі екологічні чинники. *Український кардіологічний журнал*. 2013. № 3. С. 109-116.

3. Лотоцька-Дудик У. Б., Лотоцька Л. Б., Станько О. М. Медично-гігієнічна оцінка впливу нітратів джерел децентралізованого водопостачання на захворюваність систем серцево-судинної та кровообігу. *XXVI AML*. 2020. № 2-3. С. 61-67. DOI: <https://doi.org/10.25040/aml2020.02-03>.
4. Aghapour S., Bina B., Tarrahi M. J., Amiri F., Ebrahimi A. Comparative health risk assessment of nitrate in drinking groundwater resources of urban and rural regions (Isfahan, Iran), using GIS. *Environ Monit Assess*. 2021. № 12. 193(12):794. doi: 10.1007/s10661-021-09575-0. PMID: 34767107.
5. Farina M., Avila D. S., Teixeira da Rocha J. B., Aschner M. Metals, oxidative stress and neurodegeneration: A focus on iron, manganese and mercury. *Neurochemistry International*. 2013. Vol. 62. Is. 5. P. 575-594. <https://doi.org/10.1016/j.neuint.2012.12.006>.
6. Ghosh G. C., Khan M. J. H., Chakraborty T. K. et al. Human health risk assessment of elevated and variable iron and manganese intake with arsenic-safe groundwater in Jashore, Bangladesh. *Sci Rep*. 2020. 10. 5206. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-62187-5>.
7. Heming N., Montravers P., Lasocki S. Iron deficiency in critically ill patients: highlighting the role of hepcidin. *Crit. Care*. 2011. 15. 210.
8. Huschuk I. V., Brezetska O. I., Huschuk V. I., Drab R. R. Monitoring and ecological-and-hygienic evaluation of the quality of drinking water from the sources of decentralized water supply in Rivne region for 2004-2015. *Environment & Health*. 2018. № 1. P. 41-46.
9. Jones R. R., Weyer P. J., DellaValle C. T., Inoue-Choi M., Anderson K. E., Cantor K. P., et al. Nitrate from drinking water and diet and bladder cancer among postmenopausal women in Iowa. *Environ Health Perspect*. 2016. 124(11):1751-8.
10. Karunanidhi D., Aravinthasamy P., Subramani T., Kumar M. Human health risks associated with multipath exposure of groundwater nitrate and environmental friendly actions for quality improvement and sustainable management: A case study from Texvalley (Tiruppur region) of India. *Chemosphere*. 2021. Vol. 265. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129083>.
11. Lototska O. V., Prokopov V. O. Assessment of the risk of the consumption of drinking water with the increased content of nitrates for the health of the people of the Ternopil Region. *Environment & Health*. 2018. № 4. P. 20-24. <https://doi.org/10.32402/dovkil2018.04.020>.
12. Romanchuk L. D., Valerko R. A., Herasymchuk L. O., Kravchuk M. M. Assessment of the impact of organic Agriculture on Nitrate Content in Drinking Water in Rural Settlements of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. 11(2). С. 17-26. DOI: 10.15421/2021_65.
13. Sadler R., Maetam B., Edokpolo B., Connell D., Yu J., Stewart D., Park M.-J., Gray D., Laksono B. Health risk assessment for exposure to nitrate in drinking water from village wells in Semarang, Indonesia. *Environmental Pollution*. 2016. Vol. 216. P. 738-745. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.06.041>.
14. Schullehner J., Hansen B., Thygesen M., Pedersen C. B., Sigsgaard T. Nitrate in drinking water and colorectal cancer risk: A nationwide population-based cohort study: Nitrate in drinking water and CRC. *International Journal of Cancer*. 2018. Vol. 143 (1). P. 73-79. doi: 10.1002/ijc.31306.
15. Stayner L. T., Almberg K., Jones R., Graber J., Pedersen M., Turyk M. Atrazine and nitrate in drinking water and the risk of preterm delivery and low birth weight in four Midwestern states. *Environ Res*. 2017. 152:294-303.
16. Stayner L. T., Schullehner J., Semark B. D., Jensen A. S., Trabjerg B. B., Pedersen M., et al. Exposure to nitrate from drinking water and the risk of childhood cancer in Denmark. *Environ Int*. 2021. 155:106613.
17. Valerko R., Herasymchuk L., Pitsil A., Palkevich J. GIS-based assessment of risk for drinking water contamination to children's health in rural settlements. *Ekológia (Bratislava)*. 2022. Vol. 41. No. 4. P. 312-321. DOI:10.2478/eko-2022-0032.
18. Ward M. H., Kilfoy B. A., Weyer P. J., Anderson K. E., Folsom A. R., Cerhan J. R. Nitrate intake and the risk of thyroid cancer and thyroid disease. *Epidemiology*. 2010. 21(3):389-95.
19. Ward M. H., Jones R. R., Brender J. D., de Kok T. M., Weyer P. J., Nolan B. T., Villanueva C. M., van Breda S. G. Drinking Water Nitrate and Human Health: An Updated Review. *International journal of environmental research and public health*. 2018. 15(7). 1557. <https://doi.org/10.3390/ijerph15071557>.

РЕТРОСПЕКТИВНИЙ АНАЛІЗ ПОХОДЖЕННЯ БІОМЕЛІОРАТИВНИХ ПРОЦЕСІВ У НАВКОЛИШНЬОМУ СЕРЕДОВИЩІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА ВОДНІ ОБ'ЄКТИ

Ігнатенко М.Я.

Регіональний офіс водних ресурсів у Харківській області
вул. Космічна, 21, 61165, м. Харків
ignatenkomihail787@gmail.com

У статті проведено ретроспективний аналіз походження біомеліоративних процесів у навколишньому середовищі та екологічні наслідки антропогенного навантаження на водні об'єкти. Розглянуто основні типи та етапи розвитку біологічної меліорації водних об'єктів. Приведено приклади екологічних наслідків біологічної меліорації водних об'єктів України та країн ЄС. Обговорюється дія антропогенних факторів у водних об'єктах, яка викликає порушення екологічної рівноваги в процесах саморегуляції, що призводить до різкого погіршення якості води. Проаналізовано методи біомеліорації, що здатні покращити ситуацію за рахунок процесів, близьких до природних, а також підвищити резистентність екосистем до чинників антропогенного навантаження, зокрема й тих, що спричиняють евтрофікацію. Досліджено, що різноманітні методи біологічної меліорації для різних водогосподарських цілей вже тривалий час використовуються як в Україні, так і за кордоном. Проте увага щодо екологічної ролі, наслідків біологічної меліорації та оцінок ініційованих змін у екосистемах посилюється у зв'язку з сучасними вимогами. Доведено, що впровадження заходів біологічної меліорації потребує комплексної оцінки та ґрунтованого аналізу ризиків. Дослідження вказує на важливість контролю за станом гідроценозів водних об'єктів, на яких проводяться біомеліоративні заходи. Діюча в Україні система моніторингу спрямована перш за все на контроль надходження забруднень, а не на спостереження за внутрішньоводоймовими процесами, на перебіг яких і має чинити вплив біомеліорація. Розглянуто питання доцільності ведення спеціального моніторингу, перш за все біологічного, саме з метою контролю як ефективності, так і проявів негативних наслідків біомеліорації. Для контролю перебігу внутрішньоводоймових процесів, зокрема, значно більше значення мають питання стратифікації, ніж для контролю забруднень, для якого важливіше відстеження перенесення забруднень по акваторії, до чого й пристосована існуюча система. Отже, у межах спеціального моніторингу виникає необхідність перегляду пунктів і методів відбору проб. Розглянуто питання небезпеки занесення чужорідних видів при проведенні, чи як наслідок виконання заходів із біомеліорації, що також потребуватиме додаткового контролю. Зокрема, для врахування впливу чужорідних видів, у т. ч., як інвазійних, так і тих, вселення яких застосовується при окремих технологіях біомеліорації. Аналіз екологічної ефективності біологічної меліорації водних об'єктів України є необхідним для розробки рекомендацій щодо встановлення екологічної необхідності її здійснення та систематизації даних відносно масштабів, напрямів і наслідків таких робіт. *Ключові слова:* водні екосистеми, біологічна меліорація, фітомеліорація, біоценоз, біорізноманіття, біогени, водні об'єкти.

Retrospective analysis of the origin of biomeliorative processes in the environment and the environmental consequences of anthropogenic load on water bodies. Ignatenko M.

The article provides a retrospective analysis of the origin of biomelioration processes in the environment and the ecological consequences of anthropogenic load on water bodies. The main types and stages of development of biological reclamation of water bodies are considered. Examples of ecological consequences of biological reclamation of water bodies of Ukraine and EU countries are given. The action of anthropogenic factors in water bodies is discussed, which causes a violation of the ecological balance in the processes of self-regulation, which leads to a sharp deterioration of water quality. Biomelioration methods capable of improving the situation due to processes close to natural ones, as well as increasing the resistance of ecosystems to factors of anthropogenic load, including those that cause eutrophication, have been analyzed. It has been investigated that various methods of biological reclamation for various water management purposes have been used for a long time both in Ukraine and abroad. However, attention to the ecological role, consequences of biological reclamation and evaluations of initiated changes in ecosystems is increasing in connection with modern requirements. It has been proven that the implementation of biological reclamation measures requires a comprehensive assessment and a sound analysis of risks. The study points to the importance of monitoring the state of hydrocenoses of water bodies on which biomelioration measures are carried out. An analysis of the ecological effectiveness of the biological reclamation of water bodies of Ukraine is necessary for the development of recommendations for establishing the ecological necessity of its implementation and systematization of data regarding the scope, directions and consequences of such works. *Key words:* water ecosystems, biological reclamation, phytoreclamation, biocenosis, biodiversity, biogens, water objects.

Постановка проблеми. Стан навколишнього середовища, екологічна безпека це не те, що турбує кожного з нас але і являє собою зону загальної відповідальності. Для того, щоб наші дії були ефективними, вони повинні спиратися на науковий підхід. Тільки вчені можуть диференціювати і поставити

правильний діагноз навколишньому середовищу та надати дієві рекомендації щодо дбайливого і раціонального використання наших ресурсів як на побутовому, так і на державному рівні. Біомеліорація спрямована на поліпшення умов середовища у водному об'єкті за допомогою біологічних методів,

наприклад шляхом додавання або видалення окремих видів. В результаті дії антропогенних факторів у водних об'єктах виникають порушення екологічної рівноваги в процесах їх саморегуляції, що призводить до різкого погіршення якості води. У зв'язку з цим, останнім часом все більша увага приділяється методам біомеліорації, що здатні покращити ситуацію за рахунок процесів, близьких до природних, а також підвищити резистентність екосистем до чинників антропогенного навантаження, зокрема й тих, що спричиняють евтрофікацію.

Актуальність дослідження. В результаті дії антропогенних факторів у водних об'єктах виникають порушення екологічної рівноваги в процесах їх саморегуляції, що призводить до різкого погіршення якості води. У зв'язку з цим, останнім часом все більша увага приділяється методам біомеліорації, що здатні покращити ситуацію за рахунок процесів, близьких до природних, а також підвищити резистентність екосистем до чинників антропогенного навантаження, зокрема й тих, що спричиняють евтрофікацію. В останні десятиріччя експлуатація самоочисної здатності водних екосистем в Україні досягла таких масштабів, які не дають можливості природним регуляторним механізмам упоратися з тим об'ємом забруднень, який щорічно надходить у водне середовище.

Одним з найбільш актуальних пріоритетів водохорони в Україні є деєвтрофікація водойм [3].

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Різноманітні методи біологічної меліорації для різних водогосподарських цілей вже тривалий час використовуються як в Україні, так і за кордоном. Проте увага щодо екологічної ролі, наслідків біологічної меліорації та оцінок ініційованих змін у екосистемах посилюється у зв'язку з сучасними вимогами [2]. Впровадження заходів біологічної меліорації потребує комплексної оцінки та ґрунтованого аналізу ризиків. Відомо, що економічний ефект від вселення нових об'єктів аквакультури часто зводиться до мінімуму через боротьбу з негативними ефектами, які викликають ці організми.

В цілому при оцінці екологічної ефективності біологічної меліорації водних об'єктів обов'язково повинен здійснюватись контроль стану гідроценозів та водного об'єкта, на якому проводяться біомеліоративні заходи.

Аналіз екологічної ефективності біологічної меліорації водних об'єктів України є необхідним для розробки рекомендацій щодо встановлення екологічної необхідності, її здійснення та систематизації даних відносно масштабів, напрямів і наслідків таких робіт.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Було проаналізовано публікації останніх років з цих питань. Різноманітні методи біологічної меліорації для різних водогосподарських цілей вже тривалий час використовуються як в Україні, так і за кордо-

ном. Проте увага щодо екологічної ролі, наслідків біологічної меліорації та оцінок ініційованих змін у екосистемах посилюється у зв'язку з сучасними вимогами.

Розглянуто підходи до оцінки екологічної ефективності біологічної меліорації водних об'єктів. Проаналізовано масштаби біологічної меліорації водних об'єктів України. Застосування впровадження заходів біологічної меліорації потребує комплексної оцінки та ґрунтованого аналізу ризиків.

Викладення основного матеріалу. Біологічна меліорація водойм це – комплекс заходів, спрямований на поліпшення умов існування корисних водних організмів, поліпшення якості води, та штучне підвищення біологічної та господарської продуктивності водних угідь. До біологічної меліорації також відноситься інтродукція у водойми рослиноїдних риб (білого амура, білого та строкатого товстолоба, хижих риб и т. д.) з метою боротьби з заростанням, цвітінням. Наприклад одним з дієвих методів біологічної меліорації водойм є збільшення чисельності хижих риб (судак, вугор, щука, тощо) [3, 4, 6].

Фітомеліорація – комплекс заходів з покращення умов природного середовища шляхом культивування або підтримання природних рослинних спільнот для збереження та покращення умов природного середовища в цілому.

Принцип біологічної меліорації водойм базується на властивості окремих видів водних рослин і тварин вилучати з води різноманітні речовини та мікроорганізми, очищати від органічних залишків піщані пляжі, прискорювати деєвтрофікацію водойм тощо. У біологічній меліорації водойм беруть участь усі гідробіоти. Відбувається біологічна меліорації водойм через стимулювання життєдіяльності організмів-меліораторів, що досягається створенням оптимальних умов для збільшення у разі потреби їхньої чисельності [1].

Відповідно до ст. 17 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», біологічна меліорація за допомогою рослиноїдних риб має статус природоохоронного заходу (постанова Кабінету Міністрів України від 17.09.1997 р. № 1147), що забезпечує її пріоритетність порівняно з іншими заходами. Сутність біологічної меліорації полягає у направленому формуванні такої структури гідробіоценозу, яка у процесі свого функціонування покращувала б екологічний стан і технологічні характеристики водних об'єктів. Біологічна меліорація може бути рекомендована в якості водоохоронного заходу, проведення якого призводить до поліпшення екологічного стану водних об'єктів за рахунок вилучення певної кількості забруднюючих речовин [7].

Для більш загальної оцінки цього процесу необхідно зрозуміти, яким чином сформувались процеси, які ми використовуємо у сучасній біомеліорації та провести ретроспективний аналіз даного процесу. Природні процеси біомеліорації формувались

з моменту виникнення життя на нашій планеті, коли умови виживання були набагато суворішими ніж тепер, що зумовило суворий природний відбір та адаптацію до тих чи інших умов виживання тогочасних організмів нашої планети.

Ми вважаємо, що перші природні біомеліоративні процеси сформувались з моменту виникнення на Землі біоценозу.

Біоценоз або суспільство – це історично сформована сукупність тварин, рослин, грибів та мікроорганізмів, які населяють відносно однорідний життєвий простір (визначені ділянки суходолу або акваторії) пов'язані між собою і також їхнім навколишнім середовищем. Біоценози виникли на основі біогенного кругообігу та забезпечують його в конкретних природних умовах. Біоценоз – це динамічна, здатна до саморегулювання система, складові якої (продуценти, консументи, редуценти) взаємопов'язані. Ця сукупність виявляється одним із основних об'єктів дослідження екології [3].

Найбільш важливим показником біоценозів є біорізноманіття (сукупність кількості видів у ньому) а також біомаса (сукупна маса всіх видів живих організмів даного біоценозу). Біорізноманіття відповідає за рівновагу та стан екосистеми, та, як наслідок, і за її стійкість. Замкнений кругообіг поживних речовин (біогенів) виникає завдяки біологічному різноманіттю. Речовини, не засвоюючись одними організмами, засвоюються іншими, завдяки цьому вихід із екосистеми біогенів малий, а їхня незмінна присутність забезпечує рівновагу екосистеми [7].

Світова історія розвитку дії антропогенного навантаження на навколишнє середовище з метою покращення умов своєї життєдіяльності почалась із часів зародження цивілізації. Історія такого впливу нараховує декілька тисячоліть. У Месопотамії, стародавньому Єгипті, Індії суттєві площини зрошувались приблизно 3–5 тисячоліття до н.е. В цих країнах було розвинене і осушення. До н.е. такі заходи (осушення, зрошення, кольтонтаж, регулювання річок) проводилися у Китаї, Кореї, Алжирі, на Аравійському півострові, в центральній Африці.

Іхтіологи стверджують, що з давніх-давен і до 30-х років минулого століття видовий склад риби практично не змінювався. Ситуація змінилася у 1932 році, коли на Дніпрі збудували першу греблю – Запорізьку. Дніпровські пороги – унікальна пам'ятка природи, яку не знайдеш більше ніде у світі, – зникли під водою. Під час війни Запорізька гребля була частково зруйнована, і внаслідок цього відновився річковий стік води. «На якийсь час риби, характерні для річки, знову з'явилися у Дніпрі. У повоєнні роки греблю було відновлено, і Дніпро знову перетворився на водосховище. Планувалося провести такі рибальські заходи, як рибоходи у греблях: малося на увазі, що риба зможе мігрувати з річки в море і навпаки, але, через дорожнечу технічного обслуговування цей проект не був втілений у життя. Таким

чином, зі складу іхтіофауни випали всі прохідні (ті, що йшли на нерест у море, але поверталися до нас) та напівпрохідні риби (ті, що йшли на нерест у Дніпро): білуга, російський осетр, севрюга, оселедець, чорноморський лосось, тарань. А через значне скорочення нерестових постраждали риби, які відкладають ікру на коріння рослин біля самих берегів – короп, лин, щука». Незважаючи на кардинальні зміни у водному режимі Дніпра, у перші роки після будівництва Запорізької ГЕС у дніпровських річках сформувалася багата бактеріофлора – кормова база для личинок, що зумовило сплеск розвитку іхтіофауни. Крім того, за радянських часів, активно проводилося зариблення – штучне вселення риб. Було обстежено кормову базу та виявлено, що є екологічні ніши, які не використовуються рибами. Внаслідок зариблення з'явилися риби – інтродуценти. Наприклад, були запущені риби далекосхідного комплексу – білий амур, товстолобик. Зведення на Дніпрі гребель було першим потужним антропогенним фактором, що вплинув на видову різноманітність риб. Після цього було тотальне забруднення вод. Зникли піскарі – своєрідні індикатори чистоти води. У риб є бічна лінія, якою вони відчують хімічно змінений склад води, Так, у сильно забруднених річках практично немає гідробіонтів, видовий склад риб ослаблений. Риби йдуть із забруднених ділянок. А ось викид у води Дніпра солоних шахтних вод призвів до створення сприятливих умов для життя у водосховищах дрібних морських риб – тюльки, піщанки, риби-голки, азово-чорноморських бичків різних видів. Так, на Самарі дослідники з кафедри іхтіології часто зустрічають у уловах оселедець.

Біологічна меліорація у більшості випадків супроводжується вселенням нових видів гідробіонтів. При цьому повсюдно звертається увага на те, що в даний час умисне введення у водойми нових, чужорідних видів риб та інших гідробіонтів не користується великою популярністю. Вторгнення некорінних видів визначено другою за значущістю проблемою, яка призводить до втрати місць існування та ландшафтного фрагментування, а також в цілому є загрозою для глобального біорізноманіття. Pimentel D. із співавторами оцінює економічні втрати від вторгнення некорінних видів в екосистеми Сполучених Штатів Америки у 125 млрд. дол. на рік.

Управління чисельністю чужорідних видів є складним, але важливим завданням в комплексі заходів щодо збереження біологічного різноманіття внаслідок значного потенційного економічного і екологічного збитку, що наноситься видами-вселенцями. Найвідомішим і найбільш розробленим можна вважати метод регуляції чисельності та популяційної структури адвентивних видів за рахунок популяції хижих риб (аборигенів або вселенців). При появі та значному збільшенні чисельності малоцінних, смітних та інвазійних видів риб одним з способів біологічної меліорації є вселення хижих видів риб.

Підсумовуючи розгляд закордонних методів біомеліорації [2, 8] слід зазначити, що шлях контролю евтрофування за рахунок вилучення зоопланктоїдних і бентоїдних риб прямо протилежний традиційно застосовуваному в Україні [4], де, навпаки, практикується заселення фітопланктоїдних та рослинної риб, зазвичай чужорідних видів, для поєднання боротьби з евтрофікацією зі збільшенням рибопродуктивності. У згаданих вище випадках, здебільшого, перевага надавалася, передусім, не рибопродуктивності, а рекреаційній цінності водойм.

Діапазон різноманітних водних об'єктів на яких проводилася біомеліорація згаданого типу дуже широкий і загальні закономірності обґрунтовані. У той же час питання щодо ефективності запропонованого шляху в Україні потребує вивчення [8].

Вселення нових видів у водойми негативно впливає на їх флору й фауну та водну екосистему загалом під час проведення рибоводно-меліоративних робіт без підготовки відповідних біологічних обґрунтувань щодо специфіки такого використання водойм і без дотримання правил проведення акліматизаційних робіт. Негативний вплив інтродуцентів виявляється у разі їх вселення у водойми, де резерви кормових ресурсів недостатні. Це призводить до загострення кормової конкуренції вселенців із аборигенними видами. Крім того, за умов дефіциту кормових ресурсів у водоймі деякі, зокрема бентосні види (такі, як короп і карась), переходять на живлення здебільшого детритом [4, 6].

За такого характеру живлення «риучий» тип харчової поведінки цих риб призводить до погіршення умов існування флори й фауни та порушення процесів кругообігу речовин і енергії у водоймі, що негативним чином позначається на стані екосистеми водойми загалом [4].

Біологічна меліорація у більшості випадків супроводжується вселенням нових видів гідробіонтів. При цьому повсюдно звертається увага на те, що в даний час умисне введення у водойми нових, чужорідних

видів риб та інших гідробіонтів не користується великою популярністю. Особливо велике поширення ця тенденція отримала в 1990-х і на початку 2000-х років, на тлі панічних настроїв суспільства та вчених в США з приводу інвазії корошових видів риб (короп, товстолобики). Не менше занепокоєння викликала і викликає навмисна та випадкова інтродукція чужорідних видів риб (корошових, осетрових, цихлід і лососевих) у вчених Європи.

Останніми роками в Україні та за кордоном проводяться роботи з вивчення можливості керованого використання механізмів природного самоочищення у водоохоронних спорудах, зокрема, ценозів вищої водної рослинності (ВВР). Спільними зусиллями вчених багатьох країн був розроблений новий тип очисних споруд для малих населених місць, невеликих підприємств, окремих котеджів, розміщених в сільській місцевості, тощо. В основі методу лежать екосистемні механізми природних водних об'єктів. У країнах СНГ ці очисні споруди називають «біоплато» і «біоінженерні споруди», в Німеччині – «ботанічні площадки», в Великобританії – «очеретяне ложе». У науковій літературі спорудження даного типу називаються «Constructed Wetlands» або «Artificial Wetlands» [8].

Вибір способу біологічної меліорації конкретного водного об'єкту наочно може бути проілюстрований окремими роботами УКРНДІЕП з розробки Режимів біологічної меліорації ряду водних об'єктів України [3, 9, 10].

Висновки. Основним підходом до оцінки екологічної ефективності біологічної меліорації водних об'єктів має бути контроль за станом гідроценозів водного об'єкта, на якому проводяться біомеліоративні заходи. При цьому оцінка екологічної ефективності біологічної меліорації може проводитися на підставі визначення зміни показників розвитку окремих екологічних груп гідробіонтів, функціональних характеристик водних об'єктів, показників біорізноманіття, інших біологічних характеристик.

Література

1. Енциклопедія Сучасної України/ под ред. І.М. Дзюба, А.І. Жуковський, М.Г. Железняк та ін. Київ: КБ ЕСУ НАН України, 2001. Т. 2. 872 с.
2. Walker B., Steffen F. An overview of the implications of global change for natural and managed terrestrial ecosystems. *Ecology and Society*, 1997. V. 1. P. 1–17.
3. Васенко О.Г. Екологічні основи водоохоронної діяльності в теплоенергетиці. Харків: УКРНДІЕП, 2000. Т. 1. С. 243.
4. Гринжєвський М. В. Інтенсифікація виробництва продукції аквакультури у внутрішніх водоймах України. Київ: Світ, 2000. 192 с.
5. Васенко О.Г. Екологічні основи водоохоронної діяльності в теплоенергетиці. Харків: УКРНДІЕП, 2000. Т. 2. 243 с.
6. Романенко В.Д., Жукинський В.М., Оксіюк О.П. та ін., Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями Київ: Символ-Т, 1998. 28 с.
7. Ячик А.В. Вода України: проблеми, перспективи. *Водне господарство України*. Київ, 1996. С. 3–8.
8. Демченко В. О. Проблеми та перспективи розвитку іхтіологічних досліджень в контексті виконання Водної рамкової директиви. *Сучасні проблеми теоретичної і практичної іхтіології*. Херсон, 2015. С. 53–56.
9. Розробка біологічного обґрунтування і режиму біологічної меліорації Муромського водосховища Харківської області. Харків: УКРНДІЕП, 2018. 31 с.
10. Розробка біологічного обґрунтування і режиму біологічної меліорації Трав'янського водосховища Харківської області. Харків: УКРНДІЕП, 2018. 40 с.

СТРУКТУРНО-ФУНКЦІОНАЛЬНА ЦІЛІСНІСТЬ ЕКОСИСТЕМИ МАЛОЇ РІЧКИ ЯК ОСНОВА ЇЇ РЕВІТАЛІЗАЦІЇ

Пономаренко Д.В.

Регіональний офіс водних ресурсів у Харківській області
вул. Танкопія, 12, 61100, м. Харків
bnsrega@gmail.com

В статті розглянуто питання важливості ревіталізації малих річок та важливості збереження та відновлення їх екосистем з метою їх сталого розвитку. Малі річки розглядаються як основа для відновлення сталого існування середніх та великих річок, оскільки антропогенне навантаження на них досить суттєве. Також свою частку має проблематика природних явищ. Воєнні дії на території нашої держави також вносять дуже багато ризиків які матимуть серйозні наслідки для навколишнього середовища. Аналізуються структурні та функціональні особливості екосистем малих річок та розглядається можливість їх ревіталізації через відновлення структурно-функціональної цілісності. Обговорюються основні підходи, стратегії та методи відновлення річкових екосистем. Дослідження вказує на важливість збалансованого підходу до використання та охорони природних ресурсів малих річок з урахуванням їх взаємозв'язку з оточуючим середовищем та забезпеченням життєвого простору для різноманітних видів рослин і тварин. Харківська область, розташована в центральній частині України, багата на річкову мережу, яка включає в себе численні малі річки. Ці водойми відіграють важливу роль у житті місцевого населення та екосистеми регіону в цілому кожен елемент екосистеми малої річки є важливою частиною для її здорового існування. В статті описана важливість малих річок з огляду на їх вагому роль в збереженні біорізноманіття регіону. Вони створюють умови для існування та розвитку різноманітних видів рослин і тварин, а також забезпечують місцеві ландшафти поживними речовинами та вологою. На основі проаналізованої літератури, в якій були порушені питання проблематики екологічного стану малих річок, були зроблені висновки в питаннях необхідності проведення ревіталізації малих річок та вирішено взяти структурно-функціональну цілісність за основу для ревіталізації малих річок. Ця стаття сприяє подальшому розумінню необхідності та можливостей ревіталізації малих річок для збереження біорізноманіття та підтримки екологічно стійкого розвитку. Підхоплює актуальні довоєнні засади про важливість збереження водних ресурсів задля сталого розвитку нашого регіону та країни в цілому, та не втрачають своєї актуальності з огляду на майбутнє, в якому наша країна й надалі буде рухатись до відповідального відношення до навколишнього природного середовища, зокрема до водних ресурсів невід'ємними частинами яких є малі річки. *Ключові слова:* ревіталізація, екосистема, малі річки, біорізноманіття.

Structural-functional integrity of small river ecosystem as a basis for its revitalization. Ponomarenko D.

The article discusses the importance of revitalizing small rivers and the significance of preserving and restoring their ecosystems for sustainable development. Small rivers are considered fundamental for restoring the sustainable existence of medium and large rivers, as they bear significant anthropogenic pressure. Additionally, natural phenomena present their challenges. Military actions within our state's territory also pose considerable risks with serious consequences for the surrounding environment. The structural and functional characteristics of small river ecosystems are analyzed, and the possibilities for their revitalization through the restoration of structural-functional integrity are explored. The main approaches, strategies, and methods for restoring river ecosystems are discussed. The research emphasizes the importance of a balanced approach to the use and conservation of natural resources of small rivers, considering their interrelation with the surrounding environment and providing living space for various plant and animal species. Kharkiv region, located in the central part of Ukraine, is rich in river networks, including numerous small rivers. These water bodies play a crucial role in the life of the local population and the region's ecosystem as a whole. Each element of a small river ecosystem is essential for its healthy existence. The article describes the importance of small rivers in preserving the biodiversity of the region. They create conditions for the existence and development of various plant and animal species, as well as provide local landscapes with nutrients and moisture. Based on the analyzed literature addressing the ecological issues of small rivers, conclusions were drawn regarding the necessity of revitalizing small rivers, with a focus on structural-functional integrity as the basis for revitalization. This article contributes to further understanding the necessity and possibilities of revitalizing small rivers to preserve biodiversity and support environmentally sustainable development. It reflects pre-war principles regarding the importance of preserving water resources for sustainable development in our region and country as a whole, which remain relevant for the future, as our country continues to move towards responsible stewardship of the natural environment, particularly regarding water resources, of which small rivers are integral components. *Key words:* revitalization, ecosystem, small rivers, biodiversity.

Постановка проблеми. Малі річки відіграють важливу роль у біорізноманітті, екологічному балансі та життєдіяльності людей. Вони є важливими джерелами питної води, водозабезпечення для природних екосистем, а також місцями для рибальства, відпочинку та рекреації. Однак через негативний вплив антропогенних дій, таких як забруднення води, будова берегів, регулювання річкових потоків та інші,

багато малих річок стикаються з проблемами деградації та втрати біорізноманіття. Ревіталізація є раціональним та дієвим методом вирішення цих проблем.

Актуальність дослідження. Ревіталізація малих річок має вирішальне значення для відновлення природної функціональності та збереження екосистем малих річок. Це включає в себе ряд заходів, спрямованих на покращення якості води, відновлення

природних берегів, створення коридорів річкових екосистем, відновлення рибних міграційних маршрутів та біотопів, а також управління річковими ресурсами з урахуванням потреб природи та людей. Ревіталізація малих річок є актуальним питанням в усіх регіонах нашої країни, де є проблеми зі станом малих річок, оскільки вона сприяє збереженню біорізноманіття, покращенню якості водних ресурсів, забезпеченню водних потреб населення та промисловості, а також створенню сприятливих умов для розвитку туризму та рекреації. В цілому, це сприяє забезпеченню сталого розвитку і забезпеченню добробуту суспільства, залишаючи малі річки живими та життєздатними екосистемами.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Аналіз основних засад напрямку ревіталізації малих річок є важливим для розуміння можливості впровадження даного методу покращення екологічного стану малих річок на території регіонів України, як в розрізі невеликих територіальних громад так і в розрізі великих міст.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Були проаналізовані порушені питання в публікаціях останніх років [2–5] та порівняно з порушеними питаннями у виданні 2003 року [1] для розуміння давності проблематики з деяких питань та розуміння того чи було знайдене системне рішення.

Викладення основного матеріалу. «На сьогодні навряд чи знайдеться більш нагальна водогосподарська проблема на території України, ніж проблема охорони та відновлення малих річок». Таку думку ілюструють автори видання «Малі річки – дослідження, охорона, відновлення» [1]. Вони зазначають, що малі річки формують водні ресурси, гідрохімічний режим та якість води у середніх та великих ріках, а також що екосистеми малих річок є більш уразливими як при прямій дії на них забруднень, так і при опосередкованому впливі водогосподарської діяльності на їх водозборах.

З моменту виходу в друк цього видання пройшло двадцять років, а проблема зазначена авторами й досі має величезне значення для нашої країни і зокрема для Харківської області. Малі річки є невід'ємною частиною екосистеми нашого регіону. Без сумніву вони становлять основу для сталого існування середніх а ті в свою чергу великих річок. З кожним роком антропогенне навантаження на самі малі річки та на їх водозбори збільшується і можливості річок до самовідновлення не вистачає для підтримання їх сталого існування. Забруднення води від промислових викидів, сільськогосподарського стоку та міських стічних вод впливає на біоту та призводить до зниження якості води. Зміни в водних потоках внаслідок будівництва гребель, дамб, чи дренажу призводять до втрати природних середовищ для риб та інших гідробіонтів. Витрата води без урахування водності річок, необхідних об'ємів водотоків, що

спричиняє порушення гідрологічного режиму річки, а як наслідок, і зниження спроможності до самовідновлення, зниження рівнів ґрунтових вод та ерозія берегів є загрозами, які можуть деформувати екосистему малих річок та порушити екологічний баланс.

Біологічне різноманіття є важливим аспектом для збереження природної рівноваги. Малі річки відіграють ключову роль у збереженні та відновленні біорізноманіття у середніх річках а ті в свою чергу у великих річках. Якщо трапиться екологічна катастрофа з великою річкою, вона завдяки водності та збереженому біорізноманіттю середніх річок, які відносяться до її басейну, матиме змогу відновити як свою водність, так і видове різноманіття живих організмів, рослинності, мікроорганізмів та ін. Для середніх річок запорукою такого відновлення, у разі настання екологічної катастрофи, викликаній природними катаклізмами або спрямованою чи опосередкованою діяльністю людини, є збережене біорізноманіття в малих річках. Збереження цієї різноманітності в малих річках важливо для сталого функціонування річкової екосистеми регіону та забезпечення біологічної різноманітності в цьому унікальному середовищі басейнів річок.

Екосистеми малих річок є місцем існування для різних видів гідробіонтів, що є запорукою видового різноманіття. Популяції мають внутрішнє генетичне розмаїття, що сприяє їхній стійкості та адаптації до змін середовища. Екосистеми малих річок включають в себе берегові зони, різні види водних масивів (від швидкоплинних до повільних ділянок), болотисті угруповання, які створюють унікальні середовища існування для різних видів. Видове розмаїття водних рослин, від водоростей до вищої водної рослинності, створює унікальний набір середовищ для життя та розвитку різних організмів. Важливою складовою біорізноманіття є взаємодія між різними видами та їхніми екосистемами, яка забезпечує баланс та стійкість у річковому середовищі.

У статті «Rivers revitalisation: approaches to decision» [2] зазначено, що основними завданнями ревіталізації в європейських країнах є питання відновлення русла, поліпшення гідродинаміки, самоочищення та відновлення екосистем. На думку автора, основною метою ревіталізації в Україні залишаються проблеми очищення русла від мулу та запобігання повеней. На великих річках основна проблема при очищенні полягає у відновленні навігації. У рідких випадках метою ревіталізації є збільшення рекреаційної привабливості території (найчастіше йдеться про центральні частини міст).

Для європейських країн взято за основу самоочищення та відновлення екосистем малих річок. Малі річки виступають як свого роду «архів» біорізноманіття та ресурсів, який може мати критичне значення у відновленні біоти у середніх та великих річках у випадку катастрофічних ситуацій. В Україні пріоритетним ще залишається підхід, де малі річки

розглядаються як ресурс для господарської діяльності людини, оскільки першочерговим стає питання використання водних ресурсів для потреб промисловості, житлово-комунальних сфер, сільськогосподарської діяльності та ін. Це унеможливує віднесення такого підходу до екологічно-спрямованого.

На нашу думку, коли мова йде про ревіталізацію, структурно-функціональна цілісність екосистеми малої річки є відображенням гармонійної організації та взаємодії всіх її компонентів задля забезпечення стійкого та ефективного функціонування.

Структурна цілісність включає аспекти, такі як біологічне розмаїття, розміщення та взаємодія видів, а також ландшафт річкового середовища.

Функціональна цілісність визначає, наскільки ефективно ці компоненти виконують свої природні функції, такі як підтримка біологічного циклу, забезпечення умов для життя різних видів живих організмів та очищення води.

Наш підхід до цього питання включає в себе необхідність аналізу структури та функціонування системи з метою покращення її ефективності та пристосування до змін в навколишньому середовищі.

Важливо, які частини системи мають значний вплив на життєздатність екосистеми малої річки та які з них є найуразливішими. Визначення елементів або впливів на малі річки, які є причиною змін в екосистемах цих річок відображають причинно-наслідкові зв'язки. Наведені аспекти стануть основою для визначення та обґрунтування необхідних змін в системі, включаючи такі як відновлення гідрологічного режиму, зменшення антропогенного навантаження, можливу необхідність в відновленні популяцій автохтонних видів у разі їх зникнення під впливом різних факторів. Моніторинг та оцінка структурних та функціональних змін дозволить пересвідчитися в їх ефективності або недоцільності та вносити корективи у разі необхідності.

Структура екосистеми малої річки включає різноманітні складові, які взаємодіють між собою і з навколишнім середовищем, створюючи біологічну різноманітність та структурну цілісність. Вода є основою самої річки, яка надає екосистемі ідентичність та забезпечує середовище для життя. Берегова зона є важливою для багатьох видів рослин та тварин та слугує середовищем існування для водних птахів та риби. Річкове дно служить середовищем існування різних гідробіонтів а також містить в собі мул та пісок, що є джерелом харчування для деяких видів риби. Річкова екосистема включає в собі флору, яка виконує функцію природного фільтра, є місцем існування різних видів риби та для деяких є джерелом харчування. Водні безхребетні, риба та водні птахи є невід'ємною частиною річкової екосистеми які пов'язані ланцюгами харчування та мають взаємовплив на регуляцію популяцій. Важлива роль у розкладанні органічних матеріалів у воді та на річковому дні зав'язана на мікроорганізмах. Усі наве-

дені компоненти взаємодіють між собою у складний спосіб, створюючи баланс і рівновагу в екосистемі малої річки. Збереження структурної цілісності річкової екосистеми важливе для підтримання її стійкого існування.

Функціональність екосистеми малої річки визначається різноманіттям біологічних, хімічних та фізичних процесів, які відбуваються в її межах. Серед ключових функцій в розрізі питання ревіталізації, які виконує екосистема малої річки ми вбачаємо підтримання біологічного різноманіття. Збереження та підтримання існування життєво важливих середовищ які є основою для популяцій різних видів риби. Функції постачання їжі та регулювання популяцій завдяки малим річкам для багатьох тварин, включаючи водні та наземні види, також через взаємодію в їхніх середовищах. Циркуляція поживних речовин завдяки флорі та фауні. Забезпечення водної рівноваги яка впливає на рівень води та взаємодію з прибережними зонами для утримання балансу водних ресурсів. Створення природного бар'єру для захисту від ерозії берегів. Очищення води шляхом самоочищення водної екосистеми від забруднюючих елементів які потрапляють до неї природним шляхом або в разі антропогенного впливу. Річкові екосистеми служать місцем для задоволення рекреаційних потреб населення, таких як риболовля, плавання та відпочинок.

Збереження функціональної цілісності екосистеми малої річки є критично важливим для підтримання сталого розвитку та забезпечення благополуччя для різних видів життя, включаючи людей, які користуються її ресурсами.

У 2020 році Державне агентство водних ресурсів України провело засідання з Радою нацбезпеки та оборони (РНБО), де обговорювали загрозу дефіциту води у деяких басейнах річок через антропогенне навантаження [4]. Вода в Україні стає блакитним золотом, саме тому доступ до води повинен бути забезпеченим для населення та промисловості в майбутньому. На жаль, багато водойм в Україні знаходяться в істотно зміненому або штучному стані. Також проблема доступу до води загостриться в близькому майбутньому через зміну клімату. Саме тому вкрай важливо вже почати адаптувати блакитні коридори до кліматичних викликів, важливість і негайність цьому підтверджує залучення РНБО до цього процесу.

У близькому майбутньому будь-який доступ до чистої води матиме значення. Зараз часто станом маленьких струмків чи річок нехтують, хоча невід'ємну частину водного фонду України становлять саме малі річки. Таких річок понад 22 тис. загальною довжиною 100 тис кілометрів. 50 % міського і 90 % сільського населення проживає в басейнах малих річок, хоча переважна більшість з них навіть не мають офіційних назв і не паспортизовані. Стан малих річок є дуже важливим, тому що їх використовують

для зрошування земель, вони є основним джерелом водопостачання для промислових, сільськогосподарських, комунальних підприємств, а заплави служать для рекреації та пасовища і відпочинку. Більшість заплав малих річок в Україні розорюються, забудовуються і урбанізуються. Малі річки наповнюють свої запаси води з ґрунтових вод і переносять цю воду до великих артерій, саме тому водність і стан малих річок впливає на великі [5].

У кліматичній адаптації часто пропонують підхід «повернення до природного стану без зайвого втручання людини». Догляд за водними об'єктами повинен бути максимально екологічними та, за можливості, підтримувати близький до природного розвиток; такий процес не завжди потребує втручання людини.

У найкращому випадку струмки або річки відновляться від власної динаміки і, в більшості випадків, не потребують технічного втручання для повернення до природного стану.

Висновки. Малі річки є важливою частиною зовнішнього середовища та питання їх забруднення та знецінення з кожним роком постає з новою силою. Спираючись на вищевикладене, структурно-функціональна цілісність екосистем малих річок є важливою основою для успішної ревіталізації заради забезпечення їх сталого розвитку та довгострокової життєздатності. Вона здатна підтримувати спроможність екосистем малих річок до самовідновлення та саморегулювання з мінімальним зовнішнім впливом людини.

Література

1. Хімко, Р.В., Мережко, О.І., Бабко Р.В. Малі річки – дослідження, охорона, відновлення. Київ, 2003. 380 с.
2. Т. Alokhina. Rivers revitalisation: approaches to decision. Proceedings of the E3S Web of Conferences, volume 166. 2020. URL: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/26/e3sconf_icsf2020_01010/e3sconf_icsf2020_01010.html
3. Гриценко, А.В., Васенко, О.Г. (2020). Екологічні проблеми Харківської області та шляхи їх вирішення. *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. статей XVI Міжнародної науково-практичної конференції*. 2020. С. 3–6.
4. РНБО: Олексій Данілов: Стратегічне завдання – забезпечення водної безпеки держави в умовах зміни клімату. 2020. URL: <https://www.rnbo.gov.ua/ua/Diialnist/4601.html>
5. Нестеренко О. В., Шарков В.В., Журавльова О. А., Нестеров Я. С. Проблеми басейнів малих річок. *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2019. № 5. С. 257–258.

ОЦІНКА ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ВОДИ ДЖЕРЕЛ ПЕРЕМИШЛЯНЩИНИ

Репета В.Б., Криховець О.В., Кукура В.В.

Українська академія друкарства

вул. Під Голоском, 19, 79020, м. Львів

vreneta@gmail.com, olexandrakrykhov@gmail.com

Вода є стратегічним ресурсом, який забезпечує життєдіяльність людей та економічний розвиток суспільства в цілому. Питання ефективного використання водних ресурсів та їх забруднення належить до основних цілей сталого розвитку. Ухвалена Конференцією ООН у 2023 році Водна програм дій акцентує увагу на проблемах та пошуку шляхів вирішення водної кризи і передбачає стале управління водними ресурсами. Для нашої країни питання забезпечення питною водою набуває особливої ваги в сучасних умовах воєнного стану. Через забруднення і виведення з використання значної кількості природних водойм можливості доступу до чистої води значно обмежились. Вивчення хімічні показники якості джерельної води та їх відповідність нормативам санітарно-хімічних показників є необхідною складовою пошуку можливих джерел водопостачання. Оскільки територія Перемишлянського району Львівської області щодо оцінки якості поверхневих вод характеризується як чиста або помірно забруднена, для дослідження вибрано шість місцевих природних джерел. Наведено локалізацію досліджуваних джерел питної води. Відбір проб води та дослідження хімічних показників виконувались згідно з діючими стандартами. Визначено основні компоненти хімічного складу води цих джерел, та проведена їх оцінка відповідності вимогам Державних санітарних норм. У відібраних зразках води загальна мінералізація знаходиться в межах 127–276 мг/л, а водневий показник в межах 7,31–7,75 характеризує воду досліджуваних джерел як слабо лужну. При загальній жорсткості 4,9–6,5 ммоль/дм³ воду із цих джерел можна віднести до води середньої жорсткості. Це відповідає допустимим значенням як фізико-хімічного показника так і показника фізіологічної повноцінності води згідно ДСанПіН 2.2.4-171-10. Вміст нітратів у досліджуваній воді в середньому в п'ять разів менший за допустиме значення. Отже, зразки води із джерел, розташованих у Перемишлянській територіальній громаді Львівської області, із позицій хімічних показників характеризуються значеннями, які знаходяться в межах рекомендованих ДСанПіН 2.2.4-171-10 щодо безпечності та якості питної води. *Ключові слова:* водні ресурси, хімічні показники, мінералізація, жорсткість води.

Evaluation of chemical indicators of water quality in the Peremyshlyany region. Repeta V., Krykhovets O., Kukura V.

Water is a strategic resource essential for sustaining human life and fostering the economic development of society as a whole. The issue of efficient use of water resources and their pollution is one of the key goals of sustainable development. The UN Conference adopted the Water Action Program in 2023, focusing on addressing water crisis issues and seeking ways to ensure sustainable water resource management. In our country, ensuring access to drinking water becomes particularly crucial in the current conditions of a state of war. Due to pollution and depletion of a significant number of natural water reservoir, the possibilities of accessing clean water have been significantly restricted. Studying the chemical indicators of the quality of water sources and their compliance with sanitary-chemical standards is a necessary component of searching for potential water supply sources. As the territory of the Peremyshlyany district in the Lviv region is characterized as either clean or moderately polluted in terms of the assessment of surface water quality, six local natural sources were chosen for investigation. The locations of the studied drinking water sources are provided. Water sampling and chemical parameter investigations were conducted in accordance with existing standards. The main components of the chemical composition of water from these sources were determined, and their compliance with the requirements of State sanitary norms was assessed. In the collected water samples, the total mineralization ranged from 127 to 276 mg/l, and the hydrogen index within 7.31–7.75 characterized the water of the studied sources as slightly alkaline. With a general hardness of 4.9–6.5 mmol/dm³, the water from these sources can be classified as moderately hard, corresponding to acceptable values both as a physico-chemical indicator and a measure of physiological completeness of water according to the State Sanitary Norms 2.2.4-171-10. The nitrate content in the investigated water was on average five times lower than the permissible value. Therefore, water samples from the sources located in the Peremyshlyany district of the Lviv region, in terms of chemical indicators, are characterized by values within the recommended limits of the State Sanitary Norms 2.2.4-171-10 regarding the safety and quality of drinking water. *Key words:* water resources, chemical parameters, mineralization and water hardness.

Постановка проблеми. Економічний розвиток суспільства неможливий без наявності такого стратегічного ресурсу як вода. Впливаючи на екосистему Землі в цілому, вода є основним чинником забезпечення життєздатності кожної людини зокрема. На даний час запаси прісної води на планеті складають 2,5% від усіх водних ресурсів. Обсяги прісної підземної води становлять приблизно 10530000 км³ (0,76% від загальних світових ресурсів і 30,1% від загальних ресурсів прісної води). Підземні води залишаються

найбільшим легкодоступним джерелом прісної води [1]. Антропогенна діяльність людства призводить до того, що підземні води можуть не відповідати вимогам до питної води через підвищений вміст хімічних сполук, нітратів і бактеріологічного забруднення. Фахівцями рекомендується щодня вживати 7–8 склянок води. Але більшість людей споживає недостатньо води, не кажучи вже про її якість [2]. Для здоров'я важливо, щоб вода, яка вживається для пиття і приготування їжі, була максимально чистою. Отже, важ-

ливо знати хімічні показники якості джерельної води та їх відповідність нормативам санітарно-хімічних показників безпечності і показникам фізіологічної повноцінності мінерального складу води.

Актуальність дослідження. Питання якості та безпечності води є важливим з огляду на необхідність забезпечення якісною водою як для господарсько-побутових цілей так і для промислового використання. Якщо говорити про тенденції щодо забезпечення людства якісною питною водою, то ЄС прийняв у грудні 2020 року зміни до Директиви про питну воду. Директива набула чинності в січні 2021 року, відповідно до неї усі держави ЄС мають перенести вимоги Директиви в національне законодавство та виконати її положення до 12 січня 2023 року. Врахування нових змін дозволить додатково захистити здоров'я людей завдяки оновленим стандартам якості води, боротьбою з проблемними забруднювачами, такими як речовини, що порушують роботу ендокринної системи, з мікропластиком [3]. У 2023 році (22.03–24.03) ООН провела Конференцію «Вода для сталого розвитку», метою якої було акцентування уваги на проблемах використання водних ресурсів і їх забрудненню та пошуку шляхів вирішення водної кризи. Учасники Конференції, серед яких були представники України, ухвалили Водну програму дій, що передбачає стале управління водними ресурсами [4].

Наша країна бере участь у глобальних процесах досягнення Цілей сталого розвитку. Особливої актуальності забезпечення якісною питною водою набуває в умовах воєнного стану та відновлення країни для попередження цілої низки інфекційних захворювань та хвороб, що пов'язані з хімічним забрудненням води.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Підземні води і джерела становлять частину водного фонду України. Згідно зі ст. 11 «Водного кодексу України» [5], громадяни мають право «одержувати у встановленому порядку інформацію про стан водних об'єктів, джерела забруднення та використання вод...», що вказує на відповідність наукового дослідження напрямам державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки. У роботі представлено результати аналізу води джерел Перемишлянської територіальної громади для наступного моніторингу її відповідності встановленим вимогам.

Відповідно до діючих стандартів, питна вода повинна бути безпечна в епідеміологічному, радіаційному відношенні, нешкідлива за хімічним складом і мати сприятливі органолептичні властивості. Якість води визначається цілим рядом показників, гранично допустимі значення яких, задаються відповідними нормативними документами. Для цього в Україні діють Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання

людиною» [6] та Державні санітарні норми і правила «Показники безпечності та окремі показники якості питної води в умовах воєнного стану та надзвичайних ситуаціях іншого характеру» [7].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивченням якості питної води на сьогоднішній день займаються ряд вчених. Дослідження якості питної води за хімічними показниками свідчать про незадовільний стан питної води централізованого водопостачання, яка є непридатною для пиття. Оскільки стан здоров'я населення залежить від якості питної води, тому необхідно покращувати ситуацію з забезпеченням доброякісною питною водою, впроваджувати заходи щодо належної очистки стічних вод, контролю стану підземних та поверхневих джерел водопостачання, оновлення водопровідних мереж [8, 9]. Результати дослідження якості питної води за фізико-хімічними та бактеріологічними показниками з централізованого водопостачання, різних природних джерел, фасованої та води з пунктів розливу показують, що найбільш придатною для пиття є вода із свердловини при встановленні додаткових фільтрів для очищення. Не дивлячись на відповідність води при подачі з резервуару водоканалу санітарним нормам, одержані результати лабораторних досліджень свідчать про незадовільний стан питної води централізованого водопостачання [9].

Вивчення санітарно-хімічних та мікробіологічних показників якості води у одинадцяти джерелах міста Львова [10] показує, що гігієнічним вимогам відповідає лише вода трьох джерел: Брюховичі, вул. Львівська 2, Львів, вул. Черемшини та с. Раковець, відповідно і придатною для споживання. Воду решти джерел на території міста Львова не рекомендовано використовувати для питних потреб. У роботах [11, 12] проаналізовано хімічний склад вод популярних джерел Львівщини, котрі використовуються мешканцями Львівської області як альтернатива водопровідній воді. Було досліджено якість води 20 джерел у Львівській області: 5 у м. Львові та 15 – у восьми районах області. Встановлено, що для щоденного вживання можна використовувати воду восьми джерел (Раковець, Хоросно, П'ятничани, Хватів, Пługів, Урич, Меденичі і Криниця). Джерельна вода з Високого Замку, Млинків та Верблян без водопідготовки непридатна до щоденного вживання. За параметрами фізіологічної повноцінності найкращою визнана вода із Хватова та Меденич [11].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Зважаючи на важливість питання забезпечення водою та з огляду того, що згідно картограм оцінки якості поверхневих вод [2] територія Перемишлянського району характеризується як чиста або помірно забруднена, актуальним є дослідження якісного складу води місцевих природних джерел. Тому **метою** нашого дослідження було визначення основних компонентів хімічного складу

води місцевих природних джерел та оцінка відповідності вимогам регламентуючих документів.

Новизна. У роботі наведено результати дослідження основних компонентів хімічного складу води природних джерел Перемишлянської територіальної громади Львівської області та проведена оцінка відповідності вимогам Державних санітарних норм.

Матеріали та методи дослідження. Для досліджень вибрано джерела, воду яких споживає місцеве населення. Локалізацію досліджуваних джерел питної води представлено на рис. 1. Проби води були відібрані в місяці квітні 2023 року.

Проби води відбиралися відповідно до ДСТУ ISO 5667-2:2003 [13]. Дослідження з визначення хімічних показників води виконувались згідно діючих стандартів [14]. Відповідність якості питної води встановлювали шляхом порівняння отриманих результатів із нормативами, зазначеними у ДСанПіН 2.2.4-171-10 [6]. Для визначення кислотності, мінералізації і електропровідності використано прилад EZ-9908 (Китай). Визначення концентрації нітратів у воді проводили за допомогою Нітратоміра Н-405 (Україна).

Викладення основного матеріалу. Природна вода із шести джерел являє собою прозору безбарвну рідину, без запаху. У відібраних зразках води визначали загальну мінералізацію, водневий показник, загальну та карбонатну жорсткість, вміст йонів Кальцію, Магнію та нітратів (табл. 1).

Мінералізація води визначається загальним вмістом солей. Зазвичай, добрим вважається смак води при загальному вмісті солей до 600 мг/л [6]. У досліджуваних зразках води найнижче значення загальної мінералізації в пробі 2 (джерело с. Ушковичі) – 127 мг/л, а найвище в пробі 1 (джерело с. Затемене) – 276 мг/л. Показники загальної мінералізації для всіх шести проб знаходяться в межах норми і характеризують воду як низькомінералізовану. Агентство з охорони навколишнього середовища (ЕРА) рекомендує для питної води значення провідності менше 1000 мкСм/см [15]. У досліджуваних зразках води експериментально визначені значення провідності не перевищують 560 мкСм/см.

Водневий показник визначається концентрацією йонів Гідрогену у воді. Він характеризується величиною рН. Згідно з вимогами [6], нормальний рівень рН питної води становить від 6,5 до 8,5. Вода з низьким чи високим показником рН є не придатною для щоденного вживання. Як видно з даних у таблиці 1, рН досліджуваних проб води знаходиться в межах норми. Значення рН досліджуваних зразків в межах 7,31–7,75 характеризує воду як слабо лужну, що є важливим для її можливого використання в питних цілях.

Присутність у воді розчинених солей Кальцію і Магнію визначає її жорсткість. Жорсткість води поділяють на тимчасову (карбонатну) і постійну (некарбонатну). Тимчасова жорсткість води зумовлена присутністю у воді гідрокарбонатів, а постійна – хлоридів, сульфатів кальцію і магнію.

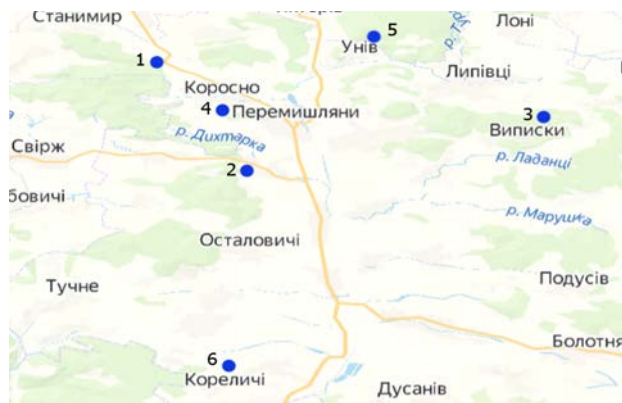


Рис. 1. Локалізація досліджуваних джерел Перемишлянської ТГ:

- 1 – с. Затемене; 2 – с. Ушковичі; 3 – с. Виписки;
4 – місцевість «Синій камінь» (м. Перемишляни);
5 – с. Унів; 6 – с. Корелічі

Загальна жорсткість являє собою суму карбонатної і некарбонатної жорсткості. Титриметричним методом аналізу (титрування робочим розчином трилону Б в присутності амонійного буферного розчину і розчину індикатора хромогену чорного) встановлено, що найбільшою загальною жорсткістю характеризуються проби з джерел 1 і 3. Відомо, що вода з жорсткістю менше 2 ммоль/л називається м'якою, від 2 до 10 – середньою і більше 10 – твердою. Отже, проби з усіх досліджуваних джерел вказують, що їх вода характеризується середньою жорсткістю і відповідає згідно ДСанПіН 2.2.4-171-10. допустимим значенням як фізико-хімічного показника так і показника фізіологічної повноцінності води Титруванням хлоридною кислотою у присутності метилоранжу було встановлено тимчасову жорсткість, яка для усіх проб лежить у межах 4,70–5,85 ммоль-екв/дм³.

З результатів дослідження також видно, що проба 3 характеризується дещо вищим у порівнянні з іншими зразками вмістом нітратів 21,7 мг/л. Хоча даний показник не перевищує норми, тривале споживання такої води може викликати небажані зміни в організмі людини, оскільки містить підвищену кількість нітратів і має більшу карбонатну жорсткість.

Загалом результати аналізу води із цих шести джерел підтверджують дані щодо екологічної ситуації питних вод України, які наведені в роботі [2], згідно з якими повітря і ґрунти території з досліджуваними джерелами води оцінюються як «умовно чисті».

Головні висновки. Для забезпечення сталого управління водними ресурсами необхідно складовою є дослідження можливих джерел водопостачання. Тому важливим завданням є вивчення хімічного складу води джерел «умовно чистих» з екологічної точки зору територій. Вода із досліджуваних джерел, розташованих у Перемишлянській територіальній громаді Львівської області, характеризується значеннями хімічних показників, які

Хімічні показники якості води

Показник	*Допустимий показник	Проба 1	Проба 2	Проба 3	Проба 4	Проба 5	Проба 6
pH	6,5–8,5	7.31	7.75	7.32	7.50	7.53	7.59
Провідність, мкСм/см	-	500	255	349	373	560	309
Загальна мінералізація, мг/л	≤1000	248	127	175	186	276	154
Загальна жорсткість, ммоль/дм ³	≤7,0–10,0	7.10	4.90	6.50	5.80	5.90	5.76
Карбонатна жорсткість, ммоль/дм ³	-	5.85	4.70	5.85	4.80	5.72	5.0
Кальцій, мг/дм ³	25–75	122.2	78.1	114.3	90.2	100.2	96.2
Магній, мг/дм ³	10–50	12.15	12.15	9.72	15.80	10.94	11.66
Нітрати, мг/дм ³	≤50	13.0	6.7	21.7	13.6	7.6	11.6

* – згідно ДСанПіН 2.2.4-171-10 [5].

знаходяться в межах рекомендованих ДСанПіН 2.2.4-171-10 щодо безпечності та якості питної води.

Перспективи використання результатів дослідження. Подальші дослідження можуть стосуватися

визначення мікробіологічних параметрів якості джерельної води, що могло б більш повно обґрунтувати можливість використання цієї води для споживчих потреб.

Література

1. Water Resources of the World – Population Dynamics. Ecology Center: веб-сайт. URL: <https://www.ecologycenter.us/population-dynamics-2/water-resources-of-the-world.html> (дата звернення: 11.11.2023).
2. Екологічна ситуація та стан питних вод в Україні. Картохеми. УДНДІ «Укрводгео». 2006. URL: <https://www.ecoleague.net/diialnist/vydannia-vel/ekolohichni-karty/ekolohichna-sytuatsiia-ta-stan-pytnykh-vod-ukrainy> (дата звернення: 12.11.2023).
3. Directive (EU) 2020/2184 of the European Parliament and of the Council of 16 December 2020 on the quality of water intended for human consumption (recast) (Text with EEA relevance): Directive (EU) of 16 December 2020. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2020/2184/oj> (дата звернення: 14.11.2023).
4. Press Release: Historic UN conference marks watershed moment to tackle global water crisis and ensure water-secure future. Sustainable Development Goals: веб-сайт URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2023/03/press-release-historic-un-conference-marks-watershed-moment-to-tackle-global-water-crisis-and-ensure-water-secure-future> (дата звернення: 14.11.2023).
5. Водний кодекс України : Кодекс України від 06.06.1995 № 213/95-ВР. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/213/95-%D0%B2%D1%80> (дата звернення: 13.12.2023).
6. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною (ДСанПіН 2.2.4-171-10) : Наказ МОЗ України від 12.05.2010 № 400. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0452-10> (дата звернення: 01.09.2023).
7. Показники безпечності та окремі показники якості питної води в умовах воєнного стану та надзвичайних ситуаціях іншого характеру: Наказ МОЗ України від 22.04.2022 № 683. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0564-22> (дата звернення: 1.09.2023).
8. Охріменко О.В., Гафіатулліна О.Г. Оцінка якості питної води за хімічними показниками. *Таврійський науковий вісник*. 2011. № 77. С. 211–214.
9. Матвійчук Н.Г., Матвійчук Б.В., Можарівська І.А. Фізико-хімічні та бактеріологічні показники якості питної води з різних джерел. *Водні біоресурси та аквакультура*. 2021. № 1 (9). С. 147.
10. Лотоцька-Дудик У., Крупка Н., Галай О., Станько О. Гігієнічна оцінка якості води джерел м. Львова. *Environment & health*. 2013. № 2. С. 60–62.
11. Пилипович О. Оцінка санітарно-хімічних показників безпечності та якості води популярних джерел різних геоструктурних зон Львівщини. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2018. №4(51). С. 87–102.
12. Стан якості води з природних джерел м. Львова. Головне управління Держпродспоживслужби у Львівській області: веб-сайт URL: <https://lvivdpss.gov.ua/stan-yakosti-vody-z-prirodnyh-dzherel-m-lvova> (дата звернення: 1.09.2023).
13. ДСТУ ISO 5667-6:2009. Якість води. Відбирання проб. Частина 6. Настанови щодо відбирання проб з річок і струмків. [Чинний від 2009-07-01]. Київ, УкрНДІЕП, 2009. 24 с. (Інформація та документація).
14. ДСТУ ISO 6059:2003. Якість води. Визначання сумарного вмісту кальцію та магнію. Титриметричний метод із застосуванням етилендіамінтетраоцтової кислоти. [Чинний від 2003-06-10]. Київ, УкрНДІЕП, 2003. 6 с. (Інформація та документація).
15. pH and Conductivity and Drinking Water - NM-Tracking. URL: <https://nmtracking.doh.nm.gov/environment/water/PHConductivity.html> (дата звернення: 14.11.2023).

АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРОБЛЕМ ХАДЖИБЕЙСЬКОГО ЛИМАНУ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ШЛЯХІВ ЇХ ВИРІШЕННЯ

Сапко О.Ю.

Одеський державний екологічний університет
вул. Львівська, 15, 65016, м. Одеса
sapko-olga@ukr.net

Причорноморські лимани відрізняються від навколишнього посушливого степу багатством тваринного і рослинного світу, наявністю специфічних плавнівіводно-болотних угідь та відіграють важливу роль для збереження ландшафтного та біологічного розмаїття. Їх кліматичні та фізико-географічні умови сприяють розвитку різноманітних курортно-рекреаційних комплексів на берегах лиманів. Проте сучасний стан природно-рекреаційного потенціалу лиманів викликає занепокоєння. Надмірне навантаження на рекреаційні ресурси не тільки знижує якість та ефективність лікування та відпочинку, а й веде до деградації самих ресурсів, втрати ними функціональних властивостей. Одним із прикладів нерационального використання природних ресурсів є Хаджибейський лиман, тому актуальним є питання вивчення екологічного стану лиману та пошук шляхів щодо його покращення.

Хаджибейський лиман відокремлений від моря піщано-черепашковим пересипом і не має зв'язку з морем, а його глибини розподілені нерівномірно. Помітний, часом вирішальний вплив на рівень води в Хаджибейському лимані оказує поверхневий стік зі схилів лиману і очищені стічні води м. Одеси. Величезною екологічною катастрофою для Хаджибейського лиману є надмірне його зарегулювання, перекриття і просто знищення малих річок, які живлять водойму. Найбільша кількість забруднюючих речовин надходить в лиман від стоки ТОВ «Інфокводоканал», а саме від СБО «Південна», не зважаючи на те, що вона скидає стічні води в лиман тільки в теплий період року. В наслідок скиду в лимані збільшується концентрація шкідливих мінеральних і органічних речовин, зменшується солоність води, з'являється неприємний запах. Надмірно високий вміст біогенних речовин в екосистемі лиману сприяє масовому розвитку одноклітинних водоростей, що, в свою чергу, викликає «цвітіння води». Значний додатковий внесок в забруднення лиману вносять розташовані на його берегах великі і малі населені пункти, багаточисельні дачні масиви та фермерські господарства. Практично всі вони не мають очисних споруд і так чи інакше скидають неочищені каналізаційні стоки в лиман. Загалом сьогодні Хаджибейський лиман можна віднести до забруднених евтрофних водойм, а його екологічна система характеризується як нестабільна, незбалансована за вмістом основних біогенних речовин. Для поліпшення екологічного стану лиману необхідно провести модернізацію існуючих очисних споруд м. Одеси; вирішити проблему руйнування дамби; реалізувати заходи щодо відновлення малих річок, які живлять лиман, розчищенню їх русел; дотримуватися зон санітарної охорони малих річок та самого Хаджибейського лиману; проводити регулярний моніторинг якості його вод по всій його акваторії включно із водотоками, які його живлять; розробити науково обґрунтовану Програму з охорони та оздоровлення басейну лиману. *Ключові слова:* Хаджибейський лиман, екологічний стан, антропогенні джерела забруднення, гідрохімічний та гідрологічний режим, екологічні проблеми.

Analysis of the environmental problems of the Khajibeye estuary and determining ways to solve them. Sapko O.

Black Sea estuaries differ from the surrounding arid steppe by the richness of animal and plant life, the presence of specific floodplains and wetlands, it plays an important role in preserving landscape and biological diversity. The climatic and physical and geographical conditions contribute to the development of various resort and recreation complexes on the shores of the estuaries. However, the current state of the natural and recreational potential of the estuaries causes concern. Excessive load on recreational resources not only reduces the quality and effectiveness of treatment and recreation, but also leads to degradation of the resources themselves, loss of their functional properties. One of the examples of irrational use of natural resources is the Khadzhibey estuary. There fore the question of studying the ecological condition of the estuary and finding ways to improve it is relevant.

The Khadzhibey estuary is separated from the sea by a sand-shell barrier and has no connection with the sea, and its depths are unevenly distributed. Surface runoff from the slopes of the estuary and purified sewage from the city of Odessa have a noticeable, sometimes decisive influence on the water level in the Khadzhibey estuary. A huge ecological disaster for the Khadzhibey estuary is its excessive regulation, blocking and simply destroying the rivers that feed the reservoir. One of the most powerful sources of estuary pollution is the effluents of Infoxvodokanal. The largest number of pollutants comes from the SBO "Pivdenna", even though it discharges wastewater into the estuary only in the warm period of the year. As a result of discharge in the estuary, the concentration of harmful substances increases, water salinity decreases, and an unpleasant smell appears. An excessively high content of biogenic substances in the ecosystem of the estuary contributes to the massive development of unicellular algae, which, in turn, causes "water bloom". A significant additional contribution to the pollution of the estuary is made by large and small settlements located on its shores, numerous country estates and farms. Practically all of them do not have treatment facilities and in one way or another discharge untreated sewage into the estuary. Generally, today the Khadzhibey estuary can be classified as a polluted eutrophic water body, and its ecological system is characterized as unstable, unbalanced in terms of the content of the main biogenic substances. In order to improve the ecological condition of the estuary, it is necessary to modernize the existing treatment facilities in the city of Odessa; solve the problem of dam destruction; to implement measures to restore the small rivers that feed the estuary, to clear their channels; observe the sanitary protection zones of small rivers and the Khadzhibey estuary itself; conduct regular monitoring of the quality of its waters throughout its water area, including the watercourses that feed it; to develop a scientifically based Program for the protection and improvement of the estuary basin. *Key words:* Khadzhibey estuary, ecological condition, anthropogenic sources of pollution, hydrochemical and hydrological regime, ecological problems.

Актуальність дослідження. Лимани причорноморського регіону виділяються своєрідністю в рослинному та тваринному світі. Тут спостерігаються характерні для цього регіону плавні та водно-болотні угіддя, які надають лиманам унікальний характер. Крім того, лимани відіграють ключову роль у збереженні ландшафтного та біологічного різноманіття регіону. Завдяки сприятливим кліматичним та фізико-географічним умовам, на берегах лиманів активно розвиваються різноманітні курортно-рекреаційні комплекси.

Актуальність стану природно-рекреаційного потенціалу Північно-Західного Причорномор'я стає причиною занепокоєння в сучасному контексті. Всі промислові та економічні об'єкти, які розташовані уздовж узбережжя, впливають на стан лиманів негативно. З іншого боку, господарська діяльність в межах курортів та рекреація сама по собі робить свій внесок у погіршення екологічної ситуації. Зайве навантаження на рекреаційні ресурси не лише знижує якість та ефективність відпочинку, але й може спричинити деградацію цих ресурсів та втрату їхніх функціональних властивостей. Прикладом нераціонального використання природних ресурсів є Хаджибейський лиман, що підкреслює актуальність питання щодо вивчення екологічного стану цього водоймища та пошуку шляхів для його поліпшення.

Мета роботи. Метою роботи є аналіз стану використання вод Хаджибейського лиману, визначення його основних екологічних проблем та розробка шляхів щодо їх вирішення.

Методи дослідження. В роботі використаний метод системного аналізу та обробки наявної інформації про стан водних ресурсів Хаджибейського лиману та антропогенних джерел його забруднення.

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями. Тема дослідження відповідає основним напрямкам екологічної політики щодо охорони, відтворення та раціонального використання водних ресурсів, які визначені в Морській природоохоронній стратегії України [1]. Крім того, робота є актуальною з точки зору аналізу реалізації положень Європейського законодавства щодо управління водними ресурсами в Україні.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню окремих складових екологічного стану Хаджибейського лиману присвячена низка робіт, в тому числі [2–9]. Так в роботах [2–4] приведено результати досліджень щодо оцінки внесків різних природних та антропогенних чинників у формування водного балансу Хаджибейського лиману в сучасних умовах. Вказано що основну роль у формуванні водного режиму лиману відіграють саме антропогенні чинники. В роботі [6], на підставі гідрохімічних досліджень у липні 2016 р., наведено гідрохімічні характеристики південної частини лиману. Доведено що його екосистема характеризується як евтрофна із високим рівнем вмісту біогенних речовин як в поверхневому так і в придонному шарі.

Вказано, що концентрації мінеральних та органічних речовин в поровій воді донних відкладів лиману в декілька разів перевищують значення в придонному шарі. В роботах [5, 6] вказано, що вміст важких металів в водах Хаджибейського лиману не перевищує максимально допустимий рівень для морських рибогосподарських водойм, окрім цинку. Роботи [8, 9] присвячені опису сучасного видового складу іхтіофауни та стану кормової бази Хаджибейського лиману. В роботах проаналізовано особливості формування іхтіофауни лиману в умовах тривалої антропогенної трансформації водойм.

Результати досліджень. Хаджибейський лиман розташований за 6,4 км на північний схід від міста Одеса, в долині річки Малий Куяльник. Він відокремлений від моря піщано-черепашковим пересипом і не має прямого з'єднання з Чорним морем. Глибини лиману розподілені нерівномірно: північна частина є більш мілководною, тоді як південна частина має більші глибини. Під час періодів високого рівня води у лимані швидко розмиваються береги, що спричиняє накопичення значної кількості мулистих відкладів на дні. Мул лиману насичений різноманітними мінеральними частинками та органічними речовинами. Ці відклади володіють лікувальними властивостями, сприяючи поліпшенню стану серцево-судинної та нервової систем, опорно-рухового апарату, а також шлунково-кишкового тракту та інших систем організму [2].

Помітний, іноді визначальний вплив на рівень води в Хаджибейському лимані має поверхневий стік зі схилів лиману та очищені стічні води міста Одеса. Стік річки Малий Куяльник є невеликим, тому його вплив на рівень води в лимані незначний. Багаторічні коливання рівня води у лимані відображають складну взаємодію природної та антропогенної частини водного балансу. Їхнє співвідношення відзначається певною циклічністю, яка визначає помітну регулярність у коливанні рівня води. У сучасних умовах, якщо не враховувати значущого впливу людської діяльності на виток води, Хаджибейський лиман, за умови дворазового перевищення випаровування над опадами при слабкому припливі поверхневих вод, міг би абсолютно висохнути [3].

На сучасний момент Хаджибейський лиман представляє собою водойму з нестабільними екологічними умовами, особливо щодо несталої солоності. Її рівень в лимані відзначається змінами як у сезонному, так і міжрічному аспектах, а також в різних частинах акваторії, коливаючись від 2 до 10 ‰. Водна іхтіофауна в цьому водоймищі значно збіднена. Незважаючи на це, північна частина лиману використовується для риборозведення, і для цього були побудовані дамби, які практично перетворили її на систему великих ставків. Проте за останні роки ця частина лиману стикається з проблемою пересихання. Зменшення рівня води в північній частині лиману суттєво вплинуло на фауну та флору, а також на мешканців прилеглих населених пунктів і дачних селищ. Спостерігається загибель риби, а водойма

стала схильною до виникнення такого явища як цвітіння води [9].

Екологічною трагедією для Хаджибейського лиману є систематичне зарегулювання, перекриття і фактичне знищення річок, які недавно ще жили цю водойму. Вже в 1999–2000 роках річка Свиняча повністю висохла, яка раніше вливалась у верхів'я Паліївської затоки та живила її. Річка Малий Куяльник, що була облаштована каскадами ставків на всій своїй протязі, також стала об'єктом многократного зменшення свого стоку. Ці негативні зміни призвели до майже повної втрати природних місць для розмноження риб та інших важливих елементів екосистеми.

Хаджибейська дамба, яка розташована в південній частині лиману, споруджувалася в першій половині ХХ століття як насип для об'їзної дороги і спочатку не призначалася для використання в якості гідропороди. Однак з часом її використання розширилося, і тепер вона служить для уникнення підтоплення міста Одеси водами лиману. У сучасний період дамба знаходиться в аварійному стані, а її можлива руйнація становить потенційну загрозу екологічній катастрофі на прилеглий території.

Одним із найсерйозніших джерел забруднення вод Хаджибейського лиману є стічні води, що надходять від ТОВ «Інфоксводоканал» у місті Одеса. Загалом існує чотири пункти випуску стічних вод безпосередньо в лиман, а саме від СБО «Північна», дренажних насосних станцій № 4 і № 5, а також від каналізаційних очисних споруд селища Наті. Усі ці точки випуску розташовані в південній глибоко-

водній частині лиману. Характеристики цих випусків стічних вод в Хаджибейський лиман наведено в табл. 1, згідно з даними [10].

Скид зворотних вод від СБО «Північна» здійснюється, як правило, в теплий період року (з травня по вересень) в лиман для зменшення антропогенного тиску на прибережну рекреаційну зону м. Одеси та запобігання погіршенню якості її вод [11]. Проте, оскільки лиман є непроточною водоймою, то такий скид призводить до накопичення значної кількості забруднюючих речовин в водах лиману і донних відкладах.

За даними Регіональних доповідей про стан навколишнього природного середовища Одеської області за період з 2020 по 2022 рр., об'єм водовідведення очищених стічних вод в Хаджибейський лиман склав: у 2020 р. – 45,627 млн. м³, у 2021 р. – 52,342 млн. м³ та у 2022 р. – 45,627 млн. м³ [12]. У порівнянні зі скидами у 2009 р. можливо говорити про тенденцію до зменшення обсягів скиду зворотних вод ТОВ «Інфоксводоканал» майже на 24 %, що може бути пов'язаним із зменшенням обсягів стічних вод, які надходять на очищення від споживачів м. Одеси та прилеглих районів.

Річний скид зворотних вод, які надходять в лиман від випусків ТОВ «Інфоксводоканал» після їх очищення на очисних спорудах, за даними [10], наведено в табл. 2.

З наведеної таблиці бачимо, що найбільша кількість забруднюючих речовин надходить саме від СБО «Південна», не зважаючи на те, що вона скидає стічні води в лиман тільки в теплий період року. Так,

Таблиця 1

Характеристика випусків стічних вод в Хаджибейський лиман від випусків ТОВ «Інфоксводоканал»

Назва випуску	Категорія зворотних вод	Фактичні витрати зворотних вод, млн. м ³ /рік	
		2009 р.	2010 р.
СБО «Північна»	очищені стічні води	49,6139	29,8786
ДНС №4	дренажні води	2,6871	1,9017 (за 6 місяців)
ДНС №5	дренажні води	15,871	8,703 (за 6 місяців)
КОС «Наті»	очищені стічні води	0,0623	0,0656

Таблиця 2

Показникирічного скиду зворотних вод (т/рік), які надходять в лиман від випусків ТОВ «Інфоксводоканал» за 2009–2010 рр.

Нормований показник складу зворотних вод	СБО «Північна»	ДНС № 4	ДНС № 5	КОС «Наті»
Завислі речовини	502,88	41,65	212,67	4,87
БСК _{повн}	674,76	38,17	208,76	4,71
ХСК	-	-	-	-
Окиснюваність перманганатна	-	-	-	-
Азот амонійний	170,23	2,04	78,56	1,5
Азот нітратний	100,91	1,26	93,77	0,03
Азот нітрітний	22,15	0,28	7,14	0,01
Фосфати	83,45	7,282	26,346	1,2792
Хлориди	6309,1	3243,6	6686,45	4,64
Сульфати	12850,1	1732,1	13809,36	11,46
Мінералізація	43312,93	8355,54	37772,9	42,03
Нафтопродукти	-	-	-	-
Залізо	3,96	0,672	3,1742	-

зі стоками СБО «Північна» за розглянутий період в лиман надійшло 170 т азоту амонійного, 101 т азоту нітратного, 83,5 т фосфатів, 6309 т хлоридів, 12850 т сульфатів та 43313 т розчинених у воді мінералів за показником загальної мінералізації. Слід зазначити, що якість очищення комунально-побутових стоків на очисних спорудах СБО «Північна» не відповідає сучасним вимогам, а очищенні стічні води класифікуються як недостатньо очищені [13]. Також значну кількість забруднюючих речовин в воді лиману скидає ДНС № 5. Із дренажними стоками в Хаджибейський лиман надійшло 94 т азоту нітратного, 6686,5 т хлоридів, 13809 т сульфатів, 37773 т розчинених у воді мінералів. Скид стоків від ДНС № 4 та КОС «Наті» є незначним і складає близько 20 % від загального обсягу надходження зворотних вод для ДНС № 4 та 0,1 % – для КОС «Наті».

Як наслідок, в лимані збільшується концентрація шкідливих мінеральних і органічних речовин, зменшується солоність води, з'являється неприємний запах. Надмірно високий вміст біогенних речовин в екосистемі лиману викликає масовий розвиток одноклітинних водоростей, що, в свою чергу, призводить до «цвітіння води». В південній частині Хаджибейського лиману спостерігається постійне перевищення показника гранично допустимої концентрації для таких показників як залізо загальне, азот амонійний, азот нітритний та фосфати.

Значний додатковий внесок в забруднення лиману вносять населені пункти (Усатове, Нерубайське, Холодна балка, Алтестове, Мале, Білка, Маріновка, Наті та ін.), багаточисельні дачні масиви та фермерські господарства, які розташовані на його схилах. Практично всі вони не каналізовані, мають очисні споруди і так чи інакше скидають неочищені каналізаційні стоки в лиман, а там де такі споруди існують вони морально застаріли і знаходяться в занедбаному стані. Екологічний стан лиману погіршується також через надходження мінеральних та органічних добрив з дощовими та талими водами, а також внаслідок використання гербіцидів і пестицидів в сільському господарстві на земельних ділянках, що межують з лиманом.

Загалом на сьогодні Хаджибейський лиман можна віднести до забруднених евтрофних водойм, а його екологічна система характеризується як нестабільна, незбалансована за вмістом основними біогенними речовинами. Оскільки останнім часом екологічні проблеми Хаджибейського лиману тільки погіршуються, необхідно негайно приймати міри щодо їх вирішення.

Як вказувалося вище, водний режим лиману залежить від поверхневого стоку, який утворюється на схилах лиману, та скидів очищених стічних вод від СБО «Північна» м. Одеси. Така ситуація сприяє вирішенню питання щодо боротьби із обмілінням лиману. З іншого боку міські очисні споруди є значним джерелом надходження забруднюючих речовин в акваторію лиману, що періодично призводить

до виникнення цвітіння води та замору риби. Крім того, значні обсяги очищених стічних вод, які надходять в лиман, призводять до підвищення рівня води в самому лимані до критичних відміток і, як наслідок, виникнення аварійних ситуацій. Для зниження критично високого рівня води в Хаджибейському лимані можливо використовувати існуючий самопливний трубопровід, який прокладено по трасі Румунського каналу, та випуск від СБО «Північна», через який надлишок води самопливом будить надходити в акваторію Чорного моря.

Як вказувалося вище, основним джерелом забруднення Хаджибейського лиману є скид стічних вод від СБО «Північна», який відбувається в теплий період року. Оскільки якість очищення комунально-побутових стічних вод на СБО «Північна» не відповідає сучасним вимогам, тому для зменшення антропогенного навантаження на екосистему Хаджибейського лиману необхідно вирішення питання щодо покращення якості очищення стічних вод на міських очисних спорудах за рахунок впровадження сучасних технологій глибокого очищення стічних вод.

Вирішення питання щодо каналізування прибережних населених пунктів та дачних кооперативів, збір та передача на очисні споруди стоків від них дозволить зменшити антропогенне навантаження на акваторію лиману.

Основним природним джерелом живлення Хаджибейського лиману є стік річки Малий Куяльник та до недавнього часу був стік річки Свиняча, яка впадала в Паліївську затоку лиману. Проте надмірне зарегулювання та знищення малих річок, які живлять лиман, призвело до висихання північної частини лиману, зміни його видового складу гідробіотів та біоти в цілому, втрати природних нерестовищ риби. Розораність земель, які віднесені до зони санітарної охорони водойм, та недотримання дозволеного ведення господарської діяльності на їх території призводить до додаткового забруднення річки, замулення та заростання її русла па підземних джерел живлення. Для попередження пересихання верхньої (північної) частини Хаджибейського лиману необхідно реалізувати заходи щодо відновлення малих річок, які живлять лиман, розчищенню їх русел. В тому числі необхідно вирішувати питання щодо дотримання зон санітарної охорони малих річок та самого Хаджибейського лиману.

Регулярний моніторинг якості вод Хаджибейського лиману проводиться відомчою лабораторією ТОВ «Інфоксводоканал» тільки в північній частині лиману, де розташовані їх випуски стічних вод. Дослідження якості окремих районів лиману проводяться різними науково-дослідними установами в рамках свої наукових досліджень [5–9]. Такі дослідження не проводяться на регулярній основі та не можуть надати інформацію про тенденції щодо зміни його екологічного стану. Нажаль, моніторинг всієї акваторії лиману не проводиться.

Для покращення загального екологічного стану Хаджибейського лиману необхідно розробити науково обґрунтовану Програму з охорони та оздоровлення басейну лиману включно із водотоками, які його живлять.

Висновки. На теперішній час Хаджибейський лиман можливо віднести до забруднених евтрофних водойм, а його екологічна система характеризується як нестабільна, незбалансована за вмістом основних біогенних речовин. Для поліпшення гідролого-гідрохімічного режиму Хаджибейського лиману необхідно вирішити наступні питання:

- провести реконструкцію існуючої дамби або будівництво нової дамби;
- вирішити питання щодо відведення надлишку води у період критично високого рівня води в південній частині Хаджибейського лиману;

- вирішити питання щодо покращення якості очищення стічних вод на СБО «Північна» та каналізування прибережних населених пунктів та дачних кооперативів, збору та передачі на очисні споруди стоків від них;

- реалізувати заходи щодо відновлення малих річок, які живлять лиман, розчищенню їх русел та дотримання зон санітарної охорони малих річок та самого Хаджибейського лиману;

- організувати регулярний моніторинг якості води Хаджибейського лиману по всій його акваторії;
- розробити науково обґрунтовану Програму з охорони та оздоровлення басейну лиману включно із водотоками, які його живлять.

Реалізація таких заходів буде сприяти покращенню якості вод Хаджибейського лиману та його екологічного стану.

Література

1. Морська природоохоронна стратегія України: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 11.10.2021 р. № 1240-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1240-2021-%D1%80#Text> (дата звернення: 29.01.2024)
2. Сучасні морфометричні та основні фізико-хімічні характеристики Хаджибейського лиману / Гопченко Є. Д. та ін. *Вісник Гідрометцентру Чорного та Азовського морів. Державна гідрометеорологічна служба України*. 2011. № 1 (12). С. 137–142.
3. Звіт про науково-дослідну роботу «Оцінка наповнення Хаджибейського лиману поверхневими водами та довгострокове прогнозування його стану у весняний період року». Одеський державний екологічний університет; № держреєстрації 0109U004793. Одеса, 2009. 158 с.
4. Стан води та загальна характеристика Хаджибейського лиману / Голубенко О. О. та ін. / *EXPERIMENTAL AND THEORETICAL RESEARCH IN MODERN SCIENCE. SCIENTIFIC COLLECTION «INTERCONF»*. № 83. 2021. С. 219–224.
5. Гуменюк Г. Б. Порівняльна характеристика вмістуконцентрацій важких металів у складових гідроекосистеми Хаджибейського лиману. *Природно-ресурсний потенціал Куяльницького та Хаджибейського лиманів, території міжліманя: сучасний стан, перспективи розвитку*: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Одеса: ТЕС, 2015. С. 44–47.
6. Донні відкладення південної частини Хаджибейського лиману в умовах хронічного забруднення / Дятлов С. С. та ін. *Наук. зап. Терноп.нац. пед. ун-ту. Сер. Біол.* 2017. № 2 (69). С. 60–64.
7. Тропівська Г. Г., Нідзевська Л. М. Санітарно-мікробіологічна оцінка якості донних відкладень Хаджибейського лиману та Одеської затоки в умовах скидання стічних вод. *Вісник Одеського національного університету. Біологія*. 2018. Т. 23. Вип. 1(42). С. 55–66.
8. Перспективи рибогосподарського використання лиманів північно-західного Причорномор'я: монографія / за ред. П. В. Шекка та ін. Житомир ТОВ «505», 2021. 218 с.
9. Шекк П. В. Екологічні проблеми Хаджибейського лиману та перспективи його рибогосподарського використання. *ISSN-L 2075-1508 FISHERIES SCIENCE OF UKRAINE*. № 2/2023. С. 23–41.
10. Проект нормативів гранично допустимих скидів забруднюючих речовин, що відводяться зі зворотними водами підприємств філії «Інфоксводоканал» в Чорне море і Хаджибейський лиман. *ТОВ Науково-виробниче підприємство ДОВКІЛЛЯ*. Одеса, 2017.
11. Тучковенко Ю. С., Сапко О. Ю. Визначення впливу берегових антропогенних джерел забруднення на якість вод Одеського регіону північно-західної частини Чорного моря. *Причорноморський екологічний бюлетень*. 2007. № 2 (24). С. 131–136.
12. Регіональні доповіді про стан навколишнього природного середовища Одеської області. 2020, 2021 та 2023 рр. URL: <https://ecology.od.gov.ua/zvity/> (дата звернення: 15.01.2024)
13. Характеристика станцій біологічного очищення стічних вод міста Одеси як джерел біогенного забруднення морського середовища в сучасний період / Тучковенко Ю. С. та ін. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2020. № 25. С. 127–135.

UDC 574.63:628.33

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.2.9>

REVIEW OF METHODS FOR GREENING WASTEWATER FROM ELECTROPLATING INDUSTRIES

Fedenko Yu., Kosenko K.

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

Peremogy Ave., 37, 03056, Kyiv

fedenkoyura@ukr.net, milkfrash2001@gmail.com

Ion-exchange treatment is a process used to remove heavy metals, salts of alkaline and alkaline earth metals, free mineral acids, alkalis, and some organic substances from the wastewater of electroplating plants. This method of purification is widely used to make valuable solutions from electroplating plants suitable for reuse and to produce clean process water that can be used in cleaning processes. Ion exchange is reversible, so saturated ionite can be regenerated and reused.

The process of removing suspended particles from a liquid using bubbles generated during electrolysis is called electroflotation. During electroflotation, gas bubbles generated by electrolysis and suspended in the liquid interact with the contaminant particles, causing the particles and gas bubbles to adhere to each other due to the low surface energy at the liquid-gas interface. The resulting flocculant has a lower density than water, which facilitates its transport to the surface of the liquid, where it accumulates a suspended sediment that is periodically removed from the equipment.

Wastewater treatment by electrodialysis involves the removal of dissolved mineral salts, acids, alkalis, and radioactive substances in a multi-chamber device (electrodialyzer) under the influence of direct current. This method is also widely used for brine desalination. It is used to treat wastewater from fluorine and chromium compounds with a desalination rate of 75–80 %.

Impurities can be removed from wastewater by arranging several membranes through which positively or negatively charged ions alternately pass. These membranes form a concentration chamber and a desalination chamber. Ions are concentrated in one chamber and removed in the other.

Ultrafiltration is a membrane separation process designed to purify water from impurities up to 0.01–0.1 microns in size. The average operating pressure for this technology is 2–3 MPa. The average pore size of an ultrafiltration membrane is 0.01–0.03 microns. The driving force behind ultrafiltration is the pressure difference between the two sides of the membrane (operating pressure and atmospheric pressure). *Key words:* ion-exchange treatment, electroplating, electroflotation, electrodialyzer, ultrafiltration.

Огляд методів екологізації стічних вод гальванічних виробництв. Феденко Ю.М., Косенко К.О.

Іонообмінне очищення – це процес, який використовується для видалення важких металів, солей лужних і лужноземельних металів, вільних мінеральних кислот, лугів і деяких органічних речовин зі стічних вод гальванічних виробництв. Цей метод очищення широко використовується для того, щоб зробити цінні розчини, отримані на гальванічних виробництвах, придатними для повторного використання, а також для отримання чистої технічної води, яка може бути використана в процесах очищення. Іонний обмін є оборотним, тому насичені іоніти можуть бути регенеровані і використані повторно.

Процес видалення зважених часток з рідини за допомогою бульбашок, що утворюються під час електролізу, називається електрофлотацією. При електрофлотації бульбашки газу, що утворюються в результаті електролізу і знаходяться в зваженому стані в рідині, взаємодіють з частинками забрудника, в результаті чого частинки і бульбашки газу прилипають одна до одної через низьку поверхневу енергію на межі поділу фаз рідина-газ. Утворений флокулянт має меншу щільність, ніж вода, що полегшує його транспортування до поверхні рідини, де накопичується зважений осад, який періодично видаляється з обладнання.

Очищення стічних вод методом електродіалізу полягає у видаленні розчинених мінеральних солей, кислот, лугів і радіоактивних речовин у багатокамерному пристрої (електродіалізаторі) під впливом постійного струму. Цей метод також широко використовується для опріснення розсолів. Застосовується для очищення стічних вод від сполук фтору і хрому зі ступенем знесолення 75–80 %.

Домішки можуть бути видалені зі стічних вод шляхом розташування декількох мембран, через які по черзі проходять позитивно або негативно заряджені іони. Ці мембрани утворюють камеру концентрації та камеру опріснення. В одній камері іони концентруються, а в іншій – видаляються.

Ультрафільтрація – це процес мембранного розділення, призначений для очищення води від домішок розміром до 0,01–0,1 мікрона. Середній робочий тиск для цієї технології є 2–3 МПа. Середній розмір пор ультрафільтраційної мембрани становить 0,01–0,03 мкм. Рушійною силою ультрафільтрації є різниця тиску між двома сторонами мембрани (робочий тиск і атмосферний тиск). *Ключові слова:* іонообмінна обробка, гальванопластика, електрофлотація, електродіалізатор, ультрафільтрація.

Introduction. Electroplating is one of the most hazardous industries. Since the enterprises are characterized by a wide variety of technological processes, the composition of solutions and electrolytes, and a wide range of processed parts, the resulting wastewater is quite diverse in terms of both its qualitative and quantitative composition. The workshops and sites operating in the country are built using the same

technology and solve only the tasks of either coating or metal surface treatment, with little or no regard for the processes of removing heavy metal ions from wastewater, recycling galvanic waste, and protecting the environment [1].

Many enterprises still use old and no longer effective treatment processes, and sometimes do not have any treatment facilities at all, which leads to untreated and insufficiently treated wastewater entering surface water

bodies. A fundamental solution to the problem of water pollution is to develop and implement closed water recycling cycles and resource-saving technological processes that allow valuable components to be returned to production, eliminating the discharge of polluted wastewater into water bodies, and are economically viable and environmentally friendly. The existing technological scheme for the treatment of wastewater from electroplating shops of coal mining enterprises has been improved based on its post-treatment by ion exchange. The use of ion exchange filters at the final stage of wastewater treatment is proposed. The implementation of the proposed improved technological scheme of wastewater treatment significantly reduces the content of pollutants, such as heavy metal compounds, to water quality standards and, thus, the production system of closed water circulation, i.e., returning up to 95 % of the purified water to its own production needs (preparation of solutions and electrolytes, washing operations, etc.) [1].

Ion-exchange method. Ion exchange purification is a process used to remove heavy metals, salts of alkaline and alkaline earth metals, free mineral acids, alkalis, and some organic substances from the wastewater of electroplating operations.

This method of purification is widely used to make valuable solutions from the electroplating process suitable for reuse, as well as to produce clean process water that can be used in cleaning processes.

Ionite is an organic and inorganic polymeric material. It can absorb positively or negatively charged ions from electrolyte solutions and exchange them in equal amounts with other ions of the same charge sign. Depending on the charge sign, the exchanged ions are cations and anions. There are also amphoteric ionite and amphoteric solvents that can exchange cations and anions simultaneously [2–4].

Ion exchange is reversible and the saturated ionite can be regenerated and reused.

Ion exchange resins are synthesized as microparticles consisting of a branched polymer matrix and functional groups. Polymer matrices are classified by the type of polymer that acts as a linear backbone and crosslinker. Divinylbenzene (DVB) and styrene-divinylbenzene (SDB) are the most used.

Depending on the value of the dissociation constant of the functional group, strongly acidic salts of cationic acids (such as H^+ or Na^+), strongly basic salts of anionic acids (such as OH^- or salts), and mixed ionite are distinguished (Fig. 1) [5].

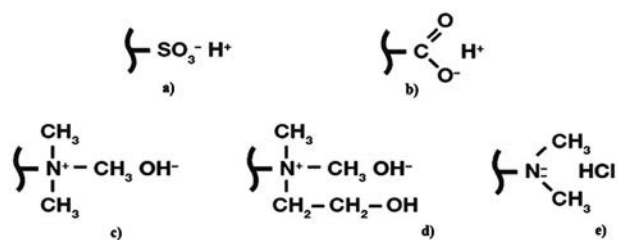


Fig. 1. Functional groups of polymeric organic compounds: a) – strongly acidic; b) – weakly acidic; c), d) – strongly basic; e) – weakly basic

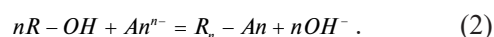
Strongly acidic cationic acid salts containing SO_3^- are used to treat wastewater from electroplating operations.

Table 1 shows the main characteristics of certain anionites and cationite [6].

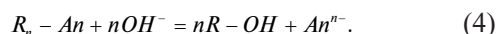
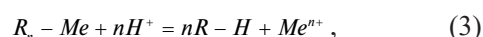
Table 1
Properties of cationic and anionic acid salts used for electroplating wastewater treatment [6]

Notation	Characteristic			
	Active group	Granulometric composition, mm	General exchangeability, mg-eq./g	working ability to exchange, g-eq./L
Cationite				
KPS	SO ₃ H	0.4–1.3	4.7	1.4
KS 10	SO ₃ H	0.4–1.3	4.6	1.1
Anionite				
SBT	N(CH ₃)OH	0.7–2.1	3.1	0.4
AK 40	NH ₂ ·NHR	0.4–1.3	5.6	1.4

Ionic loading of filters of various designs. Typically, wastewater is treated by passing it through an ion exchange medium with cations (H^+) and anions (OH^-) in sequence. When strong and weak acidic anions are present in the water, ion exchange occurs in two stages: first with a weakly basic anionite to remove strong acidic anions, and then with a strongly basic anionite to remove weak acidic anions. In the process of wastewater treatment, the ionite is saturated with cations and anions through the following reactions (1, 2):



Prior to loosening, the saturated ionite is regenerated with clean water at an intensity of 3–5 dm³/(sec·m²). Cationic acids are regenerated in 2–8 % solutions of mineral acids, while anionic acids are regenerated in 2–6 % solutions of caustic alkalis. These processes can be represented by the following reactions (3, 4):



After regeneration, the ionite is washed. The solution produced during the ion exchange process is further processed to recover and neutralize valuable chemicals.

The advantages of ion exchange are high quality wastewater treatment, ease of operation and maintenance, low energy consumption and the ability to reuse up to 95 % of the treated water. However, this method also has disadvantages, such as the high cost of reagents required for ion exchange, a large area and high salt concentration in wastewater. The salts accumulated because of the exchange cannot be discharged directly into the sewerage system. They must also be brought to MPC standards or sent for disposal [7].

Electroflotation method. The process of removing suspended particles from a liquid using bubbles generated

during electrolysis is called electroflotation. During electroflotation, gas bubbles generated by electrolysis and suspended in the liquid interact with contaminant particles, causing the particles and gas bubbles to adhere to each other due to the low surface energy at the liquid-gas interface. The resulting flocculant has a lower density than water, which facilitates its transport to the surface of the liquid, where a suspended sediment accumulates and is periodically removed from the equipment [8].

The electroflotation method involves the physical and chemical processes of bubble formation during electrolysis, the adhesion of bubbles and contaminant particles, and the transfer of the formed flocculant to the surface of the treated liquid.

The efficiency of the flotation method can be improved by increasing the surface area of the bubbles and the area of contact with the particles. Smaller bubbles increase the overall surface area and reduce the distance between the particles and bubbles, increasing the likelihood of collision between them. In electroflotation, the bubbles are 100 microns or smaller, resulting in a higher degree of purification compared to conventional flotation [9].

The main actor in electroflotation is the hydrogen bubbles released at the cathode. The size and density of hydrogen bubbles depend on the composition and temperature of the process solution, the surface tension of the electrode-solution interface, the material, shape and roughness of the electrode, and the current density. By changing these parameters, it is possible to adjust the size and density of gas bubbles during electrolysis, i.e., the technological process of water purification in accordance with the nature of the contamination [10].

The negative charge of hydrogen bubbles creates an excess of OH⁻ ions in the cathode cavity, which helps to repel bubbles from the electrode surface. The higher the electric field strength and the magnitude of the electrode charge, the greater the force that repels the bubbles from the electrode, and the smaller the bubbles. The greater the surface roughness of the electrode, the greater the electric field roughness. The electric field strength is higher at protrusions, corners and small radius wires and rapid growth and separation of small bubbles can be expected due to the increase in current density.

The saturation of liquid hydrogen bubbles is directly proportional to the cathodic current density and inversely proportional to the density and radius of the hydrogen bubbles (i.e., their growth rate).

The optimum current density depends on the physical and chemical properties of the system and should generally not exceed 3 A/dm² when treating wastewater from insoluble impurities [11].

Electrochemical modules for deep post-treatment are designed to remove small ions from wastewater in the presence of various anions, in the ratio of any component. The module is based on the electroflotation removal of insoluble compounds of heavy non-ferrous metals, mainly in the form of phosphates, by flotation with hydrogen and oxygen bubbles separately or in a

mixture at pH 7–10. The use of titanium anodes with an insoluble oxide coating ensures high quality treatment without secondary water pollution. Floating sediment is removed from the electroflotation cell using a filament collector [12].

The advantages of the electroflotation method include treatment in accordance with the MPC requirements, low reagent consumption, ease of operation, small equipment footprint and removal of grease, oil products and suspended solids. The disadvantages of this method are the following: insufficiently high performance of the electroflotation unit, emissions of H₂ bubbles, electrode and maintenance costs, and significant sedimentation [13].

Electrodialysis method

Wastewater treatment by electrodialysis involves the removal of dissolved mineral salts, acids, alkalis, and radioactive substances in a multi-chamber device (electrodialyzer) under the influence of direct current. This method is also widely used for brine desalination. It is used to treat wastewater from fluorine and chromium compounds with a desalination rate of 75–80 %.

Impurities can be removed from wastewater by arranging several membranes through which positively or negatively charged ions alternately pass. These membranes form a concentration chamber and a desalination chamber. Ions are concentrated in one chamber and removed in the other (Fig. 2). [14].

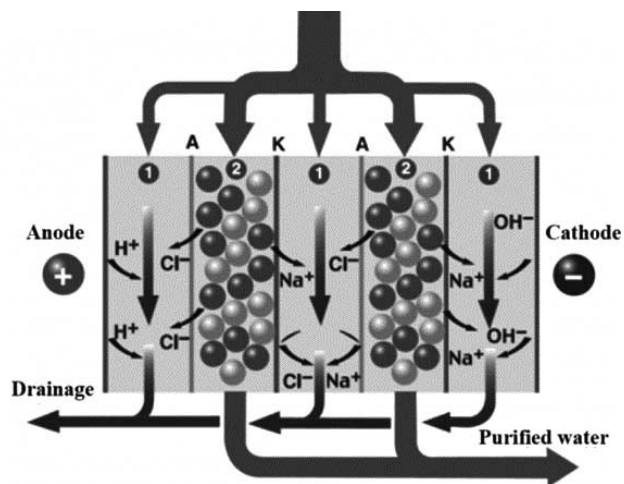


Fig. 2. The process of electrodialysis.
K – cationic membrane; A – anionic membrane;
(-) – cathode; (+) – anode

The electrodialysis cathode is made of stainless steel or titanium, and the anode is made of coated titanium or graphite. The service life of the membrane depends on the degree of pollution of the wastewater with suspended solids and ranges from 2 to 5 years [15].

The electrodialysis complex is periodically cleaned with sulphuric acid. This ensures that the electro-dialysis plant remains operational and prevents excessive electrical resistance due to the formation of a salt film on the membrane.



Fig. 3. Type of filtration through an ultrafiltration membrane

The advantages of the electro dialysis method are purification to the MPC level, return of up to 60 % of the purified water to the recycling cycle and recycling of valuable components [16–18].

The disadvantages of this method are the need for pre-treatment of wastewater from oils, surfactants, solvents, organic matter and hardness salts, high energy consumption, high cost of membranes, complexity of operation and sensitivity of membranes to changes in wastewater parameters [19].

Ultrafiltration

Ultrafiltration is a membrane separation process designed to purify water from impurities up to 0.01–0.1 microns in size. The average operating pressure for this technology is 2–3 MPa. The average pore size of an ultrafiltration membrane is 0.01–0.03 microns. The driving force behind ultrafiltration is the pressure difference between the two sides of the membrane (operating pressure and atmospheric pressure) [20].

Ultrafiltration membranes are used to retain colloidal and high molecular weight substances, bacteria, and viruses. However, since any salts dissolved in the water pass through them, this process is often used as a pretreatment step before reverse osmosis or ion exchange [21].

Organic and inorganic polymeric materials are used to make membranes. Ceramics and cermet are common inorganic materials. Polyester sulphone (PES), polystyrene (PS), polyacrylonitrile (PAN) and

polyvinylidene fluoride (PVDF) are the best organic polymers. They have good permeability, are easily modified, hydrophilic, and have high mechanical strength. The problem with such membranes is their low thermal stability [22].

The main types of membrane elements are hollow-fiber, tubular, flat frame and roll membranes. Hollow-fiber and tubular membranes are characterized by the highest specific capacity and compactness. They are also designed to ensure efficient membrane surface regeneration [23].

There are two types of filtering configurations: «from the outside in» and «from the inside out» (Fig. 3). The main advantage of the first type is that the surface of the fibers can be cleaned with air, which reduces the consumption of reagents for membrane cleaning. Pressurized air blowing loosens contaminants on the membrane surface and facilitates their removal [24].

Mechanical and colloidal contaminants are removed by backwashing the membrane, biological contaminants by oxidant backwashing, inorganic contaminants by acid cleaning and organic contaminants by alkaline cleaning.

The advantages of water purification by ultrafiltration are the automation of the process, the ability to remove many contaminants (colloids, polymeric substances, bacteria, and viruses) simultaneously, low reagent consumption, small equipment area and relatively low electricity consumption. The disadvantage is that it does not remove dissolved inorganic substances [25].

References

1. Wenjun Z., Yang L., Jingyan Z. Simultaneous removal of Cd(II) and As(V) by ferrihydrite-biochar composite: Enhanced effects of As(V) on Cd(II) adsorption. *Journal of Environmental Sciences (China)*. 2023. Vol. 139. P. 267–280.
2. Kang F., Meng Y., Ge Y. Calcium-based polymers for suppression of soil acidification by improving acid-buffering capacity and inhibiting nitrification. *Journal of Environmental Sciences (China)*. 2023. Vol. 139. P. 138–149.
3. Rout S., Patra A., Yadav S. Uranium bioavailability in soil pore water: A long-term investigation in a contaminated soil mesocosm. *Science of the Total Environment*. 2023. Vol. 907. P. 314–328.
4. Liu Y., He Y., Li H. Biogenic amines detection in meat and meat products: the mechanisms, applications, and future trends. *Journal of Future Foods*. Vol. 4. № 1. P. 21–36.
5. Tanambell H., Danielsen M., Devold T.G. In vitro protein digestibility of RuBisCO from alfalfa obtained from different processing histories: Insights from free N-terminal and mass spectrometry study. *Food Chemistry*. 2023. Vol. 434. P. 536–551.
6. Ma S., Hao J., Hou Y. Confined amphipathic ionic-liquid regulated anodic aluminum oxide membranes with adjustable ion selectivity for improved osmotic energy conversion. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2023. Vol. 653. P. 1217–1224.

7. Miao Y., Zhao Y., Zhang L. Dewatering behavior and regulation mechanism of montmorillonite nanosheet in aqueous solution. *Journal of Colloid and Interface Science*. 2023. Vol. 652. P. 1620–1630.
8. Jeevanandam J., Harun M.R., Lau S.Y. Microalgal biomass generation via electroflotation: A cost-effective dewatering technology. *Applied Sciences (Switzerland)*. 2020. Vol. 10. № 24. P. 1–24.
9. De Freitas S.V., Mendonca R.C.S., Felix L.B. Electrocoagulation using zinc electrodes for dairy industry wastewater treatment. *Desalination and Water Treatment*. 2020. Vol. 206. P. 58–65.
10. Galvao N., De Souza J.B. Landfill leachate treatment by electrocoagulation: Effects of current density and electrolysis time. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2020. Vol. 8. № 5. P. 128–139.
11. Nonato T., Burgardt T., Sens M.L. Electroflotation treatment system with down-flow granular filtration (Electroflot-filter) for cyanobacteria removal in drinking water. *Desalination and Water Treatment*. 2020. Vol. 196. P. 76–83.
12. Talaiekhosani A., Reza M.M., Fulazzaky M.A. Combination of TiO₂ microreactor and electroflotation for organic pollutant removal from textile dyeing industry wastewater. *Alexandria Engineering Journal*. 2020. Vol. 59. № 2. P. 549–563.
13. Apshankar K.R., Goel S. Nitrate removal from drinking water using direct current or solar powered electrocoagulation. *SN Applied Sciences*. 2020. Vol. 2. № 2. P. 304–320.
14. Wang Y., Wang P., Xie H. Mechanistic investigation of intensified separation of molybdenum (VI) and vanadium(V) using polymer inclusion membrane electro dialysis. *Journal of Hazardous Materials*. 2023. Vol. 456. P. 267–283.
15. Rucowicz B. Electrodeionization for the bio-succinic acid production process. *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*. 2023. Vol. 11. № 31. P. 11459–11469.
16. Alvarado L., Rodrigues-Torres I., Balderas P. Investigation of Current Routes in Electrodeionization System Resin Beds during Chromium Removal. *Electrochimica Acta*. 2015. Vol. 182. P. 763–768.
17. Arar O., Yuksel U., Kabay N. Various applications of electrodeionization (EDI) method for water treatment-A short review. *Desalination*. 2014. Vol. 342. P. 16–22.
18. Song J.S., Yeon K.-H., Moon S.-H. Effect of current density on ionic transport and water dissociation phenomena in a continuous electrodeionization (CEDI). *Journal of Membrane Science*. 2007. Vol. 291. № 1. P. 165–171.
19. Loza S.A., Romanyuk N.A., Falina I.V. Electrodialysis Separation and Selective Concentration of Sulfuric Acid and Nickel Sulfate Using Membranes Modified with Polyaniline. *Membranes and Membrane Technologies*. 2023. Vol. 5. № 4. P. 236–256.
20. Koli M., Ranjan R., Singh S. Functionalized graphene-based ultrafiltration, and thin-film composite nanofiltration membranes for arsenic, chromium, and fluoride removal from simulated groundwater: Mechanism and effect of pH. *Process Safety and Environmental Protection*. 2023. Vol. 179. P. 603–617.
21. Sanchez-Arevalo C.M., Vincent-Vela M.C., Alvarez-Blanco S. Green management of wet olive pomace by means of ultrafiltration of an aqueous extract of phenolic compounds. *Environmental Technology and Innovation*. 2023. Vol. 32. P. 198–214.
22. Arkhangelsky E., Gitis V. Effect of transmembrane pressure on rejection of viruses by ultrafiltration membranes. *Separation and Purification Technology*. 2008. Vol. 62. № 3. P. 619–628.
23. Ren J., Li Z., Wong F.-S. A new method for the prediction of pore size distribution and MWCO of ultrafiltration membranes. *Journal of Membrane Science*. 2006. Vol. 279. № 1. P. 558–569.
24. Arkhangelsky E., Kuzmenko D., Gitis V. Impact of chemical cleaning on properties and functioning of polyethersulfone membranes. *Journal of Membrane Science*. 2007. Vol. 305. № 1. P. 176–184.
25. Gitis V., Haught R., Clark R.M. Application of nanoscale probes for the evaluation of the integrity of ultrafiltration membranes. *Journal of Membrane Science*. 2006. Vol. 276. № 1. P. 185–192.

УДК 556.38:628.1

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.2.10>

ПРИРОДНІ ТА АНТРОПОГЕННІ ЗМІНИ ҐРУНТОВИХ ВОД У ЗВ'ЯЗКУ З ПРОБЛЕМОЮ ВОДОПОСТАЧАННЯ НА ПРИКЛАДІ С. КИЩЕНЦІ УМАНСЬКОГО РАЙОНУ ЧЕРКАСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Яковлев В.В., Дмитренко Т.В.

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
вул. Маршала Бажанова, 17, 61002, м. Харків
yakovlev030157@gmail.com, tetyana.dmytrenko@kname.edu.ua

Показано, що поверхневі й підземні елементи гідросфери у с. Кишценці техногенно тісно пов'язані між собою, і водний баланс цих елементів гідросфери техногенно змінений. Ґрунтові води отримують додаткове живлення з джерел, відмінних від атмосферних, і підпираються ставками. Тому, аридизація клімату, відповідне збільшення евапотранспірації та зниження рівня води у ставках, а також використання електричних насосів для відкачування води з колодязів безпосередньо відбивається на зменшенні запасів ґрунтових вод, і це є причиною зниження рівнів води у колодязях. Особливістю гідрогеологічних умов є низька водовіддача водовмісних суглинків, що обумовлює підвищену чутливість рівня води до відбору води з криниць. За відсутності системи водовідведення і природного захисту з поверхні від стоків ґрунтові води в селі мають високий рівень нітратного забруднення, тому використання колодязної води для питних цілей не має перспективи, в сучасних умовах колодязні води в с. Кишценці можуть бути тільки резервним джерелом водопостачання. Перспектива питного та господарсько-питного водопостачання села пов'язана з другим від поверхні, захищеним від поверхневого забруднення, водоносним горизонтом тріщинуватих гранітів, площа живлення якого знаходиться, в основному, за межами села. Хімічний склад води з цього горизонту сприятливий для використання в питних цілях. Загальною причиною кризи з колодязним водопостачанням у сільських поселеннях України є низька культура водокористування, що проявляється у відставанні розуміння проблеми усіма верствами населення й управління. Відсутність систем водовідведення й аридизація клімату вимагають застосування екологічних і ресурсощадних підходів у сфері водопостачання за технологіями, які вже реалізовані у країнах південної Європи та Близького Сходу. *Ключові слова:* Кишценці, ґрунтові води, децентралізоване водопостачання, зміна клімату, зневоднення колодязів, якість води, підземні води, безпечне питне водопостачання.

Natural and man-induced shifts in stream flow and chemistry of groundwater in view of household water supply: the case study of Kyshchentsi village (Uman district, Cherkasy region). Yakovlev V., Dmytrenko T.

It is shown that the surface and underground elements of the hydrosphere in the village of Kyshchentsi are technogenically closely interconnected, and the water balance of these elements is technogenically changed. Groundwater receives additional recharge from the sources other than atmospheric one and is backed up by ponds. Therefore, aridization of the climate, a corresponding increase in evapotranspiration and a decrease in the water level in ponds, as well as the use of electric pumps to extract water from wells, directly affect the decrease in groundwater reserves, and this is the reason for the decline in water levels in wells. A feature of hydrogeological conditions is the low water yield of water-bearing loams, which causes increased sensitivity of water levels to water withdrawal from wells. In the absence of a drainage system and natural protection from surface runoff, groundwater in the village is highly contaminated by nitrates, so the use of well water for drinking is prospectless; in current conditions, well water in Kyshchentsi can only be an emergency source of water supply. The future-oriented household water supply in the village is associated with the second from the surface, protected from surface pollution, aquifer of fractured granites, which recharge area is mainly located outside the village. Water chemistry in this horizon is favorable for drinking. The general reason for the crisis with well water supply in rural settlements of Ukraine is the low culture of water use, which is manifested in the lagging understanding of the problem by all social groups and local administrations. The lack of sewage disposal systems and climate aridization require the use of integrated and resource-saving approaches to water supply based on technologies that have already been implemented in Southern Europe and the Middle East. *Key words:* Kyshchentsi, groundwater, decentralized water supply, climate change, dewatering of wells, water quality, groundwater, safe drinking water supply.

Постановка проблеми. Протягом останніх двох десятиліть зневоднення колодязів спостерігається в Україні повсюдно. Причинами цього явища можуть бути природні та антропогенні чинники, пов'язані із земле- і водокористуванням. Автори спробували розібратися з причинами зневоднення колодязів на прикладі конкретного населеного пункту – села Кишценці, розташованого в Центральній Україні.

Актуальність дослідження. Попри повсюдне зниження якості води у першому від поверхні водоносному горизонті, значна частина населення

України продовжує використовувати колодязі як джерела води для господарських і питних цілей. Причиною цього є, у тому числі, деградація централізованих систем водопостачання. Водночас в умовах воєнних дій колодязі, як розосереджені й повсюдно доступні джерела води, набувають більшого значення. Вони мають конкретні переваги – розосередженість, незалежність від електропостачання, простоту будівництва. Тому, дослідження причин повсюдного зневоднення колодязів є наразі актуальним.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Тема роботи відповідає основним принципам і напрямкам державної політики щодо охорони, раціонального використання та відновлення водних ресурсів України, зокрема, Водному Кодексу України (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1995, № 24, ст. 189) [1], Концепції Загальнодержавної цільової соціальної програми «Питна вода України» на 2022–2026 роки (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 28 квітня 2021 р. № 388-р.) [2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

У ґрунтовій праці [3] авторами Камзіст Ж.С. і Шевченко О.Л. надана схема гідрогеологічного районування, згідно з якою розглянута територія, віднесена до гідрогеологічної області Українського кристалічного щита. В межах цієї області виділено водоносні горизонти тріщинуватих гранітоїдів і осадового чохла. Цей поділ цілком відповідає умовам розглянутого у даній статті району.

Підходи авторів до оцінки якості води базуються на встановлених нормах Міністерства охорони здоров'я України, затверджених у 2010 р. [4].

Всебічному аналізу екологічної ситуації в об'єктах гідросфери України присвячений широкий ряд робіт [5–11]. Розглянуті аспекти забруднення водних систем у різних сферах діяльності людини, зокрема нові дані про вплив нафтогазових промислів, емісії фармацевтичних препаратів. Загалом ці роботи дають уявлення про повсюдну деградацію якості неглибоких підземних вод під впливом антропогенних чинників.

Аналізу ресурсної бази децентралізованого водопостачання присвячені роботи Яковлева В. В., Яковлева Є. О., Дмитренко Т. В., Дядіна Д. В., Примушко С. І. зі співавторами [8–10,12,13] та ін. Зокрема, охарактеризовані кількісно і якісно перспективні ресурси ґрунтових вод піщаних річкових терас Центральної та Східної України, ресурси і якісний стан джерельних вод Східних областей України. Загальним висновком щодо цих досліджень є те, що поза межами міст для децентралізованого водопостачання ресурсна база є ширшою і представлена підземними водами практично всіх водоносних горизонтів, а в межах міст поверхневі й неглибокі підземні води непридатні до питного використання.

В останні десятиліття для вивчення шляхів міграції забруднень в об'єктах гідросфери почав застосовуватися ізотопний метод. Зокрема, Виставною Ю.Ю. і Дядіним Д.В. виконано дослідження атмосферних, поверхневих і ґрунтових вод міста Харків і української частини басейну р. Сіверський Донець [14].

Можливість інженерного удосконалення конструкцій каптажів, покращення якості й захисту ґрунтових вод у місцях розташування каптажів без використання хімічних речовин розкрита у роботах Яковлева В.В. зі співавторами [10–12, 15–17].

Головні положення даної статті анонсовані авторами у тезах [18].

Матеріали та методика дослідження. Зібрана інформація щодо історії змін середньорічних сум атмосферних опадів і середньорічних температур, геологічної будови, гідрогеологічних умов території. Побудовані геолого-гідрогеологічний розріз, визначені контури місцевої зони живлення підземних вод. Виконаний аналіз змін кількісних і якісних показників підземних вод першого від поверхні водоносного горизонту, який використовуються населенням через колодязі. Зроблені висновки щодо причин зневоднення колодязів і перспектив водозабезпечення населення с. Кишенці.

Викладення основного матеріалу.

Село Кишенці розташоване в межах Українського кристалічного щита, де гранітоїди архею і протерозою перекриті шаром кайнозойських континентальних відкладів. Граніти й плагіограніти залягають на глибині 45–60 м і мають тріщинуватість у верхній своїй частині й по лініях глибоких прямолінійних розломів. Перекриваються мезозойсько-кайнозойською корою вивітрювання, що представлена каоліновою глиною з кварцевою жорсткою, яка має потужність 15–19 м. Вище залягають міоценові строкато забарвлені глини потужністю 15–20 м, а ще вище – четвертинні лесовидні суглинки, які, залежно від положення у рельєфі, мають потужність від 0 м (у балках) до 28 м (на вододілах).

Район належить до гідрогеологічної області Українського кристалічного щита, для якої характерні два гідрогеологічні поверхні – в осадових відкладах, що вміщують порово-пластові води, та у породах кристалічного фундаменту, де розповсюджені тріщинні води [3, 19]. Конкретно у селі Кишенці виділяються два водоносні горизонти: ґрунтові води покривних суглинків і поміжплатові води тріщинуватих гранітних порід. Ці горизонти розділені водотривким шаром строкатих глин і каолінової кори вивітрювання. Карта гідроізопс водоносного горизонту покривних суглинків і гідроізоп'єз водоносного горизонту тріщинуватих гранітів наведена на рис. 1, гідрогеологічний розріз по лінії I-I – на рис. 2.

Водоносний горизонт покривних суглинків залягає першим від поверхні та приурочений до суглинків четвертинного віку. Потужність водоносного горизонту становить 0–13 м – найбільша під вододільними ділянками, а найменша – у балках. Живлення відбувається внаслідок інфільтрації атмосферних опадів, а також з техногенних джерел. Оскільки в селі на приватних садибах, у тому числі для зрошення, використовується вода з іншого джерела – другого від поверхні водоносного горизонту, має місце певне додаткове живлення ґрунтових вод у порівнянні з природним станом.

Живлення ґрунтових вод найбільше в межах вирівняних вододільних ділянок. Розвантаження в межах цих же ділянок здійснюється низхідним перетіканням крізь водотрив, боковим відтоком до балок, де



Умовні позначення

Колодязі:	зверху - номер колодязя; зліва у чисельнику - загальна жорсткість води, мг-екв/дм ³ , у знаменнику - вміст нітратів, мг/дм ³ справа у чисельнику - абсолютна відмітка поверхні землі, м, у знаменнику - абсолютна відмітка рівня води (станом на 11.05.2021 р.) знизу - показник сухого залишку у воді, мг/дм ³
Кольорове забарвлення відповідає вмісту нітратів у воді:	<ul style="list-style-type: none"> ■ до 5 мг/дм³, природний вміст ■ 5-50 мг/дм³, дозранічне забруднення ■ 50-100 мг/дм³, сильне забруднення ■ 100-240 мг/дм³, дуже сильне забруднення
Свердловина:	<ul style="list-style-type: none"> ● Св. 1055 зверху - номер свердловини; 7,0 зліва у чисельнику - загальна жорсткість води, мг-екв/дм³, 5,3 у знаменнику - вміст нітратів, мг/дм³ 472 зправа у чисельнику - абсолютна відмітка поверхні землі, м, у знаменнику - абсолютна відмітка рівня води (станом на 11.05.2021 р.) знизу - величина сухого залишку у воді, мг/дм³
Урізі поверхневих вод:	<ul style="list-style-type: none"> 11,5 зліва у чисельнику - загальна жорсткість води, мг-екв/дм³, 0,0 у знаменнику - вміст нітратів, мг/дм³ зправа у чисельнику - абсолютна відмітка уріза води, м
Гідроізогіпси:	<ul style="list-style-type: none"> — 220 — гідроізогіпси ґрунтового водоносного горизонту достовірні і вірогідні (станом на 11.05.2021 р.) - 210 - гідроізоп'єзи другого від поверхні водоносного горизонту у трицинуватій зоні кристалічних порід докембрію (станом на 11.05.2021 р.)
Лінії розрізу:	<ul style="list-style-type: none"> I — I — лінія геолого-гідрогеологічного розрізу району робіт

Рис. 1. Карта фактичного матеріалу з гідроізогісами підземних вод першого і другого від поверхні горизонтів в районі с. Кишцені

підживлюються ставки й у підніжжі схилів відбувається випаровування з рівня ґрунтових вод і транспірація рослинністю. Певним чином на рівневий режим

ґрунтових вод впливає положення базису дренажу, яким частково є дзеркала ставків Фітів, Поповий, Млиновий, Малий Скарбовий і Скарбовий (рис. 1).

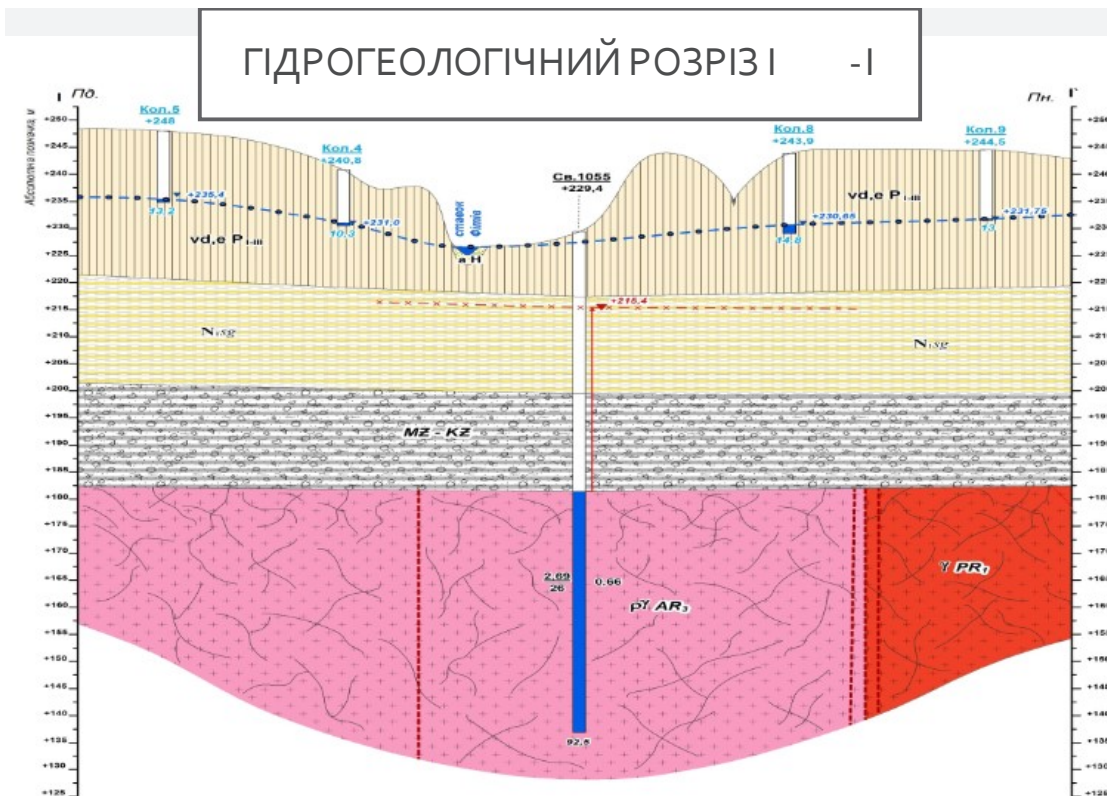


Рис. 2. Гідрогеологічний розріз в районі с. Кищенці

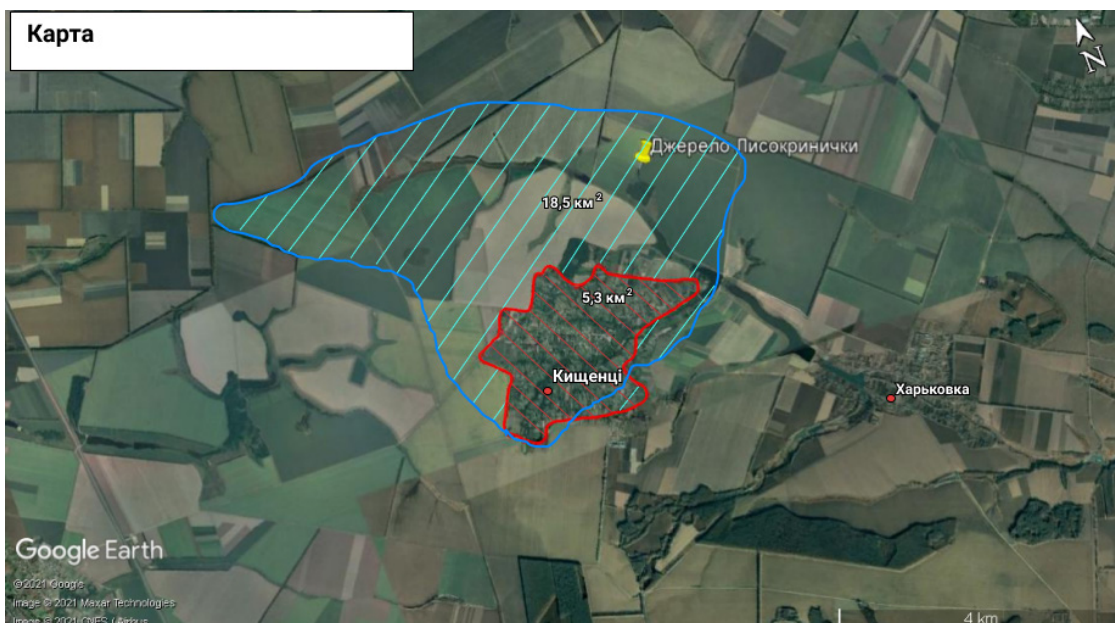


Рис. 3. Басейн водозбору поверхневих вод у верхів'ях р. Кищиха (блакитний колір) і зона живлення ґрунтових вод у с. Кищенці (червоний колір)

Ці ставки підпирають рівень ґрунтових вод і живляться за рахунок як поверхневого стоку, так і водоносного горизонту покривних суглинків. Басейн водозбору ставків у верхів'ї р. Кищиха показано на рис. 3. При стабільному наповненні ставків для даного горизонту більш характерний вертикаль-

ний водообмін, оскільки латеральна проникність нижньої обводненої частини покривних суглинків низька. Таким чином, живлення та розвантаження першого від поверхні водоносного горизонту, на який облаштовані колодязі с. Кищенці, відбувається в межах населеного пункту (рис. 3), і найбільш важ-

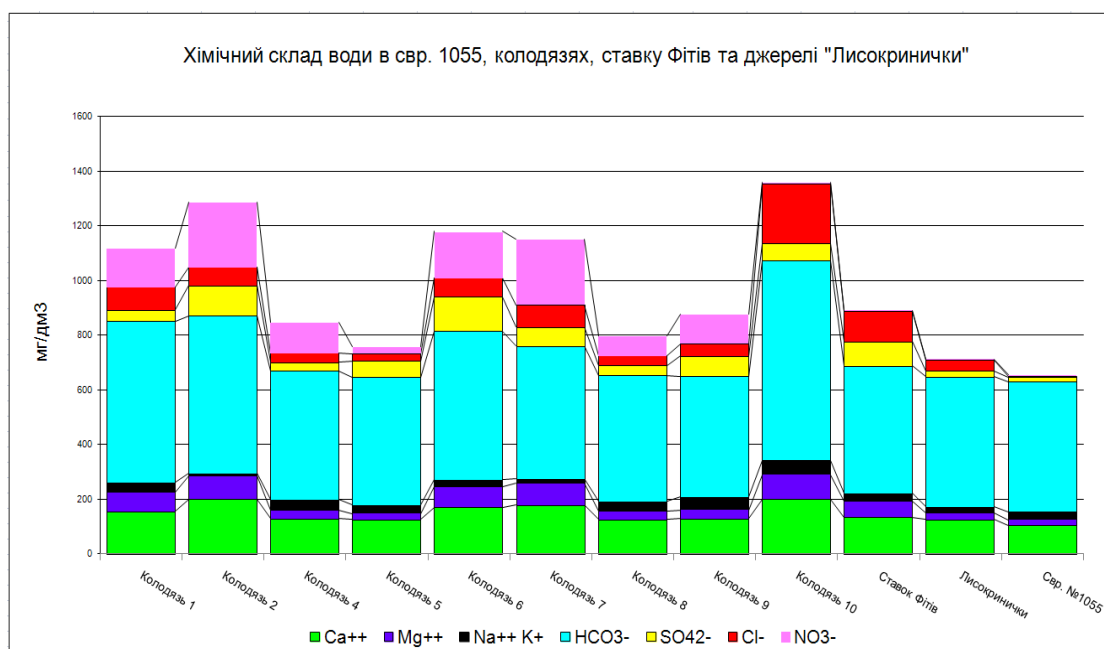


Рис. 4. Хімічний склад води в обстежених водних об'єктах с. Кишенці

ливими факторами балансу ґрунтових вод є проникнення атмосферних і техногенних вод із поверхні землі та рівень води у ставках.

Всі обстежені колодязі мають однакову конструкцію: бетонними кільцями укріплені два метри від поверхні та нижня обводнена частина, а проміжок – відкритий стовбур у лесовидному ґрунті. Це свідчить про те, що колодязі в тому вигляді, як вони є, копані не раніше 70-х років, тобто недавні у порівнянні з віком спорудження ставків. Зі свідчення місцевого жителя відомо, що з його криниці глибиною 13 м в сприятливий період за добу можна добути понад 300 л води. В літній же період не можна набрати навіть 20 л. При внутрішньому діаметрі колодязя 0,9 м 300 л води вміщується у стовпі води висотою 0,47 м. Тобто, не дивлячись на значну глибину ґрунтових вод, спостерігається сезонне коливання рівнів до декількох десятків сантиметрів. Така сезонна зміна рівня води в колодязях може бути наслідком зміни інтенсивності живлення за сезонами року, сезонного коливання рівня води в ставках, а також результатом більш інтенсивного відбору води у вегетаційний період – для цілей зрошення.

Зі слів жителів, за останні роки рівень води у колодязях у межах всього села суттєво знизився. Судячи з вимірів, виконаних у травні 2021 р. (що можна віднести до періоду максимальної водності), в дев'яти колодязях у різних точках села шар води не перевищував 0,8 м, що принаймні на 1–1,2 м менше, ніж це загалом прийнято при спорудженні колодязів. За свідченням багатьох жителів, колодязі в селі масово почали поглиблювати 10–15 років тому. Всі ці дані опосередковано свідчать про наявність процесу зниження рівня ґрунтових вод за останні роки.

Ґрунтові води слабо солонуваті й прісні, за хімічним складом переважно гідрокарбонатні магнієво-кальцієві, жорсткі та дуже жорсткі, що є звичайним для водоносного горизонту в покривних лесовидних суглинках за даних кліматичних умов [10] (рис. 4).

Випаровування є фактором формування хімічного складу порової води суглинків, що підтверджується лінійною залежністю вмісту хлоридів від сухого залишку води колодязів (рис. 5). Як видно на рисунку, виключенням є вода у колодязі № 10, де спостерігається техногенне забруднення повареною сіллю – збільшені як хлорид-іон, так і натрій-іон.

У майже всіх обстежених і опробуваних колодязях виявлене нітратне забруднення води [4] (рис. 4). Джерелом забруднення першого від поверхні водоносного горизонту у неканалізованому селі є господарські стоки на приватних подвір'ях.

Ґрунтові води використовуються обмежено у зв'язку з погіршенням їх якості, зневодненням колодязів, а також завдяки наявності централізованої системи водопостачання, яка в с. Кишенці охоплює більшість (210) приватних садиб.

Водоносний горизонт тріщинуватих гранітних порід залягає другим від поверхні. Верхнім водотривом для нього є шар щільних неогенових глин і шар каолінізованої кори вивітрювання. Нижнім водотривом слугують монолітні гранітоїди. За характером водовміщення це тріщинний горизонт в інтрузивному масиві, що обумовлює невелику водовіддачу порід – експертно до 0,02. Потужність зони відкритої тріщинуватості – перші десятки метрів. Глибше прозір тріщин зменшується, і вони воду не проводять. Виключенням є ділянки розло-

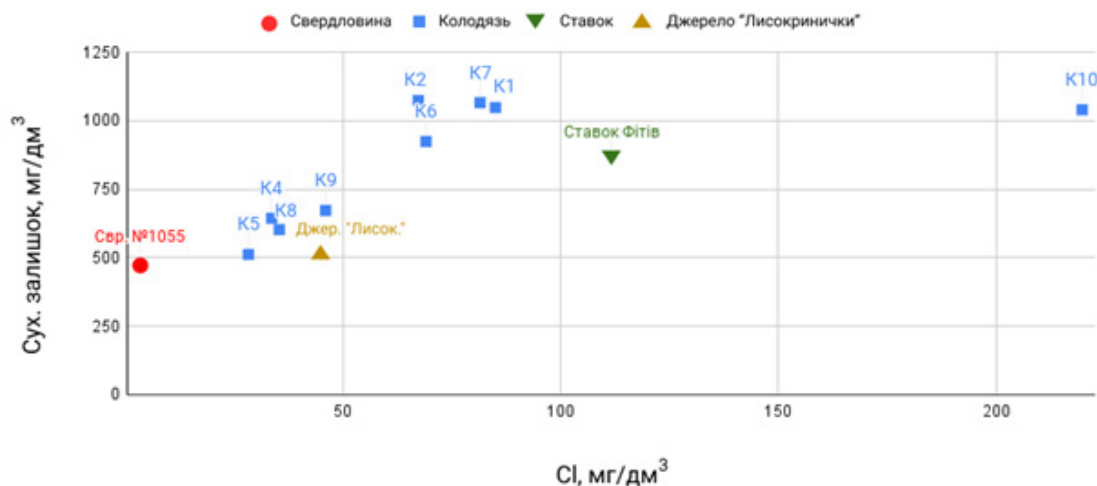


Рис. 5. Залежність величини сухого залишку від вмісту хлор-іону в об'єктах гідросфери с. Кищенці

Графік річних опадів і середньорічної температури з 1968 р. по 2021 р.



Рис. 6. Історія річних сум опадів і середньорічних температур у регіоні

мів кристалічного фундаменту, де зона проникності перевищує 100 м.

Звичайно у масиві тріщинуватих гранітоїдів коефіцієнт водопровідності не перевищує 10 м²/добу, але у зонах тектонічних порушень цей показник зростає. Так, експрес-відкачування зі свердловини біля школи дозволила визначити значення коефіцієнта водопровідності – 26 м²/добу [18].

Живлення горизонту відбувається шляхом перетікання з верхнього горизонту покривних суглинків на високих відмітках, в тому числі й на вододільному просторі за межами с. Кищенці. Найбільш вірогідною областю живлення водоносного горизонту є частина басейну стоку р. Кищина, який охоплює все село і значну територію північніше (рис. 3). Розвантаження відбувається в тальвегах глибоких

балок. Найвний матеріал свідчить, що висхідне розвантаження цього горизонту в балках починається з місця злиття річок Митівка і Кищина (нижче ставка Скарбовий).

Хімічний склад води (рис. 4) теж гідрокарбонатний кальцієвий, але відрізняється від складу ґрунтових вод значно меншим солевмістом (менші вмісти хлоридів, сульфатів, кальцію та магнію). Це свідчить про те, що живлення горизонту відбувається у локальних зонах промитих суглинків, де евапотранспірація грає меншу роль. Уявлення про локальність живлення підземних вод підтверджується відсутністю значної вологи в підземних штучних порожнинах під селом – погребях, схованках, ходах, які історично споруджувалися в с. Кищенці.

Зібрані матеріали щодо історії опадів з 60-х років минулого століття свідчать про коливання сум

річних опадів від 300 до 1000 мм, але ці коливання відбуваються навколо досить сталої середньорічної величини – близько 600 мм (рис. 6).

Разом з тим, з рисунка видно, що за останні два десятиліття відбулося поступове зростання середньорічних температур на 2–3°C. Безумовно це призводить до зміни структури водного балансу: збільшилося випаровування і зменшився поверхневий стік. Це підтверджується свідченнями мешканців с. Кишенці про те, що за останні 25 років частина ставків пересохла (або ставки були свідомо спущені за браком води), інші обмілили.

Оскільки ставки визначають місцевий базис стоку ґрунтових вод, то зниження рівня води в системі ставків призвело до відповідного зниження рівня води у колодязях. У зв'язку з цим більшість колодязів на приватних подвір'ях була поглиблена. Водночас гострота проблеми збільшується повсюдним встановленням у колодязях електричних насосів, що, зважаючи на малу водовіддачу водовмісних суглинків, призводить до швидкого зменшення запасів води та безпосередньо проявляється у подальшому зниженні рівнів води у колодязях, тобто у їх зневодненні.

Головні висновки.

1. Виконані польові дослідження й аналіз отриманих матеріалів дозволяє стверджувати, що поверхневі та підземні елементи гідросфери у с. Кишенці техногенно змінені й тісно пов'язані між собою. Ґрунтові води отримують додаткове живлення з джерел, відмінних від атмосферних, і підпираються ставками. Тому, аридизація клімату, відповідне збільшення евапотранспірації та зниження рівня води у ставках, а також використання електричних насосів для відкачування води з колодязів безпосередньо відбивається на зменшенні запасів ґрунтових вод і зниженні рівнів води у колодязях.

2. Висока чутливість положення рівнів ґрунтових вод до змін водного балансу в умовах даного села

обумовлена низькою водовіддачею водовмісних суглинків.

3. За відсутності системи водовідведення використання колодязної води для питних цілей у с. Кишенці не має перспективи, оскільки ґрунтові води не мають природного захисту від поверхневого забруднення. В сучасних умовах колодязні води в с. Кишенці можуть бути тільки резервним і технічним джерелом водопостачання. Перспектива питного та господарсько-питного водопостачання села пов'язана з другим від поверхні, захищеним від поверхневого забруднення, водоносним горизонтом тріщинуватих гранітів, площа живлення якого знаходиться, в основному, за межами села. Хімічний склад води з цього горизонту сприятливий для використання її в питних цілях.

4. Загальною причиною кризи з колодязним водопостачанням у сільських поселеннях України є низька культура водокористування, що проявляється у недостатньому розумінні проблеми усіма верствами населення й органами управління. Відсутність систем водовідведення та аридизація клімату вимагають екологічних і ресурсощадних підходів у сфері водопостачання сільських населених пунктів за технологіями, які вже реалізовані у країнах південної Європи та Близького Сходу.

Перспективи використання результатів досліджень. Результати досліджень можуть бути використані органами виконавчої влади, об'єднаних територіальних громад при вирішенні питань, пов'язаних з організацією водопостачання в селах України, зокрема облаштуванні колективних і приватних каптажів децентралізованого водопостачання.

Подяки. Автори висловлюють подяку керівнику ТОВ «Кишенці» К. Хузінка за економічну й організаційну підтримку досліджень, а також вчительці середньої школи Л. Буглак за допомогу в зборі матеріалів.

Література

1. Водний Кодекс України: Закон України від 06.06.1995 р. № 213/95-ВР. *Відомості Верховної Ради України*. 1995. № 24. Ст. 189. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>
2. Про схвалення Концепції Загальнодержавної цільової програми «Питна вода України» на 2022–2026 роки: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 28.04.2021 р. № 388-р. *Офіційний вісник України*. 2021. № 37. Ст. 2250. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/388-2021-%D1%80#Text>
3. Камзіст Ж.С., Шевченко О.Л. Гідрогеологія України: навчальний посібник. Київ: Фірма «ІНКОС», 2009. 614 с.
3. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. *Офіційний вісник України*. 2010. № 51. Ст. 1717. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>
5. Яцик А. В. Екологічна ситуація в Україні і шляхи її поліпшення. Київ: Оріяни, 2003. 84 с.
6. Виставна Ю.Ю., Руско Ю.О. Фармацевтичні речовини у природних водах: моніторинг та екологічний ризик. *Комунальне господарство міст, серія «Технічні науки та архітектура»*. 2011. Вип. 97. С. 134–140. URL: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/901/895>
8. Суярко В.Г., Сердюкова О.О. Особливості забруднення підземних вод у зонах впливу нафтогазопромислів. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, серія «Геологія – Географія – Екологія»*. 2010. № 924. С. 222–225.
9. Яковлев Є.О. Регіональна оцінка територіального розподілу та екологічного стану підземних вод України (зона активного водообміну). *Водопостачання та водовідведення*. 2008. С. 46–51.

10. Стан підземних вод України: щорічник / під ред. С.І.Примушко, Т.Д. Білошапської, В.Ф. Величко. Київ: Державне науково-виробниче підприємство «Державний інформаційний геологічний фонд України», 2011. 120 с.
11. Яковлев В.В. Перспективні джерела природних вод для питного водопостачання України, їх охорона і раціональне використання: дис. ... д-ра геол. наук: 21.06.01 / Харків. нац. ун-т ім. В.Н. Каразіна, 2017. 351 с.
12. Яковлев В.В. Інженерні заходи впливу на гідрохімічний склад ґрунтових вод. *Техногенно-екологічна безпека та цивільний захист*. 2012. Вип. 5. С. 98–102.
13. Дядін Д.В., Дмитренко Т.В., Яковлев В.В., Вергелес Ю.І. Оцінка стану природних джерел у басейні р. Роганка Харківської області як джерел альтернативного децентралізованого водопостачання. *Екологічна безпека*. 2018. № 2(26). С. 39-48. URL: [http://www.kdu.edu.ua/EKB_jurnal/2018_2\(26\)/PDF/39-48.pdf](http://www.kdu.edu.ua/EKB_jurnal/2018_2(26)/PDF/39-48.pdf)
14. 13. Davis, D., Diadin, D., Shores, A., Khandogina, O., Laituri, M. Capacity of urban springs to support emergency water needs, a Secondary City case study: Kharkiv, Ukraine (2020). *Urban Water Journal*. 17:4. P. 368–376. DOI: <https://doi.org/10.1080/1573062X.2020.1764064>
15. Diadin, D., Vystavna, Yu. (2020). Long-term meteorological data and isotope composition in precipitation, surface water and groundwater revealed hydrologic sensitivity to climate change in East Ukraine. *Isotopes in Environmental & Health Studies*. № 56 (2). P. 136–148. DOI: <https://doi.org/10.1080/10256016.2020.1732369>
16. Яковлев В.В. Спосіб забору підземних вод у зоні їх висхідного розвантаження / Патент на корисну модель № 104235. Держ. реєстр патентів України на корисні моделі. 2016. Бюл. № 2. – 8 с.
17. Яковлев В. В. Спосіб опріснення колодязної води / Патент 120832, Україна, МПК (2020.01) E03B 3/08, E03B 3/02, C02F 5/00. № а 201504616, заявл. 13.05.2015; опубл. 25.05.2020, бюл. № 4.
18. Яковлев В. В., Цифра Ю. М., Дмитренко Т. В. Удосконалення конструкцій каптажів децентралізованого водопостачання в сучасних екологічних умовах. *Екологічні науки*. 2023. №1 (46). С. 59–63. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.есо.1-46.10>
19. Яковлев В. В., Дмитренко Т. В. Проблема зневоднення колодязів на прикладі с. Кишенці Уманського району Черкаської області. *Євроінтеграція екологічної політики України: матеріали Четвертої Всеукр. наук.-практ. конф.* (Одеса, 25 жовтня 2022 р.). Одеса: ОДЕУ, 2022. С. 129–132.
20. Гідрогеологічна карта України. Масштаб 1:500000. Пояснювальна записка. Київ, 1980. Кн. I-II. 39 с.

ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОЛОГІЧНОГО ТА ЛАНДШАФТНОГО РІЗНОМАНІТТЯ

УДК 630*15:639.12 (477.42)

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.2.11>

ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА ОРГАНІЗАЦІЯ ПОПУЛЯЦІЇ БОБРА ЄВРОПЕЙСЬКОГО (*CASTOR FIBER L.*) НА ТЕРИТОРІЇ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Кратюк О.Л.

Поліський національний університет
бульвар Старий, 7, 10008, м. Житомир
deneshi_ks@ukr.net

Бобер європейський упродовж усієї історії відігравав помітну роль у соціально-економічному житті держави. Надмірна експлуатація упродовж тривалого періоду призвела до скорочення ареалу поширення виду до декількох ізольованих локацій, а показники чисельності не перевищували 100 особин. Одним з ключовим регіонів відновлення виду виступила північна частина Житомирської області (верхня і середня течія р. Уборти, р. Уж, верхня течія р. Случ, басейн р. Тетерів). За рахунок природного розселення та успішної реінтродукції (1950 рік – 21 особина; 1964 рік – 31 особина) до початку 1970-х рр. на території регіону налічувалося близько двох тисяч особин виду. Ними були заселені водно-болотні угіддя 13 з 16 адміністративних районів області, окрім південних лісостепових районів. У наступні роки загальна чисельність бобрів тільки зростала і вже у 1991 році, становила 2776 особин, що дорівнює 36,7% від загальноукраїнської популяції. За майже пів століття розселення бобра охопило і південні лісостепові райони області. Наразі із 7582 особин в межах лісостепової частини Житомирської області обліковано 630 бобрів, а це 8,3%. За період 2004-2022 рр. чисельність бобра європейського в області не зазнала суттєвих змін, коливаючись у межах 6–9 тис. особин. Спостерігається поступове зменшення чисельності бобра європейського на території державного лісового фонду з одночасним зростанням кількості тварин у межах приватних мисливських господарств. Такі тренди зміни чисельності зумовлені не комплексом природних чинників, а є наслідком перерозподілу площі мисливських угідь між користувачами, кількість яких наразі становить 97 (Філії ДП «Ліси України» (12 підприємств), УТМР (9 організацій), приватних структур (76 суб'єктів, переважно ТОВ та ГО)). Досягнувши свого піку у 2010 році (9296 особин) чисельність популяції вийшла на плато з поступовою тенденцією до скорочення виду. Сучасний стан та чисельність виду на території Житомирської області потребує комплексних науково обґрунтованих заходів з управління, що сприятимуть мінімізації наслідків середовищотвірної діяльності бобра, особливо, в умовах лісових біогеоценозів регіону. *Ключові слова:* бобер європейський, чисельність, динаміка популяції, поширення, Житомирська область, *Castor fiber*.

Spatial and temporal organization of the European beaver (*Castor fiber L.*) populations on the territory of Zhytomyr region.
Kraťuk O.

Throughout history, the European beaver has played a significant role in the socio-economic life of the state. However, overexploitation over a long period of time led to a reduction in the species' range to a few isolated locations, and the number of individuals did not exceed 100. The northern part of Zhytomyr region (upper and middle reaches of the Uborty River, the Uzh River, the upper reaches of the Sluch River, and the Teteriv River basin) was one of the key regions for the species' recovery. Due to natural dispersal and successful reintroduction (1950 – 21 individuals; 1964 – 31 individuals), by the early 1970s, there were about two thousand individuals of the species in the region. They inhabited the wetlands of 13 of the 16 administrative districts of the region, except for the southern forest-steppe regions. In the following years, the total number of beavers only increased and in 1991, it amounted to 2776 individuals, which is 36.7% of the total Ukrainian population. For nearly 50 years, beavers have been expanding into the southern forest-steppe regions of the area. Currently, 630 out of 7,582 beavers have been recorded in the forest-steppe area of the Zhytomyr region, which represents 8.3% of the population. From 2004 to 2022, the number of European beavers in the region remained relatively stable, ranging from 6,000 to 9,000 individuals. The number of European beavers in state forest areas is gradually decreasing, while the number of animals in private hunting grounds is increasing. The changes in population size are not caused by natural factors, but rather by the redistribution of hunting grounds among the 97 current users, including branches of the State Enterprise "Forests of Ukraine" (12 enterprises), USHF (9 organizations), and private entities (76 entities, mainly LLCs and POs). The population size peaked in 2010 at 9296 individuals and has since plateaued with a gradual decline. Comprehensive, scientifically-based management measures are required to minimize the effects of beaver habitat-forming activities, particularly in the forest biogeocenoses of the Zhytomyr region. The current status and number of species in the region must be taken into account. *Key words:* European beaver, number, population dynamics, distribution, Zhytomyr region, *Castor fiber*.

Постановка проблеми. Освоєння території України триває уже більше двох тисячоліть. Століття за століттям ці процеси поступово пришвидшувалися. Упродовж останніх двох століть корінні природні ландшафти кардинально змінилися, що в значній мірі вплинуло на видовий склад популяцій мисливських тварин, їх структуру та поширення на території України [1]. Антропогенного тиску, головним чином, зазнали усі мисливські види. Частина з них вимерли (тарпан, тур), не витримавши пресу

полювання та впливу інших чинників, а частина, знаходячись на межі зникнення, попри інтенсивну експлуатацію та скорочення природних місць оселення, змогла встояти та відродити свою популяцію. До таких видів можна віднести бобра європейського (*Castor fiber* L.).

Актуальність досліджень. Бобер європейський – аборигенний вид фауни України, який упродовж усієї історії відіграв помітну роль у соціально-економічному житті держави. Як традиційний та дуже цінний об'єкт полювання та промислу він постійно згадувався у численних нормативно-правових актах – від «Руської правди» (розділ «О бобре») до дарчих грамот, які засвідчують поземельну власність князів, магнатів, монастирів і церков [1]. Інтенсивний промисел упродовж століть призвів до того, що на початку XX століття ареал поширення та чисельність популяції бобра значно скоротилися, а потрясіння Першої світової війни, періоду Національно-визвольних змагань, колективізації, Голодомору, незважаючи на заборону полювання, призвели практично до повної її знищення. Напередодні Другої світової війни бобер залишився у декількох локалітетах Житомирської, Київської та Чернігівської областей, де їх загальна чисельність, за різними оцінками, становила від кількох десятків [2] до 100 [3] або ж – 120–150 [4] особин. Практично зникнувши з території України у тридцятих–сорокових роках XX століття популяція бобра європейського змогла відновити свій ареал поширення та стабілізувати чисельність [3, 5–7].

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Напрямок досліджень пов'язаний безпосередньо із проблемою експлуатації ресурсів популяції бобра європейського на території нашої держави. Інформація про динаміку її просторово-часової організації надзвичайно важлива для ефективного управління популяцією та дозволить зробити суттєвий внесок у розуміння популяційних механізмів регуляції чисельності. Дослідження проводили на базі Поліського національного університету у рамках науково-дослідної роботи кафедри лісівництва, лісових культур та таксації лісу «Мисливствознавство, захист лісу та вирощування стійких насаджень в умовах Житомирщини з використанням засобів механізації лісгосподарських робіт» (державний реєстраційний номер: 0115U006735).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Науковий інтерес до різних аспектів функціонування популяції бобра європейського не згасає уже більше століття. Упродовж цього часу можна виділити три періоди особливого пошуків наукових досліджень виду, а саме: 20–30-ті та 60–70-ті роки XX століття, а також 2000–2020 роки. Віддзеркаленням кожного з відтинків часу є як специфічні так і традиційні напрямки досліджень. Їх пріоритетність визначалася та поступово трансформувалася відповідно до вимог

та потреб часу. Тематична направленість наукових пошуків різноманітна: від інвентаризації бобрових поселень та закономірностей динаміки чисельності до особливостей раціону, від питань реінтродукції та розселення до проблем ефективного управління ресурсами популяції [7–12]. Особливо цінними є регіональні дослідження функціонування популяції бобра європейського у Придніпров'ї [13–16], регіоні Карпат [5, 17–20], Поліссі [21–24]. Житомирська область, як одна з кошиків відродження популяції бобра європейського, завжди привертала увагу науковців [1, 25–27]. Найбільш охопленою науковими дослідженнями виявилася її північно-західна частина (північ Звягельського та захід Коростенського районів) [7, 28], а також біогеоценози у межах Поліського природного заповідника [29–30]. Стосовно решти території області, то вивчення популяції виду носило тут здебільшого спорадичний характер [31–32].

Загалом проведені дослідження значно розірвані у часі та просторі, що не дає можливості моделювання цілісної картини стану популяції у регіоні. Крім того, акцентованого аналізу динаміки чисельності бобра європейського на території Житомирської області наразі не здійснено.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Особливості відновлення популяції бобра європейського на території України є показовими, оскільки від раніш широкого ареалу виду, який охоплював практично усю країну залишилися лише окремі поселення у межах Полісся. Проте, від середини XX століття, завдяки високій екологічній пластичності виду, природоохоронним та реакліматизаційним заходам вдалося до кінця сімдесятих років минулого століття у значній мірі відновити популяцію бобра (3695 особин у 1976 році) [8]. А згодом чисельність виду почала стрімко зростати і, згідно даних Державної служби статистики України [33], чисельність бобра європейського упродовж 2000–2020 рр. зросла більш ніж утричі з 15,0 тис. особин до 49,0 тис. Одним з ключовим регіонів відновлення виду виступила північна частина Житомирської області, де своєрідними рефугіємами для бобра стали верхня і середня течія р. Уборті, р. Уж (з притоками Желонь, Жерев, Норин), верхня течія р. Случ, басейн р. Тетерів (з притоками Ірша, Візня, Гуйва, Лісова, Кам'янка, Міка, Різня) [27, 34].

Таким чином, сучасна чисельність виду і, зокрема, в межах Житомирської області, вимагає ефективного управління ресурсами бобра європейського, оскільки його потенціал залишається значно недооціненим [35, 36]. Ключовою для цього є інформацією про динаміку чисельності виду у розрізі різних природно-територіальних одиниць та суб'єктів господарювання.

Новизна. Вперше для території Житомирської області проведена узагальнена оцінка сучасного стану та особливостей динаміки розвитку чисельності

локальної популяції бобра європейського користувачів мисливських угідь.

Метою роботи є аналіз просторово-часової організації популяції бобра європейського від початку ХХ століття до сьогодні на території Житомирської області загалом та окремих користувачів мисливських угідь зокрема.

Методологічне або загальнонаукове значення. Популяція бобра європейського у досить короткий історичний проміжок часу пройшла шлях від практично повного зникнення до впевненого освоєння антропогенних біогеоценозів, пристосовуючись до різних видів господарської діяльності людини. Результати наших досліджень дозволяють оцінити біологічний та ресурсний потенціал популяції бобра європейського на території Житомирської області. Це може стати у нагоді для розробки практичних рекомендацій щодо ранньої діагностики наслідків середовищотвірної діяльності тварин з метою мінімізації завданої ними шкоди лісовому і сільському господарству. Дослідження бобра річкового може бути рекомендовано як один з методів багаторічного моніторингу стану лісових екосистем Житомирської області.

Викладення основного матеріалу. *Об'єкт дослідження* – процес зміни чисельності бобра європейського на території Житомирської області. *Предмет дослідження* – закономірності просторово-часової динаміки популяції бобра європейського на території Житомирської області упродовж останніх ста років.

Аналіз особливостей поширення та динаміки чисельності бобра європейського здійснено з використанням проектів організації і розвитку мисливського господарства користувачів мисливських угідь Житомирської області, матеріалів Державної служби статистики України та Державного агентства лісових ресурсів України (2-тп «Мисливство»), а також на основі літературних джерел.

Літописні джерела вказують на існування бобрових гонів у межах сучасної Житомирської області неподалік м. Олевська у 1230 році ще на початку XIII століття. Крім цього їх було описано біля м. Любара (1452 рік), на околицях м. Бердичева (1505 рік) та вздовж річки Тетерів (1682 рік) [1]. Скоротившись до декількох десятків особин у 30-тих роках ХХ століття чисельність популяції бобра залишалася на такому рівні до кінця сорокових років. Бобер європейський тоді зустрічався у 7 адміністративних районах Житомирської області [3]. Помітне розширення ареалу на початку 50-тих років почалося завдяки збільшенню місцевих популяцій, природній міграції з долини р. Прип'ять та процесам реінтродукції.

У відповідності з Постановою Ради Міністрів УРСР від 13.11.1950 року №3507 «Про заходи, щодо розвитку мисливського господарства в Українській РСР» на території Коростенського району було створено спеціальний бобровий заказник «Уборть» республіканського значення, який у 1953 році

було розширено та перейменовано на «Ушомир» (з 1959 року – мисливське господарство) [37]. Вже у рік створення заказника сюди було завезено 21 бобра та випущено на території господарства у межах Ушомирського лісництва. Друга партія бобрів відловлених у Дніпровській колонії чисельністю 31 особина була випущена у долині рр. Тетерів та Лісова у 1964 році. До 1966 року загальна чисельність бобрів на території Житомирської області становила близько 1200 особин [26, 34]. Ці заходи сприяли значному росту популяції. За рахунок успішної реінтродукції, вже на початку 1970-х рр. на території регіону налічувалося близько двох тисяч особин виду, ними були заселені водно-болотні угіддя 13 з 16 адміністративних районів області. Незаселеними залишилися тільки водойми у південних районах лісостепової частини Житомирської області [27].

Збільшення чисельності виду та розширення його ареалу призвели до заподіяння значної шкоди лісовому та сільському господарству [7, 23], що потребувало формуванню стратегії використання ресурсів популяції бобра, розробка якої, у свою чергу, неможлива без якісного обліку. Можливістю на постійній основі проводити такий моніторинг популяції бобра річкового із залученням фахівців та охопленням всієї території регіону стало запровадження регулярних обліків чисельності мисливських тварин, яке було започатковано на території України з 1961 року.

Упродовж 1960-70 рр. продовжувалося становлення популяції бобра, а чисельність поступово почала зростати і на початку 1980-х років перетнула позначку у 1000 особин. У наступні роки загальна чисельність бобрів тільки зростала і вже через десять років, у 1991 році, становила 2776 особин, що дорівнює 36,7% загальноукраїнської чисельності популяції (7559 особин) (табл. 1).

Ріст популяції відбувався поступово, без видимих стрибків та провалів, що говорить про природний характер динаміки чисельності.

У 2010 році чисельність популяції досягнула свого піку у 9296 особин. За відсутності експлуатації, щільність популяції в окремих районах швидко досягнула своєї оптимальної позначки, що унеможливило подальше природне розселення виду. Перенаселення природних стацій є однією з причин поступового скорочення їхньої чисельності, що на початку 2023 року вже становила 7530 особин.

Територіально боброві поселення поширені практично по всій території Житомирської області. Використавши дані Маціборука П.В. [27], ми встановили чисельний розподіл популяції бобра європейського станом на 2016 рік у межах регіону у розрізі адміністративних одиниць (табл. 2).

За майже пів століття розселення бобра охопило і південні лісостепові райони області. Наразі із 7582 особин в межах лісостепової частини Житомирської області обліковано 630 бобрів, а це 8,3%. Таким чином, із 23 адміністративних районів

Таблиця 1
Динаміка чисельності популяції бобра європейського на території Житомирської області

Рік	Чисельність, ос	Джерело	Рік	Чисельність, ос	Джерело
1980	1051	Довідник ... [38]	2001	4569	Маціборук, Возняк, 2009 [8]
1981	1277		2002	5297	
1982	1451		2003	5317	
1983	1547		2004	5491	
1984	1640		2005	6064	
1985	1690		2006	6449	
1986	1611		2007	7050	
1987	1583		2008	7668	
1988	1865		2009	7310	II-тп «Мисливство»
1989	2390		2010	9296	
1990	2440		2011	8560	
1991	2776		2012	8004	
1992	2562		2013	8540	
1993	2786		2014	8594	
1994	2802		2015	8536	
1995	2704		2016	8053	
1996	3436		2017	7582	
1997	3302	2018	7647		
1998	3644	2019	7987		
1999	4449	2020	7656		
2000	4758	2021	7572		
		2022	7530		

Таблиця 2
Чисельність популяції бобра європейського на території адміністративних одиниць Житомирської області у 2016 році (за Маціборуком П.В. [27] зі змінами)

№ з/п	Адміністративний район	Чисельність, особин
<i>Поліська зона</i>		
1	Баранівський	271
2	Ємільчинський	822
3	Житомирський	1875
4	Коростенський	319
5	Коростишівський	223
6	Лугинський	38
7	Малинський	284
8	Народицький	659
9	Новоград-Волинський	598
10	Овруцький	550
11	Олевський	845
12	Пулинський	199
13	Радомишльський	87
14	Романівський	166
15	Хорошівський	-
16	Черняхівський	16
	Всього по Поліській зоні	6952
<i>Лісостепова зона</i>		
17	Андрушівський	81
18	Бердичівський	305
19	Брусилівський	33
20	Любарський	-
21	Попільнянський	90
22	Ружинський	35
23	Чуднівський	86
	Всього по Лісостеповій зоні	630
	Разом	7582

лише на території двох відсутні поселення бобра, а саме: Хорошівського та Любарського. Стосовно території Любарського району, то це цілком ймовірно. Однак відсутність відомостей про поширення тварин на території Хорошівського району викликає певні сумніви, адже це фактично біла пляма без видимих на то причин в центральній частині Житомирської області. Що стосується чисельності виду за адміністративними районами, то видається дещо завищеною чисельність популяції у 1875 особин на території Житомирського району. Загалом, після проведення адміністративної реформи, коли в межах області виділено чотири райони, а також в зв'язку з тенденцією до перерозподілу площі мисливських угідь між суб'єктами господарювання, подальший моніторинг популяції виду у розрізі адміністративних районів став нераціональним. За останні 20 років кількість користувачів мисливських угідь на території області зросла з 46 у 2004 році до 97 у 2023 році, головним чином за рахунок створення мисливських господарств різних форм власності. У 2004 році було лише чотири приватних мисливських господарства, а наразі їх 76 при загальній площі наданих у користування мисливських угідь 2135,09 тис. га. Збільшення кількості користувачів мисливських угідь веде до ускладнення облікових робіт та загалом утруднює моніторинг популяції бобра європейського. Станом на 2023 рік основними користувачами мисливських угідь є Філії ДП «Ліси України» (12 суб'єктів), УТМР (9 організацій) та інші Користувачі (76 суб'єктів переважно ТОВ та ГО). У розрізі цих трьох груп суб'єктів господарювання зміна чисельності бобра європейського у період 2004–2022 рр. має характерні особливості. Спостерігається поступове зменшення чисельності бобра європейського на території державного лісового фонду з одночасним зростанням кількості тварин у межах приватних мисливських господарств (рис. 1). У 2004 році у межах мисливських угідь державних лісгосподарських підприємств облікували 3324 особини. За період спостережень чисельність популяції скоротилася до 1912 особин. Натомість спостерігається значний ріст чисельності тварин на території приватних мисливських господарств. За останні роки вона зросла з 349 до 3142 особин, тобто майже у десять разів. За останні 20 років чисельність бобра європейського в області не зазнала суттєвих змін, коливаючись у межах 6–9 тис. особин. Отже такі тренди зміни чисельності залежать не від комплексу природних чинників, а є наслідком перерозподілу площі мисливських угідь між користувачами.

Спостерігається чітка закономірність між частотою популяції бобра європейського та площею мисливських угідь. Так відсоток площі мисливських угідь державних лісгосподарських підприємств від загальної площі наданих у користування мисливських угідь з роками поступово зменшувався – 63,7% (2004 рік), 45,9% (2010), 34,8% (2015), 25,4%

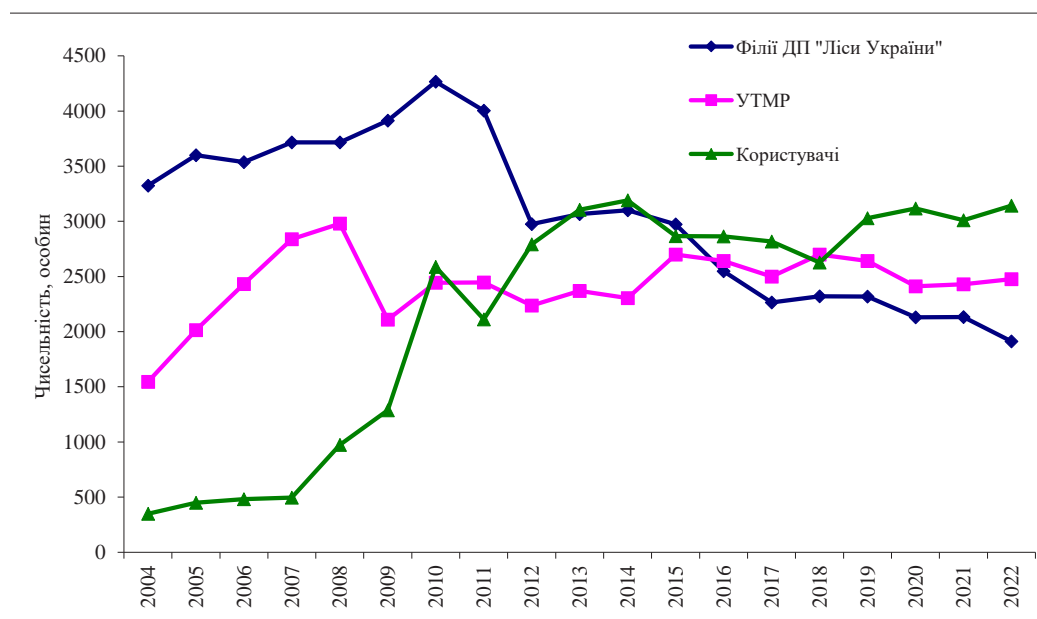


Рис. 1. Динаміка чисельності бобра європейського на території основних користувачів мисливських угідь Житомирської області

(2022), разом із часткою популяції – 29,3% (2004 рік), 26,7% (2010), 18,7% (2015), 14,8% (2022). Одночасно відбувається зростання частки мисливських угідь приватних структур з 6,7% у 2004 році до 41,7% у 2022 році, відповідно зростає і частка популяції з 5,1% у 2004 році до 34,6% у 2022 році. Упродовж зазначеного періоду районні та обласна структури УТМР не зазнали значної зміни площі мисливських угідь, а одже і частка популяції бобра залишалася на рівні близько 50,0% від загальної чисельності виду у регіоні (рис. 2).

Головні висновки. Таким чином, після тривалої стагнації популяції бобра європейського у першій половині ХХ століття, за рахунок сприятливих природних чинників та процесів штучного розселення до початку 1980-років вдалося відновити популяцію виду на території Житомирської області. Подальше стрімке зростання чисельності характеризувалося насиченням водойм та водно-болотних угідь тваринами, що супроводжувалося негативними наслідками перш за все для лісового господарства. Досягнувши свого піку у 2010 році (9296 особин) чисельність популяції вийшла на плато з поступовою тенденцією до скорочення виду. Саме перенаселення природних стадій існування виду є однією з причин поступового скорочення їхньої чисельності. Динаміка чисельності бобра європейського на території Житомирської області є яскравим відображенням тісної взаємодії природних процесів та антропогенної діяльності людини.

Таким чином, сучасний стан та чисельність популяції бобра європейського на території Житомирської області потребує комплексних науково обґрунтованих заходів з управління популяції,



Рис. 2. Частка чисельності бобра європейського (А) та площі мисливських угідь (Б) основних користувачів мисливських угідь Житомирської області

які сприятимуть мінімізації наслідків середовищевірної діяльності виду, особливо, в умовах лісових біогеоценозів регіону.

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані висновки та узагальнення щодо особливостей динаміки чисельності бобра європейського на території Житомирської області можуть стати у нагоді під час формування стратегії моніто-

рингу основних параметрів функціонування лісових екосистем в умовах тиску популяції бобра європейського. При цьому визначальним може стати лісо-типологічний підхід до вивчення структури стацій поширення виду, що сприятиме ранній діагностиці стадій зоогенної дигресії лісових біогеоценозів та одночасної розробки заходів спрямованих на підтримання природної кормової бази тварин.

Література

1. Сокур І.Т. Історичні зміни та використання фауни ссавців України. Київ: АН УРСР, 1961. 86 с.
2. Мигулін О.О. Звірі УРСР. Київ: АН УРСР, 1938. 426 с.
3. Панов Г.М. Динаміка ареалів та чисельності напівводних хутрових звірів в Україні у другій половині ХХ ст. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. 2002. Вип. 30. С. 119–132.
4. Сокур І.Т. Ссавці фауни України і їх господарське значення. Київ: Радянська школа, 1960. 212 с.
5. Башта А.-Т., Потіш Л.А. Експансія бобра європейського *Castor fiber* в регіоні Українських Карпат. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія*. 2012. Вип. 23. С. 144–153.
6. Свтушевський М.Н. Мисливські тварини України на волі та в вольєрах: монографія. Черкаси: Вертикаль, 2012. 376 с.
7. Маціборук П.В. Вплив популяції бобра європейського (*Castor fiber* L.) на лісові екосистеми Українського Полісся : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: спец. 03.00.16 - екологія. Київ, 2013. 25 с.
8. Маціборук П.В., Возняк Р.Р. Історичні аспекти розповсюдження та екологічні особливості популяції бобра європейського (*Castor fiber* L.) в Україні. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2009. Вип. 32(3). 23–32.
9. Маціборук П.В. Особливості використання популяції бобра європейського в Україні в контексті збалансованого природо-користування. *Агроекологічний журнал*. 2010. С. 160–163.
10. Омельковець Я.А., Степанюк Я.В., Посильчук І.М. Еколого-етологічні особливості бобра річкового (*Castor fiber*) у гідрологічному заказнику «Гнила Липа» Горохівського району Волинської області. *Природа Західного Полісся та прилеглих територій*. 2018, 15. С. 171–177.
11. Омельковець Я.А.; Скакун, О.С. Поширення, екологія та поведінка бобра річкового (*Castor fiber* L.) в околицях сіл Губин та Тумин Локачинського району Волинської області. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Біологічні науки*. № 1 (389) 2020. С. 45–50.
12. Панов Г.М. Деякі питання господарського використання бобрів на Україні. *Охорона природи та раціональне використання природних ресурсів* : матеріали конф. Київ, 1970. С. 198–199.
13. Антоненко Н.В., Водяний В.С. Бобри Дніпровсько-Орільського заповідника та його околиць. *Екологія і раціональне природо-користування*. 2006. С. 189–197.
14. Antonets N.V. The populations of beaver (*Castor fiber* L.) in Dnepropetrovsk region (Ukraine). *5-th International Beaver Symposium* (Dubianguai, 2009). Kaunas. 2009. P. 18.
15. Selyunina Z., Plyusch S. Eurasian Beaver (*Castor fiber*; Mammalia) in the Black Sea Biosphere Reserve. *Proceedings of the National Museum of Natural History*. 2014. Vol. 12. P. 106–108.
16. Фесик О.В. Поширення та умови існування бобра в басейні р. Сула. *Науковий вісник Національного аграрного університету*. 2001. Вип. 39. С. 171–179.
17. Бучко В.В. Бобер у Галицькому національному природному парку. *Заповідна справа в Україні*. 2010. Вип. 16(2). С. 70–72.
18. Вікарчак О. Нові дані про експансію бобра європейського (*Castor fiber*) на лівобережжі Середнього Дністра. *Novitates Theriologicae*. 2020. Pars 11. P. 140–144.
19. Хоєцький П.Б., Шелепило А.В. Стан популяції бобра у мисливських угіддях Львівської області. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2003. Вип. 13.3. С. 116–119.
20. Koval N. The Beaver's (*Castor fiber* L.) appearance in the Uzhanskyi national park and perspectives of emergence of its mountain populations in Zakarpattia. *Proceedings of the Theriological School*. 2005. Vol. 13. P. 61–67.
21. Маціборук П.В. Середовищеутворювальна діяльність бобра європейського в умовах Чорнобильської зони відчуження. *Агроекологічний журнал*. 2011. № 1. С. 90–93.
22. Маціборук П.В. Вплив популяції бобра європейського на лісоосушувальні гідромеліоративні системи Українського Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 23.8. С. 102–110.
23. Маціборук П. Вплив життєдіяльності бобра європейського (*Castor fiber* L.) на стан прибережних фітоценозів Українського Полісся. *Техніка і технології АПК*. 2013. № 6. С. 37–39.
24. Омельковець Я., Жураковський С. Угруповання бобра річкового (*Castor fiber* Linnaeus, 1758) в околицях міста Камінь-Каширський Волинської області. *Нотатки сучасної біології*. 2022. 2(4). С. 71–76.
25. Возняк Р.Р., Маціборук П.В. Оцінка стану популяції бобра європейського в Житомирській області. *Агроекологічний журнал*. 2008. № 3. С. 22–25.
26. Кратюка О.Л., Герасимчук В.А. Бобер європейський на території Житомирської області. *Лісівництво, деревообробка та озеленення: стан, досягнення і перспективи*. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (ДБТУ, 24-25 жовтня 2023 р.). Харків, 2023. С. 51–52.
27. Маціборук П.В. Бобер європейський (*Castor fiber* L.) в Житомирській області України. *Ссавці на мапі України*. Матеріали Першої Української конференції з картування ссавців (м. Київ 28–29 березня 2019 р.) Київ, 2019. С. 94–97.

28. Жила С.М., Гузій А.І. Вовк (*Canis lupus*) і бобр (*Castor fiber*) на території півночі Житомирського Полісся як складові системи «хижак–жертва». *Вісник ДАУ*. 2005. № 1 (14). С. 232–240.
29. Бумар В.Г. До характеристики поширення та умов існування бобра на території та в охоронній зоні Поліського природного заповідника. *Потенціал і проблеми мисливського господарства України* : зб. матеріалів I Всеукр. мисливськогосподарської наук.-практ. конф. студентів та аспірантів (м. Львів, 6–9 вересня 2006 р.). Львів : СПОЛОМ, 2006. С. 30–39.
30. Левченко В.Б., Шульга І.В. Чисельність бобра річкового в умовах Поліського біосферного заповідника. *Збалансоване природокористування*. 2016. № 4. С. 75–79.
31. Бондар М.М. Бобр річковий (*Castor fiber* Linnaeus, 1758) у мисливських угіддях Житомирщини. *Ліс, наука, молодь* : матер. III Науково-практичної конференції студентів, магістрів, аспірантів і молодих вчених (м. Житомир, 26 листопада 2015 р.). Житомир, 2015. С. 44–45.
32. Бондар М.М. Особливості структури поселення бобра річкового (*Castor fiber* Linnaeus, 1758) в умовах сільськогосподарських ландшафтів південної частини Житомирського Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. Вип. 26.5. С. 27–35.
33. Статистичний щорічник України за 2021 рік. Київ: Державна служба статистики України, 2022. 446 с.
34. Шеляг О.П. Особливості поширення бобра європейського (*Castor fiber* L.) в Україні. *Аспекти сталого розвитку лісового, сільського, водного та енергетичного господарств зони Полісся України* : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (08 квітня 2021 р., м. Житомир). Житомир : ЖАТК, 2021. С. 139–140.
35. Вовченко В.Ю. Рациональне використання та охорона вторинних ресурсів лісу – мисливських хутрових звірів України. *Лісівництво України в контексті світових тенденцій розвитку лісового господарства* : матеріали міжнар. наукт.-практ. конф., присвяченої 150-річчю витоків кафедри лісівництва НЛТУ України (м. Львів, 20–23 вересня 2006 р.). Львів, 2006. С. 288–291.
36. Вовченко В., Карташова Я., Перхалюк О. Динаміка чисельності та екологічні основи управління популяціями бобра річкового (*Castor fiber* L.) на території Поліської лісомисливської зони України. *Фауна України на межі XX–XXI ст. Стан і біорізноманіття екосистем природоохоронних територій, присвяченої 220 річниці від дня народження О. Завадського* : зб. матер. Міжнародної зоологічної конференції. (м. Львів–снт. Шацьк, 12–15 вересня 2019 р.). Львів : СПОЛОМ, 2019. С. 41–43.
37. Проект організації мисливського господарства ТОВ «Спеціалізоване мисливське господарство Ушомир» Житомирської області. Пояснювальна записка. Ірпінь, 2007. 384 с.
38. Довідник природних ресурсів Житомирщини / Укладач О.Я. Поліщук. Житомир: Редакційно-видавниче державне підприємство «Льонок», 1993. 142 с.
39. Еколого-економічні проблеми довкілля Житомирщини : [кол. монографія] / [Карпов В. І., Сіренький С. П., Данилко В. К. та ін.] ; під ред. П. П. Михайленка. Житомир, 2001. 320 с.

ЕТАПНІСТЬ В РЕАГУВАННІ ПОПУЛЯЦІЙ ГРИЗУНІВ НА АНТРОПОГЕННІ ЗМІНИ СЕРЕДОВИЩА

Мякушко С.А.

Навчально-науковий центр «Інститут біології та медицини»
Київського національного університету імені Тараса Шевченка
вул. Володимирська, 64/13, 01601, м. Київ
aloizaloiz@ukr.net

В основу роботи покладені матеріали довготривалих моніторингових досліджень популяцій трьох фонових видів гризунів Канівського природного заповідника. Час спостережень (з 1971 р. і до наших днів) охопив різні періоди існування заповідної екосистеми, обумовлені антропогенним впливом. Все це супроводжувалося вираженими реакціями, які відбувалися на популяційному рівні. Наявні матеріали дали можливість виокремити декілька послідовних етапів реагування популяцій на зміну якості середовища в результаті впливу. Кожен етап демонструє свою специфічну стратегію популяцій щодо відновлення балансових відношень із середовищем. На початковому етапі (I) відбувається дестабілізація динаміки населення, яку слід розглядати як побічний наслідок спроб привести свою чисельність (щільність) у відповідність до зміненої ємності середовища. У подальшому (етап II) відбувається суттєве підсилення інтенсивності розмноження, головною причиною чого є необхідність компенсації збільшеної смертності. Формується «замкнене коло», у якому смертність і відтворення виступають взаємообумовленими процесами. Реалізація такої стратегії не супроводжується відновленням втрачених корелятивних зв'язків з трофічними ресурсами, наявність яких можна розглядати як критерій збалансованості. На останньому етапі (III), якій триває до нашого часу, відбувається чергова зміна стратегії популяцій, що виявляється у явищі здрібнення. Останнє сприяє скороченню енергетичних витрат як окремих індивідів, так і популяції в цілому. Мінімізація витрат на підтримання власної біомаси, пригнічення або відмова від розмноження (принаймні окремих особин) дає можливість збільшувати частку енергії, яка забезпечує виживання у змінених умовах. *Ключові слова:* лісові гризуни, динаміка популяції, трофічні зв'язки, дестабілізація, розмноження, здрібнення.

Stages in the response of rodent's populations to anthropogenic environmental changes. Myakushko S.

The study is based on the materials of long-term monitoring observations of populations of three background rodent species of the Kaniv Nature Reserve. Observation time (since 1971 and up to the present day) covered various periods of the existence of a protected ecosystem due to anthropogenic influence. This was accompanied by pronounced reactions that occurred at the population level. The available materials made it possible to distinguish several consecutive stages of response to changes in the quality of the environment as a result of the impact. Each stage demonstrates its specific population strategy for restoring balance relations with the environment. At the initial stage (I), there is a destabilization of the population dynamics, which should be considered as a side effect of attempts to bring its number (density) in line with the changed capacity of the environment. In the future (stage II) there is a significant increase in the intensity of reproduction, the main reason for which is the need to compensate for increased mortality. A «closed circle» is formed, in which mortality and reproduction are interdependent processes. The implementation of such a strategy is not accompanied by the restoration of lost correlations with trophic resources, the presence of which can be considered as a criterion of balance. At the last stage (III), which continues to our time, there is another change in the strategy of populations, which is manifested in the phenomenon of shrinking. The latter contributes to the reduction of energy costs of both individual individuals and the population as a whole. Minimizing the costs of maintaining one's own biomass, suppressing or not breeding (at least some individuals) makes it possible to increase the proportion of energy that provides survival under altered conditions. *Key words:* forest rodents, population dynamics, trophic relations, destabilization, reproduction, shrinking.

Постановка проблеми. Факт, що антропогенна трансформація природного середовища давно вже набула глобального масштабу, зараз є очевидним. Так само не підлягає сумніву небезпека усієї сукупності загроз, яку формує деградація умов мешкання для біосистем різного рівня організації – від індивідів до популяцій та екосистем (Previtali et al., 2012; Xinru et al., 2022). Причина полягає у тому, що антропогенний фактор був відсутній в еволюційній історії формування біосистем, через що останні не мають відповідних адаптацій, які б сприяли виживанню у змінених умовах. Вперше стикнувшись з нетиповими проблемами, біосистеми, певною мірою, вимушені рухатися «наосліп», не маючи адекватного сценарію реагування. Можливо саме недостатня успішність реаліза-

ції попередніх стратегій виживання біосистем стала причиною їх послідовної зміни.

Актуальність дослідження. Визначення рис реагування популяцій тварин відкриває можливість використання видів як тест-систем. Зважаючи на різний час, необхідний для вияву ефектів впливу, складність або неможливість їхнього фіксування на інших рівнях, застосування таких тест-систем може бути не тільки адекватним, але й єдиним доступним методом оцінки наслідків. Дослідження динаміки популяцій як результату взаємодії з середовищем, також дає можливість визначити характер і масштаби трансформації довкілля.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. У дослі-

дженні використані дані моніторингових спостережень за популяціями фонових видів лісових гризунів грабової діброви Канівського природного заповідника. Робота виконана у межах науково-дослідних тем КНУ імені Тараса Шевченка «Комплексна оцінка стану екосистем, їх складових та адаптацій біосистем до умов навколишнього середовища» та «Моніторинг структурно-функціональної організації біотичних угруповань з метою оцінки стану екосистем у змінних умовах довкілля».

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Підтримання збалансованості відношень із середовищем їх мешкання можна вважати головним критерієм успішності функціонування популяцій. Для ефективного використання доступної енергії популяції мають можливість задіяти різні механізми, змінюючи стратегії свого виживання (Albon et al., 2017; Jurišić et al., 2022). Найпростішим і одночасно доволі дієвим і швидким способом відновлення балансу у разі його порушення є регуляція інтенсивності відтворення. Саме такий спосіб реагування найчастіше фіксують у численних дослідженнях біосистем популяційного рівня організації (Gockel, Ruf, 2001). В принципі, задача приведення кількості споживачів до ресурсних можливостей середовища для популяції не є складною, оскільки її розв'язання може бути досягнуте багатьма різними шляхами (Stenseth, Ugland, 1985; Mappes et al., 2008; Vadell et al., 2014). Зміною демографічних характеристик, як правило, і вичерпується популяційна реакція на зміни середовища, оскільки у більшості випадків це забезпечує відновлення балансу (Kraus et al., 2005; Batzli, 2022). Проте антропогенний вплив є неспецифічним для популяції, а його наслідки не завжди вдається нейтралізувати таким звичним для популяцій шляхом.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Вивчення реагування на антропогенну трансформацію середовища сприяє розвитку знань про довгочасні тенденції існування і буферні можливості біосистем щодо змін факторів, здатність пристосовуватися до нових умов. Незважаючи на значну увагу до зазначеного напрямку, результати досліджень часто являють собою хаотичний і невпорядкований набір виявлених ефектів впливу, пояснення яких часто є суперечливими. Все це свідчить про недосконалість наших знань у цій галузі та вимагає необхідність не тільки системних і ретельно продуманих спостережень, але й обґрунтованих пояснень. Тривалий період наших досліджень надав можливостей виявити такі аспекти популяційних стратегій, які найчастіше не потрапляють у поле зору дослідників. Метою роботи є спроба узагальнення та осмислення причин, механізмів і наслідків популяційних реакцій гризунів у відповідь на зміни середовища.

Новизна. Вперше досліджені стратегії популяцій гризунів щодо відновлення і підтримання екологічного балансу під час послідовної зміни умов існу-

вання на території Канівського природного заповідника. Показана принципова особливість існування гризунів в антропогенних умовах, яка полягає у відсутності специфічних пристосувань до зміненого середовища. Визначені можливі механізми впливу трансформації довкілля на динаміку населення.

Методологічне або загальнонаукове значення.

Висунуті та обґрунтовані гіпотези про наявність різних етапів в реагуванні біосистем на популяційному рівні, які характеризуються своїми специфічними ефектами. Базисом для таких міркувань є концепція екологічного балансу, яка постулює альтернативність двох «статей витрат» енергії біосистемами – підтримання власного існування та забезпечення ефективного відтворення.

Викладення основного матеріалу. У наших попередніх роботах, які базуються на результатах багаторічних досліджень популяцій гризунів у Канівському природному заповіднику, була обґрунтована наявність різних періодів існування заповідної екосистеми, що пов'язано зі змінами середовища (Мякушко, 2002). Причинами останніх є як sukcesійні перетвореннями біоти, так і специфічні форми антропогенного впливу. Невелика площа, розташування у густонаселеному регіоні, взаємодія із суміжними територіями, які залучені до господарства, завжди обумовлювали певну ступінь антропогенного пресу на заповідну екосистему. Серед найважливіших факторів впливу слід відмітити зміни режиму охорони та ліквідацію статусу заповідника в 1951–1968 рр., що супроводжувалося використанням біотичних ресурсів даної місцевості. Після відновлення заповідання цей чинник був знятий, але його наслідки не могли не змінити траєкторію руху екосистеми до клімаксного стану після тривалого періоду рубок і розчистки лісу, різних лісотехнічних заходів та інших форм навантаження. Перші роки після відновлення заповідання ще не стерли ці наслідки людської діяльності і вони за інерцією впливали на населення гризунів. Саме на цей час припадає початок наших моніторингових досліджень популяцій гризунів у 1971 році. Пізніше територія зазнавала зростаючого техногенного тиску, до якого додалося радіоактивне забруднення після аварії на ЧАЕС. Ситуацію погіршує синергічна дія хімічних токсикантів у зв'язку з розташуванням заповідника у зоні високої токсичності ґрунтів (Орлов, 1998). Спостереження та аналіз довготривалих коливань інших факторів (погода і клімат, кількість хижаків, трофічні ресурси та ін.) не дають підстав вважати, що саме з ними пов'язані зміни популяційних характеристик упродовж цього відрізка часу.

За класичними уявленнями сучасної екології поява або зміна будь-якого фактора в середовищі зумовлює зміну його якості, тому можна стверджувати, що в результаті господарської діяльності, а пізніше й техногенного забруднення відбулися якісні зміни середовища мешкання гризунів. Останні

відреагували на такі події цілим каскадом ефектів, які реалізувалися на популяційному рівні та являли собою спроби відновлення порушеного екологічного балансу. Досвід наших північних моніторингових досліджень гризунів свідчить, що проблему потрібно розглядати, базуючись на уявленнях про популяцію як цілісність, яка в процесі свого існування внаслідок кількісних і якісних змін забезпечує підтримання балансу із середовищем. Збалансованість таких відношень слід розглядати як необхідну умову виживання, функціонування і, навіть, самого існування популяції. Проте ситуації порушення екологічного балансу не є рідкісними явищами, особливо в наш час, коли антропогенне перетворення середовища набуло глобального масштабу.

Сам факт порушення балансу зовсім не означає однозначної катастрофи для популяцій, оскільки останні мають різні можливості для відновлення збалансованості та з цією метою змінюють свої характеристики. Саме з таким неодноразовими змінами популяційної стратегії ми стикнулися у своїх спостереженнях у Канівському заповіднику. Окремо слід зазначити, що наведені явища були виявлені в усіх досліджуваних видів лісових гризунів: полівки підземної (*Microtus subterraneus* de Selys-Longchamps, 1836), миші жовтогорлої (*Sylvaemus flavicollis* Melchior, 1834) (за іншими уявленнями *Terricola subterraneus* і *Sylvaemus tauricus* (Загороднюк, Харчук, 2020), а також домінанта угруповання – полівки рудої (*Myodes glareolus* Schreber, 1780). Безперечно, екологічна специфіка окремих видів накладає свій відбиток і обумовлює, наприклад, різний масштаб популяційних ефектів. Проте схожий характер та односпрямованість реагування різних популяцій можна розглядати як доказ їх не випадковості.

На наш погляд, одним із найважливіших результатів є встановлення явища здригнення (phenomenon of shrinking) та його обґрунтування у якості специфічної популяційної стратегії (Myakushko, 2021; Мякушко, 2021). Даний ефект реалізується у вигляді зменшення розмірно-масових показників особин гризунів і виявляється упродовж останніх двох десятиріч років. Проте зрозуміти і пояснити «екологічний сенс» такого явища, його передумови, механізми і наслідки, виявилось не такою вже простою задачею. Для її розв'язання вважаємо доцільним зробити ретроспективний аналіз змін стану популяцій гризунів за останні 50 років, оскільки причини таких подій, судячи з наявних даних, знаходяться у більш віддаленому минулому.

У таблиці 1 наведені головні ефекти, які були зафіксовані в популяціях на різних етапах їх існування. Зазначимо, що поняття «періоди» використовуються у даній роботі для позначення різних часів існування екосистеми (переважно це обумовлено особливостями антропогенного впливу), а «етапи» – мають відношення до стадій існування

самих популяцій з характерними ознаками і механізмами реагування. Зрозуміло, що у силу специфіки популяційних процесів чіткі межі етапів визначити неможливо, тому у таблиці наведені лише орієнтовні часові характеристики.

Найхарактернішими рисами першого етапу є значне зростання щільності населення і дестабілізація її динаміки. Крім збільшення середніх для циклів рівнів щільності, відбулося порушення ритміки чергування популяційних фаз. У той час було зафіксовано випадіння фази спаду, коли щільність знижується не поступово упродовж двох і більше років, як це було раніше, а катастрофічно падає, в результаті чого пік щільності на наступний рік замінюється глибокою депресією.

Паралельно відбувалося розширення діапазону коливань щільності, головним чином, завдяки досягненню більших показників на фазах піка. Меншою мірою здійснювався також підйом нижньої межі щільності. Зміщення меж зумовлює те, що амплітуда коливань змінюється інакше, ніж розмах. Амплітуда перепадів щільності населення різних видів зросла в 3–4 рази, порівняно з попереднім часом. Порядок чергування й тривалість фаз, амплітуда, розмах коливань, ступінь варіювання та рівень щільності характеризують тип динаміки, який, своєю чергою, можна інтерпретувати як стійкий або нестійкий. Отримані результати однозначно свідчать про зміну типу динаміки щільності упродовж даного етапу. Вона стає менш стійкою, набуває стохастичні риси, майже усі попередні закономірності цього процесу зникають. Незважаючи на різний масштаб дестабілізації, ефект властивий усім видам, а ступінь дестабілізації виявляється пропорційним збільшенню рівня щільності (чим більше зростає щільність популяції, тим контрастнішими є симптоми дестабілізації).

Зараз непросто визначити та довести, що послужило тригером для таких масштабних популяційних подій. На нашу думку, забруднення території в результаті аварії на ЧАЕС вивело вплив техногенного навантаження на новий рівень і стало тією самою «останньою краплею» (принаймні збіг у часі навряд чи є випадковим). Примітним у даному контексті є висока чутливість біосистем на популяційному рівні до зовнішніх впливів антропогенного характеру і здатність швидко реагувати на появу нового фактора (або досягнення ним критичної величини). Збільшення щільності (чисельності) популяцій само по собі не дає підстав для оптимістичної оцінки ситуації, проте дестабілізація динаміки прямо свідчить про негативні наслідки для популяцій гризунів. Саму дестабілізацію можна розглядати як побічний результат процесу пошуку популяціями адекватних шляхів щодо відновлення порушеного балансу і відповідних змін ємності середовища.

Попереднє твердження можна було б і далі розглядати у якості гіпотези, проте певні докази були отримані при вивченні трофічних зв'язків у системі

Таблиця 1

Основні популяційні явища упродовж окремих етапів реагування на зміни середовища

Етап	Назва (часовий проміжок)	Популяційні ефекти
I	Дестабілізація динаміки (1987 – ≈1995 рр.)	<ul style="list-style-type: none"> • зростання рівня щільності; • порушення ритміки динаміки населення, випадіння фази спаду; • зростання меж і амплітуди коливань, ступеня варіювання показників щільності; • порушення зв'язків з кормовою базою;
II	Інтенсифікація розмноження (1996 – ≈2001–05 рр.)	<ul style="list-style-type: none"> • збільшення частки залучених до розмноження особин; • збільшенні розміру і кількості виводків; • висока смертність; • низька реалізація репродуктивного потенціалу; • зниження середнього рівня щільності населення;
III	Здрібнення особин як популяційна стратегія (2002–2005 рр. – наш час)	<ul style="list-style-type: none"> • зменшення розмірно-масових показників особин; • зниження вгодованості; • вступ до розмноження з мінімальними екстер'єрними параметрами; • уповільнення розмноження; • відсутність зв'язків з кормовою базою.

Таблиця 2

Середні показники реального (PRR) та потенційного (PPR) відтворення, а також коефіцієнта репродукції (IR) популяцій трьох видів гризунів протягом різних етапів

Етап	PRR	PPR	IR	Розмах	Амплітуда	Св, %
I	7,14±0,81	8,04±0,67	0,92	12,4	6,6	77,4
II	11,11±1,02	16,09±1,21	0,69	11,1	4,2	64,1
III	8,11±0,92	9,76±0,93	0,83	9,3	4,0	55,8

«популяції гризунів – кормові ресурси». Упродовж даного етапу зафіксовано зникнення наявних раніше кореляційних зв'язків між щільністю і біомасою популяцій гризунів і показниками, що характеризують стан кормових ресурсів. При цьому зменшення об'єму кормів не відбулося. Параметри кормової бази закономірно змінюються, відбиваючи свою циклічність, але їх усереднені показники є схожими. На цьому фоні зникнення попередньої узгодженості і збалансованості з кількістю споживачів (особин гризунів) можна розглядати як негативний прояв.

Другий етап реагування популяцій відзначається різкою і масштабною інтенсифікацією розмноження. Є підстави вважати, що саме за рахунок зміни стратегії відтворення реалізується інша спроба відновлення екологічного балансу між популяціями і середовищем. Зафіксоване зростання індивідуальної плодючості (збільшення розміру виводків та їх кількості за сезон розмноження). Паралельно відбувається розширення частки особин, які беруть участь у розмноженні. Комплексні показники реального (PRR) і потенційного (PPR) відтворення, а також коефіцієнти репродукції ($IR=PPR/PPR$) представлені у таблиці 2.

Незважаючи на наявність певної видової специфіки розмноження, загальна картина у трьох досліджуваних видів виглядає так. Усі показники, що характеризують розмноження суттєво збільшуються, а міра успішності реалізації репродуктивного потенціалу (IR) досягає мінімуму. Причиною даного явища

може бути тільки висока смертність, яка нівелює напруження репродуктивних процесів. Найбільш плодюча частина маточного поголів'я за таких умов зазнає найінтенсивнішої елімінації. Частина особин, що залучені до розмноження, ймовірно, не справляється із зростанням енерговитрат під час вагітності або лактації і гине. Зміни щільності визначаються не відтворенням, як це буває у нормі, а смертністю, що дестабілізує динаміку і трансформує склад населення. Така взаємообумовленість смертності і народжуваності перешкоджає реалізації механізмів пристосування й поглиблює дестабілізацію. Це дало підстави Т. Марпсу та ін. назвати подібний тип розвитку подій «тактикою самогубства» (Marpes et al., 1995).

Зазначимо, що безпосередньо у природних умовах досліджувати зміни смертності різних груп особин практично неможливо. Єдиним джерелом даних для аналізу є порушення характерних співвідношень між групами живих особин, що найчастіше й використовують у популяційній демографії (Krebs, 1996). Така сукупність ефектів не сприяла стабілізації динаміки населення, а останні закономірності, наприклад, у представленості в популяції різних функціональних груп особин, були втрачені.

Якщо в таблиці 2 представлені усереднені параметри відтворення усіх трьох фонових видів, то на рисунку 1 показані коефіцієнти репродукції одного із видів – миші жовтогорлої. Саме в популяції цього виду упродовж другого етапу наявні найменші показники IR, що свідчить про рекордно низьку ефектив-

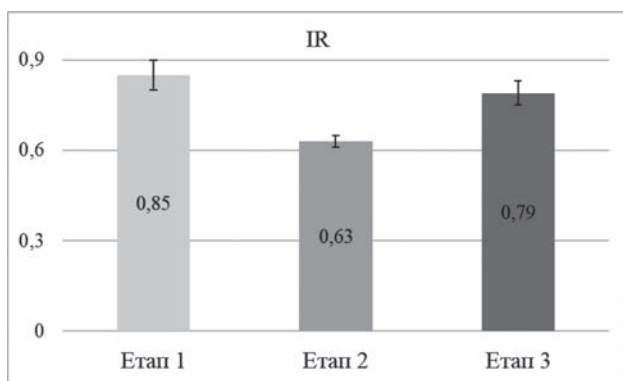


Рис. 1. Коефіцієнти репродукції в популяції миші жовтогорлої на різних етапах

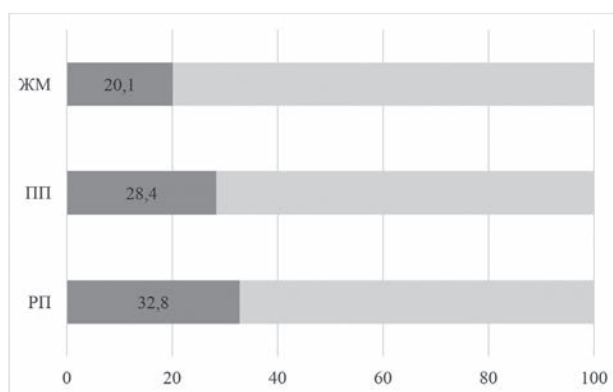


Рис. 2. Масштаби здрібнення особин (темно-сірим, у %) в популяціях різних видів: ЖМ – жовтогорла миша, ПП – підземна полівка, РП – руда полівка

ність розмноження. Все це дає підстави для висновку, що дана стратегія відновлення екологічного балансу хоча і реалізується тривалий час (мінімум одне десятиріччя), виявляється не дуже успішною.

Можна припустити, що стратегія підсилення розмноження могла виявитися адекватною у разі появи у середовищі додаткової енергії, наприклад, у вигляді збільшення кормової бази. Випадки такого розвитку подій, коли надходження додаткових ресурсів у розпорядження популяції супроводжувалося підсиленням репродукції, відомі у демографії гризунів (Adler, Levins, 1994; Bian et al., 2015; Soininen et al., 2018). Проте у наших дослідженнях приросту кормових ресурсів не зафіксовано. Усі виявлені явища відбуваються на фоні стабільної трофічної бази, але супроводжуються втратою скорельованості з її кількісними і якісними параметрами.

Визначальною ознакою третього етапу є явище здрібнення особин – зниження вгодованості (відношення маси тіла до його довжини), яке відбувається на фоні зменшення екстер'єрних показників – довжини тіла, хвоста, стопи, а також маси тіла. Здрібнення відбувається в абсолютно усіх статевих і вікових групах гризунів, а його масштаби коливаються від 20 до 33 % від колишніх значень. У різних видів і окремих статевих, вікових і функціональних групах здрібнення має свою специфіку, але загальною закономірністю є його максимальне вираження серед самок, причому старших вікових груп (Myakushko, 2021). Не менш важливим, на наш погляд, є факт констатації здрібнення у групі ювенільних тварин. На жаль, відсутність точних даних про вік тварин виключає можливість встановити механізм здрібнення, проте логіка підказує, що існує два варіанти або їх комбінація – тварини вже народжуються з меншими розмірно-масовими показниками або повільніше ростуть і набирають масу тіла (Myakushko, 2021).

Наявні дані дають підстав реконструювати процеси, що відбуваються у популяціях, наступним чином. По-перше, у результаті смертності із популяції випадають найкрупніші особини і самки, що розмножуються, з їх найбільшими енергетичними потребами, по-друге, повільніше відбувається ріст і досягнення певного рівня вгодованості. У кінцевому результаті зменшення екстер'єрних параметрів особин зменшує їх питомі енергетичні потреби і дає можливість краще пережити несприятливі умови. З цих позицій, здрібнення своїх елементів слід розглядати у якості специфічної популяційної стратегії щодо підтримання екологічного балансу. Крім зменшення енергетичних потреб, не менш важливим наслідком нової стратегії є уповільнення розмноження, що було детально досліджено в популяції підземної полівки (Myakushko, 2023).

Підсумовуючи наведене, підкреслимо, що період наших досліджень охопив послідовну зміну стратегій популяцій гризунів. Популяції здійснюють різні спроби відновити баланс саме тому, що попередні варіанти виявляються не дуже ефективними. Антропогенний вплив є неспецифічним для популяцій тварин, у процесі еволюції такі прецеденти були відсутні, тому попередні популяційні «наробки» не спрацьовують. Перебір відомих способів реагування, наприклад, приведення своєї щільності до різко зміненої ємності середовища, регуляція напруженості відтворення, не дали можливості досягти відновлення балансу. Довелося застосовувати доволі радикальні заходи – зменшувати сумарні енергетичні потреби популяцій шляхом здрібнення її елементів (індивідів).

Підсумовуючи наведене, підкреслимо, що період наших досліджень охопив послідовну зміну стратегій популяцій гризунів. Популяції здійснюють різні спроби відновити баланс саме тому, що попередні варіанти виявляються не дуже ефективними. Антропогенний вплив є неспецифічним для популяцій тварин, у процесі еволюції такі прецеденти були відсутні, тому попередні популяційні «наробки» не спрацьовують. Перебір відомих способів реагування, наприклад, приведення своєї щільності до різко зміненої ємності середовища, регуляція напруженості відтворення, не дали можливості досягти відновлення балансу. Довелося застосовувати доволі радикальні заходи – зменшувати сумарні енергетичні потреби популяцій шляхом здрібнення її елементів (індивідів).

Головні висновки. Довготривалі спостереження за популяціями гризунів дали можливість виокремити декілька етапів реагування на зміну якості середовища в результаті антропогенного пресу. Кожен етап демонструє свою специфічну стратегію популяцій щодо відновлення балансових відношень із середовищем. На початковому етапі (I) відбувається дестабілізація динаміки населення, яку слід розглядати як побічний наслідок спроб привести свою чисельність (щільність) у відповідність

до зміненої ємності середовища. У подальшому (етап II) відбувається суттєве підсилення інтенсивності розмноження, головною причиною чого є необхідність компенсації збільшеної смертності. Формується «замкнене коло», у якому смертність і відтворення виступають взаємообумовленими процесами. Реалізація такої стратегії не супроводжується відновленням втрачених корелятивних зв'язків з трофічними ресурсами, наявність яких можна розглядати як критерій збалансованості відношень із середовищем. На кінцевому етапі (III), якій триває принаймні два десятиріччя, відбувається чергова зміна стратегії популяцій, що виявляється у явищі здрібнення. Останнє сприяє скороченню енерге-

тичних витрат як окремих індивідів, так і популяції в цілому. Мінімізація витрат на підтримання власної біомаси, пригнічення або відмова від розмноження (принаймні окремих особин) дає можливість збільшувати частку енергії, яка забезпечує виживання.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати дослідження сприяють поглибленню уявлень про специфіку реагування біосистем популяційного рівня на зміни середовища в результаті антропогенного пресу. Вивчення специфіки реакцій популяцій є важливим як для розуміння функціонування біосистем, їх адаптивних можливостей і механізмів, так і для практичної діяльності у галузі охорони природи і біорізноманіття.

Література

1. Previtali M.A., Lehmer E.M., Pearce-Duvel J.M.C., Jones J.D., Clay C.A., Wood B.A., Ely P.W., Laverty S.M., Dearing M.D. Roles of human disturbance, precipitation, and a pathogen on the survival and reproductive probabilities of deer mice. *Ecology*. 2010. V. 91(2). P. 582–592. doi: 10.1890/08-2308.1.
2. Xinru W., Chuan Y., Zhenyu W., Zhibin Z. Sustained population decline of rodents is linked to accelerated climate warming and human disturbance. *BMC Ecology and Evolution*. 2022. V. 22 (102). P. 1–12. doi: 10.1186/s12862-022-02056-z.
3. Albon S.D., Irvine R.J., Halvorsen O., Langvatn R., Loe L.E., Ropstad E., Veiberg V., van der Wal R., Bjørkvoll E.M., Duff E.I., Hansen B.B., Lee A.M., Tveraa T., Stien A. Contrasting effects of summer and winter warming on body mass explain population dynamics in a food-limited arctic herbivore. *Glob. Chang. Biol.* 2017. V. 23 (4). P. 1374–1389. doi: 10.1111/gcb.13435.
4. Jurišić A., Čupina A.I., Kavran M., Potkonjak A., Ivanović I., Bjelić-Čabrilo O., Meseldžija M., Dudić M., Poljaković-Pajnik L., Vasić V. Surveillance strategies of rodents in agroecosystems, forestry and urban environments. *Sustainability*. 2022. V. 14 (15). 9233. doi: 10.3390/su14159233.
5. Gockel J., Ruf T. Alternative seasonal reproductive strategies in wild rodent populations. *Journal of Mammalogy*. 2001. V. 82, P. 1034–1046. doi: 10.1644/1545-1542(2001)082<1034:ASRSIW>2.0.CO;2.
6. Stenseth N.Chr., Ugland K.I. On the evolution of demographic strategies in populations with equilibrium and cyclic densities. *Mathematical Biosciences*. 1985. V. 74. I. 1. P. 89–109. doi: 10.1016/0025-5564(85)90026-4.
7. Mappes T., Koivula M., Koskela E., Oksanen T.A., Savolainen T., Sinervo B. Frequency and density-dependent selection on life-history strategies – a field experiment. *PLoS ONE*. 2008. V. 3 (2). e1687. doi: 10.1371/journal.pone.0001687.
8. Vadell M.V., Villafañe Gómez I.E., Cavia R. Are life-history strategies of Norway rats (*Rattus norvegicus*) and house mice (*Mus musculus*) dependent on environmental characteristics? *Wildlife Research*. 2014. V. 41. P. 172–184. doi: 10.1071/WR14005.
9. Kraus C., Thomson D.L., Künkele J., Trillmich F. Living slow and dying young? Life-history strategy and age-specific survival rates in a precocial small mammal. *Journal of Animal Ecology*. 2005. V. 74. P. 171–180. doi: 10.1111/j.1365-2656.2004.00910.x.
10. Batzli G.O. 2022. Reproduction, relative abundance, and variability in North American arvicoline rodent populations. *Therya*. 2022. V. 13 (1). P. 21–32. doi: 10.12933/therya-22-1182.
11. Орлов О.О. Мета, завдання і методи радіоекологічних досліджень у природних заповідниках України, які зазнали радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи. *Заповідна справа в Україні*. 1998. № 4 (2). С. 65–68.
12. Загороднюк І., Харчук С. Список ссавців України 2020: доповнення та уточнення. *Theriologia Ukrainica*. 2020. Т. 20. С. 10–28. doi: 10.15407/TU2004.
13. Myakushko S. The phenomenon of the shrinking size of bank vole (*Myodes glareolus*) in an anthropogenic environment (experience of 50 years of observations). *Biosystems Diversity*. 2021. V. 29. № 3. P. 211–216. doi: 10.15421/012126.
14. Мякушко С.А. Здрібнення особин як стратегія популяцій в антропогенних умовах (досвід 50-річного вивчення популяцій гризунів). *Theriologia Ukrainica*. 2021. Т. 22. С. 133–143. doi: 10.15407/TU2214.
15. Мякушко С.А. Багаторічна динаміка популяцій гризунів як критерій стану середовища. *Вісник Львівського університету. Сер. біол.* 2002. Т. 30. С. 30–34.
16. Mappes T., Koskela E., Ylönen H. Reproductive costs and litter size in the bank vole. *Proc. Roy. Soc. London. Ser. B*. 1995. V. 261. P. 19–24. doi: 10.1098/rspb.1995.0111.
17. Krebs C. Population cycles revisited. *Journal of Mammalogy*. 1996. V. 77 (1). P. 8–24. doi: 10.2307/1382705.
18. Adler G.H., Levins R. The island syndrome in rodent populations. *The Quarterly Review of Biology*. 1994. V. 69. P. 473–490. doi: 10.1086/418744.
19. Bian J.-H., Du S.-Y., Wu Y., Cao Y.-F., Nie X.-H., He H., You Z.-B. Maternal effects and population regulation: maternal density-induced reproduction suppression impairs offspring capacity in response to immediate environment in root voles *Microtus oeconomus*. *Journal of Animal Ecology*. 2015. V. 84. P. 326–336. doi: 10.1111/1365-2656.12307.
20. Soininen E.M., Henden J.A., Ravolaine, V.T., Yoccoz N.G., Bråthen K.A., Killengreen S.T., Ims R.A. Transferability of biotic interactions: Temporal consistency of arctic plant-rodent relationships is poor. *Ecology and evolution*. 2018. V. 8 (19). P. 9697–9711. doi: 10.1002/ece3.4399.
21. Мякушко С.А. Пристосувальні реакції популяції підземної полівки (*Microtus subterraneus*) до антропогенних змін середовища. *Екологічні науки*. 2023. № 1 (46). С. 125–131. doi: 10.32846/2306-9716/2023.eco.1-46.21.

УДК 581.9:633.2

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.2.13>

ФЛОРИСТИЧНЕ РІЗНОМАНІТТЯ ЛУЧНИХ ФІТОЦЕНОЗІВ СТРИЙСЬКОГО РАЙОНУ (СМТ. ГНІЗДИЧІВ)

Павлишак Я.Я.¹, Даньків В.Я.²¹Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка
вул. Шевченка, 23, 82100, м. Дрогобич²Інститут сільського господарства Карпатського регіону
Національної академії аграрних наук України
вул. Грушевського, 5, 81115, с. Оброшине
pavlyshak2210@ukr.net, victoriya2206@ukr.net

Стабільність і продуктивність лучних фітоценозів у багатьох випадках залежать від їх флористичного багатства. Відомо, чим багатше видами рослинне угруповання, тим воно стабільніше. Але під впливом сильних антропогенних навантажень лучна флора суттєво збіднюється та трансформується.

У статті наводяться результати дослідження флористичного різноманіття лучних фітоценозів околиць смт. Гніздиців Стрийського району. Встановлено систематичний, біоморфологічний, екологічний та географічний аналіз флори.

Конспект досліджуваної флори нараховує 89 видів, що належать до 80 родів, 29 родин та 2 відділів. З'ясовано спектр життєвих форм для зазначених видів. Проаналізовано життєві форми рослин за характером розташування бруньок відновлення щодо поверхні землі та снігового покриву. Проведено розподіл видів відповідно до їх спектрів за відношенням до водного режиму, освітлення та родючості ґрунту. Проаналізовано головні показники систематичної структури дослідженої флори: кількісний склад основних таксономічних одиниць та співвідношення між ними, видову насиченість спектрів провідних родин і родів.

Співвідношення великих таксономічних груп показує, що два види (2 %) належить до відділу *Equisetophyta*, а всі решта видів належать до відділу *Magnoliophyta*, із них 70 видів (78,6 %) є представниками класу *Magnoliopsida* і 17 видів (19,1 %) відносяться до класу *Liliopsida*. Провідне місце у спектрі флори займає родина *Asteraceae* 14,6 %. За життєвими формами переважають гемікриптофіти – 66,3 %. Встановлено, що за походженням переважають євразійські види рослин 24,7 %. Провідне місце у флорі за відношенням до вологості посідають види мезофітної групи 53,5 %, за вимогливістю до світла переважають геліофіти 57,3 %, за відношенням до родючості ґрунту – мезотрофи 44,7 %. Найбільшу частку становлять рослини з рясністю *Sol* (28,1 %), *Sp* (23,6 %), *Cop3* (19,1 %), *Cop2* (16,9 %). *Ключові слова*: луки, вид, родина, таксономічний склад, маршрутний метод дослідження.

Floristic diversity of meadow phytocenoses of Stryi district (Hnizdychiv village). Pavlyshak Ya., Dankiv V.

Stability and productivity of meadow phytocenoses in many cases depend on their floristic wealth. It is known that the richer in plant species grouping, the more stable it is. But under the influence of strong anthropogenic loads, the meadow flora is significantly impoverished and transformed.

The article presents the results of a study of the floristic diversity of meadow phytocenoses in the vicinity of the village Hnizdychiv of Stryi district. Established the systematic, biomorphological, ecological and geographical analysis flora. Floristic list includes 89 species belonging to 80 genera, 29 families and 2 divisions.

The spectrum of life forms for the marked species was determined. The key role of the different plant life forms by the type of root systems and position of revival buds about the blanket of snow in restore vegetation of grasslands were defined. The distribution of species has been carried out according to their spectra in relation to water regime and lighting and soil fertility. Key indicators of taxonomic structure of studied flora were analyzed: the quantitative composition of the major taxonomic species richness of spectra of the leading families and genera. The ratio of large taxonomic groups shows that two species (2 %) belongs to the *Equisetophyta* division, and all other species belong to the *Magnoliophyta* division, of which 70 species (78,6 %) are from the *Magnoliopsida* class and 17 species (19,1 %) belong to the class *Liliopsida*. The leading place in the spectrum of flora is occupied by the family *Asteraceae* 14,6 %. By life forms, hemicryptophytes predominate – 66,3 %. It is established that according to the origin is dominated Eurasian plant species 24,7 %. The leading place in the flora in relation to moisture is occupied by species of mesophytic group 53,5 %, in terms of light requirements heliophytes 57,3 %, dominated mesotrophs 44,7 %, dominated in relation to soil fertility. The largest share is represented by plants with an abundance of *Sol* (28,1 %), *Sp* (23,6 %), *Cop3* (19,1 %), *Cop2* (16,9 %). *Key words*: floodplain meadows, species, family, taxonomic composition, route research method.

Постановка проблеми. Луки в Україні є одними з найпоширеніших за площами типом рослинності і третіми за видовим багатством та відіграють важливу роль в житті людини, оскільки виконують господарську, екосистемну, соціальну функцію тощо. В Україні на луках зареєстровано близько 500 видів вищих рослин [10]. Луки окрім високоякісного корму, створюють у населених пунктах сприятливий мікроклімат, очища-

ючи повітря від викидів транспорту, послаблюючи звукові хвилі, попереджують вітрову, водну ерозію, затримують опади та виступають природним фільтратором води, є місцем рекреації [4; 12]. Ідеальні умови мають луки для розмаїття місць проживання птахів та безхребетних. Але під впливом сильних антропогенних навантажень, особливо часте випасання худоби, лучна рослинність сильно збіднюється та трансформується.

Актуальність дослідження. Збереження природних лучних фітоценозів є важливим, для отримання якісного сіна, цінного біорізноманіття, підтримання екологічного балансу територій тощо. Тому вивчення, охорона, раціональне використання та постійний моніторинг лучних фітоценозів набувають особливої актуальності.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Проведене дослідження є складовою частиною наукових досліджень теми «Моніторинг стану природних, техногенно змінених та урбанізованих екосистем Передкарпаття», науково-дослідної роботи кафедри біології та хімії ДДПУ імені Івана Франка. Результати роботи є основою практичних заходів для збереження природної фіторізноманітності, відновлення та збереження рослинних угруповань.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз видового складу рослинності лук басейну річки Південний Буг наведений у праці Князюк О.В. [8], екоморфичний аналіз лучних фітоценозів Лівобережного Лісостепу України висвітлено в працях Орлової Л.Д. [9]. Детально описані еколого-ценотичні особливості формування лучних фітоценозів Боговіном А.В. із співавторами [2], Якубенком Б.С. опубліковані результати досліджень з екологічної оцінки флори природних кормових угідь [12]. Куземко А.А. охарактеризувала лучну рослинність України [6]. Синантропні зміни лучної рослинності висвітлено у працях Балашова Л.С. [1].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Метою роботи є дослідження флористичного різноманіття, таксономічної структури флори лучних фітоценозів смт. Гніздичів Стрийського району.

Новизна. Встановлено та систематизовано дані про різноманіття лучних фітоценозів Стрийського району. Складений конспект видів флори на основі власних даних зібраних під час флористичних досліджень, які проводилися маршрутно-експедиційним методом та методом пробних ділянок впродовж квітня-жовтня 2022–2023 рр. Номенклатура таксонів подана за С.Л. Мосякіним та М.М. Федорончуком [14], життєві форми за К. Раункієром [13] та І.Г. Серебряковим [11], рясність за шкалою Друде [5].

Виклад основного матеріалу. В результаті дослідження виявлено, що у складі флори дослідженої території смт. Гніздичів Стрийського району нараховується 89 видів, які відносяться до 80 родів, 29 родин та 2 відділів *Magnoliophyta* та *Equisetophyta*. Відділ *Equisetophyta* представлений двома видами, що становить 2,2 %. Серед виявлених покритонасінних рослин, *Magnoliopsida* переважають над *Liliopsida* у співвідношенні 1:4,1. Представників дводольних у відсотковому виразі було 78,6 %, а однодольних – 19,1%. Клас *Liliopsida* представлений 4 родинами, а клас *Magnoliopsida* нараховує 24 родини, це свідчить про те, що лучна флора проявляє риси характерні для Голарктичних флор.

Як свідчать дані рис.1 дослідження рясності видів (за шкалою Друде) у лучному фітоценозі показали, що більшість видів зустрічається поодинокіно 28,1 % (*Lythrum salicaria* L., *Caltha palustris* L., *Phleum pratense* L., *Medicago sativa* L.) та зрідка 23,6 % (*Galium palustre* L., *Centaurium minus* Moench, *Lotus corniculatus* L., *Scirpus lacustris* L.). Дуже рясно 19,1 % (*Achillea millefolium* L., *Alchemilla glabra* L., *Chamomilla recutita* L., *Urtica dioica* L.), рясно 16,9 % (*Galium aparine* L., *Hypericum perforatum* L., *Crepis tectorum* L., *Cichorium intybus* L.), адосить рясно 10,1 % (*Coronaria flos-cuculi* L., *Equisetum palustris* L., *Rumex acetosa* L., *Capsela bursa-pastoris* Medic.) і тільки 2,2 % зникаються надземними частинами (*Trifolium repens* L., *Trifolium pratense* L.).

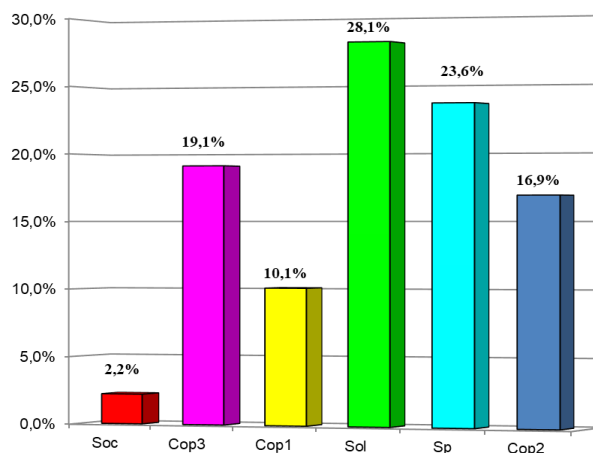


Рис. 1. Рясність флори Стрийського району

У складі рослинності лук найбільше представників родини *Asteraceae* (14,6 %). Друге місце займає родина *Poaceae* (12,3 %), третє *Fabaceae* (10,1 %). Провідні родини, що займають у спектрі флори три перших місця, складають 37,0 %, від усього числа видів, що зростають на луках. Чисельне представництво родин *Rosaceae* та *Lamiaceae* (5,6 %). Значну питому вагу мають представники родини *Cyperaceae*, *Brassicaceae*, *Apiaceae*, *Scrophulariaceae* та *Caryophyllaceae* (4,5 %), *Polygonaceae* та *Ranunculaceae* (3,4 %). Одно-двома видами представлені 17 родин, що складає відповідно 1,1 та 2,2 %.

Одним з визначальних факторів росту і розвитку флори є зволоження. Рослини адаптувалися до водного режиму певного місцезростання. У процесі еволюції рослини виробили специфічні адаптаційні механізми для надходження води та її використання упродовж онтогенезу [4]. Провідне місце займають представники мезофітної групи, яка включає 53,5 % (*Heracleum sibiricum* L., *Lathyrus pratensis* L., *Lupinus perenne* L., *Leontodon autumnalis* L.). Ксерофітів із ксеромезофітами серед виявлених лучних видів було 33,2 % (*Prunella vulgaris* L., *Galeopsis ladanul* L., *Poa pratensis* L., *Medicago sativa* L. та ін.). Найменше серед усіх гігроморф виявилось гігрофітів разом із

гігромезофітами 13,3 % (*Mentha arvensis* L., *Scirpus lacustris* L., *Potentilla anserina* L. тощо) (рис. 2).

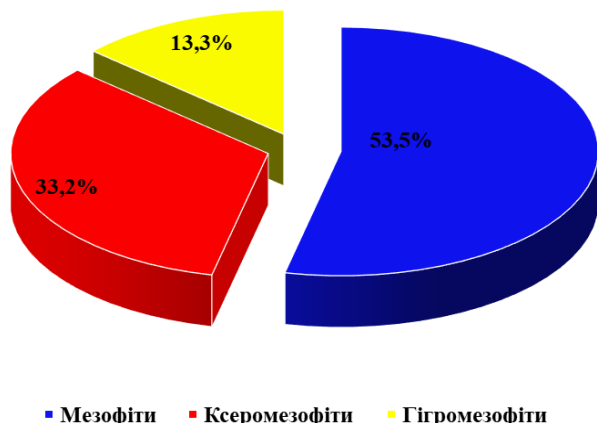


Рис. 2. Розподіл лучних рослин за основними гігроморфами

Світловий режим має важливу роль для забезпечення життєвих функцій рослин. Світло впливає на фотосинтез, активність метаболічних процесів, а також виступає визначальним фактором морфогенезу рослин [5]. Найбільшою чисельністю представлені геліофіти (57,3 %). Це: *Rumex confertus* Willd., *Viola tricolor* L., *Lupinus perenne* L., *Melilotus albus* Medic. тощо. Далі йдуть сціогеліофіти 23,6 % (*Agrimonia eupatoria* L., *Medicago sativa* L., *Artemisia vulgaris* L., *Mentha arvensis* L. тощо). Геліосціофіти займають третю позицію 19,1 %. Сюди відносяться – *Glechoma hederacea* L., *Lysimachia vulgaris* L., *Hypericum perforatum* L. та ін.

Розвиток рослин та їх поширення тісно пов'язані з родючістю ґрунту. Мезотрофи виявилися пануючою групою у лучних фітоценозах і становлять 44,7 % (*Cichorium intybus* L., *Agrimonia eupatoria* L., *Rhinanthus major* L., *Medicago falcata* L. тощо). Евтрофні види зростають на ґрунтах багатих за вмістом мінеральних речовин. Частка таких видів на лучних фітоценозах склала 39,8 %. До них відносяться – *Ranunculus repens* L., *Prunella vulgaris* L., *Agrostis canina* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop тощо. Такі види приурочені до знижених ділянок, заплави річки. Найменше у фітоценозі було виявлено оліготрофів -15,5 % усіх видів (*Melilotus albus* Medic, *Poa pratensis* L., *Rumex acetosa* L., *Rumex confertus* Willd) (рис. 3).

Важливою характеристикою флори лук є співвідношення в їх складі видів рослин певних життєвих форм. За біологічними типами Раункієра [13] у флорі луків домінує група гемікриптофітів – 66,3 % (*Linaria vulgaris* Mill., *Campanula patula* L., *Tussilago farfara* L., *Achillea millefolium* L. та ін.). Слід зазначити, що ця життєва форма характеризується витривалістю та життєвістю представників. Помітну роль відіграють терофіти, що становлять 23,6 % від загальної кількості видів (*Viola tricolor* L., *Capsela bursa-pastoris* Medic, *Polygonatum aviculare* L. тощо). Велика кіль-

кість терофітів у фітоценозі приводить до деградації лук та пасовищ. Послаблюється ценотична стійкість фітоценозу до пасовищного використання та знижує продуктивність кормових угідь, погіршує кормову якість сіна тощо. Найменшою кількістю представлена група криптофітів та хамефітів, частка яких становить відповідно 6,7 % та 3,4 %. Група криптофітів представлена: *Lathyrus pratensis* L., *Rumex confertus* Willd, *Caltha palustris* L. тощо і хамефіти: *Saponaria officinalis* L., *Cerastium holosteoides* Fril, *Veronica chamaedrys* L. (рис. 4).

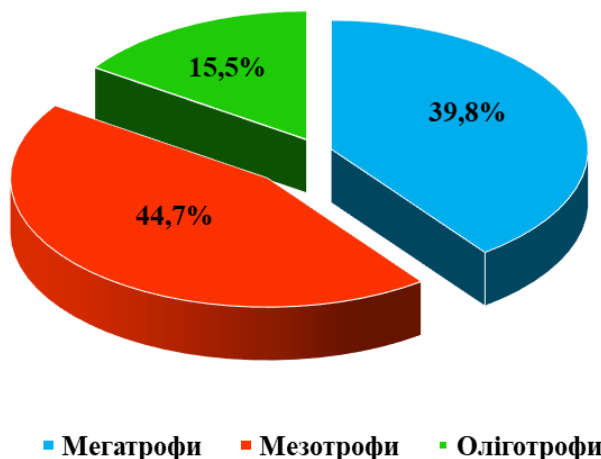


Рис. 3. Розподіл лучних рослин за основними трофоморфами

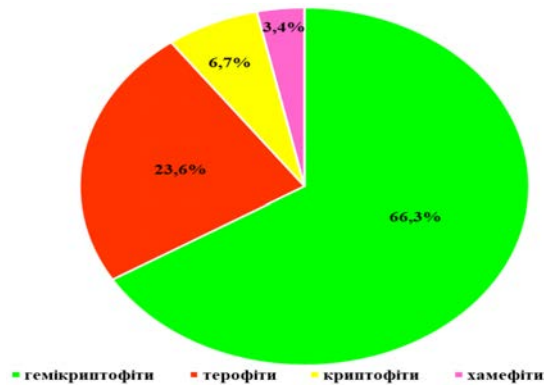


Рис. 4. Спектр життєвих форм за К. Раункієром

Однією з провідних характеристик флори є її географічний склад, який показує співвідношення видів із різними типами ареалів походження. Найбільша кількість представників має євразійське походження 24,7 % – *Agrostis canina* L., *Vicia cracca* L., *Stellaria graminea* L., *Rumex acetosa* L. тощо. Другу позицію за походженням займає європейська група 21,3 %. Це: *Bromopsis inermis* (Loyss.), *Cirsium arvense* (L.) Scop, *Viola tricolor* L., *Calamagrostis epigeios* L. та ін. Голарктична група становить 19,1 % (*Sanguisorba officinalis* L., *Artemisia vulgaris* L., *Trifolium repens* L., *Lysimachia vulgaris* L. та ін.). Середземноморська група налічує 12,3 % видів (*Tussilago farfara* L.,

Galeopsis ladanul L., *Rhinanthus major* L. тощо). Середземноморсько-ірано-туранського походження 10,1 % (*Myosotis palustris* L., *Veronica chamaedrys* L.), ірано-туранського (*Setaria glauca* L., *Lamium album* L., *Lepidium rudemale* L.) та північноамериканського походження (*Juncus acutiflorus* Ehrh. Ex Hoffm, *Lupinus perenne* L., *Euphorbia cyparissias* L.) по 4,5 %. Найменш представлена азійська група, що становить 3,4 %.

Головні висновки. Таким чином, у результаті проведених досліджень лучних фітоценозів Стрийського району (сmt. Гніздичів) виявлено зростання 89 видів, які належать до 29 родин. Серед виявлених покритонасінних рослин, *Magnoliopsida* переважають над *Liliopsida* у співвідношенні 1:4,1. Найбільшим видовим різноманіттям характеризується родина *Asteraceae*.

На обстежених луках за біоморфами переважають гемікриптофіти. За шкалою чисельності 51,7 % видів зростає поодинокі (*Sol*) і розсіяно (*Sp*) та 48,3 % характеризуються як дуже рясні (*Cop 3*), рясні (*Cop 2*) і досить рясні (*Cop 1*). У гігроспектрі мають перевагу мезофітні види – 53,5 %, за геліоморфою переважну більшість становлять геліофіти – 57,3 %, за вимогливістю до ґрунту представники групи мезотрофів – 44,7 %. Найбільша кількість представників має євразійське походження 24,7 %.

Перспективи використання результатів дослідження. Дані досліджень є основою практичних заходів для збереження природної фіторізноманітності, відновлення та збереження рослинних угруповань.

Література

1. Балашов Л. С. Синантропні зміни лучної рослинності. Синантропізація рослинного покриву України. Тези наук. доповідей (Переяслав-Хмельницький. 27-28 квітня, 2006). Переяслав-Хмельницький, 2006. С. 12–15.
2. Боговін А.В., Травлєєв А.П., Білова Н.А., Дудник С.В. Еколого-ценотичні особливості формування спонтанно відновлювальних трав'янистих біогеоценозів. *Екологія та ноосферологія*. 2005. Т. 1. № 1–2. С. 13–28.
3. Боговін А. В., Слюсар І.Т., Царенко М.К. Трав'янисті біогеоценози, їхнє поліпшення та раціональне використання. К.: *Аграрна наука*, 2005. 360 с.
4. Векленко Ю.А., Петриченко В.Ф., Корнійчук О.В. Сталий розвиток лукопасовищного кормовиробництва в умовах змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 6. С. 25–32.
5. Друдє О. Екологія рослин: підручник. К. : «Фіона-К». 2003. 208 с.
6. Куземко А.А. Рослинність України. Лучна рослинність. Клас *Molinio Arrhenatherete*. К.: Фітосоціоцентр, 2009. 376 с.
7. Куземко А. А. Лучні угруповання як середовища існування рідкісних видів. *Жива Україна*. 2005. № 15–16. С. 13–14.
8. Князюк О.В. Видовий склад рослинності луків басейну річки Південний Буг. *Агробіологія*. № 10. 2013. С. 130–134.
9. Орлова Л.Д. Біоекологічні особливості лучних фітоценозів Лівобережного Лісостепу України (продуктивність та раціональне використання). Полтава : ПНПУ імені В. Г. Короленка, 2011. 278 с.
10. Природно-ресурсний аспект розвитку України / за ред. К.М. Коржнєва. Київ: Academia, 2001. 112 с.
11. Серебряков І.Г., Чернова О.М. Життєві форми рослин. К. : Лібра, 1986. С. 94–103.
12. Якубенко Б.Є. Флористичний аналіз природних кормових угідь Лісостепу України. *Науковий вісник НАУ*. Київ, 2002. Вип. 50. С. 55–65.
13. Raunkiaer C. The life forms of plants and statistical geography. Oxford: Univ. Press, 1934. 632 p.
14. Mosyakin S. L. Vascular Plants of Ukraine a nomenclatural checklist. К.: M.G. Kholodny Institute Botany, 1999. 345 p.

АНАЛІЗ СТІЙКОСТІ ДЕРЕВНИХ ПОРІД РОСЛИН У МІСЬКИХ УМОВАХ

Пацева І.Г.¹, Корбут М.Б.¹, Алпатова О.М.¹, Пацев І.С.²

¹Державний університет «Житомирська політехніка»
вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир

²Національний транспортний університет

вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, 02000, м. Київ

rig@ztu.edu.ua, kgt_kmb@ztu.edu.ua, ke_aom@ztu.edu.ua

У статті розглянуто особливості деревних видів рослин, їх адаптацію до дії стресових абіотичних факторів. Метою цієї статті є аналіз стійкості дерев і чагарників, що використовуються для формування захисних лісосмуг, до забруднення повітря. Урбанізоване середовище негативно впливає на життєдіяльність рослин і відоме своєю оздоровчим та декоративним завданням. Такі умови не завдають візуальної шкоди, але прискорюють і скорочують життєвий цикл, викликаючи передчасне ослаблення, старіння і втрату видового різноманіття в посадках. Проаналізовано стійкість деревних порід. Отримані результати були узагальнені і оцінені ймовірність зростання газо- і пилостійких рослин. На прикладі міста Житомира в умовах урбанізованої екосистеми. Була вивчена екологічна та оздоровча роль озеленення в умовах технічного навантаження, особливо забруднення доріг. Були визначені основні види деревних рослин, які популярні в міському озелененні. Різноманітність видів характеризується переважанням рослини роду *Tilia* L., представники якого є ефективними деревними породами з точки зору стійкості до виділення газів і пилу, поглинання SO₂ й абсорбції пилу. Однак естетичний вигляд липи на листках серцевини погіршується через загальний стан рослини через неправильну коронування і підвищеної фітопатологічної навантаження на життєдіяльність. Встановлено, що в умовах глибокої омолоджуючої обрізки знижується стійкість рослин до основних антропогенних забруднювачів, і в той же час збільшується кількість рослин, уражених хворобами і шкідниками. Встановлено, що в умовах міського озеленення ефективність використання досліджуваних видів рослин підвищується зі збільшенням віку рослини і застосуванням санітарної обрізки. Досліджувані види рослин чутливі до антропогенного стресу, і тому вони ефективні в якості індикаторів стану навколишнього середовища. Створення захисних насаджень найбільш доцільно на основі вивчення екологічної пластичності деревних видів рослин. Результати дослідження дозволяють виявити нові аспекти використання деревних видів рослин в озелененні урбанізованих територій. *Ключові слова:* газостійкість, пилостійкість, рослини, сільське господарство, зелені дахи, урбанізація, озеленення.

Analysis of the stability of woody plant species in urban areas. Patseva I., Korbut M., Alpatova O., Patsev S.

In the article consider the characteristics of woody plant species and their adaptation to abiotic stressors. The goal of this work was to analyse the resilience of trees and shrubs used to create a protected forest belt based on air pollution. The urbanised environment has a negative impact on plant life and is known for its health and ornamental purposes. Such conditions do not cause visual damage, but accelerate and shorten the life cycle, causing premature weakening, aging and loss of species diversity in plantings. The stability of tree species was analysed. The results were summarised and the probability of growth of gas- and dust-resistant plants was estimated. The example of the city of Zhytomyr in an urbanised ecosystem. The ecological and health-improving role of landscaping in the conditions of technical load, especially road pollution, was studied. The main types of woody plants that are popular in urban landscaping were identified. The diversity of species is characterised by the presence of *Tilia* L. Plants of the genus predominate, its representatives are effective tree species in terms of resistance to gas and dust emissions, SO₂ absorption and dust absorption. However, the aesthetic appearance of linden on the heartwood leaves deteriorates due to the general condition of the plant due to improper crown formation and increased phytopathological load on vital functions. It has been shown that under conditions of deep rejuvenating pruning, the resistance of plants to the main anthropogenic pollutants decreases, and at the same time, the number of plants affected by diseases and pests increases. It has been established that in urban landscaping, the efficiency of using the studied plant species increases with increasing plant age and the use of sanitary pruning. The studied plant species are sensitive to anthropogenic stress, and therefore they are effective as indicators of the state of the environment. The creation of protective plantations is most appropriate based on the study of the ecological plasticity of woody plant species. The results of the study allow us to identify new aspects of the use of woody plant species in landscaping of urban areas. *Key words:* gas resistance, dust resistance, plants, agriculture, green roofs, urbanisation, greening.

Постановка проблеми. Зміна клімату становить серйозну загрозу для сталого розвитку України через високу вуглецеву інтенсивність української економіки, збільшення кількості екстремальних погодних явищ і пов'язаних з ними ризиків для здоров'я та життєдіяльності населення, природних екосистем і секторів економіки, що зростають.

У найближчому майбутньому вона має тенденцію до зростання. Міський розвиток регіону

призводить до створення нових негативних кліматичних умов і в той же час до зниження функціонування міських насаджень. У той же час зелені насадження відіграють важливу гігієнічну роль, особливо в підтримці постійного складу повітря. Саме рослинність перетворює міські екосистеми на повноцінні екосистеми, а наявність мережі зелених насаджень у містах є необхідною умовою виживання людини.

Зелені зони мають значення для захисту від звалиць, води та вітру. Зменшуючи силу вітру за рахунок величезної фільтруючої поверхні листя, дерево сприяє осіданню частинок пилу. Повітря на зелених вулицях в 4 рази чистіше, ніж в районах без зеленого покриву. Багато дерев мають фітонцидні властивості. Наприклад, 1 гектар ялівцю може знезаразити повітря у великих містах. Волоські горіхи, тополя, сосна, ялиця звичайна і т.п. володіють дуже високими фітонцидними властивостями.

Зелені насадження відіграють особливо важливу роль у боротьбі з різними видами шуму. Шум може досягати 90–100 дБ на жвавих вулицях, але санітарний норматив впливу шуму в цьому районі не повинен перевищувати 65 дБ. Зелені насадження є ефективним бар'єром для шуму. Шумові хвилі в цьому районі, де висаджені дерева та чагарники, слабшають на 30 дБ кожні 10 м, але рідко зменшуються на відкритих просторах на такій же відстані. Стіни будинку затримують цю звукову лавину наполовину, а вікна – лише на 4/1.

Однак не всі види деревних рослин мають однакову здатність адаптуватися до постійної динаміки зростання антропогенних навантажень. Необхідно вивчити стійкість деревних порід до забруднення навколишнього середовища.

Актуальність дослідження. Значні зміни кліматичних умов, безсумнівно, пов'язані зі збільшенням частки урбанізованих територій. Деревні види рослин, які активно використовуються в ландшафтному дизайні, є потужними природними факторами для боротьби з негативними наслідками урбанізації та техногенного забруднення. У той же час міський фактор накладає величезне навантаження на життєвий цикл рослин. Це особливо гостро відчувається в умовах щільної міської забудови і постійного збільшення кількості автомобілів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В даний час дослідники працюють над розвитком штучно перетворених зелених оазисів урбанізованих територій (наприклад, значна увага була приділена вивченню ролі зелених насаджень в оптимізації зелених зон [1]). С.А. Володарець, А.С. Глухов та ін. вивчали проблему фітонцидної активності деревних рослин в урбанізованих умовах [2; 3]. Пилоутримуюча здатність ламінованих деревних плит вивчалася науковцями [4; 5].

Показано взаємозв'язок між внеском автора та важливими науковими та практичними завданнями. Основним забруднювачем атмосфери міста є автомобільний транспорт, кількість якого з кожним роком збільшується, а також різні види промисловості. Найбільш небезпечними сполуками для рослин є сірка і азот, які пошкоджують асиміляційний апарат і проявляються у вигляді різних видів некрозу і хлорозу. Крім того, вплив шкідливих речовин може проявлятися в інтенсивності життєдіяльності і зниженні продуктивності рослин, без появи зовнішніх ознак.

Вплив чужорідних речовин на стан деревних видів рослин розглянуто в роботах вітчизняних і зарубіжних дослідників: П.С. Гнатова, К.П. Више, П. Харлі [6–8].

Як зазначає Ю.Г. Приседський, пошкодження рослин забруднюючими речовинами залежить від ефективної дози і має експоненціальний характер [9].

Ми виділимо раніше нерозв'язну частину загальної проблеми, якій присвячена ця стаття. Вплив забруднюючих речовин на деревні види рослин вивчався в основному у зв'язку з дією промислових забруднюючих речовин, але основним забруднювачем навколишнього середовища в місті Житомирі є автомобільний транспорт, кількість якого постійно збільшується. Проблема забруднення повітря автомобілями в умовах щільної забудови, де будинки розташовані поблизу автомагістралей, до кінця не досліджена. У той же час брак паркувальних місць збільшує кількість транспортних засобів, що стоять на дорозі, збільшує кількість пробок й створює додаткове навантаження на зелені насадження.

Мета нашого дослідження – встановити, що шкода деревних видів рослин залежить від рівня завантаженості доріг на вулицях.

Виклад основного матеріалу. Дослідження проводилося в міській екосистемі міста Житомира, розташованій у ґрунтово-кліматичних зонах Полісся та Лісостепу: на півночі та на півдні області.

Аналіз показників ґрунтового покриву показує, що зелені насадження ростуть в основному в умовах слабо-кислою і нейтральною (рН=5,6–7,3) реакції ґрунту і низького вмісту гумусу (1,15–2,58%). Загалом міські ґрунти перенаселені (об'ємна вага становить 0,35–0,44 г/см³). Ґрунт на площах і вулицях характеризується ще більшою щільністю (об'ємна вага становить 1,63–1,83 г/см³). У міських умовах відбувається порушення накопичення, розподілу, мікробіологічного синтезу, гуміфікації та мінералізації первинної органічної речовини. Однак більшість дослідників стверджують, що для деревних порід якість ґрунтового покриву відіграє важливу роль лише в молодому віці. Зрілі форми характеризуються добре розвиненою і потужною кореневою системою, тому показники якості ґрунту грають не менш важливу роль. У середньовікових і зрілих порід дерев показники якості повітря більш важливі. В урбанізованих районах якість повітряного середовища знаходиться на низькому рівні, що в основному пов'язано зі збільшенням кількості автомобілів. Вулиці міста були розділені на 5 груп в залежності від рівня транспортного навантаження: з чистим повітрям, відносно чисті, забруднені і дуже забруднені, найбільш забрудненими вулицями є Київська і Велика Бердичівська, а також центр міста.

Метою дослідження було вивчення впливу деревної породи *Aesculus hippocastanum* L., липи дрібнолистої (*Tilia cordata*). *Acer platanoides*, це основний вид, представлений у міському озелененні урбанізованої території.

Аналіз видів пошкоджень листя основних видів деревних рослин, представлених житомирським озелененням, показав, що існують найбільш поширені види пошкоджень: некроз 15%, хлороз 18%, плямиста і крайова пігментація 7%, а також пошкодження шкідниками, особливо трутовиком 9%.

Найбільш стійкими є клен гостролистий, а кінські горіхи виявилися найменш стійкими до основних видів пошкоджень. Липа дольчата, основний вид деревних рослин в озелененні міських вулиць, показала середній рівень до стійкості основних видів уражень. Визначили той факт, що озеленення вулиць Житомира в основному представлено видами роду *Tilia* L. Це становить близько 32% від загального числа видів, і було проведено більш детальне вивчення стану представників цього роду.

Естетичний вигляд липи дрібнолистої погіршується через підвищену фітопатологічне навантаження на загальний стан і життєдіяльність рослини через неправильну обрізки. При посадці на відкритому повітрі більшість рослин перебувають у незадовільному стані: з 329 обстежених особин лише 24% дерев здорові (1–2 бали) і мають добре розвинену крону. Серед необрізаних часточкових лип на проспекті звільнення розподіл за фітосанітарним станом виглядає наступним чином: здорові та добре розвинені дерева – 76% (1–2 бали), невеликі ознаки захворювання – 18% (3–4 бали).

Некроз листя і всихання гілок найчастіше спостерігалися у неклонованих лип, що пов'язано зі збільшенням вмісту солей натрію в лунках вуличних посадок і високим антропогенним забрудненням повітря і ґрунту, уздовж прилеглих доріг, де росте прототип.

Класифікація дерев і чагарників по стійкості до атмосферного пилу ділить рослини на 3 групи: стійкі, відносно стійкі, нестабільні, виділення первинних і вторинних порід дерев для лісових зон, а також чагар-

ників. Найбільш стійкими до атмосферного диму є біла акація, в'яз, біла верба, лісова груша, тополя, ліщина, ялівець і лісова яблуня. Вони можуть стати основним компонентом захисного лісового поясу зони атмосферного задимлення. Нестійкі породи дерев: червоний дуб, шотландська сосна, кінський каштан, калина – є біологічними індикаторами атмосферного задимлення. Існує також класифікація порід дерев за ступенем пилоутримання. За ним більшу частину пилу на листках 1 м² утримують шовковиця біла – 8,1 г, плачуча верба – 8,1 г, гледичія колюча – 5,1 г, в'яз глистовий – 4,1 г, клен польовий – 3,6 м, клен – 29,2 кг і острівець високий – 24,2 кг, тополя володіє найвищою середньою відносною газопилостійкістю – 180 балів, ясен звичайний – 170, гірकोкаштан кінський і липа серцева – 100 балів відповідно.

Висновки. В ході дослідження були виявлені найбільш перспективні види деревних рослин, придатні для використання в озелененні нових міських житлових масивів.

Глибока омолоджуюча обрізка липи в Житомирській громаді негативно позначається на життєвому стані дерева, погіршує декоративний ефект, прискорює процес старіння і обов'язково скорочує тривалість життя. В цілому, липи стають менш стійкими до патогенів, що вражають ослаблені рослини, після омолоджуючої обрізки. Некрон – представник роду *Tilia* L. при вуличній посадці вони перспективні і прекрасно виконують функції щодо поліпшення і захисту рослин.

Встановлено, що в умовах м. Житомира найбільш стійкою породою є клен гостролистий. Однак цей вид характеризується великим потенціалом зростання, тому його рідко використовують в ландшафтному дизайні. Липа листоподібна, що показала середню стійкість до пошкоджень при обмеженій обрізку дерев, є перспективним видом, який повністю виконує свою захисну функцію.

Література

1. Рибак О., Пацева І. Зелені дахи як елемент децентралізованого управління дощовою водою. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2023. 2. С. 40–46. doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-2-6>
2. Volodarets S.O. Phytoncid activity in connection with the content of chlorophylls in the leaves of woody plants in an urbanized environment. *Industrial botany*. 2012. No. 12. P. 167–171.
3. Hlukhov A.Z., Volodarets S.O. Phytoncidic activity of woody plants in an urbanized environment (exemplified by the city of Donetsk). *The news of Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences*. 2013. Vol. 15. No. 3 (7). P. 2122–2125.
4. Ільченко А. В., Коцюба І. Г. Використання програмного забезпечення з метою оптимізації системи поводження з твердими побутовими відходами міста Житомира. *Екологічна безпека*. 2011. № 1. С. 13–16.
5. Nemchenko M.V. Dust-holding capacity of the leaves of *Catalpa bignonioides* Walt. and *Catalpa speciosa* Ward trees. in urban technogenic growth conditions. *Zaporizhzhia: ZNU*, 2008. Issue 13. No. 2. P. 29–39.
6. Stelmakhova T.F. Creating sustainable green spaces in conditions of atmospheric pollution and high recreational load. *Forestry and agroforestry: Sat. Sciences*. Kharkiv: Ukrmilka, 2000. Issue 112. P. 232–237.
7. Hnativ P.S. Functional diagnostics in dendroecology. Lviv: Kamula, 2014. 336 p.
8. Wyche K.P., Ryan A.C., Hewitt C.N. etc. Emissions of biogenic volatile organic compounds and subsequent photochemical production of secondary organic aerosol in mesocosm studies of temperate and tropical plant species. *Atmos. Chem. Phys.* 2014. № 14. P. 12781–12801.
9. Harley P., Eller A., Guenther A., Monson R.K. Observations and models of emissions of volatile terpenoid compounds from needles of ponderosa pine trees growing in situ: control by light, temperature and stomatal conductance. *Oecologia*. 2014. № 176. P. 35–55.
10. Prysedskyi Yu.H. Characteristics of resistance of woody and shrubby plants to air pollution with sulfur, fluorine and nitrogen compound. *Bulletin of V. N. Karazin Kharkiv national University. Series: "Biology"*. 2014. No. 21. P. 162–167.
11. Пацева І., Алпатово О., Рибак О., Циганенко-Дзюбенко І., Медвідь О. Озеленення даху як захід по адаптації зміни клімату на прикладі м. Житомир. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2022. Вип. 3. С. 67–74.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ АНТИОЖЕЛЕДНИХ РЕАГЕНТІВ НА ІНТЕНСИВНІСТЬ РОСТУ РОСЛИН

Петруша Ю.Ю.¹, Євтушенко Ю.С.², Рильський О.Ф.³

¹Національний університет «Запорізька політехніка»

вул. Жуковського, 64, 69063, м. Запоріжжя

²ТОВ «СП ЮКОЙЛ»

вул. Базова, 3А, 69014, м. Запоріжжя

³Запорізький національний університет

вул. Жуковського, 66, 69600, м. Запоріжжя

yulia.znu@ukr.net, arjent475@gmail.com, Rylsky@ukr.net

Вивчено вплив найпоширеніших в Україні протиожеледних реагентів (галіт, бішофіт, кальцій хлорид, амоній ацетат у концентрації 1%, 5% та 10%) на інтенсивність росту рослин на паростках р. *Cucumis sp.* Визначено рН досліджуваних розчинів. Найменше значення показника спостерігається в розчині амоній ацетату. В результаті дослідження встановлено, що в розчині CaCl₂ схожість насіння становить 90% за 10%-вої концентрації реагенту. У 3-х інших зразках схожість закономірно зменшується зі збільшенням концентрації, при цьому найнижча схожість насіння спостерігається у зразку галіту. Найбільшою енергією проростання насіння огірка володіє у зразках кальцій хлориду, а також бішофіту, який у 1%-вій концентрації діє як стимулятор. Найнижчий показник енергії проростання спостерігається у 5%-вому розчині натрій хлориду та амоній ацетату. Найдовші головні корені паростки огірків мають у зразку бішофіту. В інших зразках ріст коріння закономірно зменшується зі збільшенням концентрації розчинів протиожеледних засобів. Аналогічні результати спостерігаються при вимірюванні довжини гіпокотилу. Найбільшу кількість бічних корінців за 1%-вої концентрації реагентів мають паростки у розчині бішофіту. При збільшенні концентрації до 5% спостерігається різке підвищення показника у зразках кальцій хлориду та натрій хлориду, але при подальшому збільшенні концентрації розчинів показники рівномірно йдуть на спад. У розчині амоній ацетату відзначається найменша кількість бічних коренів серед усіх зразків.

Отримані результати показали, що серед досліджуваних протиожеледних реагентів амоній ацетат найтоксичніше впливає на проростання насіння. Найкращі показники інтенсивності росту спостерігалися у 1%-вому розчині бішофіту. У концентраціях 5% та 10% всі досліджувані протиожеледні засоби мають інгібувальний вплив на рослини. *Ключові слова:* протиожеледні засоби, насіння, схожість, енергія проростання, головний корінь, гіпокотиль.

Study of the influence of anti-ice reagents on the intensity of plant growth. Petrusha Yu., Yevtushenko Yu., Rylskyi O.

The influence of the most common anti-icing reagents in Ukraine (halite, bischofite, calcium chloride, ammonium acetate in concentrations of 1%, 5% and 10%) on the intensity of plant growth on the sprouts of *Cucumis sp.* was studied. The pH of the investigated solutions was determined. The lowest value of the indicator is observed in the solution of ammonium acetate. It was found that seed germination in CaCl₂ solution is 90% at 10% reagent concentration. In the other three samples, germination naturally decreases with increasing concentration, while the lowest seed germination is observed in the halite sample. Cucumber seeds have the greatest germination energy in samples of calcium chloride, as well as bischofite, which acts as a stimulator in a one percent concentration. The lowest rate of germination energy is observed in a 5% solution of sodium chloride and ammonium acetate. Cucumber sprouts have the longest taproots in the bischofite specimen. In other samples, root growth naturally decreases with an increase in the concentration of anti-icing solutions. Similar results are observed when measuring the length of the hypocotyl. Sprouts have the largest number of lateral roots at a 1% concentration of bischofite solution. A sharp increase of the indicator in samples of calcium chloride and sodium chloride is observed when their concentration increases to 5%. The indicators steadily decline with further increase of the solutions' concentration. The smallest number of lateral roots among all samples is noted in the solution of ammonium acetate.

The obtained results showed that ammonium acetate has the most toxic effect on seed germination among the studied anti-icing reagents. The best indicators of growth intensity were observed in a 1% bischofite solution. All studied anti-icing agents in concentrations of 5% and 10% have an inhibitory effect on plants. *Key words:* anti-icing agents, seeds, germination, germination energy, main root, hypocotyl.

Постановка проблеми. Ожеледь є однією з найактуальніших проблем зимового сезону, яка спричиняє підвищений ризик травматизму та величезні збитки. Обледеніння доріг ускладнює умови руху і підвищує небезпеку ДТП. Для боротьби з ожеледдю застосовуються різноманітні методи, найпоширенішим серед яких є хімічний з використанням протиожеледних реагентів. Це, зазвичай, тверді

(сипучі) або рідкі засоби різного хімічного складу, що знижують точку плавлення снігу. Сьогодні існує величезна кількість протиожеледних реагентів та високий попит на них, але й висувуються досить серйозні вимоги, пов'язані з їхньою ефективністю та екологічною безпекою.

Найчастіше використовується натрій хлорид (NaCl), кальцій хлорид (CaCl₂), суміш NaCl і CaCl₂,

магній хлорид ($MgCl_2$), сіль кальцієвих відвалів тощо. Для зменшення корозійних властивостей солей до них можуть додавати інгібітори, наприклад, одно- і двоаміщеним натрій фосфат або простий суперфосфат.

Актуальність дослідження. Протягом зими протижелезні засоби розсипаються на поверхні доріг, а потім відкидаються убік снігоприбиральними машинами або стікають з дороги у вигляді соляних розчинів. Пряма інфільтрація зі снігу, поверхневого стоку та вимивання з верхнього шару ґрунту після танення снігу та весняного дощу є основними процесами, що впливають на накопичення солі в міських ґрунтах, що призводить до їх прогресуючого засолення [1]. Глибина проникнення сольових розчинів у ґрунти залежить від їх розчинності у воді, здатності вступати в хімічні реакції та самоочисної спроможності самих ґрунтів. У верхніх шарах ґрунту (до 15 см) солей відкладається у 1,5–2,5 рази більше, ніж у нижніх. Хлориди можуть проникати у ґрунти найглибше, досягаючи ґрунтових вод. Серед антижелезних агентів групи хлоридів $MgCl_2$ є найменш шкідливим, тоді як найбільш часто використовувана сіль – $NaCl$ є найбільш стійким і токсичним для наземних рослин і ґрунтової мікробіоти.

Під впливом антижелезних сумішей погіршується структура та фізико-хімічні властивості ґрунтів. Глинисті ґрунти стають нестійкими, легко розмиваються водою, що спричиняє ерозійні процеси. З ґрунтів вимиваються мінеральні речовини, необхідні для живлення рослин, підвищується водневий показник (рН) у 1,3–1,5 рази. Іони Ca^{2+} , які містяться в ґрунтах і підвищують їх родючість, заміщуються іонами Na^+ , що порушує природну іонну рівновагу та нормальне живлення рослин [2]. Просочуючись у ґрунтові води, антижелезні солі також збільшують їхню в'язкість та зменшують швидкість руху.

Негативний вплив антижелезних реагентів на зелені насадження проявляється як при прямому контакті з надземними частинами рослин, так і через кореневу систему. Накопичення в листях Cl^- порушує нормальний процес фотосинтезу, знижує вміст хлорофілу, що призводить до пожовтіння листя, їх висихання і відмирання. Зимом, в період вегетативного відпочинку, стійкість рослин до впливу солей найбільша. В кінці зими вона різко знижується, коли починається активний ріст і розвиток рослин [3]. Отже, дослідження щодо впливу протижелезних реагентів є вкрай необхідними та актуальними.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Проблема впливу протижелезних хімічних засобів на навколишнє середовище завжди буде залишатися злободенною у зв'язку з постійним збільшенням пасажиропотоку та навантаження на мережу доріг у світі. Відповідно, це потребує здійснення заходів щодо оптимізації використання антижелезних реагентів, постійного контролю за їхньою витратою

та дотриманням вимог технології їх застосування. Проведене авторами дослідження надасть цінну інформацію для розуміння стійкості місцевих культур Запорізької області до впливу протижелезних засобів та сприятиме кращому розумінню екології м. Запоріжжя та практичному вирішенню питання підбору культур для примагістральних ділянок.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вивчення впливу $CaCl_2$ і $NaCl$ з антикорозійними добавками ($(NH_4)_3PO_4$ і $NaClO$ у кількості 3–5% від маси препарату) на проростання та силу проростків *Lolium perenne L. cv. Solen* та *Festuca rubra L. cv. Nimba* авторами [4] показало, що внесення цих речовин затримує та знижує проростання сходів трави та уповільнює ріст коренів. Застосування протижелезних реагентів на рослинах *Canna generalis*, *Rosa rugosa L.* та *Lolium perenne L.* призвело до зниження вмісту хлорофілу, індексу продуктивності та накопичення біомаси. Без антикорозійних засобів найменш токсичним був $CaCl_2$, а найбільш – $NaCl$.

Відомо, що до хвойних порід, які не переносять $NaCl$, належать болиголов канадський (*Tsuga canadensis*), ялиця бальзамічна (*Abies balsamea*), сосна біла (*Pinus strobus*) й сосна червона (*Pinus resinosa*). Листяні види, які чутливі до цієї солі, включають цукровий клен (*Acer saccharum*), клен червоний (*Acer rubrum*) та в'яз американський (*Ulmus americana*) [5].

Є наукові публікації щодо вивчення впливу антижелезних агентів на повзучі рослини, що ростуть на узбіччях доріг (*Trachelospermum asiaticum*, *Euonymus fortunei* та *Gelsemium sempervirens*). Встановлено, що застосування $CaCl_2$ та $MgCl_2$ вплинуло на вміст хлорофілу та окиснювально-відновний гомеостаз. Часте застосування та висока концентрація обох протижелезних засобів перешкоджають росту придорожньої рослинності [6].

У роботі [7] було проаналізовано тримісячний вплив $CaCl_2$ на ріст і фізіологічні реакції трьох ґрунтопокривних рослин: *Hosta longipes*, *Iris ensata* та *Iris pseudacorus*. Встановлено, що чим вище концентрація речовини, тим нижче швидкість фотосинтезу, вміст хлорофілу та водний потенціал листя.

Дослідниками проведена оцінка впливу натрій хлориду як антижелезного засобу на придорожні дерева. Отримані результати показали, що соснові (*Pinus strobus*, *Pinus resinosa*, *Picea pungens*) були пошкоджені більше, ніж інші види рослин. Дуб і клен виявилися стійкими до солі навіть у тих випадках, коли інші дерева поблизу були помітно пошкоджені [8, 9].

У деяких країнах півночі Європи (Швеція) тематиці вивчення протижелезних реагентів присвячено багато робіт, щоб сформулювати рекомендації, які б змогли зробити антижелезні заходи більш екологічно адаптованими [10]. Є також закордонні наукові статті, що узагальнюють попередні роботи про протижелезні хімічні речовини та пропонують концептуальну модель їх впливу на місцеві ґрунти та воду [11].

Таблиця 1

рН розчинів досліджуваних протиожеледних реагентів

Протиожеледний реагент	рН		
	1%-вий роз-н	5%-вий роз-н	10%-вий роз-н
Галіт	7,30	7,29	7,27
Бішофіт	7,29	7,32	7,35
CaCl ₂	7,27	7,25	7,21
CH ₃ COONH ₄	7,22	7,12	7,07
Контроль	7,32		

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. За останні десятиліття вчені з усього світу зробили багато досягнень в цьому напрямку. Грунти та вода є найбільш інтенсивно вивченими, тоді як зміни біологічних та екологічних аспектів рослин, водних організмів та тварин під впливом протиожеледних засобів вивчені значно менше. Систематичних досліджень українських авторів по цьому питанню вкрай мало. Тому метою нашої роботи було вивчення впливу найпоширеніших в Україні протиожеледних реагентів на інтенсивність росту рослин на паростках р. *Cucumis sp.*

Новизна. Проаналізовано вплив поширених антиожеледних засобів (галіт, бішофіт, кальцій хлорид, амоній ацетат) на показники проростання насіння.

Методологічне або загальнонаукове значення.

Результати дослідження сприятимуть доповненню вже існуючих відомостей про стійкість рослин до протиожеледних реагентів різних хімічних груп. А також будуть дуже корисними при підготовці фахівців в галузі охорони навколишнього середовища, зокрема і здобувачів вищої освіти спеціальності 101 «Екологія».

Матеріали та методи дослідження. Для дослідження було обрано такі протиожеледні засоби: галіт (сіль технічна, натрій хлорид), бішофіт (шестиводний магній хлорид), кальцій хлорид та амоній ацетат концентрацією 1%, 5% та 10%. Попередньо потенціометричним методом визначали водневий показник (рН) приготованих розчинів.

Вивчення впливу протиожеледних засобів здійснювали в кореновому тесті на паростках р. *Cucumis sp.* (огірки сорту «Конкурент» ТМ «Насіння України»). Культура є характерною для Запорізького регіону, насіння швидко проростає і є невеликим за розмірами. Після витримання чашок Петрі з насінням за температури 28°C у термостаті протягом 72 годин, проводили вимірювання довжини головного кореня, довжини гіпокотіля, та підрахунок кількості бічних коренів [12]. Також через 3 доби визначали схожість насіння та енергію проростання. Інтенсивність росту насіння у розчинах протиожеледних реагентів різної концентрації оцінювали у експерименті порівнюючи з контролем (кип'ячена відстояна питна вода).

Викладення основного матеріалу. Результати визначення рН досліджуваних протиожеледних засобів наведено в таблиці 1. Найменше значення рН спостерігається в розчині амоній ацетату.

Результати визначення схожості насіння наведено на рисунку 1.

Із 4-х перевірених зразків протиожеледних засобів у розчині CaCl₂ схожість насіння становить 90% при максимальній концентрації розчину (10%), що характеризується відсутністю або низьким ступенем токсичності. В інших зразках схожість закономірно

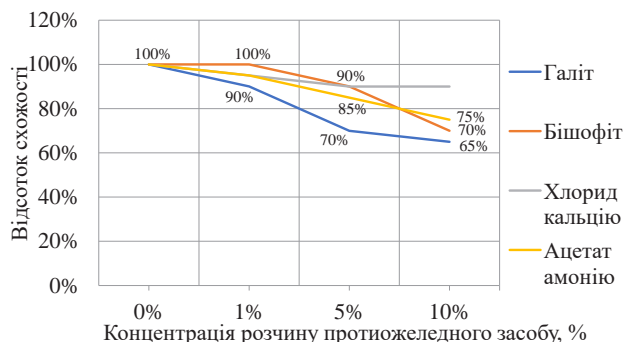


Рис. 1. Графік залежності схожості насіння від концентрації розчинів протиожеледних засобів

зменшується зі зміною концентрації, при цьому найнижча схожість насіння спостерігається у зразку галіту (NaCl). Найбільшою енергією проростання насіння огірка також володіє у зразках CaCl₂, і, крім того, бішофіту, при чому останній у 1%-вій концентрації діє як стимулятор, про що свідчить збільшення енергії проростання порівнюючи з контролем. Найнижчий показник енергії проростання спостерігається у 5%-вому розчині NaCl та CH₃COONH₄.

Результати вимірювання довжини головного кореня та гіпокотіля наведено на рисунках 2 та 3.

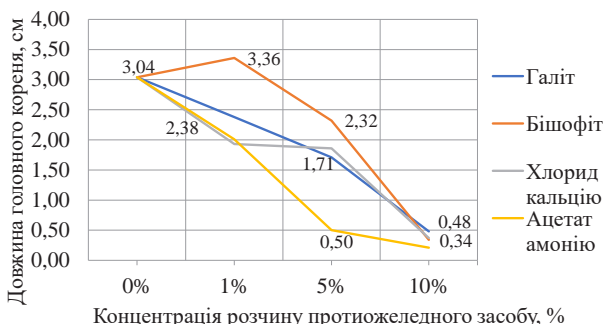


Рис. 2. Графік залежності довжини головного кореня від концентрації розчинів протиожеледних засобів

Встановлено, що найдовші корені паростки огірків мають у зразку бішофіту, при чому за концентрації розчину 1% він діє як стимулятор. В інших зразках ріст коріння закономірно зменшується

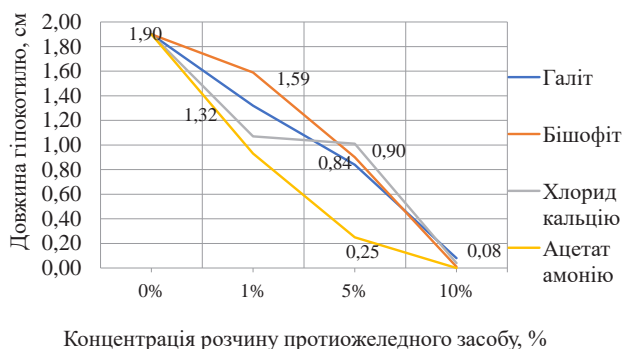


Рис. 3. Графік залежності довжини гіпокотилу паростків насіння від концентрації розчинів протижелезних засобів

зі збільшенням концентрації розчинів досліджуваних протижелезних засобів. Найбільшою токсичністю володіють розчини $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ та CaCl_2 . Аналогічні результати спостерігаються при вимірюванні довжини гіпокотилу.

Підрахунок кількості бічних коренів паростків огірків продемонстрував, що найбільшу кількість коренів за 1%-вої концентрації розчинів мають паростки у розчині магній хлориду (бішофіту). При збільшенні концентрації до 5% спостерігається різке підвищення показника у зразках CaCl_2 та NaCl , але при подальшому збільшенні концентрації розчинів показники рівномірно йдуть на спад. В розчині $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ відзначається найменша кількість бічних коренів серед усіх зразків.

Головні висновки. Серед досліджуваних протижелезних реагентів $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ найтоксичніше впливає на проростання насіння. Найвищі показники інтенсивності росту були у розчині бішофіту, який у концентрації 1% стимулює проростання насіння. У концентраціях 5% та 10% всі досліджувані протижелезні засоби мають інгібувальний вплив на рослини.

Отримані результати узгоджуються з літературними даними, що 1,0%-ва концентрація бішофіту – це оптимальна концентрація, за якої спостерігається

найбільший стимулюючий вплив на проростання насіння рослин, зокрема ячменю ярого [13, 14]. За цієї концентрації покращуються показники енергії проростання, лабораторної схожості насіння та росту рослин (площа листової поверхні, маса сирої й сухої речовини надземної частини і коренів). Збільшення концентрації препарату до 1,5% та 2,0% призводить до зниження величини досліджуваних показників.

Негативний вплив $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ (сіль оцтової кислоти), можливо, пояснюється високими витратами енергії на підтримку гомеостазу іонів, рН і гормонів і, зрештою, рівня $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ у тканинах рослин [15]. Токсична дія NH_4^+ може спричинити пошкодження ультраструктури хлоропласта, зниження рівня хлорофілу (a і b) і каротиноїдів, зниження швидкості фотосинтезу, підвищення виробництва етилену, неефективний трансмембранний цикл амонію, а також окиснювальний стрес. Високий рівень NH_4^+ в огірках спричиняє пригнічення росту, хлороз, скручування листя та низьке накопичення кальцію та магнію в тканинах [15]. Також вченими встановлено, що оцтовий кислоту у 0,01%-вій концентрації притаманна висока алелопатична активність, розчин якої втричі інтенсивніше пригнічував ріст коренів крес-салату порівняно з іншими органічними кислотами [16].

Треба також відзначити, що деякі групи рослин будуть більш терпимими до дії окремих протижелезних агентів, ніж інші. Толерантність до солі значною мірою визначається генетичними факторами. Багато видів, які є стійкими до натрій хлориду, є природними для прибережних середовищ існування, однак їх практичне використання в середовищах, уражених хлоридами, може бути досить складним через різницю у зростанні та умови навколишнього середовища [10].

Перспективи використання результатів дослідження. Врахування отриманих результатів дослідження сприятиме оптимізації використання протижелезних реагентів, зокрема, корегуванню витрат засобу на одиницю оброблюваної поверхні та посиленню вимог до технологій їх виробництва й застосування.

Література

1. Мислюк О.О., Хоменко О.М., Єгорова О.В., Качай В.М. Оцінка засолення урбоземів м. Черкаси. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2019. Вип. 5(118). С. 52–57.
2. Борисов О.О. Геоєкологічна оцінка ризику кислотно-сольового забруднення примігстральних ділянок сфери (на прикладі міста Києва). *Техніка, енергетика, транспорт*. 2016. № 4(96). С. 41–48.
3. Onoduka K., Murashige Y., Nemoto N. Study on the impact of anti-icing chemicals on plants. *PIARC XII International Winter Roads Congress*. Torino – Sestriere, Italy, 27 – 30 March 2006. URL: <https://trid.trb.org/view/907367> (date of application: 08.02.2024).
4. Wrochna M., Malecka-Przybysz M., Gawrońska H. Effect of road de-icing salts with anti corrosion agents on selected plant species. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*. 2010. Vol. 9(4). P. 171–182.
5. Rich A.E. Some effects of de-icing chemicals on roadside trees. *Environmental degradation by de-icing chemicals and effective countermeasures*: monograph. Publisher: Highway Research Board, 1973. P. 14–16.
6. Soundararajan P., Manivannan A., Chung H.K., Park J.-E., Jeong B.R. Evaluation of relative toxicity caused by deicing agents on photosynthesis, redox homeostasis, and the osmoregulatory system in creeper-type plants. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*. 2019. Vol. 60 (2). P. 175–186.
7. Kwon K.-J., Choi J., Kim S.-Y., Jeong N.-R., Park B.-J. Growth and physiological responses of three landscape plants to calcium chloride. *Sustainability*. 2021. Vol. 13(10). P. 5429–5437.

8. Bryson G.M., Barker A.V. Sodium accumulation in soils and plants along Massachusetts roadsides. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2002. Vol. 33(1-2). P. 67–78.
9. Hosseini F. Evaluating the effectiveness of liquid organic anti-icing chemicals for winter road maintenance. A thesis presented to the University of Waterloo in fulfillment of the thesis requirement for the degree of Master of Applied Science in Civil Engineering. Waterloo, Ontario, Canada, 2015. 96 p.
10. Blomqvist G. Impact of de-icing salt on roadside vegetation – A literature review. Swedish National Road and Transport Research Institute. Linköping, 1998. 43 p.
11. Dai H.L., Zhang K.L., Xu X.L., Yu H.Y. Evaluation on the effects of deicing chemicals on soil and water environment. *Procedia Environmental Sciences*. 2012. Vol. 13. P. 2122–2130.
12. Горова А.І., Павличенко А.В., Борисовська О.О., Грунтова В.Ю., Деменко О.В. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами напряму підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування». Дніпро: Національний гірничий університет, 2014. 76 с.
13. Горобець М.В., Міщенко О.В. Вплив бішофіту на онтогенез сортів ячменю ярого. *Scientific Progress & Innovations*. 2020. № 1. С. 25–32.
14. Горобець М.В., Писаренко П.В., Чайка Т.О., Міщенко О.В., Крикунова В.Ю. Вплив регуляторів росту рослин на онтогенез сортів ячменю ярого. *Scientific Progress & Innovations*. 2021. № 1. С. 106–115.
15. Shilpha J., Song J., Jeong B.R. Ammonium phytotoxicity and tolerance: an insight into ammonium nutrition to improve crop productivity. *Agronomy*. 2023. Vol. 13. P. 1487.
16. Ivanyska V. Вплив органічних кислот на ростові процеси рослин різних екоморфотипів. *Інтродукція рослин*. 2013. № 3. С. 108–114.

УДК 630*181.351

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.2.16>

ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ НА ТЕРИТОРІЇ ДЕНДРОЛОГІЧНОГО ПАРКУ «БЕРЕЗИНКА»

Роман Л.Ю., Галла-Бобик С.В.

ДВНЗ «Ужгородський національний університет»

вул. Підгірна, 46, 88000, м. Ужгород

liudmyla.roman@uzhnu.edu.ua

Наукова праця присвячена моніторингу екологічних складових збереження біорізноманіття у межах дендропарку «Березинка» в Закарпатській області. Вивчено види антропогенного впливу на заповідну територію та флору парку. Встановлено сезонний надмірний неконтрольований потік рекреантів та незначний вплив автотранспорту на якість повітря в досліджуваному парку. Останнє обумовлено місцезростаюванням автодороги обласного значення безпосередньо вздовж дендрарію.

Методом ліхеноіндикації встановлено прямий кореляційний зв'язок між якістю атмосферного повітря та відстанню до автодороги. Максимальна зона впливу автотранспорту на якість повітря природоохоронної території не перевищує 70 м. Починаючи із зазначеної відстані у дендрарії представлені всі види лишайників: накипні (48%), листоваті (32%) й куцисті (20%). При вході у дендропарк, що розташований безпосередньо біля автошляху на деревостанах відсутніми є найбільш чутливі види лишайників – куцисті.

Спостерігається певна диференціація потреб досліджуваних деревостанів у іоні калію та нітрогену (у перерахунку на нітрат-іон). Ендемічні види рослин добре забезпечені вказаними неорганічними компонентами, в той час окремі види екзотичних видів відчувають потребу в штучному внесенні нітратних та калійних добрив. Така поведінка обумовлена видом деревостану та його біопродуктивністю.

Встановлено, що на окремих ділянках дендропарку зустрічаються осередки адвентивної флори, з поширенням якою борються працівники лісового господарства підконтрольної території. Найагресивнішими видами є *Heracleum sosnowskyi* та *Ambrosia artemisiifolia*. Вони поширюються переважно природним шляхом. Їх наявність, по-перше, знижує загальну естетичну привабливість природоохоронної території та, по-друге, становлять екологічну загрозу для біоценозів місцевості та здоров'я рекреантів. **Ключові слова:** збереження біорізноманіття, екологічні проблеми, дендропарк «Березинка», антропогенний вплив.

Ecological aspects of biodiversity preservation on the territory of the dendrology park “Berezyinka”. Roman L., Halla-Bobyk S.

The scientific article is devoted to the monitoring of ecological components of biodiversity conservation within the Arboretum «Berezyinka» in Transcarpathia. The types of anthropogenic influence on the protected territory and the flora of the park have been studied. Seasonal excessive uncontrolled flow of recreationists and minor impact of motor vehicles on air quality in the park were established. The latter is due to the location of the highway of regional importance directly along the arboretum.

A direct correlation between atmospheric air quality and the distance to the highway was established using the lichen indication method. In particular, the maximum zone of influence of motor vehicles on the air quality of the nature conservation area does not exceed 70 m. Starting from the specified distance, all types of lichens are represented in the arboretum: calcareous (48%), deciduous (32%) and bushy (20%). At the entrance to the arboretum, which is located right next to the highway, the most sensitive species of lichens – bushy lichens – are missing from the stands.

There is a certain differentiation of the needs of the studied stands for potassium and nitrogen ions (in terms of nitrate ions). Endemic species of plants are well supplied with the specified inorganic components, while certain types of exotic species feel the need for artificial application of nitrate and potassium fertilizers. This behavior is determined by the type of stand and its biology productivity.

It has been established that in some areas of the arboretum there are pockets of adventitious flora, the spread of which is being fought by forestry workers in the controlled territory. The most aggressive species are the *Heracleum sosnowskyi* and the *Ambrosia artemisiifolia*. They spread mainly naturally. Their presence, firstly, reduces the overall aesthetic appeal of the protected area and, secondly, they pose an ecological threat to the biology cenoses of the area and the health of recreationists. **Key words:** preservation of biodiversity, ecological problems, Arboretum «Berezyinka», anthropogenic influence.

Постановка проблеми. Щороку використання людиною біоресурсів інтенсифікується, що призводить до порушення гармонійної її взаємодії з об'єктами навколишнього середовища. Від цього значною мірою залежить різноманітність та чисельність флори і фауни, а, відтак, і стабільність екосистем чи біосфери загалом.

У контексті екологічної політики країни [1] проблема збереження біологічного різноманіття займає ключову роль та відмічена у стратегічних напрямках на шляху до сталого розвитку. Особливої актуальності вказана проблема набула з моменту воєнних

дій на території України з 2014 року та загострилась у період повномасштабного вторгнення ворога з лютого 2022 року.

Дієвим способом захисту й відновлення флори та фауни, рельєфу та ландшафту будь-якої місцевості є створення чи розширення територій природно-заповідного фонду (ПЗФ) [2]. Але і такі важливі кроки не забезпечують повну гарантію збереження біорізноманіття краю. Надмірний і неконтрольований потік рекреантів, воєнні дії, деякі природні стихійні явища – всі ці та інші фактори не знають кордонів. Тому контроль зміни чисельності флори і фауни,

екологічного стану територій та об'єктів ПЗФ є актуальним та важливим завданням у напрямку стратегії сталого розвитку країни.

Актуальність дослідження. Клімат Закарпаття сприяє розвитку та вирощуванню різних видів деревних, чагарникових чи трав'янистих рослин. Висока лісистість в області [2], а саме 51% обумовлює широкий спектр видового різноманіття флори і фауни, а відтак і зацікавленість людини до них. В результаті чого природні екосистеми краю страждають від неконтрольованого антропогенного впливу під час господарської діяльності чи рекреаційних цілей.

Дендрологічний парк «Березинка» – природоохоронний об'єкт, що носить місцеве значення. Його площа становить всього 34 га [2], але він є дуже популярним серед туристів оскільки містить до 2000 видів флори. Дендропарк є осередком високої різноманітності дерново-чагарникових порід. Тут зростають як ендемічні (бук, дуб, тощо), так і екзотичні (каштан кінський, черемха пізня, секвоя вічнозелена, тощо) види рослин. Всі вони потребують догляду та контролю антропогенного впливу на них.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Науково-практичні дослідження виконувались у контексті загальної комплексної тематики кафедри екології та охорони навколишнього середовища ННІХЕ ДВНЗ «Ужгородський національний університет»: «Розробка та вдосконалення систем і методів моніторингу об'єктів довкілля в контексті екологічної безпеки». Номер держреєстрації: 0121U109776.

Результати проведених досліджень можуть бути корисні для науковців, здобувачів, працівників ПЗФ області у процесі фонових моніторингу екологічного стану природно-заповідних територій Закарпатської області різного значення (загальнодержавного чи місцевого), а також для розробки ефективних заходів з метою покращення охорони та збереження біорізноманіття Карпат.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Заповідні території Карпатського регіону України та Закарпаття зокрема вже не одне десятиліття є центральним об'єктом досліджень науковців різного спрямування [3–9]: екологічного, географічного, біологічного, економічного, правового, тощо. Оскільки об'єкти й території ПЗФ є ключовими природними зонами Закарпаття оцінці його рекреаційного потенціалу присвячені численні праці [4–6]. У обмеженій кількості наукових праць описано моніторинг екологічного стану об'єктів і територій ПЗФ [7], а також майже відсутні є відомості щодо екологічних складових збереження біорізноманіття у заказниках місцевого значення або інших природно-антропогенних заповідних територіях: дендрологічних парках, парках-пам'ятках садово-паркового мистецтва чи ботанічних садах.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Дана стаття присвячена екологічним проблемам, які мають місце у процесі збереження біорізноманіття на території дендрологічного парку «Березинка» (Закарпатська область). Парк є осередком багатьох ендемічних та екзотичних видів дерев, які забезпечують стійкість природних екосистем регіону та виступає житловою нішею для багатьох видів фауни Закарпаття.

Новизна. Проведено аналіз екологічних проблем збереження біорізноманіття в межах території дендропарку «Березинка» на Мукачівщині Закарпатської області. Методом ліхеноіндикації встановлено вплив автотранспорту на якість атмосферного повітря досліджуваної природоохоронної зони й визначено потреби рослин парку в окремих поживних речовинах: іонах калію та нітрогену (у формі нітрат-іону). Вивчено вплив адвентивної флори на розвиток та функціонування домінуючих видів.

Методологічне або загальнонаукове значення. Фоновий моніторинг заповідних територій Закарпаття сприяє формуванню знань щодо якісного та кількісного видового різноманіття краю, виявленню антропогенних чинників, які впливають на біорізноманіття Карпатського регіону, дає змогу прийняти важливі рішення для покращення умов відновлення чи охорони уразливих (чутливих) видів флори та фауни.

Викладення основного матеріалу. Встановлено, що основний антропогенний вплив на біологічне різноманіття дендрологічного парку «Березинка» здійснюється у процесі забруднення атмосферного повітря вихлопними газами автомобілів, поширенням інвазійних видів трав'янистих рослин. Варто зазначити, що біля заповідної території відсутні є виробничі промислові підприємства, які б негативно чи згубно впливали на його лісогосподарську діяльність.

Методом ліхеноіндикації перевірено гіпотезу про вплив автотранспорту на якість атмосферного повітря в межах парку. Встановлено, що із збільшенням відстані від автомобільної дороги якість повітря покращується у арифметичній прогресії (рис. 1). Основна частка лишайників належить найменш вибагливим видам – накипним (рис. 2). Частка кущистих лишайників є меншою, всього 20%, проте їх наявність є позитивним сигналом про чистоту атмосферного повітря. Ці види є найбільшчутливими до антропогенного впливу.

Найнебезпечнішим є вплив швидкого поширення та розростання таких небажаних видів флори як амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia*), борщівник Сосновського (*Heracleum sosnowskyi*) та інші, які негативно впливають на здоров'я рекреантів, поглинають поживні речовини з ґрунту та зменшують естетичну функцію природоохоронної території загалом.

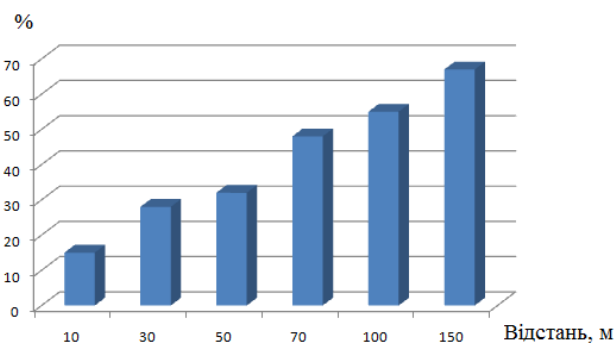


Рис. 1. Ступінь покриття дерев лишайниками у дендрологічному парку «Березинка» за відстанню від автошляху

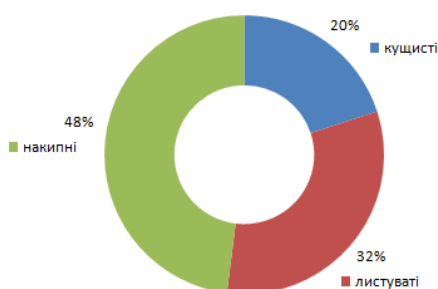


Рис. 2. Частка видів лишайників у дендропарку «Березинка»

В результаті порівняльного аналізу встановлено наступні ступені забруднення та кореляційні співвідношення між відстанню досліджуваної ділянки та ступенем покриття лишайниками деревостанів у дендропарку (таблиця 1).

Таблиця 1

Оцінка ступеня забруднення атмосферного повітря автотранспортом в дендропарку «Березинка»

Відстань від автошляху, м	Ступінь покриття лишайниками дерев, %	Зона забруднення,	Ступінь забруднення
10	<5%	II зона	Дуже сильне забруднення
30	<20%	III зона	Середнє забруднення
50	<30%	IV зона	Відносно забруднення
100	<50%	V зона	Зона чистого повітря
150	<50%	V зона	Зона чистого повітря

Аналіз даних табл. 1 дає можливість зробити висновки, що вже стартуючи з відстані 70 метрів і більше від автошляху обласного значення дендропарк характеризується зоною чистого повітря.

Варто зауважити значний антропогенний вплив на природні об'єкти з боку рекреантів. Найбільше

туристів відвідує парк у весняний сезон (рис. 3), у період розквіту шафрану Гейфеля (*Crocus heuffelianus*). Такий потік відпочиваючих призводить до витоптування живого трав'яного покриву, який тільки почав формуватись.

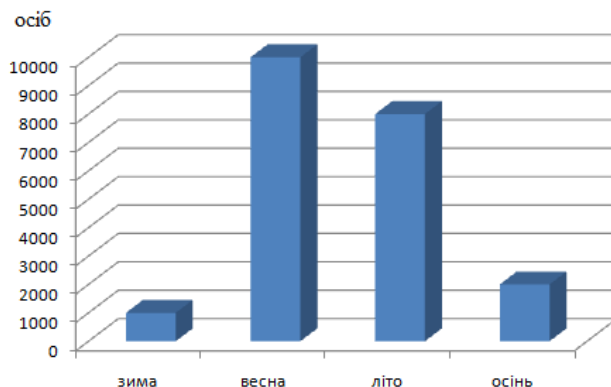


Рис. 3. Середня чисельність рекреантів по сезонам

Збереження та відновлення флори не можливе без едафічних факторів. Поживні речовини (мінеральні солі), як і вода повітря, сонячна енергія є невідемними складовими нормального розвитку, росту та функціонування рослин. Результати визначення потреб рослин проведено на деяких ендемічних та екзотичних видах флори парку. Для дослідження було вибрано багаторічні деревні рослини (таблиці 2, 3).

Аналіз даних табл. 2 вказує на недостатню кількість калію для нормальної життєдіяльності рослин. Окремі види (зокрема, екзотичний вид – Дуб черешатий) відчувають гостру його потребу. У такому разі дієвим стане штучне внесення калійних добрив, але з врахуванням інших показників та в період дощів.

Результати експерименту показали певну різницю у потребах мінеральних поживних елементів досліджуваних деревостанів. У першу чергу, це пов'язано з видами дерев та їх загальним впливом на еколого-ценотичну характеристику екосистеми. Різна коренева система та кількість листової маси, пристосованість до місцезростань, стійкість до зовнішніх кліматичних та антропогенних чинників – все це спричиняє диференціацію у потребах калію та нітрогену досліджуваних видів листяних порід. Природне збагачення ґрунту нітрогеном відбувається за рахунок гниття опалого листя, гілок дерев чи пеньочків, тому більшість досліджуваних дерев має високу забезпеченість цим необхідним для росту рослин компонентом.

Висновки. Домінуючими антропогенними факторами, що негативно можуть впливати на біорізноманіття дендропарку «Березинка» є неконтрольований потік туристів, особливо у весняно-літній період та непрямий вплив від викидів автотранспорту. Встановлено, що в межах досліджуваної заповідної території поширені всі види лишайників (48% накипних, 32% листуватих та 20% кущистих видів), що

Таблиця 2

Результати досліджень потреби окремих деревних порід дендропарку «Березинка» у іоні калію

Досліджуваний вид	Бал	Візуальні ознаки забарвлення зрізу	Вміст калію	Потреба рослини в калію
Адамове дерево <i>Paulownia</i>	2	Жовтогаряче	Середній	Середня
Каштан Кінський <i>Aesulus Hippocastanum</i>	2	Жовтогаряче	Середній	Середня
Дуб Черешатий <i>Quercus robur Pedunculata</i>	1	Солом'яно-жовте	Низький	Гостра
Ясен звичайний <i>Fraxinus excelsior</i>	3	Червоно-сурикове	Високий	Забезпечені
Дуб скельний <i>Quercus petraea</i>	3	Червоно-сурикове	Високий	Забезпечені
Дуб звичайний <i>Quercus robur</i>	3	Червоно-сурикове	Високий	Забезпечені
Бук звичайний <i>Fagus sylvatica</i>	3	Червоно-сурикове	Високий	Забезпечені
Клен звичайний <i>Acer platanoides</i>	2	Жовтогаряче	Середній	Середня
Граб звичайний <i>Carpinus betulus</i>	2	Жовтогаряче	Середній	Середня
Черемха Пізня <i>Padus Serotina</i>	2	Жовтогаряче	Середній	Середня

Таблиця 3

Результати досліджень потреби окремих деревних порід дендропарку «Березинка» у нітрогені (у формі нітрат-іону)

Номер дерева	Бал	Візуальні ознаки забарвлення зрізу	Вміст нітратів	Потреба рослини в нітратах
Адамове дерево <i>Paulownia</i>	2	Синє	Середній	Середня
Каштан Кінський <i>Aesulus Hippocastanum</i>	3	Фіолетове	Високий	Забезпечені
Дуб Черешатий <i>Quercus robur Pedunculata</i>	3	Фіолетове	Високий	Забезпечені
Ясен звичайний <i>Fraxinus excelsior</i>	3	Фіолетове	Високий	Забезпечені
Дуб скельний <i>Quercus petraea</i>	3	Фіолетове	Високий	Забезпечені
Дуб звичайний <i>Quercus robur</i>	3	Фіолетове	Високий	Забезпечені
Бук звичайний <i>Fagus sylvatica</i>	2	Синє	Середній	Середня
Клен звичайний <i>Acer platanoides</i>	1	Фіолетове	Високий	Забезпечені
Граб звичайний <i>Carpinus betulus</i>	2	Синє	Середній	Середня
Черемха Пізня <i>Padus Serotina</i>	3	Фіолетове	Високий	Забезпечені

вказує на хорошу якість атмосферного повітря. Варто зауважити, що зона чистого повітря починається з відстані більше 70 м від автодороги обласного значення.

Встановлено достатній рівень забезпеченості деревостанів калієм та нітрогеном, для окремих видів (адамове дерево, звичайний дуб та граб) рівень забезпеченості є середнім, що обумовлено видом деревостанів, особливостями місцезростання, віком

дерев, типом кореневої системи та іншими природними факторами.

Екологічну загрозу збереження біорізноманіття у дендропарку несуть окремі види адвентивних рослин, які характеризуються високою швидкістю поширення та проростання. Серед найагресивніших можна виділити борщівник Сосновського та амброзію полинолисту.

Література

1. Закон України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року». *Відомості Верховної Ради*. 2019. 16, 7.
2. Департамент екології природних ресурсів. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Закарпатській області за 2021 рік. *Ужгород*. 2022. С. 146.
3. Роман Л.Ю., Глух О.С. Основні рекреаційні зони Закарпаття: екологічні проблеми. *Наук. вісник Ужгородського ун-ту. Серія: Хімія*. 2021. В. 45. 1, 99-104. DOI: <https://doi.org/10.24144/2414-0260.2021.1.99-104>
4. Габчак Н.Ф., Дубіс Л.Ф., Мельник А.В., Чир Н.В. Екологічний туризм на природоохоронних територіях Закарпатської області: монографія. Ужгород: *Вид-во УжНУ «Говерла»*, 2018. 392 с.
5. Гіряк К.М., Багрій М.В. Рекреаційні зони Закарпаття: стан і перспективи розвитку. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького*. 2016, 18(2), 18–21. Doi:10.15421/nvlvet6904.
6. Волошин І., Ненько К., Щурокова В. Туристично-рекреаційний потенціал Закарпаття. *Рекреаційна географія і туризм. Наукові записки*. 2015. 1, 124–131.
7. Природно-заповідний фонд Закарпатської області. Авторський колектив. Заг. ред.. Поп С.С. Ужгород: *Карпати*, 2011. 256 с.
8. Дяченко І.Б. Природно-заповідний фонд прикордонного регіону в структурі екологічної мережі Українських Карпат. *Вісник Прикарпатського у-ту. Економіка*. 2011. VIII, 154–157.
9. Мельник А.В., Чир Н.В. Сучасні аспекти дослідження природно-заповідного фонду Закарпатської області як ядра я розвитку екологічного туризму. *Український географічний журнал*. 2019. 3, 43–52. <https://doi.org/10.15407/ugz2019.03.043>

УДК 581.95.582. 284

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.2.17>

РІДКІСНІ ВИДИ ГРИБІВ У ЗАПОВІДНОМУ УРОЧИЩІ КАМЕНИСТИЙ (НАЦІОНАЛЬНИЙ ПРИРОДНИЙ ПАРК «ГУЦУЛЬЩИНА»)

Фокшей С.І., Гостюк З.В.

Національний природний парк «Гуцульщина»

вул. Дружби, 84, 78601, м. Косів

stellaannafr@gmail.com

Охорона біорозмаїття є актуальним завданням, яке залишається важливим впродовж тривалого періоду через нездатність заходів, які вживаються для забезпечення повноцінного відновлення природних ресурсів, запобігти протидії постійному антропогенному втручання у природні процеси.

На території Національного природного парку «Гуцульщина» заповідне урочище Каменистий виділяється багатством видового різноманіття мікобіоти та її раритетної складової. За результатами власних мікологічних досліджень виявлено та закартовано дев'ять рідкісних макроміцетів, що включені до останнього видання Червоної книги України, на території цього урочища. А саме: *Butyriboletus appendiculatus* (Schaeff.) D. Arora & J.L. Frank, *Butyriboletus regius* (Krombh.) D. Arora & J.L. Frank, *Hericium coralloides* (Scop.) Pers., *Leucoagaricus nympharum* (Kalchbr.) Bon, *Mutinus caninus* (Huds.) Fr., *Polyporus umbellatus* (Pers.) Fr., *Russula turci* Bres., *Sparassis crispa* (Wulfen) Fr. *Strobilomyces strobilaceus* (Scop.) Berk. Один з них, *Hericium coralloides*, належить до списку МСОП. Подається інформація про поширення цих грибів на території НПП «Гуцульщина» і Українських Карпат та описано тип лісорослинних умов у заповідному урочищі Каменистий. Серед них два види *Butyriboletus appendiculatus* і *Butyriboletus regius* у природно-заповідному фонді Українських Карпат зареєстровані лише в урочищі Каменистий, та *Leucoagaricus nympharum* і *Russula turci* в національному парку зафіксовані тільки на досліджуваній території.

Закартовано локалітети рідкісних видів за допомогою GPS-приладу та відліку координат WGS 1984. Створено цифрову базу даних, місцезнаходження раритетних макроміцетів та карту їх поширення на території заповідного урочища Каменистий. Для трьох видів *Hericium coralloides*, *Polyporus umbellatus* *Sparassis crispa* науковцями НПП «Гуцульщина» розроблені план дій та програма охорони і відтворення рідкісних видів. Результати дослідження можуть стати основою для розробки ефективних заходів з охорони та управління природними ресурсами з урахуванням біорозмаїття мікобіоти. *Ключові слова:* раритетні макроміцети, урочище Каменистий, Українські Карпати, Червона книга України.

Rare species of the fungi within the protected area of Kamenystyi (Hutsulshchyna National Nature Park). Fokshei S., Hostiuk Z.

Biodiversity conservation remains a relevant task, important over an extended period, due to the inadequacy of measures taken to ensure the full restoration of natural resources and prevent constant anthropogenic interference in natural processes.

In the territory of Hutsulshchyna National Nature Park, the reserved tract Kamenystyi stands out for its richness in species diversity of mycobiota and its rare components. As a result of our own mycological research, nine rare macromycetes have been identified and recorded within this tract, which are included in the latest edition of the Red Data Book of Ukraine. Specifically: *Butyriboletus appendiculatus* (Schaeff.) D. Arora & J.L. Frank, *Butyriboletus regius* (Krombh.) D. Arora & J.L. Frank, *Hericium coralloides* (Scop.) Pers., *Leucoagaricus nympharum* (Kalchbr.) Bon, *Mutinus caninus* (Huds.) Fr., *Polyporus umbellatus* (Pers.) Fr., *Russula turci* Bres., *Sparassis crispa* (Wulfen) Fr., *Strobilomyces strobilaceus* (Scop.) Berk. One of them, *Hericium coralloides*, belongs to IUCN list.

Information is provided on the distribution of these fungi in the territory of NNP Hutsulshchyna and Ukrainian Carpathians, as well as a description of the types of forest plant communities in the reserved tract Kamenystyi. Among them, two species, *Butyriboletus appendiculatus* and *Butyriboletus regius*, are registered only in the tract Kamenystyi within the natural reserve fund of Ukrainian Carpathians, while *Leucoagaricus nympharum* and *Russula turci* are recorded only in the investigated territory of the national park.

The localities of rare species have been recorded using a GPS device and WGS 1984 coordinate tracking. A digital database has been created, which includes the locations of rare macromycetes and a map of their distribution in the reserved tract Kamenystyi. Action plans and conservation programs for three species, *Hericium coralloides*, *Polyporus umbellatus* and *Sparassis crispa*, have been developed by researchers from the Hutsulshchyna National Natural park.

The research results can serve as a basis for the development of effective conservation and management measures for natural resources, taking into account the biodiversity of mycobiota. *Key words:* rare macrofungi, Kamenystyi area, Ukrainian Carpathians, Red Data Book of Ukraine.

Постановка проблеми. Незважаючи на те, що гриби завжди були цікавим об'єктом досліджень, вони залишаються мало вивченими. Критична інвентаризація видового складу макроміцетів на певних територіях, вивчення їх стану, функцій, наявності раритетної складової є необхідними умовами збереження біорозмаїття екосистем.

Актуальність дослідження. Гриби сприяють біорозмаїттю та екологічній стабільності, впливаючи на різноманіття та функції екосистем. Загалом, вони мають ключове значення у підтримці здоров'я природних середовищ.

У сучасному світі вивчення природи та її складових стає важливим етапом для збереження біорозмаїття та

сталого функціонування екосистем. Однією з ключових складових екосистеми є мікобіота, яка відіграє важливу роль у підтриманні екологічної рівноваги та виконує низку корисних функцій у природних процесах.

На території Національного природного парку (НПП) «Гуцульщина» заповідне урочище Каменистий виділяється великою різноманітністю рослинних угруповань, що сприяє розвитку макроміцетів різних таксонів. Дослідження мікобіоти в ур. Каменистий є актуальним для встановлення раритетної складової цієї території.

Результати дослідження можуть стати основою для розробки ефективних заходів з охорони та управління природними ресурсами з урахуванням біорозмаїття мікобіоти. Це дослідження спрямоване на збагачення нашого розуміння важливості мікобіоти в природних екосистемах та підкреслення необхідності її збереження для майбутніх поколінь.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими і практичними завданнями. Представлені результати є висновками в межах плану заходів з наукової та науково-технічної діяльності Національного природного парку «Гуцульщина» за темою «Інвентаризація мікобіоти».

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Незважаючи на значний доробок науковців з виявлення рідкісних макроміцетів в Українських Карпатах, інформація про види ЧКУ на територіях природно-заповідного фонду залишається недостатньо вивченою. Тому метою наших досліджень було виявлення та картування локалітетів раритетних видів у заповідному урочищі Каменистий.

Наукова новизна. Вперше для урочища Каменистий (Національний природний парк «Гуцульщина») виявлено та зареєстровано 9 видів макроміцетів, що включені до Червоної книги України. Серед них два види, в Українських Карпатах зафіксовано лише тут.

Матеріали та методи досліджень. Збір зразків проводили експедиційно-маршрутним методом на території ур. Каменистий. Камеральну обробку зібраного матеріалу здійснювали в лабораторних умовах. Плодові тіла висушували на свіжому повітрі та складали в паперові пакети, для яких оформлялася етикетка з даними: видова назва гриба, субстрат зростання, тип лісу, дата і місце збору та прізвище колектора. Для дослідження мікроструктури зразків (особливості спор, базидій, гіменіїв) використовували мікроскоп Біолам.

Ідентифікацію зразків макроміцетів проводили за допомогою визначників, атласів, низки сучасних публікацій [3, 4, 6, 7]. Видові назви грибів та імена авторів при таксонах наведено відповідно до Index Fungorum [9] і електронного ресурсу Гриби України [1]. При визначенні приналежності та природоохоронної категорії рідкісних видів користувалися критеріями Червоної книги України [6].

На завершальному етапі систематизовано та проаналізовано всю зібрану інформацію з GPS-приладу. Всі отримані польові дані опрацьовані в програмному забезпеченні QGIS. Створено цифрову базу даних, місцезнаходження раритетних видів грибів в урочищі Каменистий НПП «Гуцульщина».

Результати досліджень. Урочище Каменистий представляє собою лісовий масив в рельєфі відображене як антиклінальна складка. В геологічному відношенні – це в основному відклади першої частини палеогенового періоду, які сформовані пісковиками, аргілітами, зрідка алевролітами та гравелітами. Хребет знаходиться у низькогірній частині Покутських Карпат, між річками Пістинька та Рибниця на північному заході м. Косова, довжиною до 3000 м.

Серед лісової рослинності урочища переважають букові ліси.

Упродовж 20 років на території Національного природного парку «Гуцульщина» зареєстровано та закартовано місцезростання 22 види макроміцетів що включені до Червоної книги України (ЧКУ). У дослідженій мікобіоті урочища Каменистий зареєстровано місцезростання 9 рідкісних видів, які включені до ЧКУ та один з них *Hericium coralloides* до списку МСОП з різними охоронними статусами. Локалітети раритетних макроміцетів закартовані за допомогою GPS-приладу.

Нижче подаємо перелік рідкісних видів грибів урочища Каменистий:

***Butyriboletus appendiculatus* (Schaeff.) D. Arora & J.L. Frank** – (рис. 2).

Поширення в ур. Каменистий: 18 квартал 12 виділ. Тип лісорослинних умов: Вологий груд – D₃; Волога букова яличина – D₃-бкЯц; склад деревостану – 7Бк3См+Г; підріст – 7Бк3Яц; повнота – 0,6; вік лісу – 75 років; схил північно-східної експозиції, 15°, 520 м н. р. м.; на ґрунті, 24.08.2023 (рис. 1).

Поширення в НПП «Гуцульщина», урочища: Голиця, Коров'як, Лебедин, Хоминський.

Поширення в Українських Карпатах: зареєстрований тільки на території НПП «Гуцульщина».

***Butyriboletus regius* (Krombh.) D. Arora & J.L. Frank** – (рис. 3).

Поширення в ур. Каменистий: 18 квартал, 9 виділ. Тип лісорослинних умов: Вологий груд – D₃; Волога букова яличина – D₃-бкЯц; склад деревостану – 10Бк+См; підріст – 9Бк1См; повнота – 0,7; вік лісу – 80 років; схил північно-східної експозиції, 15°, 520 м н. р. м.; на ґрунті, 19.09.2023 (рис. 1).

Вид був включений до списків індикаторних видів тварин і грибів для природних середовищ, визначених у каталозі біотопів Чеської Республіки як представник дубово-грабових лісів Galio-Carpinetum та європейсько-сибірських степових лісів з *Quercus* spp. [8].

Поширення в НПП «Гуцульщина», урочища: Голиця, Лебедин, Овид.

Поширення в Українських Карпатах: зареєстрований тільки на території НПП «Гуцульщина».

Hericium coralloides (Scop.) Pers. – (рис. 4).

Поширення в ур. Каменистий: 12 квартал, 13 виділ. Тип лісорослинних умов: Вологий груд – D₃; Волога букова яличина – D₃-бкЯц; склад деревостану – 6Бк(135)2Бк(95)2Яц; підріст – 7Яц3Бк; повнота – 0,7; вік лісу – 135 років; схил північно-східної експозиції, 15°; 520 м н. р. м.; на колоді бука, 30.09.2023 (рис. 1).

Поширення в НПП «Гуцульщина»: урочища: Голиця, Левади, Каменистий, Кирничний, Лебедин, Сопка, Хоминський, підніжжя г. Лисина Космацька.

Поширення в Українських Карпатах: Карпатський БЗ, Карпатський НПП, НПП «Гуцульщина», НПП Зачарований край, НПП «Синевир», Ужанський НПП [2].

Leucoagaricus nympharum (Kalchbr.) Bon – (рис. 5).

Поширення в ур. Каменистий: 18 квартал, 11 виділ. Тип лісорослинних умов: Вологий груд – D₃; Волога букова яличина – D₃-бкЯц; склад деревостану – 8См2Бк+Г; підріст – 6Бк2См2Яц; повнота – 0,5; вік лісу – 85 років; схил східної експозиції, 15°; 500 м н. р. м.; на хвойній підстилці сосни, 05.07.2018 (рис. 1) [5].

Поширення в НПП «Гуцульщина»: ур. Каменистий.

Поширення в Українських Карпатах: Природний заповідник «Горгани», НПП «Гуцульщина» [3].

Mutinus caninus (Huds.) Fr. – (рис. 6).

Поширення в ур. Каменистий: 18 квартал, 10 виділ. Тип лісорослинних умов: Вологий груд – D₃; Волога букова яличина – D₃-бкЯц; склад деревостану – 6Бк2Яц1См1Г+Б; підріст – 6Бк2См2Г; повнота – 0,5; вік лісу – 105 років; схил північно-східної експозиції, 15°; 500 м н. р. м.; на ґрунті, 24.08.2023 (рис. 1).

Поширення в НПП «Гуцульщина»: урочища: Голиця, Каменистий, Коров'як, Сопка, г. Михалкова.

Поширення в Українських Карпатах: Карпатський БЗ, НПП «Гуцульщина», Ужанський НПП [2].

Polyporus umbellatus (Pers.) Fr. – (рис. 7).

Поширення в ур. Каменистий: 18 квартал, 10 виділ. Тип лісорослинних умов як у *Mutinus caninus*, на ґрунті, 12.07.2023 (рис. 1).

Поширення в НПП «Гуцульщина»: урочища: Дубина, Каменистий.

Поширення в Українських Карпатах: Карпатський БЗ, Карпатський НПП, НПП «Гуцульщина», НПП «Синевир», Ужанський НПП [2].

Russula turci Bres. – (рис. 8).

Поширення в ур. Каменистий: 12 квартал, 9 виділ. Тип лісорослинних умов: Вологий груд – D₃; Волога букова яличина – D₃-бкЯц; склад деревостану – 6См4Бк; повнота – 0,45; вік лісу – 65 років;

схил північно-східної експозиції, 10°; 650 м н. р. м.; на ґрунті, 15.09.2012 (рис. 1).

Поширення в НПП «Гуцульщина»: ур. Каменистий.

Поширення в Українських Карпатах: Карпатський БЗ, Карпатський НПП, НПП «Гуцульщина», Природний заповідник «Горгани» [2].

Sparassis crispa (Wulfen) Fr. – (рис. 9).

Поширення в ур. Каменистий: 12 квартал, 5 виділ. Тип лісорослинних умов: Вологий груд – D₃; Волога букова яличина – D₃-бкЯц; склад деревостану – 8Яц1См1Бк; повнота – 0,85; вік лісу – 45 років; схил північно-західної експозиції, 5°; 520 м н. р. м.; на корінні ялиці, 15.09.2018 (рис. 1).

Поширення в НПП «Гуцульщина»: урочища: Каменистий, Коров'як.

Поширення в Українських Карпатах: Карпатський БЗ, НПП «Гуцульщина», Ужанський НПП [2].

Strobilomyces strobilaceus (Scop.) Berk. – (рис. 10).

Поширення в ур. Каменистий: 12 квартал, 14 виділ. Тип лісорослинних умов: Вологий сугруд – С₃; Волога ялицева субучина – С₃-яцБк; склад деревостану – 10Бк; підріст – 10Яц; повнота – 0,7; вік лісу – 165 років; схил північно-східної експозиції, 20°; 720 м н. р. м.; на ґрунті, 15.09.2023 (рис. 1).

Поширення в НПП «Гуцульщина»: урочища: Голиця, Дубина, Каменистий, Коров'як, Лебедин, Сопка, Хоминський.

Поширення в Українських Карпатах: Карпатський БЗ, НПП «Гуцульщина», НПП «Синевир», НПП Сколівські Бескиди, та Ужанський НПП [2].

Науковцями НПП «Гуцульщина» в 2007 р. розроблені план дій та програма, щодо охорони та відтворення рідкісних видів (*Hericium coralloides*, *Polyporus umbellatus* *Sparassis crispa*). Програмою передбачався комплекс заходів, який спрямований не лише на захист відомих місць зростання рідкісних макроміцетів, але й сприяв би їх відтворенню, збільшенню кількості природних локалітетів та зменшенню загрози зникнення.

Висновки. Отже, дев'ять макроміцетів заповідного урочища Каменистий є рідкісними і включені до Червоної книги України. Серед них *Butyriboletus appendiculatus* і *Butyriboletus regius* в Українських Карпатах виявлені лише в НПП «Гуцульщина» та *Leucoagaricus nympharum* і *Russula turci* на території парку зареєстровані тільки в ур. Каменистий. Останні два види фіксували лише один раз.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати проведеного дослідження можуть служити основою для розробки ефективних заходів з охорони та управління природними ресурсами, зокрема з урахуванням біорозмаїття мікобіоти.

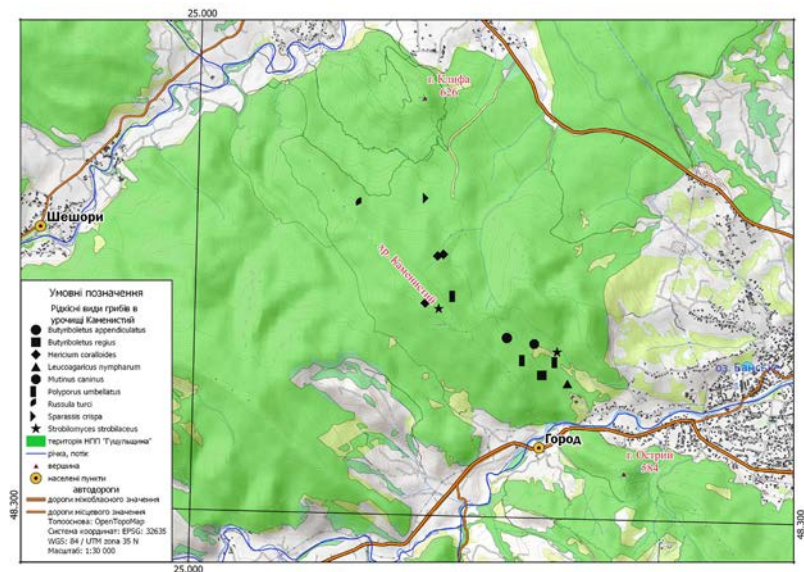


Рис. 1. Місцезростання рідкісних видів макроміцетів в ур. Каменистий



Рис. 2. *Butyriboletus appendiculatus*



Рис. 3. *Butyriboletus regius*



Рис. 4. *Hericium coralloides*



Рис. 5. *Leucoagaricus nymphaeum*



Рис. 6. *Mutinus caninus*



Рис. 7. *Polyporus umbellatus*



Рис. 8. *Russula turci*



Рис. 9. *Sparassis crispa*



Рис. 10. *Strobilomyces strobilaceus*

Література

1. Андріанова Т. В., Гайова В. П., Гелюта В. П., Дудка І. О. та ін. Гриби України [Електронний ресурс], 2006. URL: <http://www.cybertruffle.org.uk/ukrafung/ukr> [веб-сайт, версія 1.00] (дата звернення 23.01.2024).
2. Дудка І.О., Гелюта В.П., Придюк Ю.А., Тихоненко М.П., Акулов О.Ю., Гайова В.П., Зикова М.О., Андріанова Т.В., Джаган В.В., Щербакова Ю.В. Гриби заповідників і національних природних парків Українських Карпат: монографія / за ред. В.П. Гелюта. Київ: Наукова думка, 2019. 214 с.
3. Зерова М.Я., Сосін П.Є., Роженко Г.Л. Визначник грибів України. Болетальні, стробіломіцетальні, трихоломатальні, ентоломатальні, русулальні, агарикальні, гастероміцети. Київ: Наукова думка, 1979. Т. 5, книга 2. 564 с.
4. Сухомлин М.М., Джаган В.В. Гриби України. Атлас-довідник. КМ-Букс, 2017. 240 с.
5. Фокшей С.І. Нова знахідка *Leucoagaricus nymphaeum* (Kalchbr.) Vop в Українських Карпатах. *Екологія. Людина. Суспільство*: матеріали XX Міжнародної наук.-практ. конф. (Київ, 23 травня 2019 р.). Київ, 2019. 342–358.
6. Червона книга України. Рослинний світ [Текст]. / за ред. Я.П. Дідух. Київ: Глобоконталтинг, 2009. 912 с.
7. Courtcuisse R., Duhem B. Mushrooms and Toadstools of Britain and Europe. London: Harper Collins Publishers, 1995. 480 p.
8. Hofmeister J., Hošek J., eds. Seznamy indikačních druhů pro jednotlivé typy přírodních stanovišť podle Katalogu biotopů ČR, 2016. URL: http://www.mzp.cz/cz/seznamy_indikacnich_druhu_katalog. [Accessed 27 January 2024].
9. The CABI Bibliography of Systematic Mycology, 2008. URL: <http://www.indexfungorum.org/Names/Names.asp> (Accessed 15 January 2024)

РОЛЬ ФІТОІНВАЗІЇ ДЛЯ ПРИРОДНОГО БІОРІЗНОМАНІТТЯ ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ

Хоменко С.В.¹, Бельмега І.В.¹, Кірейцева Г.В.¹, Хрутьба В.О.²

¹Державний університет «Житомирська політехніка»

вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир

²Національний транспортний університет

вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, 01010, м. Київ

org_hsv@ztu.edu.ua, phd101232_biv@student.ztu.edu.ua, gef_kgv@ztu.edu.ua,

Viktoria/Khrutba@gmail.com

Заповідні території є важливими елементами збереження біорізноманіття та забезпечення стійкості екосистем. Протягом останніх років, діяльність людини спричинила ріст кількості інвазійних видів у заповідних ареалах. Цей процес веде до низки наслідків, серед яких: підвищення конкуренції за місця в екосистемах на користь адвентивних видів, що адаптуються легше, ніж місцеві, зокрема рідкісні; ізоляція місцевих видів; підтискання місцевих видів через вищу конкурентоспроможність інвазійних; забруднення генетичного фонду місцевих видів через гібридизацію; зміна ролей видів у екосистемах, що веде до порушень екологічного балансу та можливої втрати флористичного різноманіття; зміни в харчових ланцюгах; негативний вплив на функціонування екосистем.

В огляді сучасних досліджень слід зазначити, що явище адвентивізації та фітоінвазій добре вивчене як у світовому, так і українському контексті, як з теоретичної, так і з практичної точки зору. Однак, враховуючи швидке поширення адвентивних видів та їх нові місця оселення, дослідження цієї проблематики залишається актуальним, особливо на рівні територій природо-заповідних територій. В Україні існує потреба в більш детальному вивченні геопросторового розповсюдження адвентивних видів, а також в аналізі їх впливу на природоохоронні території.

Ціль дослідження полягає в аналізі розповсюдження інвазійних рослин у біосферних заповідниках України, зокрема в Карпатському та Дунайському. Виділено три категорії інвазійних видів: високо активні, помірно активні, та потенційно небезпечні. Для кожного виду було зазначено, у якому з заповідників він зустрічається. Деякі види, як-от *Acer negundo* та *Ambrosia artemisiifolia*, поширені у двох заповідниках, тоді як інші, наприклад, *Heracleum sosnowskyi* та *Bidens frondosa*, зазначені лише для одного. Ця інформація вказує на різноманітність інвазійних видів у різних екосистемах та на необхідність врахування регіональних особливостей при розробці стратегій управління інвазійними видами, підкреслюючи важливість моніторингу за цими видами для збереження біорізноманіття в заповідниках.

Швидка адаптація інвазійних видів і їх конкуренція з місцевими створюють серйозні загрози для біорізноманіття. Вони також впливають на екосистемні послуги, включаючи очищення повітря і води, регуляцію клімату, забезпечення якості ґрунтів. Ці загрози можуть мати значні наслідки для здоров'я екосистем та життєвих ресурсів людей, тому дослідження впливу інвазійних видів на заповідні території є критично важливим для збереження природної різноманітності та стабільності екосистем. *Ключові слова:* біорізноманіття, інвазійні види, адвентивізація флори, природно-заповідний фонд, біосферні заповідники, екосистемні послуги, сталий розвиток.

The role of phytoinvasion for the natural biodiversity of protected areas in Ukraine. Khomenko S., Belmega I., Kireitseva H., Khrutba V.

Protected areas are important elements of biodiversity conservation and ecosystem sustainability. In recent years, human activity has led to an increase in the number of invasive species in protected areas. This process leads to a number of consequences, including: increased competition for places in ecosystems in favor of adventive species that adapt more easily than native species, including rare ones; isolation of native species; pressure on native species due to the higher competitiveness of invasive species; contamination of the genetic pool of native species through hybridization; changes in the roles of species in ecosystems, leading to disruptions in ecological balance and possible loss of floristic diversity; changes in food chains; and negative impacts on the functioning of ecosystems.

In the review of current research, it should be noted that the phenomenon of adventitiousness and phytoinvasions is well studied both in the global and Ukrainian context, both from a theoretical and practical point of view. However, given the rapid spread of adventitious species and their new habitats, the study of this issue remains relevant, especially at the level of protected areas. In Ukraine, there is a need for a more detailed study of the geospatial distribution of invasive species, as well as an analysis of their impact on protected areas.

The purpose of the study is to analyze the distribution of invasive plants in the biosphere reserves of Ukraine, in particular in the Carpathian and Danube biosphere reserves. Three categories of invasive species were identified: highly active, moderately active, and potentially dangerous. For each species, it was noted in which of the reserves it occurs. Some species, such as *Acer negundo* and *Ambrosia artemisiifolia*, are common in two reserves, while others, such as *Heracleum sosnowskyi* and *Bidens frondosa*, are listed for only one. This information indicates the diversity of invasive species in different ecosystems and the need to take into account regional specificities when developing invasive species management strategies, emphasizing the importance of monitoring these species for biodiversity conservation in the reserves.

The rapid adaptation of invasive species and their competition with native species pose serious threats to biodiversity. They also affect ecosystem services, including air and water purification, climate regulation, and soil quality. These threats can have significant consequences for ecosystem health and human livelihoods, so researching the impact of invasive species on protected areas is critical to preserving natural diversity and ecosystem stability. *Key words:* biodiversity, invasive species, flora adventitiousness, nature reserve fund, biosphere reserves, ecosystem services, sustainable development.

Постановка проблеми. В останні роки в Україні та світі спостерігається зростання адвентивних видів рослин. Це процес, коли рослини з'являються та розростаються на нових територіях, які не є їх історичним ареалом. За словами В.В. Протопопової, С.Л. Мосякіна та М.В. Шевери [1] до основних причин цього явища належать:

- природні чинники - розсіювання насіння вітром та водою, зміни клімату, зміни умов середовища, пожежі, повені та інші природні явища, які сприяють переміщенню рослин та їхнього насіння;
- антропогенні чинники - інтродукція для декоративного озеленення, сільське господарство, міжнародна торгівля тощо.

Адвентивні види рослин негативно впливають на різноманітність екосистем. Таким чином, вони конкурують з аборигенними видами за поживні речовини, світло, воду та простір, що призводить до змін у структурі та функціонуванні екосистем. Адвентивні рослини також порушують біогеохімічні цикли, водообмін та енергетичні потоки. Крім того, вони витісняють місцеві види, створюючи монокультури, що зменшує біорізноманіття. Їх присутність змінює властивості та структуру ґрунту. Нарешті, адвентивні види спричиняють економічні втрати в сільському та лісовому господарстві, знижуючи врожайність культур та вимагаючи додаткових витрат на боротьбу зі шкідниками.

Поширення адвентивних видів рослин на нових територіях часто призводить до появи інвазійних видів. Коли рослини потрапляють у нові регіони, де немає їхніх природних ворогів чи їх кількість обмежена, вони можуть швидко розповсюджуватися та ставати інвазійними. Ці інвазії згодом можуть спричинити серйозні негативні наслідки для екосистем, такі як втрата біорізноманіття, порушення екосистемних процесів і загрози для місцевих видів рослин. Таким чином, адвентивізація флори створює сприятливі умови для виникнення інвазійних видів.

Актуальність досліджень. Не дивлячись на те, що Україна займає 5,7 % площі Європи, на її території представлено не менше 35 % європейського біорізноманіття (понад 70 тис. видів тварин і рослин). В Україні природоохоронні території це – території, які створюються з метою охорони природних ландшафтів від надмірних змін внаслідок господарської діяльності людини та призначені для захисту і підтримки біологічної різноманітності [2]. Згідно з даними Державного кадастру природно-заповідного фонду, на початку 2021 року нараховувалося 8633 території та об'єкти природно-заповідного фонду загальною площею 4,1 млн. га, що становило 6,8 % площі країни, а також морський заказник «Філофорне поле Зернова» площею 402,5 тис. га, а у складі природно-заповідного фонду було 5 біосферних заповідників, 19 природних заповідників, 53 національних природних парки, 85 регіональних ландшафтних парків, 3398 заказників, 3580 пам'яток

природи, 802 заповідних урочища, 28 ботсадів, 13 зоопарків, 62 дендропарки та 588 парків-пам'яток садово-паркового мистецтва [3].

Кількість і площа територій та об'єктів природно-заповідного фонду різняться від регіону до регіону і залежить від кількості збережених природних територій та згоди місцевих органів влади, землевласників і землекористувачів заповідати такі природні ділянки [4].

На жаль, значна частина природних та напівприродних ландшафтів стрімко деградує під впливом зміни клімату, діяльності людини та внаслідок російської військової агресії. Тобто, все більше видів тварин і рослин опиняється під загрозою зникнення. Саме заповідні території є важливими елементами збереження біорізноманіття та забезпечення стійкості екосистем.

Так, за останні десятиліття, вплив людської діяльності призвів до значного збільшення поширення інвазійних видів на заповідних територіях. Це в свою чергу призводить до: посилення конкуренції за поширення в трансформованих екоотопах на користь адвентивних видів, які менш вибагливі до умов зростання ніж аборигенні, особливо рідкісні, види; інсуляризації популяцій аборигенних видів; пригнічення аборигенних видів більш конкурентоздатними інвазійними видами; засмічення генофонду споріднених аборигенних видів через гібридизацію з адвентивними; зміни трофічних ланцюгів; порушення життєдіяльності екосистем, про що свідчать закономірності в розподілі видів у зональному, регіональному, екологічному і ценотичному аспектах, співвідношенні між стабільним та нестабільним компонентами адвентивної флори [5].

Здатність цих видів швидко адаптуватися та конкурувати з місцевими видами створює серйозні загрози для біорізноманіття. Інвазійні види також серйозно впливають на надання екосистемних послуг, таких як очищення повітря та води, регуляція клімату та забезпечення поліпшеної якості ґрунтів. Ця загроза може мати великі наслідки для здоров'я екосистем та забезпечення життєвих ресурсів для населення. Саме тому, дослідження впливу цих видів на заповідні території стає надзвичайно актуальним для збереження природної різноманітності та екосистемної стабільності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Основоположниками вчення про адвентивну флору вважають швейцарських геоботаніків М. Rikli, A Thellung та фінського дослідника К. Linkola [6]. Вчені провели низку фундаментальних досліджень із зазначеної проблематики, а також проводили регіональні дослідження чужорідної флори на прикладах деяких європейських країн. Поглибили науково-практичні засади дослідження адвентивної флори праці американського геоботаніка Н. Baker [7], польських учених J. Faliński [8] та J. Kornaś [9], а також німецького науковця F. G. Schroeder [10]. Всі ці нау-

ковці сформували теоретичну та методологічну базу для подальших досліджень адвентивної флори.

В Україні, одним із перших, хто звернув увагу на проблему адвентивних видів, як на важливу біо-географічну проблему, був вчений М.І. Котов [11]. Дослідження адвентивної та синантропної фракцій флори України згодом продовжила учениця М.І. Котова В.В. Протопопова [12]. Результати своїх досліджень опублікувала в монографіях «Адвентивна флора Лісостепу і Степу України», де було подано огляд стану цієї групи рослин і проаналізовано шляхи занесення адвентивних видів рослин в Україну. Дослідження фітоінвазій інтенсивно розвиваються в Україні Абдулосєва [13], Бурда [14], Вихор [15], Зав'ялова [16].

Аналізуючи останні дослідження варто відмітити, що проблеми адвентивної флори та фітоінвазій як у теоретичному, так і практичному аспекті вже достатньою мірою досліджені у світі в цілому та в Україні зокрема. Проте, враховуючи стрімкий, прогресуючий процес адвентивної флори та зростання темпів занесення та поширення адвентивних видів, розширення спектрів їх оселищ тощо, дослідження адвентивної фракції флори, а особливо фітоінвазій, є одним з актуальних напрямів дослідження як на регіональному так і на державному рівнях. Недостатньо вивченими лишаються також питання геопросторового поширення адвентивної флори в межах окремих регіонів України. В Україні узагальнених даних про вплив інвазійних видів рослин у заповідниках, національних парках та інших природно-заповідних територіях досить мало. Розрізнені дані є по окремих заповідних територіях.

Метою дослідження є аналіз поширення інвазійних видів рослин на територіях Карпатського та Дунайського біосферних заповідників.

Виклад основного матеріалу. Інвазія – це самостійне проникнення або випадкове (антропогенне) занесення чужорідного виду на нову для нього територію, що може завершитися акліматизацією і оселенням або ж загибеллю (елімінацією) за будь-якої причини [14]. За оцінками фахівців кількість потенційних інвазійних видів, які здатні проникнути на територію України становить приблизно 1500 видів. Ця проблема загострюється зараз у зв'язку з кліматогенними змінами, які призводять до значного перерозподілу видового складу та руйнування структури природних екосистем. Це створює нові екологічні ніші в природному рослинному покриві з одного боку та збільшує або зменшує можливість вкорінення інвазійних видів та їхній вплив на життєдіяльність екосистем [5].

Згідно з новим звітом Міжурядової платформи з біорізноманіття та екосистемних послуг (IPBES) інвазійні чужорідні види є однією з п'яти основних прямих причин втрати біорізноманіття в усьому світі [17]. За даними цього ж звіту, інвазійні чужорідні види відіграють ключову роль у 60% глобальних

вимирань рослин і тварин. Вони коштують людству понад 400 млрд доларів на рік. Ця сума, починаючи з 1970 року, збільшується у 4 рази кожне десятиліття. Зі зростанням переміщення людей і товарів, викликаного глобалізацією, погіршенням стану довкілля і зміною клімату, кількість інвазійних чужорідних видів і їхній вплив, за прогнозами, буде збільшуватися у майбутньому [17].

Боротьба з інвазійними видами рослин є важливим завданням для світової спільноти з метою збереження біорізноманіття та забезпечення стабільності екосистем. У травні 2020 року Європейським Союзом було прийнято нову Стратегію з біорізноманіття до 2030 року, яка є комплексним, амбітним і довгостроковим планом із захисту природи та припинення деградації екосистем [18]. Стратегія акцентує увагу на необхідності впровадження ефективного контролю за інтродукцією та поширенням інвазійних видів рослин, а також передбачається вдосконалення моніторингу та оцінки інвазійних видів, розробка біологічних методів контролю та впровадження стратегій раннього виявлення для забезпечення відповідної реакції на небезпеку. Важливим при цьому є координація зусиль між країнами та створення міжнародних механізмів для обміну інформацією та спільної боротьби з інвазійними видами.

19 грудня 2023 року під час п'ятнадцятої конференції сторін (COP15), що відбулась в Монреалі, було ухвалено Куньмінсько-Монреальську глобальну рамкову програму з біорізноманіття [19]. Цей новий стратегічний документ становить інтегральну частину глобальних зусиль з охорони біорізноманіття та визначає 23 глобальні цілі до 2030 року, а також 4 глобальні цілі до 2050 року з питань збереження біорізноманіття. Однією з ключових цілей цієї програми є управління інвазійними видами рослин, спрямоване на їх усунення, мінімізацію та/або пом'якшення їх впливу на біорізноманіття та екосистемні послуги.

Провідними фахівцями різних країн розроблена Глобальна (Світова) стратегія із проблеми інвазійних неаборигенних видів (Global Strategy on Invasive Alien Species). Багато країн світу, такі як США, Канада, Австралія, Швейцарія, Польща, країни Середземномор'я та інші, розробили національні стратегії запобігання та контролю інвазій. Ці стратегії відрізняються за своїми цілями та методами їх досягнення, але загалом складаються з кількох окремих компонентів: дослідження, методи освіти та профілактики, моніторинг, контроль за інвазіями та законодавча база [20].

Україна значно відстає у вирішенні цієї проблеми, незважаючи на критичність впливу інвазійних видів рослин на довкілля, особливо для окремих територій природно-заповідного фонду. 17 грудня 2021 року Президент України підписав Указ №668/2021, яким була ухвалена Стратегія біобезпеки та біологічного захисту [21], а 7 липня 2022 року, було затвер-

джено План дій на 2022–2025 роки для виконання цієї Стратегії [22], відповідно до якого заплановано вжити наступні кроки щодо запобігання розповсюдження інвазійних видів: оновити процедури контролю за розповсюдженням інвазійних чужорідних видів у різних секторах економіки для зменшення їх шкідливого впливу; встановити критерії для класифікації рослин та тварин як інвазійних чужорідних видів; схвалити перелік цих видів, враховуючи ступінь загрози, яку вони представляють; виконати інвентаризацію інвазійних чужорідних видів на локальному, регіональному та національному рівнях; створити спеціалізовані бази даних, тощо.

5 липня 2023 року при Міністерстві екології та природних ресурсів України створено Міжвідомчу робочу групу з інвазійних чужорідних видів [23], пріоритетними завданнями якої є: консультативна допомога з питань виконання Плану заходів з реалізації Стратегії біобезпеки та біологічного захисту на 2022–2025 роки, у частині організації науково-методичного та правового механізму щодо поводження з інвазійними чужорідними видами тваринного і рослинного світу; підготовка пропозицій щодо удосконалення нормативно-правової бази, інституційних спроможностей, підвищення рівня поінформованості та науково-методичного забезпечення здійснення заходів у сфері поводження з інвазійними видами; розробка і виконання практичних заходів на державному та місцевому рівнях із запобігання проникненню, здійснення контролю за поширенням і пом'якшення наслідків поширення інвазійних видів та формування робочих груп для супроводу виконання окремих заходів.

Відповідно до досліджень фахівців з Інституту ботаніки НАН України кількість видів судинних чужорідних рослин складає близько 760. Ці оцінки не охоплюють всіх таксономічних груп, чужорідні представники яких зустрічаються на території країни, тому загальна кількість чужорідних видів є більшою. Наприклад в базу даних EASIN – European Alien Species Information Network – внесено близько 14 тис. чужорідних видів [24]. Близько 100 адвентивних видів рослин володіють високим інвазійним потенціалом.

Останнім часом спостерігається чітка тенденція до проникнення видів адвентивних рослин, зокрема інвазійних, на території об'єктів природно-заповідного фонду, що призводить до негативних наслідків, які виявляються у змінах у структурі флори, флорокомплексів і рослинних угруповань, у широкомасштабному впливі на екосистеми і окремі види.

Проникненню інвазійних видів на заповідні території сприяє інтенсивний розвиток та упорядкування об'єктів природно-заповідного фонду України. Під час туристичних та освітньо-екологічних екскурсій зростає засмічення навколишніх територій, що в результаті призводить до засмічення генофонду аборигенної флори заповідних територій, перешкоджає поновленню природного рослинного покриву, зни-

жує резистентність цінних рослинних угруповань. В даній статті ми аналізуємо роль інвазійних видів рослин саме на території біосферних заповідників, оскільки, на відміну від природних парків та інших об'єктів природно-заповідного фонду, у них більш жорсткі норми охорони та розвинена система моніторингу, що сприяє більш точному відслідковуванню поширення інвазивних видів та їхнього впливу на природні екосистеми. Також біосферні заповідники додатково знаходяться під охороною ЮНЕСКО, що сприяє міжнародній співпраці в дослідженнях інвазійних видів. Ще одним аспектом є те, що біосферні заповідники можуть надавати унікальні можливості для проведення контрольованих експериментів, щоб вивчити механізми взаємодії між інвазійними та місцевими видами. Проте, важливо зазначити, що вивчення інвазійних видів повинно відбуватися в різних середовищах, оскільки кожен тип заповідної території може надати унікальне розуміння проблеми інвазій та способів їх контролю.

Метою нашого дослідження є аналіз поширення інвазійних видів рослин на території Карпатського та Дунайського біосферних заповідників. Свою увагу ми зосередили саме на цих об'єктах, оскільки біосферні заповідники «Асканія-Нова» та Чорноморський на даний час знаходяться під окупацією [25], а територія Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника також була тривалий час окупована російськими військами, на території заповідника окупанти будували інженерні споруди, зруйнували частково інфраструктуру.

Нами був проведений аналіз інвазійних видів рослин заповідних територій на основі даних літературних джерел (таблиця 1). Оскільки, на даний час поки не затверджено загального переліку інвазійних видів рослин України, а є лише попередній список видів з високою інвазійною спроможністю, то нами були проаналізовані існуючі опубліковані флористичні списки [5, 26, 27].

Аналізуючи дані таблиці можна зробити висновок, що найбільша кількість інвазійних видів в Дунайському біосферному заповіднику. Відповідно до класифікації за інвазійною активністю видів [28] на території заповідника існують 11 – високоактивних видів, 15 – помірно активних та 3 потенційно небезпечних види. Це пов'язано з тим, що найбільш вразливі в Україні прибережні, степові екосистеми, аборигенна рослинність яких представлена «островами» з більш-менш великою площею. Інвазійні види рослин вкорінюються навіть у деревно-чагарникових ценозах, які мають найбільш стійку структуру, так наприклад, асоціації за участю високоінвазійного виду *Amorpha fruticosa* (Аморфа кушова) є небезпечними для стану унікального для південних регіонів деревно-чагарникового комплексу плавнів Дунаю. Певну еконішу займає і інший адвентивний вид середземноморського походження *Elaeagnus angustifolia* L. (Маслинка вузьколиста).

Таблиця 1

Інвазійні види поширені на території біосферних заповідників України

Назва виду	Дунайський	Карпатський
Високо-активні види		
<i>Acer negundo</i> L. (Клен ясенелистий)	+	+
<i>Ambrosia artemisiifolia</i> L. (Амброзія полинолиста)	+	+
<i>Hieracium sosnowskyi</i> (Борщівник Сосновського)	-	+
<i>Bidens frondosa</i> L. (Черда листяна)	+	+
<i>Erigeron canadensis</i> L. (Злинка канадська)	+	+
<i>Grindelia squarrosa</i> (Грінделія розчепірена)	+	-
<i>Phalacrolooma annuum</i> L. (Злинка однорічна)	-	-
<i>Xanthium albinum</i> (Widd.) H. Scholz (Нетреба)	+	-
<i>Impatiens parviflora</i> DC. (Розрив-трава дрібноцвіта)	+	+
<i>Echinocystis lobata</i> (Іжакоплідник виткий)	+	+
<i>Amarpha fruticosa</i> L. (Аморфа кущова)	+	-
<i>Robinia pseudoacacia</i> L. (Робінія звичайна)	+	+
<i>Elodea canadensis</i> Michx. (Водяна чума канадська)	+	-
<i>Oenothera biennis</i> L. (Енотера дворічна)	-	-
<i>Reynoutria japonica</i> Houtt. (Далекохідна гречка японська)	-	+
<i>Setaria pumila</i> (Poir.) Roem. et Schult. (Мишій сизий)	-	+
<i>Solidago canadensis</i> L. (Золотушник канадський)	-	+
<i>Oenothera biennis</i> L. (Енотера дворічна)	-	-
Помірно активні види		
<i>Amaranthus albus</i> L. (Щириця біла)	+	-
<i>Amaranthus retroflexus</i> L. (Щириця загнута)	+	-
<i>Asclepias syriaca</i> L. (Ваточник звичайний)	+	-
<i>Centaurea diffusa</i> Lam. (Волошка розлога)	+	-
<i>Galinsoga parviflora</i> Cav (Незбутиця дрібноцвіта)	+	-
<i>Iva xanthiifolia</i> Nutt (Чорнощир звичайний)	+	-

Продовження таблиці 1

Назва виду	Дунайський	Карпатський
<i>Solidago canadensis</i> L. (Золотушник канадський)	+	-
<i>Cuscuta campestris</i> Yunck (Повитиця)	+	-
<i>Elaeagnus angustifolia</i> L. (Маслинка вузьколиста)	+	-
<i>Cenchrus longispinus</i> Benth. (Гострянка довгоколючков)	+	-
<i>Portulaca oleracea</i> L. (Портулак городній)	+	-
<i>Azolla caroliniana</i> Willd. (Азола каролінська)	+	-
<i>Ailanthus altissima</i> (Mill.) Swingle. (Айлант найвищий)	+	-
<i>Lucium barbarum</i> L. (Повій звичайний)	+	-
<i>Typha laxmannii</i> Lerech. (Рогіз Лякманна)	+	-
<i>Ulmus pumila</i> L. (В'яз)	-	-
Потенційно небезпечні види		
<i>Centaurea solstitialis</i> L. (Волошка довгоденна)	+	-
<i>Xanthium spinosum</i> L. (Нетреба колюча)	+	-
<i>Elsholtzia ciliata</i> (Thunb.) Nyl. (Бджоляна трава війчаста)	+	-

Джерело: Розроблено авторами на основі [5, 26, 27].

У складі адвентивної фракції Карпатського біосферного заповідника на території заповідника існують лише 11 – високоактивних видів та найчастіше вони зустрічаються в Кузій-Трибушанському масиві, Долині нарцисів, Чорній та Юлівських горах, тобто на тих територіях, які межують або близько знаходяться біля залізниць, людських осель, городів, пасовищ та сіножатей. Тільки *Erigeron canadensis* L. (Злинка канадська) та *Phalacrolooma annuum* L. (Злинка однорічна) масово відмічаються на території усіх заповідних масивів заповідника. Проте згідно проведеного аналізу представленості інвазійних видів рослин у вищезгаданих заповідних об'єктах наразі найменша загроза фітоінвазій існує саме для гірських флористичних районів.

Висновки. Отже, провівши аналіз поширення інвазійних видів рослин на територіях Карпатського та Дунайського біосферних заповідників встановлено відмінності у складі інвазійних видів рослин, що пов'язані з географічними умовами, кліматичними факторами та іншими екологічними чинниками.

Підсумовуючи наведені дані, можна зробити висновок, що адвентизація флори України прогресивно розвивається і суттєво впливає на довкілля на всіх рівнях (популяційному, видовому, ценотичному та екосистемному). Так як, саме заповідні території є важливими елементами збереження біорізноманітності.

маніття та забезпечення стійкості екосистем, тому актуальним є проведення наукових досліджень для розуміння процесів адвентизації та розробки обґрунтованих методів контролю та профілактики фітоінвазій певних видів на них. Виявлено, що інвазійні види суттєво змінюють структуру та функціонування екосистем, витісняючи місцеві види та пору-

шуючи природні біогеохімічні цикли. Виділено три категорії інвазійних видів: високо активні, помірно активні, та потенційно небезпечні. Ця інформація вказує на різноманітність інвазійних видів у різних екосистемах та на необхідність врахування регіональних особливостей при розробці стратегій управління інвазійними видами.

Література

1. Протопопова В.В., Мосякін С.Л., Шевера М.В. Фітоінвазії в Україні як загроза біорізноманіттю: сучасний стан і завдання на майбутнє. Київ: Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України. 2002. 28 с.
2. Мельник-Шамрай В.В., Шамрай В.І., Пацева І.Г. Аналіз територіального розподілу об'єктів природно-заповідного фонду об'єднаних територіальних громад Коростенського району Житомирської області. Екологічні науки: науково-практичний журнал. К.: видавничий дім «Гельветика». 2023. № 4(49). С. 186–193.
3. Природно-заповідний фонд України: веб-сайт. URL: <https://wownature.in.ua/oberihaymo/pryrodno-zapovidnyy-fond/> (дата звернення 20.01.2024).
4. Romanchuk L., Ustylenko V., Didenko P., Badzian V. Determination of the main indicators of species diversity in «Drevlyansky» nature reserve's forests. *Scientific Horizons*. 2020. 7(92). P. 65–73.
5. Зав'ялова Л.В. Види інвазійних рослин, небезпечні для природного фіторізноманіття об'єктів природно-заповідного фонду України. Біологічні системи. 2017. 9 (Вип. 1). С. 87–107.
6. Кисельов Ю.О., Поліщук В.В. Історичний огляд досліджень адвентивної флори у світі й в Україні. Збалансоване природо-користування. 2022. №4. С. 141–148.
7. Baker H. G. Characteristics and modes of origin of weeds. The genetics of colonizing species. Academic Press, London. 1965. P. 147–172.
8. Falinski, J.B. Synantropizacja szaty roślinnej. I. Neofityzm i apofityzm w szacie roślinnej Polski. *Mater. Zakładu Fitosocjol. Stosowanej Uniw. Warszawsk.* 1968. 25. P. 1–229.
9. Kornaś, J. A. Geographical-historical classification of synanthropic plants. *Mater. Zakładu Fitosocjol. Stosowanej Uniw. Warszawsk.* 1968. P. 33–41.
10. Schroeder, Fred-Günter. Zur Klassifizierung der Anthropochoren. *Vegetatio*, 1968. 16. P. 225–238.
11. Котов М. І. Адвентивні рослини УСРР. Знання. 1929. № 2. С. 8–32.
12. Протопопова В. В. Адвентивні рослини Лісостепу і Степу України. К.: Наук. Думка. 1973. 188 с.
13. Абдулоєва О.С., Шевчик В.Л., Карпенко Н.І. Інвазійні чужинні види вищих рослин у рослинних угрупованнях Канівського природного заповідника. Заповідна справа в Україні. 2009. Т. 15. Вип. 2. С. 31–36.
14. Бурда Р.І., Пашкевич Н.А., Бойко Г.В., Фіцайло Т.В. Чужорідні види охоронних флор Лісостепу України. К.: Наукова думка. 2015. 116 с.
15. Вихор Б.І. Екологічна оцінка впливу інвазійних видів рослин на фіторізноманіття Закарпаття: автореф. дис. канд. біол. наук: спец. 03.00.05 «Ботаніка». Київ, 2015. 20 с.
16. Зав'ялова Л.В. Про сучасні підходи до вивчення фітоінвазій на території об'єктів ПЗФ України. Динаміка біологічного та ландшафтного різноманіття заповідних територій. Камінець Подільський. 2016. С. 46–49.
17. Медіа-реліз: IPBES оцінка інвазивних чужорідних видів. Міжурядова платформа з питань біорізноманіття та екосистемних послуг: веб-сайт. URL: <https://www.ipbes.net/IASmediarelease> (дата звернення 24.01.2024).
18. Стратегія біорізноманіття до 2030 року. Офіційний сайт Європейського Союзу: веб-сайт. URL: https://environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_en (дата звернення 24.01.2024).
19. Основні результати 15-ї конференції сторін конвенції про біорізноманіття. Екологія. Право. Людина: веб-сайт. URL: <https://epl.org.ua/announces/osnovni-rezultaty-15-yi-konferentsiyi-storin-konventsiiyi-pro-bioriznomanittya> (дата звернення 24.01.2024).
20. Вплив інвазійних видів рослин на біорізноманіття. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України: веб-сайт. URL: https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/05/Zvit_kadastr_ch2.doc (дата звернення 28.01.2024).
21. Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 15 жовтня 2021 року «Про Стратегію біобезпеки та біологічного захисту» Указ Президента України від 17 грудня 2021 року № 668/2021. Офіційний портал Верховної Ради України: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/668/2021#Text> (дата звернення 28.01.2024).
22. Розпорядження Кабінету Міністрів України Про затвердження плану заходів з реалізації Стратегії біобезпеки та біологічного захисту на 2022 - 2025 роки від 7 липня 2022 р. № 573-р. Офіційний портал Верховної Ради України: веб-сайт. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/573-2022-%D1%80#Text> (дата звернення 28.01.2024).
23. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України № 466 від 05.07.2023 «Про утворення Міжвідомчої робочої групи щодо інвазивних чужорідних видів тваринного і рослинного світу при Міністерстві захисту довкілля та природних ресурсів України»: веб-сайт. URL: <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/07/466n.pdf> (дата звернення 07.02.2024).
24. EASIN - Європейська мережа інформації про чужорідні види Офіційний сайт Європейського Союзу: веб-сайт. URL: <https://alien.jrc.ec.europa.eu/easin> (дата звернення 08.02.2024).
25. 44% Найцінніших природних територій України охоплені війною: долучайтесь до ініціативи «рятуємо природу у дні війни разом!» Українська природоохоронна група: веб-сайт. URL: <https://uncg.org.ua/44-pzfi/> (дата звернення 08.02.2024).
26. Козурак А.В., Антосяк Т.М., Волощук М.І. Проблеми поширення інвазивних видів рослин на території КБЗ та заходи щодо їх збереження. Збереження рослин у зв'язку зі змінами клімату та біологічними інвазіями: матеріали міжнар. наук. конф. 31 березня 2021 р. Біла Церква. 2021. С.197–200.
27. Знахідки чужорідних видів рослин та тварин в Україні. «Conservation Biology in Ukraine». Вип. 29. Київ; Чернівці: Друк Арт. 2023. 520 с.
28. Protoporova, V.V., M.V. Shevera. Invasive species in the flora of Ukraine. The group of highly active species. *Geo&Bio*. 2019. Vol. 17. P. 116–135.

ЗМІНА КЛІМАТУ

УДК 551.583:504.05

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.2.19>

ДОСЛІДЖЕННЯ ВРАЗЛИВОСТІ УРБОЕКОСИСТЕМИ М. УМАНЬ ДО ЗМІН КЛІМАТУ

Гуреля І.В.

Уманський національний університет садівництва
вул. Інститутська, 1, 20300, м. Умань
ivan.gurelya@ukr.net

Різноманітні прогнози зміни клімату України вказують на те, що основні тенденції змін клімату в майбутньому будуть пов'язані зі збільшенням температури повітря та зменшенням або несуттєвою зміною кількості опадів з відповідним зростанням посушливості клімату. Існують також особливі наслідки змін клімату пов'язані із містами, включаючи посилення ефекту міського «острова тепла» та загострення проблеми забруднення повітря, збільшення потреби в енергії (особливо в літній період). Зміна клімату прискорюється, тоді як структурні зміни в містах відбуваються повільніше. Розуміючи, плануючи та адаптуючись до змін клімату, міські громади можуть скористатися можливостями і зменшити існуючі ризики.

Було проведено дослідження вразливості урбоєкосистеми м. Умань до змін клімату. Дана оцінка проводилась на основі методики, яка передбачає оцінку міської системи за індикаторами, які поділені на сім груп. Дослідження основних груп індикаторів показують, що вище 60% від максимально можливого значення мають дві групи. Це індикатори для оцінки вразливості міських зелених зон (14 балів) та індикатори для оцінки вразливості до погіршення якості та зменшення кількості питної води (18 балів).

Останніми роками в місті спостерігається скорочення площ озеленення. Основною причиною втрат та деградації насаджень є потепління клімату та антропогенний фактор. Рослини різних еколого-фітоценотичних поясів міста відчувають водний дефіцит, збільшення якого обумовлюється посушливими умовами і накопиченням на листках пилу, а в листках – основних поллютантів, що надійшли від автотранспорту.

Забезпечення питною водою – це одна із найбільших проблем міста. Водозабори питних підземних вод Уманського родовища експлуатуються близько 70 років. Також питна вода постачається в місто з р. Рось через магістральний водогін «Біла Церква-Умань» протяжністю 125 км. Все це в комплексі посилює вразливість міста до потенційних наслідків зміни клімату.
Ключові слова: урбоєкосистема, зміни клімату, вразливість міської території, міські зелені зони, забезпеченість питною водою.

Study of the vulnerability of the Uman urboecosystem to climate changes. Hurelya I.

Various climate changes forecasts for Ukraine indicate that the main trends of climate change in the future will be associated with an increase air temperature and a decrease or slight change in precipitation with a corresponding increase in climate aridity. There are also special consequences of climate change associated with cities, including the strengthening of the urban “heat island” effect and the exacerbation of air pollution, increasing the need for energy (especially in the summer). Climate change is accelerating, while structural change in cities is occurring more slowly. By understanding, planning and adapting to climate change, urban communities can take advantage of opportunities and reduce existing risks.

A study of the vulnerability of the urban territory of the Uman city to climate change was conducted. This assessment was carried out on the basis of the methodology, which provides for the assessment of the city system according to indicators, which are divided into seven groups. Studies of the main groups of indicators show that two groups have more than 60% of the maximum possible value. These are indicators for assessing the vulnerability of urban green zones (14 points) and indicators for assessing vulnerability to the deterioration of the quality and reduction of drinking water (18 points).

In recent years, the city has seen a decrease in greening areas. The main reason for the loss and degradation of plantations is the warming of the climate and the anthropogenic factor. Plants of various ecological and phytocenotic zones of the city experience a water deficit, the increase of which is caused by dry conditions and the accumulation of dust on the leaves, and in the leaves of the main pollutants that came from motor vehicles.

Provision of drinking water is one of the biggest problems of the city. The drinking water intakes of the Uman field have been operated for about 70 years. Drinking water is also supplied to the city from the Ros River through the 125 km long Bila Tserkva–Uman main water pipeline. All this in the complex increases the vulnerability of the city to the potential consequences of climate change.
Key words: urban ecosystem, climate change, vulnerability of urban territory, urban green zones, supply of drinking water.

Постановка проблеми. У містах проживає більше половини населення світу, і, тому, міста займають лідируючі позиції в аспекті проблеми зміни клімату [1]. Зміна клімату створює додатковий стрес для міст через, серед іншого, збільшення кількості теплових хвиль і частіші сильні посухи та періодичні підтоплення [2–3]. Існують також особливі наслідки

змін клімату пов'язані із містами, включаючи посилення ефекту міського острова тепла та загострення забруднення повітря, збільшення потреби в енергії (особливо в літній період) та, як наслідок, викиди парникових газів і вразливість, спричинена зростанням кількості міського населення та високою щільністю населення [4–6].

Ці виклики підкреслюють ідеї, що міським органам управління потрібно переосмислити, як забезпечити оптимальний захист міського населення, які інвестиції в інфраструктуру є пріоритетними, і як кліматичні зміни можуть вплинути на довгострокову перспективу зростання економічного потенціалу та розвиток міської громади.

Актуальність дослідження. Незважаючи на те, що міста явно вразливі до кліматичних змін, вони також унікальні у здатності взяти на себе провідну роль у передбаченні мінливості та зміни клімату, проектуванні стійкості до їх розвитку, щоб збільшити надійність вдалого розвитку проєктів, спрямованих на надання якісних екосистемних послуг населенню [7]. Розуміючи, плануючи та адаптуючись до змін клімату, міські громади можуть скористатися можливостями і зменшити існуючі ризики.

Міста є ключем до розвитку економіки та інновацій, а також осередком основних економічних активів. З іншого боку, міста – це осередки, де більшість людей відчувають вплив змін клімату, оскільки близько трьох чвертей населення України є міськими жителями. Комбінація щільності населення з економічними активами та міськими послугами/системами (наприклад, енергія, вода, відходи, їжа та інше) робить міські райони дуже вразливими до мінливості клімату та її наслідків [8]. Тому дослідження вразливості міст до змін клімату є актуальним урбо-екологічним завданням.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.

Дана стаття містить результати досліджень, які є частиною наукової роботи «Розробка методологічних підходів і практичного механізму екологічно-збалансованого природокористування» (державний номер реєстрації – 0108U009772), що проводиться в Уманському національному університеті садівництва.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Результати досліджень вітчизняних [9–11] та іноземних науковців [12–14] дозволяють зробити висновок, що урбоекосистеми значно вразливіші до проявів кліматичних змін порівняно з природними екосистемами. Особливий внесок в розробку методики оцінювання їх вразливості зробила Шевченко О. Г. [15, 16]. Дана методика була успішно апробована для подібних наукових досліджень в м. Київ [17], м. Одеса [18], м. Хмельницький [19], м. Львів [20], м. Рівне [21].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Загальна проблема, котрій присвячена стаття, – оцінка потенційних наслідків кліматичних змін. Проте, метою дослідження є виявлення окремих найбільш вразливих елементів урбоекосистеми міста Умань (з населенням менше 100 тис. осіб) до змін кліматичних показників.

Новизна. У статті проаналізована вразливість урбоекосистеми м. Умань до змін клімату. При

цьому вперше визначено основні дві групи індикаторів такої вразливості. Це – індикатори для оцінки вразливості міських зелених зон та індикатори для оцінки вразливості до погіршення якості та зменшення кількості питної води.

Методологічне або загальнонаукове значення. Результати досліджень, викладені у статті, свідчать про зростання ролі поєднання негативних наслідків урбанізації та кліматичних змін, отже, про високу актуальність даного аналізу вразливості урбоекосистеми до зміни клімату і про необхідність розробки і впровадження відповідних заходів до адаптації.

Викладення основного матеріалу. Оцінка вразливості міста Умань до змін клімату проводилась на основі методики Шевченко Ольги [16], яка передбачає оцінку міської системи за індикаторами, які поділені на сім груп:

I група – індикатори для оцінки вразливості до теплового стресу;

II група – індикатори для оцінки вразливості міста до підтоплення;

III група – індикатори для оцінки вразливості міських зелених зон;

IV група – індикатори для оцінки вразливості до стихійних гідрометеорологічних явищ;

V група – індикатори для оцінки вразливості до погіршення якості та зменшення кількості питної води;

VI група – індикатори для оцінки вразливості до зростання кількості інфекційних захворювань та алергійних проявів;

VII група – індикатори оцінки вразливості енергетичних систем міста.

Дана методика ґрунтується на оцінці кожної із зазначених груп індикаторів та передбачає заповнення оціночної форми з підрахунком балів актуальності («неактуально» – 0 балів, «актуально» – 1 бал, «дуже актуально» – 2 бали). Якщо певна група індикаторів в результаті підрахунку кількості балів набрала їх понад 14 (вище 60 % від максимально можливого), то це свідчить, що місто є дуже вразливим до даного негативного наслідку зміни клімату і потребує розробки заходів з адаптації.

Для груп індикаторів, що наберуть меншу кількість балів (8–14 або 34–60 %), також бажано планувати заходи з адаптації для техногенно-навантажених урбоекосистем. Для групи індикаторів, що наберуть менше ніж 8 балів (34 %), робиться відповідний висновок, що на даному етапі вони не потребують розробки заходів, однак слід проводити постійний моніторинг даних індикаторів, адже за умов швидких змін в соціальній структурі міста, енергетичній системі, динаміці розвитку зелених зон, можуть з'явитися нові результати моделювання наслідків змін клімату [15].

Територія України характеризується помірно-континентальним кліматом. У західній та північно-західній частинах України клімат м'який із надмірним

зволоженням і помірним температурним режимом, у східній і південно-східній – дефіцит опадів і дещо підвищений температурний фон. Дослідження клімату України проведені різними науковцями свідчать, що протягом останніх десятиліть температура та деякі інші метеорологічні параметри відрізняються від значень усередненої кліматичної норми.

Різноманітні прогнози зміни клімату для України вказують на те, що основні тенденції змін клімату в майбутньому будуть пов'язані зі збільшенням температури повітря та зменшенням або несуттєвою зміною кількості опадів з відповідним зростанням посушливості клімату.

Згідно з науковими прогнозами, отриманими за допомогою регіональної числової моделі атмосферної циркуляції, а також напівемпіричної моделі зміни клімату [22], до 2050 року середня приземна температура може зрости на 1,5–2,0°C. Кількість опадів може незначно зрости в зимовий період після 2040 року, а влітку їх кількість залишатиметься в межах норми.

На рисунку 1 представлена проєкція змін середньомісячних температур (°C) та середніх місячних сум опадів (%) в центральній частині України у 2011–2030 рр. відносно 1991–2010 рр. (за даними фахівців з УкрНДГМІ [23]).

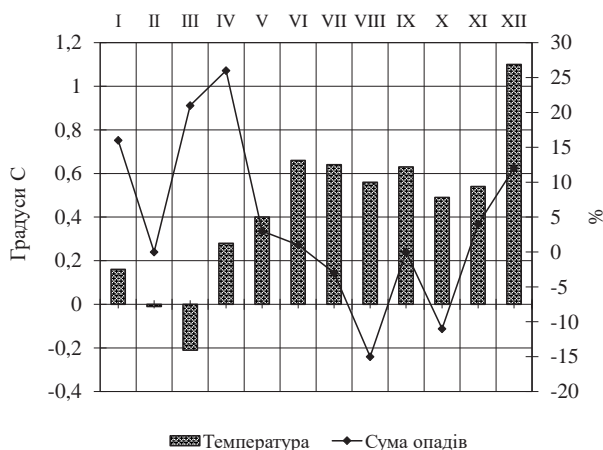


Рис. 1. Проєкція змін середньомісячних температур (°C) та середніх місячних сум опадів (%) в центральній частині України у 2011–2030 рр. відносно 1991–2010 рр.

Результати досліджень [23] дозволяють зробити висновок, що до 2030 р. зростання середньорічної температури по Україні буде в межах 0,5°C. Протягом року найбільше зростання температури повітря ймовірно відбуватиметься у грудні (1,04°C), крім того, значно зросте температура повітря у червні–вересні (0,64–0,67°C). До 2030 р. зросте і кількість опадів – в середньому по Україні на 7 % за рік, найбільше в квітні – на 21 %, та січні і березні – по 17 %. У серпні кількості опадів прогнозовано зменшиться на 12 %, у жовтні на 7 % та липні на 1 %.

Дослідження 520 великих міст світу показує, що до 2050 року близько 77 відсотків усіх міст відчують зміну свого кліматичного режиму [24]. Зміна клімату прискорюється, тоді як структурні зміни в містах відбуваються повільніше. До основних негативних наслідків зміни клімату, що можуть бути потенційно важливими у містах, належать: тепловий стрес, періодичні підтоплення, зменшення площ осередків озеленення та порушення біорізноманіття міських зелених зон, стихійні гідрометеорологічні явища, зменшення об'ємів та погіршення якості міської питної води, зростання кількості випадків інфекційних захворювань та тих, що мають алергічну природу, порушення функціонування енергетичних систем міста.

Нами було проведено дослідження вразливості міської території м. Умань до змін клімату. Місто Умань – друге за кількістю населення місто в Черкаській області, яке розташоване на Придніпровській височині на берегах річки Уманка. Клімат Умані обумовлений близькістю до степової зони помірного поясу. Загалом клімат помірно-континентальний і характеризується м'якою зимою та теплим літом.

Оцінювання вразливості урбоєкосистеми проводилось на основі аналізу доступної інформації (рис. 2). III та V групи індикаторів в результаті підрахунку кількості балів актуальності для даного міста набрали 14 та 18 відповідно. Це свідчить, що місто є дуже вразливим до даних негативних наслідків зміни клімату і потребує розробки заходів з адаптації.

III група – це індикатори для оцінки вразливості міських зелених зон. Останніми роками в місті спостерігається скорочення площ озеленення. Основними причинами втрат та деградації насаджень є потепління клімату та антропогенний фактор. Дослідження рослинності м. Умань [25, 26] дозволяють зробити висновки, що рослини різних еколого-фітоценотичних поясів міста відчувають водний дефіцит, збільшення якого обумовлюється посушливими умовами. Крім того, високий рівень забруднення атмосферного повітря міста посилює вразливість насаджень до потенційних наслідків зміни клімату.

V група – це індикатори для оцінки вразливості до погіршення якості та зменшення кількості питної води. На території району є водозабори питних підземних вод Уманського родовища (водозабори «Городецький», «Паланківський» («Кельманський» та «Осташівський»), «Олександрівський»), які експлуатуються ще з 1954 року. Крім того існує джерело надходження питної води через магістральний водогін «Біла Церква–Умань» (протяжністю 125 км) з р. Рось. Кліматичні зміни та підвищення температури повітря вплинули і на дану водну екосистему. В останні десятиліття спостерігається збільшення випаровування води й зменшення водності Росі. В період, коли водність річки невелика, частка стічних вод може сягати третини стоку, а на дея-

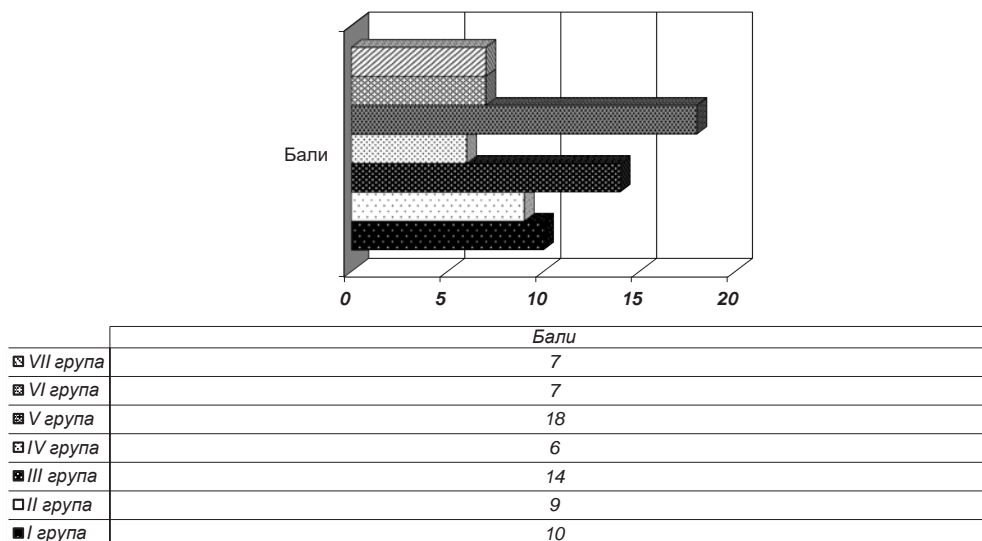


Рис. 2. Оцінка вразливості м. Умань до кліматичних змін

ких ділянках навіть його половини [27]. Крім того, термін перебування води у водогоні – майже 13 діб. Отже, забезпечення питною водою – це одна із найбільших проблем міста.

Крім того, є проблеми і в організації поверхневого стоку міста: зношеність колекторів та насосного обладнання, відсутність якісної організації дощових стоків в певних районах міста.

Головні висновки. Отже в м. Умань чітко можна прослідкувати вразливість до проявів глобальної зміни клімату: фіксується ріст температури повітря, зміна динаміки випадання опадів та зміщення кліматичних сезонів. Дослідження основних груп індикаторів, що свідчать про цю вразливість, показують, що вище 60 % від максимально можливого мають дві групи. Це – індикатори для оцінки вразливості місь-

ких зелених зон (14 балів) та індикатори для оцінки вразливості до погіршення якості та зменшення кількості питної води (18 балів). Крім того, неналежний стан певних видів інфраструктури (наприклад, зношеність колекторів, відсутність якісної організації дощових стоків, тощо) та високий рівень забруднення атмосферного повітря міста посилюють вразливість міста до потенційних наслідків зміни клімату.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати досліджень, викладені в даній статті, дозволяють з метою зменшення або усунення виявлених наслідків кліматичних змін розпочати розробку програми стратегічного планування управління урбоєкосистемою в даних умовах та заходів, щодо покращення адаптаційних можливостей м. Умань.

Література

- Kalafatis S. When do climate change, sustainability, and economic development considerations overlap in cities? *Environ. Politics*. 2017. 27. P. 1–24.
- Tapia C., Abajo-Alda B., Feliu E., Mendizabal M., Martínez-Sáenz J.A., Fernández G., Laburu T., Lejarazu A. Profiling urban vulnerabilities to climate change: An indicator-based vulnerability assessment for European cities. *Ecol. Indic.* 2017. 78. P. 142–155.
- Kron W., Löw P., Kundzewicz Z.W. Changes in risk of extreme weather events in Europe. *Environ. Sci. Policy*. 2019. 100. P. 74–83.
- Zhou Q., Leng G., Su J., Ren Y. Comparison of urbanization and climate change impacts on urban flood volumes: Importance of urban planning and drainage adaptation. *Sci. Total Environ.* 2019. 658. P. 24–33.
- Benevolenza M.A., DeRigne L. The impact of climate change and natural disasters on vulnerable populations: A systematic review of literature. *J. Hum. Behav. Soc. Environ.* 2019. 29. P. 266–281.
- Broto V.C. Urban Governance and the Politics of Climate Change. *World Dev.* 2017. 93. P. 1–15.
- Patterson J.J., Huitema D. Institutional Innovation in Urban Governance: The Case of Climate Change Adaptation. *J. Environ. Plan. Manag.* 2019. 62. P. 374–398.
- EEA, European Environmental Agency. Urban adaptation to climate change in Europe – challenges and opportunities for cities together with supportive national and European policies. *EEA Report*. 2012. No. 2. Copenhagen. Luxembourg: Publications Office of the European Union. DOI:10.2800/41895.
- Іванюта С.П., Коломієць О.О., Малиновська О.А., Якушенко Л.М. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіт. доповідь. К.: НІСД, 2020. 110 с.
- Лящук О., Гузенко А. Адаптація до зміни клімату: короткий путівник для громад. Рівне, 2023. 38 с.

11. Шевченко О., Сніжко С. Зміна клімату та українські міста: прояви та проєкції до кінця XXI століття на основі RCP-сценаріїв. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Серія: Географія*. 2019. 2 (75). С. 11–18. doi: 10.17721/1728-2721.2019.75.2
12. Bueno de Moraes M.V., Guerrero V.V.U., Droprinchinski Martins L., Martins J.A. Dynamical Downscaling of Future Climate Change Scenarios in Urban Heat Island and Its Neighborhood in a Brazilian Subtropical Area. *Proceedings of the 2nd International Electronic Conference on Atmospheric Sciences*. 2017. Vol. 1. P. 106. doi:10.3390/ecas2017-04130
13. Sachindra D. A., Ng A., Muthukumaran S. Perera B. J. C. Impact of climate change on urban heat island effect and extreme temperatures: a case-study. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. 2016. Vol. 142. P. 172–186. DOI: 10.1002/qj.2642
14. Wilson, L., New, S., Daron, J., Golding, N. Climate Change Impacts for Ukraine. Met Office. 2021.
15. Шевченко О.Г. Вразливість урбанізованого середовища до змін клімату. *Фізична географія та геоморфологія*. 2014. Вип. 4(76). С. 114–120.
16. Шевченко О. Г. та ін. *Оцінка вразливості до зміни клімату: Україна*. Київ, 2005. 63 с.
17. Радомська М. М., Юрків М.В. Оцінка ступеня адаптації урбосистеми міста Києва до кліматичних змін. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2018. 14. С. 102–108.
18. Оцінка вразливості та заходи з адаптації до зміни клімату м. Одеса. URL: https://necu.org.ua/wp-content/uploads/ad_Odesa_City_A4.pdf
19. Оцінка вразливості та заходи з адаптації до зміни клімату м. Хмельницький. URL: https://necu.org.ua/wp-content/uploads/ad_Khmelniyskiy_City_A4.pdf
20. Оцінка вразливості та заходи з адаптації до зміни клімату м. Львів. URL: https://necu.org.ua/wp-content/uploads/ad_Lviv_City_A4.pdf
21. Поль О., Ляшук О., Кондратюк О. Оцінка вразливості до зміни клімату Рівненської громади та рекомендації щодо заходів з адаптації до зміни клімату. Рівне, 2022. 159 с.
22. Ліпінський В.М. Глобальна зміна клімату та її відгук в динаміці клімату України. *Інвестиції та зміна клімату: можливості для України*: тези доп. Міжнар. конф. м. Київ, 10–11 липня 2002 р.
23. Краковська С.В. Можливі сценарії майбутніх кліматичних умов для Полтавської області. *Підтримка регіональних зусиль з розробки регіональних планів заходів з адаптації до зміни клімату*: матеріали державного семінару, Київ, 24–25 жовтня 2013 р.
24. Bastin J.-F., Clark E., Elliott T., Hart S., Hoogen J., van den Hordijk I., Ma H., Majumder S., Manoli G., Maschler J. et al. Understanding climate change from a global analysis of city analogues. *PLoS ONE*. 2019. 14. P. 75–92.
25. Василенко О.В., Балабак А.О., Балабак А.В., Нікітіна О.В. Оцінка адаптації рослин Липи сердцелистої (*Tilia cordata mill.*) до забруднення урбофітоценозів в умовах змін клімату. *Екологічні науки*. 2022. 2 (41). С. 146–150. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.2-41.25>
26. Василенко О.В., Балабак А.В., Балабак О.А. Екологічна оцінка посухостійкості ліщини деревовидної (*Corylus Colurna L.*) в умовах урбоекосистеми міста Умань. *Екологічні науки*. 2021. №34. С. 188–191.
27. Розв'язання проблем річки Рось – можливість до відновлення малих річок України. Сайт Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://mepr.gov.ua/rozv-yazannya-problem-richky-ros-mozhlyvist-do-vidnovlennya-malyh-richok-ukrayiny/>

ОЦІНКА ЗМІН ТЕМПЕРАТУРНО-ВОЛОГІСНОГО РЕЖИМУ ЖИТОМИРСЬКОЇ ОБЛАСТІ В УМОВАХ ПОТЕПЛІННЯ КЛІМАТУ

Недострелова Л.В., Музика Т.А.

Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська, 15, 65016, м. Одеса

nedostrelova@ukr.net, tatyanamuzyka89@gmail.com

В статті представлено результати дослідження температурного і вологісного режиму, а також режиму опадів на території Житомирської області за період 2004–2018 рр. В умовах сучасних змін клімату відбувається суттєва зміна полів температури, вологості, опадів і інших метеорологічних величин як в глобальному, так і в регіональному масштабах. Встановлено, що мінімальні середньомісячні температури повітря спостерігаються в січні-лютому і найнижчі значення зафіксовано в січні на півночі області. Максимальні показники середньомісячної температури визначено в липні-серпні і найбільше значення виявлено в липні на півдні Житомирщини. Середні річні температури за період дослідження коливаються в межах від 8,3 до 8,9°C. В останні десятиліття відзначається позитивна аномалія температури в усі місяці і на всіх досліджуваних метеорологічних станціях регіону. Середньорічні зміни температурних показників в порівнянні з кліматичною нормою 1961–1990 рр. коливаються в межах від 1,5 до 2,0°C. Середньомісячні температури характеризуються збільшенням відносно кліматичної норми. З'ясовано, що в Житомирській області за період дослідження в усі роки спостерігається зниження показників відносної вологості порівняно з нормою. В річному розподілі найбільші значення виявлено в холодний період з листопада по лютий, найменші – в період квітень-червень. Багаторічні тенденції характеризуються мінімумами в 2015 році, максимуми зафіксовано в 2013 році. Середні багаторічні показники вологості повітря коливаються в межах від 75 до 79 %. Значна увага в статті приділяється трансформації поля опадів в регіоні дослідження. Отримані багаторічні характеристики кількості опадів можуть суттєво відрізнитися від кліматичної норми як у бік зменшення, так і збільшення. Середньорічна сума опадів зросла на півночі і півдні області. В сезонному ході зафіксовано перерозподіл опадів по території Житомирщини. *Ключові слова:* температурно-вологісний режим, поля опадів, сезонний розподіл, багаторічний хід, кліматичні показники, потепління клімату

Rating of changes in the temperature and humidity regimes of Zhytomyr under conditions of climate warming.
Nedostrelova L., Muzyka T.

The article presents the results of an investigation of the temperature and humidity regimes, as well as the precipitation regime on the territory of the Zhytomyr region for the period 2004–2018. In the conditions of modern climate changes, there is a significant change in the fields of temperature, humidity, precipitation and other meteorological variables both globally and regional scales. The work analyzes changes in the temperature and humidity regimes, the amount of precipitation for the specified period, and also rates the trends in the ordering of certain meteorological values under conditions of warming of the climate of Ukraine. It was established that the minimum average monthly air temperatures are observed in January-February, and the lowest values were recorded in January in the north of the region. The maximum indicators of the average monthly temperature were determined in July-August, and the highest value was found in July in the south of Zhytomyr Region. Average annual temperatures during the investigation period range from 8,3 to 8,9°C. In recent decades, a positive temperature anomaly has been noted in all months and at all meteorological stations in the region where the investigation had been done. The average annual deviation of temperature indicators in comparison with the climatic norm of 1961–1990 varies from 1,5 to 2,0°C. Average monthly temperatures are also characterized by an increase relative to the climatic norm. It was found that in the Zhytomyr region during the period of the investigation in all years there was a decrease in relative humidity indicators compared to the norm. In the annual ordering, the highest values were found in the cold period from November to February, the lowest values were found in the period from April to June. Long-term trends are characterized by minimums in 2015, maximums are recorded in different years. The average long-term indicators of air humidity range from 75 to 79 %. Significant attention is paid in the article to the transformation of the precipitation field in the investigation region. The received long-term characteristics of the amount of the precipitation can significantly differ from the climatic norm both in the direction of decrease and increase. The average annual amount of precipitation increased in the north and south of the region. In the course of the season, a redistribution of precipitation over the territory of Zhytomyr Oblast was recorded. *Key words:* temperature and humidity regimes, precipitation fields, seasonal ordering, long-term course, climatic indicators, climate warming.

Постановка проблеми. Клімат має суттєвий вплив на природні, економічні і соціальні процеси. Саме тому проблема зміни клімату стала однією із глобальних, які постали перед людством у XXI ст. Як показали результати досліджень, з кінця XIX ст. до початку XXI ст. глобальна температура земної кулі збільшилася загалом на 0,6°C. При цьому, якщо середня швидкість підвищення глобальної температури до 1970 р. становила 0,05°C за 10 років, то в останні десятиріччя вона подвоїлася. Основною

причиною глобального потепління науковці вважають підсилення природного парникового ефекту внаслідок збільшення антропогенних викидів парникових газів в атмосферу [1].

Актуальність дослідження. Дослідження клімату Землі набули особливої актуальності наприкінці минулого сторіччя. За даними Міжурядової Групи Експертів зі зміни клімату за умов ігнорування антропогенного підсилення парникового ефекту до 2100 року очікується підвищення концентрації

парникових газів, що викличе зростання середньої температури повітря на 1,4–5,8°C. За висновками провідних науковців це призведе до збільшення кількості посух в континентальних районах середніх широт та подій, пов'язаних з екстремальними опадами, до підвищення рівня світового океану на 10–88 см, зменшення льодовиків, танення вічної мерзлоти. Більш тепла погода та довготривалі періоди спеки можуть змінити середовище проживання та цикл життєдіяльності паразитів і інших носіїв хвороб, а також зменшити кількість водних ресурсів для потреб гідроенергетики і зрошування. За оцінками національних експертів потепління клімату може мати серйозні наслідки для галузей економіки України. Наслідки швидкої зміни клімату являють собою широкий спектр різнонаправлених та різномасштабних явищ [2–7].

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Необхідність своєчасних та адекватних рішень проблем, пов'язаних зі змінами клімату ініціювали інтенсивний розвиток фундаментальних та прикладних досліджень. Регіональні зміни клімату України на фоні глобальних кліматичних процесів є комплексною міжгалузевою проблемою, що поєднує всі основні напрями сталого розвитку країни – екологічні, економічні і соціальні. Тому одним з основних напрямів наукових досліджень є вивчення механізмів формування мінливості кліматичної системи України з метою кількісної оцінки природної та антропогенної складових змін клімату, розвиток методологічних підходів та оцінку можливих соціально-економічних і екологічних наслідків кліматичних змін та розроблення практичних рекомендацій щодо стратегії реагування на зміни економіки, стану навколишнього середовища, соціальних умов і стану здоров'я населення.

Зміни клімату спричиняють зміну кліматично зумовлених природних ресурсів. Це можуть бути в перспективі як сприятливі, так і несприятливі зміни. Але в найближчому майбутньому вони спричинять перебудову соціальних і економічних умов. Для того, щоб пристосуватися до нових природних умов і пом'якшити наслідки змін необхідна перебудова ряду галузей економіки. Якою б не була картина цього майбутнього розвитку, розуміння цієї ситуації доводить необхідність вирішення проблеми спостережень, досліджень, аналізу і прогнозу зміни кліматично зумовлених природних ресурсів у зв'язку із змінами клімату. Її вирішення потребує проведення комплексних досліджень, пов'язаних із залученням спеціалістів різних галузей знань. Для того, щоб забезпечити науково-обґрунтовану базу для прийняття адекватних рішень в галузі стійкого розвитку суспільства необхідно розробити механізм управління кліматичними ризиками та визначати їх кількісну оцінку [8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Зміна клімату у бік потепління може мати як негативні,

так і позитивні наслідки для України в цілому і для зони Полісся зокрема. Необхідно здійснювати своєчасні попереджувальні заходи щодо адаптації до кліматичних змін, які б сприяли зниженню потенційного збитку від негативних наслідків зміни клімату та одержанню можливих додаткових переваг. Отже, в наш час факт глобального потепління вважається експериментально доведеним довготривалими інструментальними вимірами. Про це свідчать зростання глобальної температури повітря та океанів, зменшення площі льодовиків, підвищення рівня Світового океану. Клімат України значною мірою формується під впливом глобального клімату, внаслідок чого кліматичні зміни несуть певні екологічні й соціально-економічні ризики. Саме тому вивчення тенденцій зміни клімату з метою здійснення заходів, спрямованих на адаптацію до нових погодно-кліматичних умов, є надзвичайно актуальним [9].

Динаміка клімату України, як регіонального, значною мірою уособлює характерні риси змін глобального клімату: він чутливий до глобальних змін, що підтверджується одноманітністю багаторічного ходу аномалій глобального і регіонального клімату [10–15]. Дослідження, проведені вченими України за даними метеорологічних спостережень на ряді метеорологічних станцій України протягом двадцятого століття, дозволив встановити ефект сезонно-географічного вирівнювання кліматичного поля приземних температур під впливом глобального потепління. За цей період потеплило, головним чином, північні регіони України в холодне півріччя. При цьому це потепління майже вдвічі більше відносно глобального рівня, який практично співпадає з середнім для всієї території України. Найбільш інтенсивно збільшується температура повітря в окремі місяці (січень, лютий, березень) в Поліссі і Лісостепу. Середня місячна температура місяців теплого півріччя або практично не змінилась, або трохи знизилась.

У кліматичній зоні помірних широт на території України виділяють декілька типів клімату. Рівнинна частина території України розташована у межах двох кліматичних областей. За площиною, який він займає, на першому місці стоїть клімат, помірний в відношенні термічного режиму і режиму зволоження. Цей тип клімату отримав назву лісового атлантико-континентального, а територію, яку він охоплює, назвали областю лісового атлантико-континентального клімату. До цієї області відносять Полісся (з помірним і вологим кліматом) і Лісостеп (з помірно-континентальним кліматом). Тут переважає перенесення атлантичного повітря, яке поступово трансформується в помірно-континентальне [16].

Житомирська область входить до вологої, помірно теплої агрокліматичної зони. Розташування області у помірному поясі північної півкулі визначає клімат як помірно-континентальний, з теплим та вологим літом та м'якою хмарною зимою. На клімат області великий вплив мають повітряні маси із північної

частини Атлантичного океану, в меншій мірі – з боку Північного Льодовикового океану. У формуванні мікроклімату області велику роль відіграють сонячна радіація, лісистість, заболоченість, річкова система, ґрунтово-рослинний покрив. Відсутність високих гірських височин на території Житомирської області сприяє вільному переміщенню повітряних мас різного походження, що обумовлює значну мінливість погодних процесів в окремі сезони. Проте перехід від одного сезону року до іншого, як правило, відбувається поступово [17].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Проблема змін і коливань клімату є однією з важливих і перспективних проблем сучасної кліматології, бо ці зміни супроводжуються негативними наслідками для економіки і умов проживання людини. Наукова і практична сторона цієї проблеми зводиться до оцінки тенденції кліматичних коливань і прогнозу змін клімату в майбутньому. Це визначає актуальність даної проблеми як в глобальному, так і регіональному масштабах [16]. Тому метою дослідження є проведення аналізу температурно-вологісного режиму і режиму опадів на території Житомирської області, а також оцінка динаміки даних показників в умовах зміни регіонального клімату.

Методологічне або загальнонаукове значення.

Для дослідження сучасних змін температурних і вологісних характеристик, а також кількості опадів на території Житомирщини в якості вихідної інформації використовувалися дані щоденних спостережень за температурою, вологістю повітря і атмосферними опадами на метеорологічних станціях Житомирської області: Житомир, Новоград-Волинський, Коростень, Овруч та Олевськ за період 2004–2018 рр. Проведено кліматичну обробку даних метеорологічних величин. В результаті розрахунків отримано середньомісячні, річні та багаторічні показники температурно-вологісного режиму і режиму опадів в регіоні дослідження. Для аналізу отриманих результатів використано комп'ютерні технології, існуючі програми і графічні пакети. Одним із завдань дослідження є виявлення тенденцій температурного, вологісного і режиму опадів на Житомирщині у порівнянні з кліматичною нормою. Для цієї мети було використано Кліматичний кадастр України (стандартні кліматичні норми за період 1961–1990 рр.) [18].

Виклад основного матеріалу. Для аналізу термічного режиму за даними щоденних метеорологічних спостережень розраховано значення середньомісячної і середньорічної температур повітря за період дослідження, а також обчислені відхилення отриманих даних від кліматичної норми. Встановлено, що усереднені температурні показники у всіх місцях перевищували норму. Середня температура періоду спостереження виявилася на 2,2–3,4°C вищою за кліматичну норму і становила

8,3–8,9°C. Найбільше перевищення середньої місячної температури, в порівнянні з кліматичною нормою, було в лютому – на 2,3–2,9°C. Найтеплішим місяцем року був липень, середня місячна температура якого на рівні 19,8–20,6°C, з перевищенням норми на 1,8–2,6°C. Теплим був грудень, який виявився теплішим за норму на 1,7–2,4°C, а його середня місячна температура дорівнювала 0,4–1,0°C морозу. Найвищі показники температури відмічені в липні (22,6–22,8°C) та серпні (22,0–22,5°C). Найхолодніший місяць – січень, із середньою температурою повітря 3,5–4,0°C морозу та мінімумами зимового сезону в лютому – 9,8–10,6°C морозу. В усі пори року спостерігається перевищення температурних показників порівняно з нормою: взимку – на 1,5–2,7°C, весною – на 1,3–2,1°C, влітку – на 1,1–3,2°C, восени – на 0,8–1,9°C. Отже, спостерігається тенденція до зростання середньомісячних температур, які свідчать про зміну клімату у бік потепління. Причому потепління більш відчутне у зимові місяці. В середньому за 2004–2018 рр. річна температура по області збільшилась на 2,2°C.

На рис. 1 наведено річний розподіл температури для кожної станції. Температурний режим на станціях має сезонний характер з максимальною температурою в липні і мінімумом в січні. З рисунків видно, що кліматичні середньомісячні характеристики мають менші значення протягом усього року, окрім жовтня, коли розрахункові показники співпадають практично по всій території області. Найбільші зміни температури від норми у бік збільшення фіксуємо на станції Житомир, що розташована на півдні регіону.

На рис. 2 представлено багаторічний розподіл річної температури повітря в порівнянні з кліматичною нормою. Протягом періоду дослідження виявлено збільшення річних показників відносно кліматичної норми на всіх метеорологічних станціях Житомирської області, про що свідчать лінії трендів. Спостерігаємо на графіках два чітко виражені піки зростання температури відносно лінії тренду в 2007–2008 роках і в 2015 році. При цьому найбільші зміни від норми фіксуються в 2015 році, що коливаються в межах від 2,5 до 3,2°C. Максимум росту температури спостерігається на станції Житомир, що знаходиться на півдні області.

Багаторічний хід річної температури в Новоград-Волинському дещо відрізняється від розподілу на інших станціях. Можемо тут бачити перший максимум в 2007–2008 роках і потім, починаючи з 2012 року, поступове збільшення середньорічної температури повітря. В останні роки відзначається позитивна аномалія температури повітря в усі місяці і на всіх досліджуваних метеостанціях [19]. Аналіз отриманих значень температури повітря і проведених трендів на п'яти станціях Житомирської області показав, що за досліджуваний період температура повітря зростала.

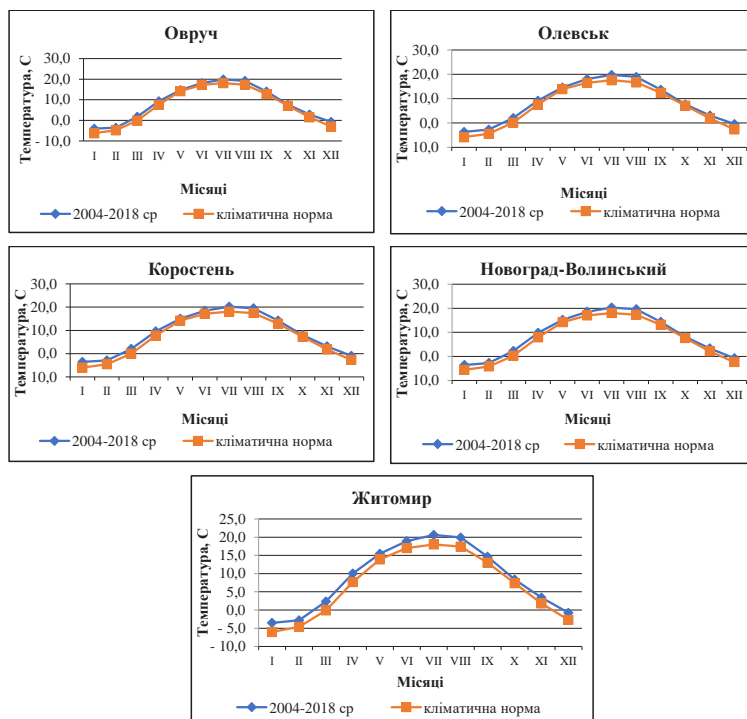


Рис. 1. Річний розподіл температури повітря на станціях Житомирської області за період 2004–2018 рр. в порівнянні з кліматичною нормою

Це позначається на тривалості та погодних умовах сезонів року: теплий період стає більш довгим, літо – жарким та посушливим, а зима, навпаки, коротшою та теплою. Отримані результати добре узгоджуються з висновками інших авторів, що досліджували регіональний клімат України [2, 8–13].

На теплових ресурсах атмосфери істотно позначається наявність водяної пари в повітрі. Вміст водяної пари суттєво змінюється в залежності від циркуляційних процесів, фізико-географічних умов місцевості, пори року, стану ґрунту й інших чинників. Атмосферна волога, її фазовий стан, та вологообіг відіграють значну роль у формуванні погоди і клімату. Від вологості повітря залежить не тільки комфортність погодних умов для людини, але і інтенсивність випаровування з поверхні землі та водоємцями, транспірація вологи рослинами, виникнення заморозків, утворення туманів [5].

Для дослідження режиму вологості Житомирської області використовували дані щоденних метеорологічних спостережень за 2004–2018 рр. на станціях визначеного регіону. За результатами аналізу багаторічного ходу відносної вологості на території Житомирщини (рис. 3, 4) встановлено, що мінімальні усереднені показники вологості повітря відзначаються у квітні і коливаються в межах від 63% до 69%. Найнижче значення 51 % визначено у південній частині області на метеостанції Житомир у квітні. Максимальні показники середньомісячної

вологості спостерігаються у грудні і змінюються від 85 % до 89 %. Найбільше значення 94 % зафіксовано у грудні у північній частині області на метеостанції Овруч. Середні річні показники вологості коливаються від 75 % на півдні і до 79 % на півночі області. Взимку відмічається найменша мінливість відносної вологості. Її значення постійно високі, внаслідок значної повторюваності циклонічних вторгнень, а також радіаційного вихолодження повітря в антициклонах, і наближаються до максимальних близько 90 %. У квітні проявляються риси літнього розподілу відносної вологості. У червні та липні відносна вологість вища травневої на 3–5 % у зв'язку зі збільшенням кількості опадів та зливами. Восени на досліджуваній території середня місячна відносна вологість змінюється від 74 до 88 %. Аналіз отриманих результатів значень вологості повітря на п'яти станціях Житомирської області показав, що на всіх станціях в досліджуваний період відносна вологість повітря змінювалася практично в однакових межах.

Порівняльний аналіз отриманих середньомісячних і середньорічних показників відносної вологості з даними кліматичної норми 1961–1990 рр. дає змогу визначити динаміку в режимі вологості Житомирщини на початку ХХІ сторіччя. Середньомісячні кліматичні показники вологості (рис. 3) більші протягом року, за виключенням зимового сезону, коли розрахункові характеристики співпадають чи можуть бути більшими ніж дані

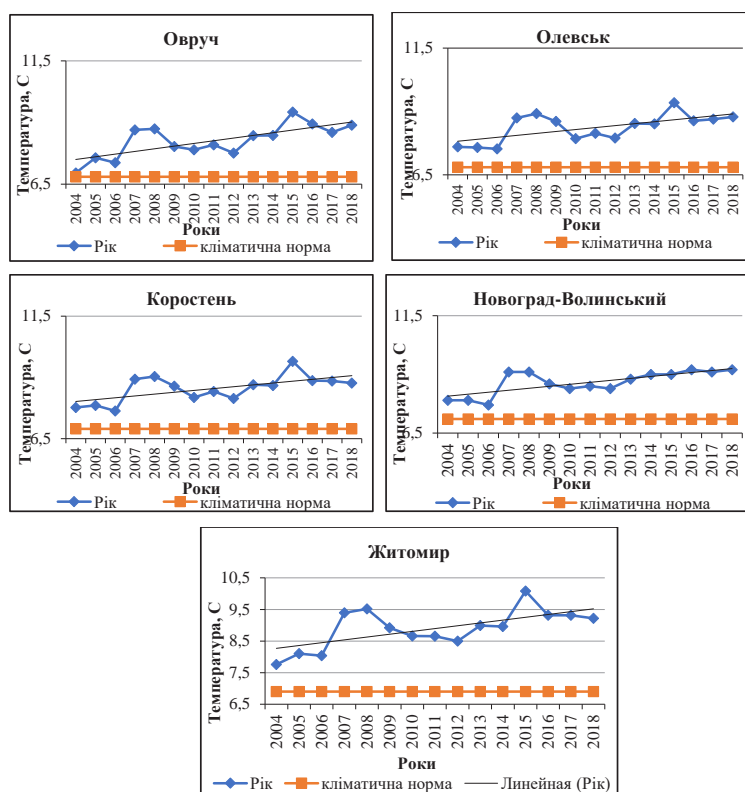


Рис. 2. Багаторічний розподіл температури повітря і трендова складова на станціях Житомирської області за період 2004–2018 рр. в порівнянні з кліматичною нормою

кадастру. Найбільші зміни у порівнянні з кліматичною нормою виявлено на станціях Новоград-Волинський і Житомир, що знаходяться в південній частині регіону дослідження.

В багаторічному розподілі і у відповідності до трендової складової (рис. 4) фіксуємо, що кліматичні показники вологості перевищують розрахункові на всіх станціях за виключенням станції Овруч, що знаходиться на півночі області. Тут чітко виражено зменшення вологості тільки протягом 2014–2016 років, при цьому лінія тренда вказує на зменшення вологості в цілому за період дослідження. В цей час відбувається зниження вологості повітря в цілому на території Житомирщини [20].

Відносна вологість у приземному шарі завжди має добовий та річний хід, протилежний ходу температури повітря. Наразі температура з кожним роком підвищується, а відносна вологість зменшується. Як видно з представлених даних, в Житомирській області за досліджуваний період в усі пори року спостерігається зниження показників вологості порівняно з нормою. Річний розподіл показує, що великі значення відносної вологості спостерігаються в холодний період з листопада по лютий. Найменші показники мають місце в період квітень-червень. Багаторічні тенденції відносної вологості характеризуються мінімальними значеннями в 2015 році, максимальні показники фіксуються в різні роки.

Середня багаторічна відносна вологість повітря коливається в межах від 75 до 79 %.

Важливим показником, що характеризує кліматичні умови, є кількість атмосферних опадів. Кількість вологи в атмосфері відіграє величезну роль для процесів діяльності живих організмів на нашій планеті. Атмосферні опади живлять ріки, озера, поповнюють запаси прісної води. Також завдяки ним атмосферне повітря очищається від домішок. Опади, які випадають на земну поверхню поповнюють запаси вологи у ґрунті, які є джерелом водного живлення рослин. Географічне поширення опадів по земній поверхні залежить від сукупної дії багатьох чинників: температури, випаровування, вологості повітря, хмарності, атмосферного тиску, пануючих вітрів, розподілу суходолу і моря, океанічних течій. Найважливішим серед них є температура повітря, від якої залежить інтенсивність випаровування і величина випаровуваності повітря [16]. Протягом останніх років підвищення температури повітря, нерівномірний розподіл опадів, що мають зливовий локальний характер в теплий період, не забезпечують ефективного накопичення вологи в ґрунті, спричинило збільшення кількості та інтенсивності посушливих явищ. У поєднанні з іншими антропогенними факторами це може привести до розширення зони ризикованого землеробства і навіть до опустелювання деяких регіонів України [1, 2, 8].

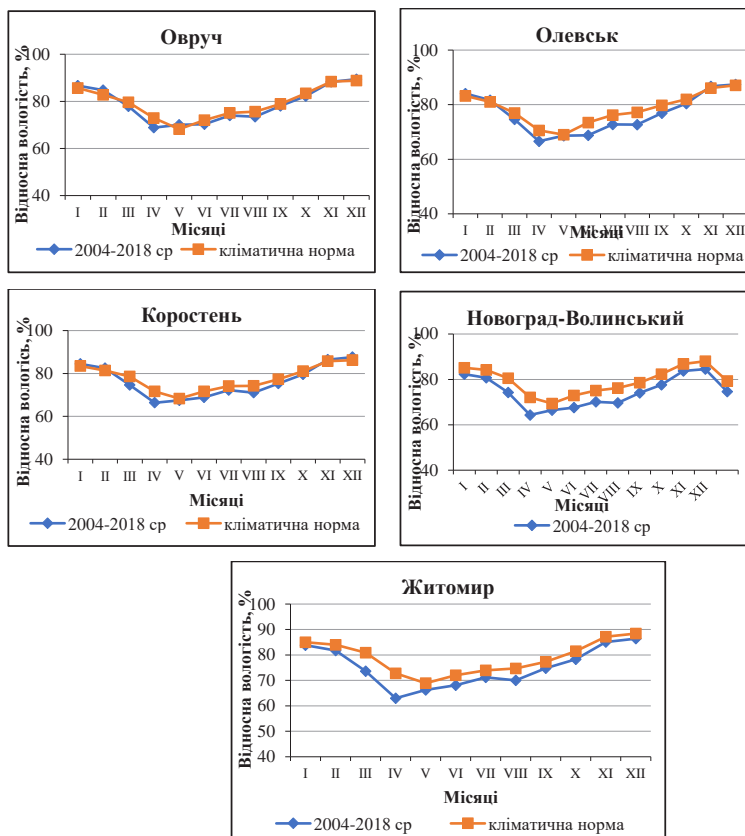


Рис. 3. Річний розподіл відносної вологи повітря на станціях Житомирської області за період 2004–2018 рр. в порівнянні з кліматичною нормою

За даними Житомирського обласного центру з гідрометеорології та міських метеостанцій були розраховані значення середньомісячної й середньорічної кількості опадів по Житомирській області за період 2004–2018 рр. Отримані дані були порівняні з кліматичною нормою. Результати розрахунків представлено на рис. 5–6. Річний хід суми атмосферних опадів (рис. 5) свідчить, що показники за рік коливаються в межах від 601 до 686 мм, причому ці екстремуми виявлено в центральній частині регіону на станціях Коростень і Олевськ. Інший мінімум по кількості опадів фіксуємо на станції Житомир (південь області) – 626 мм. За середньомісячними характеристиками найбільшу суму опадів як за розрахунками, так і за кліматичною нормою, спостерігаємо в липні. Максимум 112 мм фіксуємо на півночі Житомирщини на станції Овруч, що не відповідає кліматичній нормі, за якою найбільша сума опадів визначена на станції Олевськ, що розташована на захід від Овруча, де екстремум становить 101 мм.

На станціях Коростень і Житомир кліматичні показники більші, ніж розрахункові. На інших станціях фіксуємо тенденцію на збільшення максимуму у період 2004–20018 роки. Взагалі протягом року можна відзначити сезонний перерозподіл опадів для всіх станцій Житомирщини. Мінімальні показники

характерні для лютого, що узгоджується з кліматичною нормою.

Багаторічні розрахункові характеристики можуть суттєво відрізнятись від кліматичної норми як у бік збільшення, так і у бік зменшення кількості опадів (рис. 6). Необхідно виділити суттєве зменшення опадів у 2011 і 2015 роках майже на всій території області і суттєве їх збільшення у 2012 і на півдні регіону у 2013 роках.

Головні висновки. В статті представлено аналіз багаторічних показників температурно-вологісного режиму і режиму опадів на території Житомирської області за період з 2004 по 2018 рр. Наведено також тенденції змін вказаних метеорологічних величин у порівнянні з кліматичною нормою 1961–1990 рр. Встановлено, що середньорічна температура характеризується щорічним перевищенням норми, з численними новими абсолютними максимумами для різних періодів року. Погодні умови зазнають різких змін: стійкі жаркі періоди влітку змінюються небезпечними конвективними явищами, інтенсивність яких в окремих районах області може досягати критеріїв СГЯ, а взимку частими стали різкі перепади температурного режиму.

На фоні підвищення температури виявлено зниження показників вологості повітря в усі сезони року

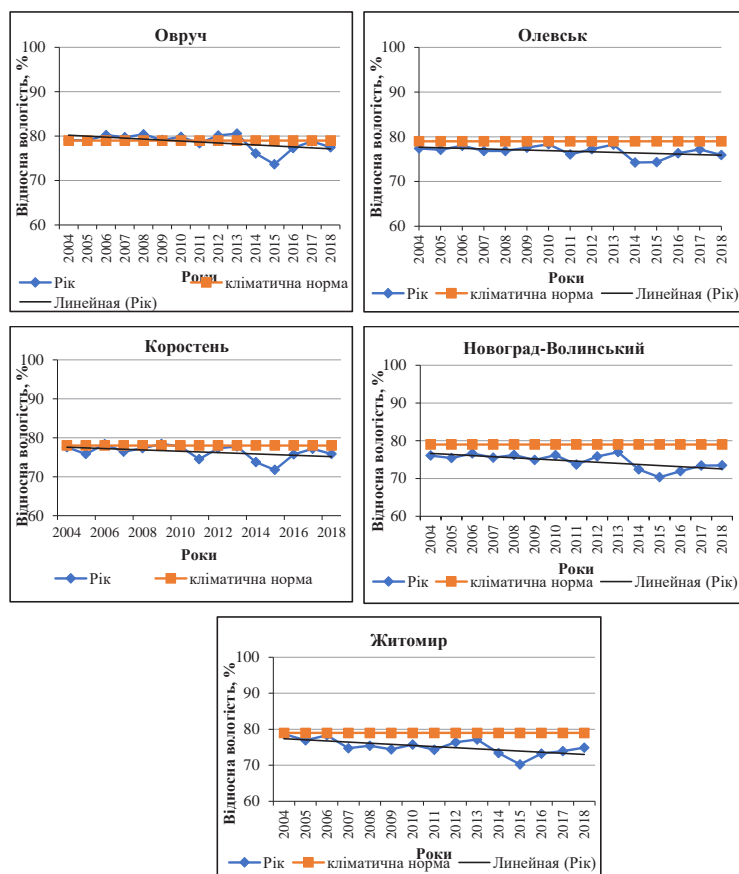


Рис. 4. Багаторічний розподіл відносної вологості повітря і трендова складова на станціях Житомирської області за період 2004–2018 рр. в порівнянні з кліматичною нормою

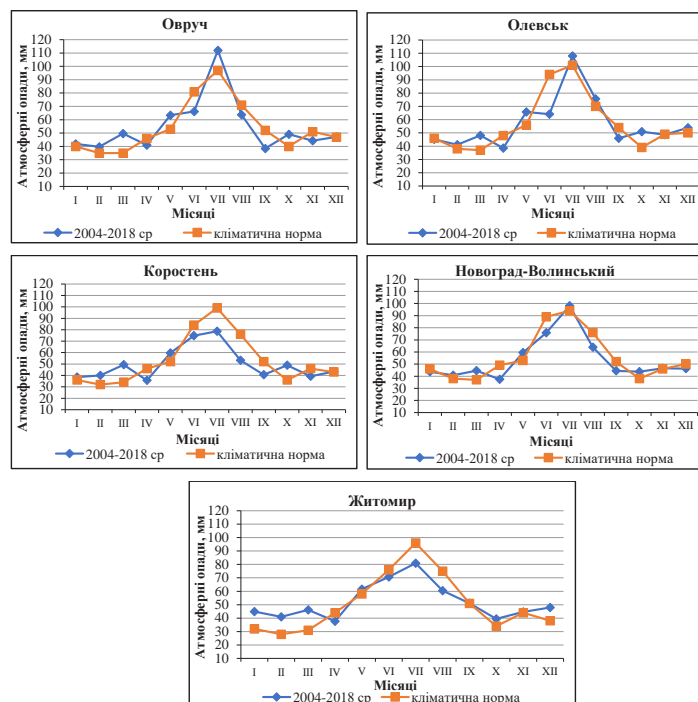


Рис. 5. Річний розподіл кількості атмосферних опадів на станціях Житомирської області за період 2004–2018 рр. в порівнянні з кліматичною нормою

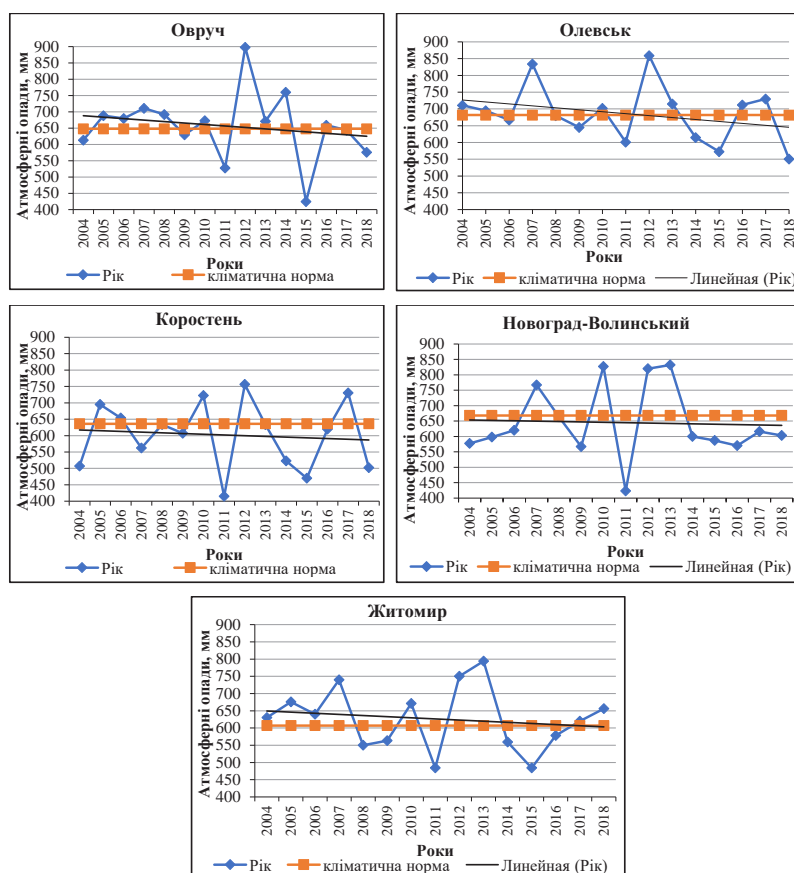


Рис. 6. Багаторічний розподіл кількості атмосферних опадів і трендова складова на станціях Житомирської області за період 2004–2018 рр. в порівнянні з кліматичною нормою

порівняно з нормою. Річний розподіл показує, що великі значення відносної вологості спостерігаються в холодний період з листопада по лютий, найменші показники мають місце в період квітень-червень. Середня багаторічна відносна вологість повітря коливається в межах від 75 до 79 %.

За період дослідження середньорічна сума опадів зросла в північній і південній частинах області. Станція Коростень дає найбільше зменшення опадів відносно кліматичної норми в річному розподілі.

В сезонному ході фіксуємо перерозподіл кількості опадів по Житомирській області.

Перспективи використання результатів досліджень. Отримані результати можуть бути використані для вдосконалення методів прогнозування небезпечних і стихійних явищ на території Житомирщини і загалом України, так як тенденції температурно-вологісного режиму і сучасна трансформація поля опадів впливають на повторюваність і інтенсивність таких процесів.

Література

1. Кульбіда М. І., Барабаш М. Б., Єлістратова Л. О. Прогноз змін клімату України на початку XXI століття. *Наукові записки Вінницького державного педагогічного університету імені Михайла Коцюбинського. Географія*. 2011. № 23. С. 10-17.
2. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України : монографія / Од. держ. еколог. ун-т; за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. Одеса : Екологія, 2011. 694 с.
3. Хохлов В. М., Замфірова М. С. Проекції режиму опадів для території України найближче тридцятиріччя. *Hydrology, Hydrochemistry and Hydroecology*. 2022. № 1 (63). С. 54-60. <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2022.1.5>
4. Хохлов В. М., Боровська Г. О., Замфірова М. С. Кліматичні зміни та їх вплив на режим температури повітря і опадів в Україні у перехідні сезони. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2020. № 26. С. 60-67. <https://doi.org/10.31481/uhmj.26.2020.05>
5. Замфірова М. С., Хохлов В. М. Режим температури повітря та опадів в Україні в 2021-2050 роках за даними ансамблю моделей CORDEX. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2020. № 25. С. 17-27. <https://doi.org/10.31481/uhmj.25.2020.02>
6. Хохлов В. М., Боровська Г. О., Уманська О. В., Тенетко М. С. Зміна погодних умов на території України в умовах зміни клімату. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2016. № 17. С. 31-37.
7. Хохлов В. М., Єрмоленко Н. С. Майбутні зміни клімату та їх вплив на режим опадів та температури в Україні. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2015. № 16. С. 76-82.

8. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах змін клімату : монографія / Од. держ. еколог. ун-т; за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. Одеса, 2018. 548 с.
9. Україна і політика протидії зміні клімату: економічний аспект : аналітична доповідь / за ред. В. Р. Сіденка та О. О. Веклич. Київ : Заповіт, 2016. 208 с.
10. Нажмудінова О. М. Температурні аномалії холодного періоду на території України у 2010-2019 рр. *Фізична географія та геоморфологія*. 2020. № 3-4 (101-102). С. 19-25. <https://doi.org/10.17721/phgg.2020.3-4.02>
11. Нажмудінова О. М. Аномалії температури повітря на Чернігівщині. *Фізична географія та геоморфологія*. 2021. № 4-6 (108-110). С. 49-55. <https://doi.org/10.17721/phgg.2021.4-6.05>
12. Гончарова Л. Д., Прокоф'єв О.М., Решетченко С. І., Чернтченко А. В. Вплив атмосферних макропроцесів на просторовий розподіл опадів по території України у весняний сезон. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2021. № 27. С. 5-15. <https://doi.org/10.31481/uhmj.27.2021.01>
13. Гончарова Л., Прокоф'єв О., Решетченко С. Особливості клімато-географічного розподілу атмосферних опадів на півдні України. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2022. № 57. С. 81-94. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2022-57-0>
14. Прокоф'єв О.М., Гончарова Л. Д. Статистичний підхід до вирішення задач клімато-географічних особливостей розподілу опадів літнього сезону на території України. *Науково-практичний журнал «Екологічні науки»*. 2022. № 1(40). С. 134-139. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.1-40.24>
15. Гончарова Л. Д., Прокоф'єв О. М. Клімато-географічні особливості розподілу опадів на території України в осінній період. *Науково-практичний журнал «Екологічні науки»*. 2022. № 2(35). С. 94-98. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.2-35.16>
16. Врублевська О. О., Катеруша Г. П. Клімат України та прикладні аспекти його використання: навч. пос. Одеса: ТЕС, 2012. 180 с.
17. Клімат України / за ред. В. М. Ліпінського, В. А. Дячука, В. М. Бабіченко. Київ : Видавництво Раєвського, 2003. 343 с.
18. Кліматичний кадастр України (стандартні кліматичні норми за період 1961–1990 рр.) / Державна гідрометеорологічна служба та ін. УНДГМІ-ЦГО, Київ, 2006. Електронний ресурс.
19. Музика Т., Недострелова Л. Аналіз температурного режиму Житомирської області. *International science journal «Polish science journal»*. 2022. Вип. 7(52). С. 5-11. <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/10740>
20. Музика Т., Недострелова Л. Тенденції режиму вологості повітря на Житомирщині. *International science journal «Polish science journal»*. 2022. Вип. 11(56). С. 14-18. <http://eprints.library.odeku.edu.ua/id/eprint/11097>

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕГРАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Яковишина Т.Ф.

Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»
вул. Дмитра Яворницького, 19, 49005, м. Дніпро
t_yakovyshyna@ukr.net

Зміна клімату набуває глобального масштабу, проте її прояви в окремих регіонах можуть сильно відрізнятися. Тому важливим підґрунтям для прийняття стратегічних рішень щодо успішного розвитку різних галузей народного господарства виступає розуміння тенденцій сучасних кліматичних змін. Дане дослідження присвячено аналізу інтегральних показників оцінювання зміни клімату, з метою пошуку ефективних, а саме тих що включають найбільш вагомні чинники та забезпечують повноту інформації стосовно їх комплексної дії, що має важливе значення для забезпечення екологічної безпеки населення та функціонування екосистем. В роботі надана характеристика ефективності використання інтегральних показників зміни клімату, а саме: індексу посушливості клімату (b , De Martonne-Gotman), індексам ефективності опадів (I_m , Erinc) та (PE , Thornthwaite), коефіцієнту вологості/посушливості (N_{ks}/K_{ks} , Aydeniz). Оцінка зміни клімату техногенно ненавантаженої території проведена за методом Aydeniz, за основними метеорологічними показниками. Результатами досліджень ґрунтовно доведено ефективність використання коефіцієнту вологості N_{ks} , як такого що включає основні метеорологічні показники – кількість атмосферних опадів, температуру та вологість повітря, для оцінювання зміни клімату. Встановлено, що залучення до комплексного показника тільки температури та атмосферних опадів не забезпечить повноту інформації, адже вологість атмосферного повітря не можна вважати за їх похідну на підставі проведеного кореляційного аналізу виборку за столітній період. Між показниками кількість атмосферних опадів, температура та вологість повітря не просліджувалось тісних кореляційних зв'язків. Виявлено змінення клімату від напівпосушливого до напіввологого з тенденцією до вологого на техногенно ненавантаженої території Кам'янського (П'ятыхатського) району Дніпропетровської області протягом ХХ-го століття. *Ключові слова:* клімат, коефіцієнт вологості/посушливості, температура, атмосферні опади, вологість повітря, екосистема, екологічна безпека.

Using efficiency of integral indicators for the assessment of climate change. Yakovyshyna T.

Climate change is taking on a global scale, but its manifestations can be very different in the individual regions. Therefore, understanding the trends of modern climatic changes is an important basis for making strategic decisions regarding the successful development for the various branches of the national economy. This study has been devoted to the analysis of integral indicators of climate change assessment for the finding the most effective ones, namely those that include the most important factors and provide complete information about their complex action, which is important for ensuring the environmental safety of the population and the functioning of ecosystems. Using efficiency of integral indicators has been described in this paper for the climate change (climate aridity index (b , De Martonne-Gotman), rainfall efficiency indices (I_m , Erinc) and (PE , Thornthwaite), humidity/dryness coefficient (N_{ks}/K_{ks} , Aydeniz)). The assessment of the climate change for the technogenically unloaded territory has been carried out according to the Aydeniz method, with using to the main meteorological indicators. The results of the research have been thoroughly proved the effectiveness of using the humidity coefficient (N_{ks}), as it includes the main meteorological indicators – the amount of atmospheric precipitation, temperature and air humidity, for assessing climate change. Conducted correlation analysis of the samples for the century period has been established that the inclusion of only temperature and atmospheric precipitation in the complex indicator will not ensure the completeness of the information, because the humidity of the atmospheric air cannot be considered as their derivative. The close correlations have not been observed between the indicators of precipitation, temperature, and air humidity. The climate change has been determined from semi-arid category to semi-humid with a tendency to humid category for the technogenically unloaded territory of the Kamianskyi (Pyatikhatskyi) district of the Dnipropetrovsk region during the 20th century. *Key words:* climate, humidity/dryness coefficient, temperature, precipitation, air humidity, ecosystem, environmental safety.

Постановка проблеми. Починаючи з ХХ-го століття спостерігається безпрецедентно висока швидкість глобального потепління, що вже в наступному має призвести за різними сценаріями до зростання глобальної температури на 1,5–4,5°C, а це в свою чергу відбиватиметься на частоті та інтенсивності кліматичних аномалій та екстремальних погодних явищ. Багаторічні факти свідчать про те, що сучасні зміни клімату спричиняють дестабілізуючий вплив не тільки на природні процеси та екосистеми, а й здатні викликати цілу низку соціально-економічних проблем, як відносно спотворення екологічної небезпеки для людини, так і для функціонування сільського,

водного, рекреаційного та комунального господарств, транспортної та енергетичної систем, будівництва та інших галузей промисловості [1]. Оцінювання клімату потребує пошуку надійних інтегральних показників, які б надали своєчасну повну інформацію стосовно тенденції його зміни. Ефективне використання інтегральних показників оцінювання зміни клімату, забезпечить повноту інформації стосовно сукупного впливу його чинників, що має важливе значення для забезпечення екологічної безпеки населення та функціонування екосистем.

Актуальність дослідження. Зміна клімату набуває глобального масштабу, проте її прояви в окремих

регіонах можуть сильно відрізнятись. Тому важливим підґрунтям для прийняття стратегічних рішень щодо успішного розвитку різних галузей народного господарства виступає розуміння тенденцій сучасних кліматичних змін. Євроінтеграція України та робота над ратифікацією Європейського зеленого курсу передбачає впровадження низки нормативно-правових документів та реалізацію різнопланових заходів з адаптації до зміни клімату, що є неможливим без надійних, уніфікованих з нормативами ЄС показників оцінювання за умов комплексного характеру впливу кліматичних чинників. Дане дослідження присвячено аналізу інтегральних показників оцінювання зміни клімату, з метою пошуку найбільш ефективних, які включають найбільш вагомні чинники, забезпечують повноту інформації стосовно їх комплексної дії та сприяють євроінтеграції органів екологічного управління.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження проведено в рамках імплементації Європейського зеленого курсу в Україні; реалізації Закону України «Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» від 28.02.2019 р., № 2697-VIII; Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року» від 20 жовтня 2021 р., № 1363-р [2] та міжнародної програми ERASMUS+, проєкту 101085133 – EUGREEN «Європейські практики Green Deal: уроки для України».

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Інтегральні показники оцінювання клімату виступають як діагностичні засоби для визначення його зміни, адже кількість атмосферних опадів, температура і вологість повітря спричиняють комплексний вплив на екосистеми. В теперішній час широко використовують наступні показники: індекс посушливості клімату (b), індекси ефективності опадів (I_m) та (PE), коефіцієнт вологості/посушливості (N_{ks}/K_{ks}) (табл. 1).

Вважається, що найбільше значення мають кількість опадів та температура [9-10], які входять до складу всіх проаналізованих показників, на відміну від вологості повітря, яка має бути компенсована через їх сукупну дію та враховується тільки при визначенні коефіцієнту вологості/посушливості Aуденіз [8]. Це яскраво відбивається на індексі ефективності опадів (I_m), де середньорічне максимальне значення температури повинно зумовлювати втрату води, яка надійшла з атмосферними опадами, на випаровування [5]. Слід звернути увагу і на те, що зазвичай розрахунки інтегральних показників (I_m , PE , N_{ks}/K_{ks}) ґрунтуються на середньорічних значеннях метеорологічних показників, в той час як сучасні тенденції зміни клімату свідчать про збільшення частоти аномальних погодних явищ [11–12],

які можуть сильно не відбиватися на середніх значеннях, приміром чередування злив і посухи на кількості атмосферних опадів та температурі, проте спричинити значну екологічну небезпеку. До інтегрального показника оцінювання клімату можуть бути залучені інші складові, як то до коефіцієнту вологості/посушливості – тривалість сонячного сяйва, що буде зумовлювати активність живих організмів. Згідно запропонованого підходу Aуденіз можна розрахувати як коефіцієнт вологості, так і зворотню йому величину – коефіцієнт посушливості.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Проблема дослідження полягає в детальному аналізі інтегральних показників оцінювання зміни клімату, які включають найбільш вагомні чинники, а саме, кількість атмосферних опадів, температуру, вологість атмосферного повітря, та відбивають комплексний характер формування екологічних умов з метою залучення найбільш ефективного показника до оцінювання небезпеки техногенно неавантажених екосистем.

Методологічне або загальнонаукове значення. Для перевірки ефективності показників вологості/посушливості згідно методу Aуденіз використовували базу даних (кількість атмосферних опадів, температура та вологість атмосферного повітря) метеорологічної станції Комісарівка Кам'янського (до 2020р. П'ятихатського) району Дніпропетровської області за обмежений період часу – протягом ХХ-го століття. Метеостанція розташована: довгота – $33,9^0$ сх.д., широта – $48,4^0$ пн.ш., висота над рівнем моря – 111 м, синоптичний індекс – 33723. Комісарівка територіально не знаходиться в межі впливу крупних промислових агломерацій, так відстань до м. Дніпро становить близько 100 км, м. Кам'янське, м. Олександрія та м. Кривий Ріг – більше ніж 50 км, що виключає локальні зміни клімату, пов'язаних з формуванням «островів тепла» та «міських бризів».

Оцінку зміни клімату техногенно неавантаженої території проводили за методом Aуденіз (табл. 1). В роботі визначався коефіцієнт вологості з наступним нормуванням згідно в табл. 2.

Викладення основного матеріалу. Екологічна оцінка небезпеки зміни клімату за методом Aуденіз ґрунтується на визначенні інтегрального показника, який включає в себе основні метеорологічні характеристики, а саме кількість атмосферних опадів, сонячне сяйво, температуру та вологість атмосферного повітря. Хоча деякі автори вважають за доцільне використовувати для оцінювання зміни клімату інтегральні показники, які базуються на значеннях тільки температури та атмосферних опадів і дивляться на вологість атмосферного повітря за їх похідну, проведений кореляційний аналіз між виборками основних метеорологічних показників показав відсутність тісних зв'язків між ними. Так коефі-

Таблиця 1

Порівняльна оцінка ефективності використання інтегральних показників для оцінки зміни клімату

Показник	Формула розрахунку	Чинники, що враховуються	Особливості нормування	Період розрахунку	Автор/ Джерело
Індекс посушливості клімату (b)	$b = \frac{1}{2} \cdot \left(\frac{P_Y}{T_Y} + 12 \cdot \frac{P_a}{T_a + 10} \right)$	P_Y – загальна річна кількість опадів, мм; T_Y – середньорічна температура, °C; P_a – кількість опадів в самий посушливий місяць, мм; T_a – середня температура самого посушливого місяця, °C.	6 категорій	Рік	De Martonne-Gotman / 3, 4
Індекс ефективності опадів (I_m)	$I_m = P / T_{om}$	P – річна загальну кількість опадів, мм; T_{om} – середньорічне максимальне значення температури, °C.	6 категорій	Рік	Erinc / 5
Індекс ефективності опадів (PE)	$PE = \sum_{i=1}^{12} \left(115 \cdot \left(\frac{P_i}{T_i - 10} \right)^{10/9} \right)$	P_i – середня багаторічна кількість опадів у кожному місяці, дюйми; T_i – середня багаторічна температура у кожному місяці, °F.	5 категорій	Рік	Thornthwaite / 6, 7
Коефіцієнт вологості/ посушливості (N_{ks}/K_{ks})	$N_{ks} = \frac{Y \cdot N_n \cdot N_p}{(S + 15) \cdot G_s}$ $K_{ks} = \frac{1}{N_{ks}}$	N_{ks} – коефіцієнт вологості; K_{ks} – коефіцієнт посушливості; Y – загальна кількість опадів, см; N_n – середня річна відносна вологість, %; N_p – дорівнює 12; S – середня річна температура, °C; +15 – коефіцієнт для уникнення від’ємних річних температур; G_s – відношення фактичної тривалості сонячного сяйва до загальної теоретичної тривалості сонячного сяйва.	7 категорій	Рік	Aydeniz / 8

Нормування коефіцієнтів вологості та посушливості за методом класифікації клімату Aydeniz

N_{ks}	Характеристика клімату	K_{ks}
< 0,40	Пустельно	> 2,5
0,40-0,67	Дуже посушливо	1,50-2,50
0,67-1,00	Посушливо	1,00-1,50
1,00-1,33	Напівпосушливо	0,75-1,00
1,33-2,00	Напівволого	0,50-0,75
2,00-4,00	Волого	0,25-0,50
> 4,00	Дуже волого	< 0,25

цієнт кореляції між вологістю та значенням середньорічної температури становив всього -0,354, а між вологістю і річною кількістю атмосферних опадів спостерігався прямопропорційний зв’язок, проте

Таблиця 2

також незначний (0,375). Тому, безумовно, використання інтегрального показника – N_{ks} за методом Aydeniz більш чітко передає екологічну небезпеку спричинену для населення та екосистем внаслідок зміни клімату.

Таблиця 3

Статистична характеристика коефіцієнту вологості за методом Aydeniz

Показник	Значення
Мінімум	0,825
Максимум	3,200
Середнє	1,763
Медіана	1,693
Експес	0,109
Асиметрія	0,557
Дисперсія	0,230
Стандартне відхилення	0,478
Розмах	2,375

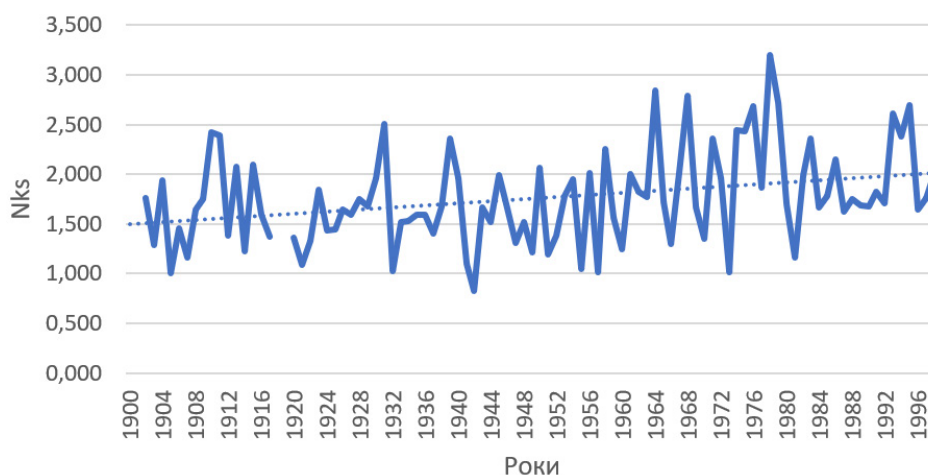


Рис. 1. Тенденція зміни коефіцієнту вологості (N_{ks}) (метеорологічна станція Комісарівка Кам'янського (П'ятихатського) району) Дніпропетровської області

Тенденції зміни клімату техногенно невантаженої території Кам'янського (П'ятихатського) району Дніпропетровської області в ХХ столітті відбивались через підвищення температури повітря, збільшення кількості атмосферних опадів та посилення частоти аномальних погодних явищ, як в зимовий так і в літній період часу. Як свідчать розрахунки, клімат техногенно невантаженої території Кам'янського (П'ятихатського) району Дніпропетровської області слід визнати як напіввологий з тенденцією зміни від напівпосушливого до вологого протягом ХХ-го століття. Розподілення років за ступенем зволоженості згідно методу Auydeniz у ХХ-му столітті відбувалось наступним чином: 1,1 % – посушливі; 17,7 – напівпосушливі; 55,2 – напіввологі; 26,0 – вологі. Аналіз виборки щорічних значень показника N_{ks} , проведений методами математичної статистики, показав переважання середнього над медіаною за умов незначної правосторонньої асиметрії та пласковиршинного характеру розподілу, що свідчить про поступове, напочатку відносно монотонне підвищення вологості клімату (табл. 3, рис. 1).

Таблиця 4

**Коефіцієнт вологості клімату
Кам'янського (П'ятихатського) району
Дніпропетровської області за методом Auydeniz
(виборка з 100-літній період)**

Посушливо	Напів-посушливо	Напівволого	Волого
0,825	<u>1,002-1,328</u> 1,159	<u>1,355-1,999</u> 1,676	<u>2,010-3,200</u> 2,400

Примітка: чисельник – мінімальне та максимальне значення коефіцієнту вологості; знаменник – середнє значення показника коефіцієнту вологості.

Отриманий тренд зміни N_{ks} за методом Auydeniz свідчить про підвищення вологості клімату техногенно невантаженої території Кам'янського

(П'ятихатського) району на 0,5 одиниць або на 21,0 % протягом ХХ-го століття. Перетин лінійного тренду категорій «напівпосушливий рік» → «напіввологий рік» → «вологий рік» приходився на другу половину ХХ-го століття (рис. 1), втім як і майже вдвічі більший розмах значень показника N_{ks} порівняно до початку століття. Строкатість коефіцієнту вологості починає проявлятися з другої половини ХХ-го століття, спочатку не доходячи до вологих років (до 1964 р. включно), а потім амплітуда коливань збільшується і знаходить в межах між напівпосушливими і вологими роками (1965–1982 рр.). Розмах в межах категорій був досить широким для напівпосушливих і напіввологіх років (табл. 4). Мінімальне значення N_{ks} зафіксовано в 1944 р. – 0,825, а максимальне у 1980 р. – 3,200 відповідно.

Головні висновки. Грунтовно доведено ефективність використання коефіцієнту вологості N_{ks} за методом Auydeniz, як такого що включає основні метеорологічні показники – кількість атмосферних опадів, температуру та вологість повітря, для оцінювання зміни клімату. Встановлено, що залучення до комплексного показника тільки температури та атмосферних опадів не забезпечить повноти інформації, адже вологість атмосферного повітря не можна вважати за їх похідну на підставі проведеного кореляційного аналізу виборок за столітній період. Виявлено змінення клімату від напівпосушливого до напіввологого з тенденцією до вологого на техногенно невантаженої території Кам'янського (П'ятихатського) району Дніпропетровської області протягом ХХ-го століття.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати досліджень можуть бути використані як підґрунтя щодо розробки заходів з адаптації техногенно невантажених територій до змін клімату для підвищення екологічної безпеки населення Придніпровського регіону.

Література

1. Hatfield, J.L., Prueger, J.H. Temperature extremes: effect on plant growth and development. In: *Weather and Climate Extremes*. 2015. Vol. 10. P. 4–10.
2. Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року» від 20 жовтня 2021 р. № 1363-р. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1363-2021-%D1%80#Text>
3. Pellicone G., Caloiero T., Guagliardi I. The De Martonne aridity index in Calabria (southern Italy). *Journal of Maps*. 2019. Vol. 15(2). P. 788–796.
4. De Martonne E. Nouvelle carte mondiale de l'indice d'aridité. *Annales de Géographie*. 1942. Vol. 51(288). P. 241–250.
5. Erinç, S. *Klimatoloji ve Metotları*. İstanbul: Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü Yayınları. 1984. 540 p.
6. Thornthwaite C. W. An Approach toward a Rational Classification of Climate *Geographical Review*. 1948. Vol. 38, № 1. P. 55–94.
7. Pellicone G., Caloiero T., Guagliardi I. The De Martonne aridity index in Calabria (southern Italy). *Journal of Maps*. 2019. Vol. 15(2). P. 788–796.
8. Aydeniz A. *Toprak Amenajmanı*. Ankara: Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları. 1985. № 928. (in Turkish).
9. De Freitas C. Tourism climatology: evaluating environmental information for decision making and business planning in the recreation and tourism sector. *International Journal of Biometeorology*. 2003. Vol. 48. P. 45–54.
10. Baettig M.B., Wild M., Imboden D.M. Correction to “A climate change index: Where climate change may be most prominent in the 21st century”. *Geophysical research letters*. 2007. Vol. 34, L.01705. doi:10.1029/2006GL028159.
11. Baykal, T. M., & Colak, H. E. Producing climate boundary maps using GIS interface model designed with Python. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*. 2022. Vol. 46(1). 683.
12. Fawzy S., Osman A.I., Doran J., Rooney D.W. Strategies for mitigation of climate change: a review. *Environmental Chemistry Letters*. 2020. Vol 18. P. 2069–2094.

УЧАСТЬ АДАПТИВНОГО ПОТЕНЦІАЛУ БІОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ У ФОРМУВАННІ ЇХ НАДІЙНОСТІ

Войціцький В.М.¹, Корнієнко В.І.¹, Хижняк С.В.¹,
Мідик С.В.¹, Самкова О.П.¹, Якубчак О.М.¹, Ладогубець О.В.²

¹Національний університет біоресурсів і природокористування України
вул. Героїв Оборони, 15, 03041, м. Київ

²Державний біотехнологічний університет
вул. Алчевських, 44, 61002, м. Харків
volodymyrV1950@gmail.com

Акцентується увага на тому, що глобальною екологічною проблемою є забруднення біологічних систем (зокрема екосистем) токсичними речовинами природного і антропогенного походження, в тому числі внаслідок військових дій, що може спричинювати екоцид. Наведена класифікація забрудників та вказується, що вони здатні викликати стрес. Відмічається, що першим необхідним етапом пристосування організмів до змінених умов середовища їхнього мешкання, які спричинені забрудниками, є так звана швидка адаптація, яка за багаторазової реалізації викликає довготривалу адаптацію. Вказується, що адаптація – це загальна властивість біологічних систем. Наводяться основні типи адаптацій. Відзначено, що надійність біологічних систем, чинником якої є стійкість, можлива лише за прояву адаптації.

Надійність біологічних систем проявляється не тільки за дії на них негативних чинників середовища, але і в умовах нормального функціонування. Саме надійність біологічних систем є запорукою забезпечення нормального існування цих систем.

Аналіз таких характеристик біосистем як «адаптація», «стійкість» і «надійність» свідчить, що для оцінки надійності біологічних систем (зокрема екосистем), крім показників відновлення і стану абіотичних факторів для підтримання біоти (кондиціонування), можна використовувати чинник адаптивної здатності, а саме адаптивний потенціал. Адаптивний потенціал – це здатність біологічних систем до процесу пристосування за мінливих умов середовища, що забезпечує їхнє виживання і притаманне їм функціонування. Запропоновано підхід і узагальнюючу формулу розрахунку адаптивного потенціалу біологічних систем. Визначено, що оцінка надійності біологічних систем за адаптивним потенціалом є однією із ланок теорії надійності біологічних систем. *Ключові слова:* біологічна система, забрудники, стрес, адаптація, стійкість, надійність.

Participation of the adaptive potential of biological systems in forming their reliability. Voitsitskiy V., Korniyenko V., Khyzhnyak S., Midyk S., Samkova O., Yakubchak O., Ladohubets E.

Attention is focused on the fact that a global environmental problem is the contamination of biological systems (in particular, ecosystems) with toxic substances of natural and anthropogenic origin, including as a result of military operations, which can cause ecocide. The classification of pollutants is given and it is indicated that they can cause stress. It is noted that the first necessary stage of adaptation of organisms to the changed conditions of their living environment, which are caused by pollutants, is the so-called rapid adaptation, which, with repeated implementation, causes long-term adaptation. It is indicated that adaptation is a general property of biological systems. The main types of adaptations are given. It was noted that the reliability of biological systems, the factor of which is stability, is possible only under the condition of manifestation of adaptation. The reliability of biological systems is manifested not only by the effects of negative environmental factors on them, but also in conditions of normal functioning. It is the reliability of biological systems that is the key to ensuring the normal existence of these systems.

The analysis of such characteristics of biosystems as “adaptation”, “sustainability” and “reliability” shows that to assess the reliability of biological systems (in particular, ecosystems), in addition to indicators of recovery and the state of abiotic factors for the biota (conditioning), it is possible to use the factor of adaptive capacity, namely adaptive potential. Adaptive potential is the ability of biological systems to adapt to changing environmental conditions, which ensures their survival and their inherent functioning. An approach and a generalizing formula for calculating the adaptive potential of biological systems are proposed. It was determined that the assessment of the reliability of biological systems according to the adaptive potential is one of the links of the theory of the reliability of biological systems. *Key words:* biological system, pollutants, stress, adaptation, stability, reliability.

Постановка проблеми. Кожен живий організм, який становить собою відкриту систему, існує тільки за умов постійної безперервної залежності від зовнішніх та внутрішніх чинників.

Життя (грець. *bios*, англ. *life*) – це явище, яке визначається як певна форма існування матерії. Для нього характерна наступна сукупність ознак: самовідтворення, саморегуляція, цілеспрямованість, самоорга-

нізація, багаторівневість, збереження і передавання нащадкам спадкової інформації, фізіологічні процеси (ріст, розвиток, харчування, дихання, травлення, виділення, подразливість, збудливість тощо). Життя можливе тільки за певних (оптимальних) фізико-хімічних умов довкілля (температури, тиску, вологості, гравітації, опромінення та ін.), а їх вихід за оптимальні межі створює загрозу для організмів.

Фундаментальною властивістю живого – є адаптація – це процес, що веде до підвищення вірогідності виживання і репродукції, а також пристосування до умов довкілля, які можуть змінюватись [1].

Порушення в екосистемах, зокрема внаслідок їх забруднення, – є глобальною екологічною проблемою, оскільки це небезпечно для біоти [2]. Природними (виникають без участі людини) джерелами забруднень є, насамперед, наслідки вивержень вулканів, тектонічні зрушення земної кори та її дегазація, селеві потоки, урагани, повені, природні пожежі тощо.

Антропогенні (пов'язані з діяльністю людини) джерела забруднень довкілля поділяються на: промислові (металургійні, хімічні, електрохімічні підприємства, з видобутку корисних копалин тощо); сільськогосподарські (використання отрутохімікатів і надлишку добрив, скиди відходів тваринництва та інше); підприємства з отримання енергії за рахунок спалювання викопного палива (вугілля, нафти, газу, торфу, сланцю та деревини); викиди і скиди транспортного комплексу; звалища промислових і побутових відходів тощо.

Надзвичайно небезпечними для довкілля і його мешканців (зокрема і людини) є забруднення, які спричинені військовими діями. Повномасштабна війна російської федерації проти України завдала непоправної шкоди українському довкіллю, що дозволяє говорити про екоцид [3]. Основні екологічні наслідки – це забруднення довкілля продуктами детонації вибухових речовин, залишками палива збитих ракет, гелікоптерів, літаків, дронів, підбитих танків та інших військових транспортних засобів, розливи палива та технічних рідин. Це також потрапляння у довкілля сильнодіючих отруйних речовин при ушкодженні та руйнуванні екологічно-небезпечних підприємств, нафто- та газопроводів, комунальних комунікацій, численні пожежі, наслідки руйнування греблі Каховської ГЕС та ін. Всі екологічні наслідки військових дій неможливо усвідомити до їх закінчення.

За своєю природою усі забрудники поділяються на:

1) хімічні – це шкідливі хімічні речовини та сполуки;

2) фізичні – в основному, це різноманітні випромінювання (електромагнітні, акустичні, світлові, теплові, радіоактивні), а також механічне забруднення, зокрема, хімічно інертним сміттям;

3) фізико-хімічні (змішані), зокрема, аерозольне – це забруднення повітря дрібнодисперсними рідкими і дрібними твердими речовинами. Прикладом є промисловий смог, дим;

4) біологічні – це чужорідні та шкідливі для довкілля організми і продукти їхньої життєдіяльності (зокрема, харчові відходи, відмерлі організми, тваринні екскременти та ін.). Це також генетично модифіковані організми (ГМО).

Забруднені екосистеми здатні відновлюватися, частково змінюватися або зникати, чи замінюватися іншими, принципово відмінними.

Актуальність дослідження. До біологічних систем належать біологічні об'єкти різного рівня складності – це клітини, тканини, органи, організми, популяції, біоценози та екосистеми, що мають кілька рівнів структурно-функціональної організації. Для оцінки здатності біологічних систем, зокрема екосистем, відновлюватися після дії несприятливих чинників довкілля (забрудників) чи при оцінці надійності екосистем, запропоновано використовувати адаптивний підхід, що характеризується адаптивним потенціалом. Це поняття визначається як здатність системи пристосовуватись за мінливих умов середовища, що забезпечує їхнє виживання і притаманне їм функціонування.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Глобальною екологічною проблемою є забруднення довкілля токсичними речовинами. Ця проблема має антропоцентричний характер, оскільки негативні зміни в довкіллі оцінюються щодо умов існування людства.

Внаслідок забруднення біологічні системи здатні до відновлення повністю чи частково (в певних межах). У першу чергу за участі процесів адаптації, що і визначає надійність цих екосистем. Розробка методів і підходів оцінки надійності таких систем за їхнім адаптивним потенціалом є запорукою можливості збереження сталості біологічних систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблеми адаптації і надійності біологічних систем, які є визначальними в життєздатності і життєдіяльності цих систем, широко досліджуються. Важливою темою є встановлення чинників, які стимулюють надійність біологічних систем, підвищують їх ефективність. Результати вивчення адаптивних можливостей окремих видів живих істот та їх угруповань знайшли своє відображення у чисельних публікаціях [4–8]. Недоліком є вивчення процесів адаптації переважно на підставі досліджень кількох рівнів організації біологічних систем. Однак, адаптація одночасно відбувається на всіх рівнях організації біологічних систем. Адаптивні перебудови на рівні особин полягають у біохімічній, фізіологічній та поведінковій адаптації, на рівні популяції – у вибіркової репродукції генотипів, на рівні біогеоценозу – в зміні видів-домінантів.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Для вирішення проблеми збереження життєздатності і функціональної активності біологічних систем за впливу на них негативних чинників довкілля суттєвим є розробка підходів і методів оцінки можливості цих систем (екосистем, зокрема) до повного чи часткового відновлення, визначення спроможності адаптивних процесів забезпечити надійність біологічних систем за мінливих умов довкілля. Це має принципове значення для створення теорії надійності біологічних систем, яка інтенсивно розробляється.

Новизна. Із залученням даних наукової літератури проведено аналіз понять «адаптація» і «надійність» біологічних систем (екосистем, зокрема), показана їх тотожність у плані характеристики систем до негативних умов довкілля, що змінюються. Визначена можливість за адаптивною здатністю (адаптивним потенціалом) систем оцінювати їхню надійність

Методологічне або загальнонаукове значення.

Показана можливість оцінки надійності біологічних систем при дії негативних чинників за адаптивним потенціалом, який є мірою пристосувальних можливостей в мінливих умовах довкілля.

Викладення основного матеріалу. Екологічні токсичні забрудники потрапляють у довкілля різної складності (біосферу, біоценози, екосистеми), а потім надходять до організмів, де реєструються в органах, тканинах, клітинах [7]. Для біологічної системи характерно те, що це відкрита, відносно стабільна система, умовою існування якої є постійний обмін речовин, енергії та інформації як між підсистемами (частинами системи), їх елементами так і з довкіллям. Однією із специфічних особливостей біологічної системи є такий спосіб реагування на біотичні чи абіотичні чинники, що вона може змінити свій початковий стан чи здатна також пристосуватися до змінених умов існування. У той же час найчастіше є напружена життєдіяльність організмів екосистеми, оскільки вони живуть в умовах, де чинники середовища мешкання постійно змінюються. Тобто, для організмів, щоб зберегти відносно динамічну сталість внутрішнього середовища (гомеостаз) за дії різних зовнішніх і внутрішніх чинників, та повернутись в зону динамічної сталості, як правило, вже недостатньо постійно діючих процесів саморегуляції. З метою вижити у змінених умовах необхідно мобілізувати усі можливості організму, у тому числі приховані, які призначені для забезпечення виживання у змінених умовах, пристосування до дії нових чинників довкілля [7].

За умов виникнення напружених ситуацій життєдіяльності відповідно організму є прояв його реакції – стрес (англ. *stress*: напруга). Він є першим необхідним етапом пристосування організмів до змінених умов, етап термінової (швидкої) адаптації, який спричиняє на основі багаторазової реалізації довготривалу адаптацію, що пов'язана з виникненням в організмі структурних і функціональних змін [7, 8].

Таким чином, адаптація (лат. *adaptation*: пристосування) – це сукупність процесів (реакцій) живих організмів, щодо формування та розвитку нових біологічних ознак відповідно до змін умов довкілля [9]. Адаптація – загальна властивість усіх біосистем, яка реалізується на кожному рівні їх організації: клітинні адаптації, організмові адаптації, популяційні адаптації, видові адаптації, екосистемні адаптації [9, 10]. Вона проявляється через розвиток специфічних структур, процесів, поведінкових реакцій тощо, які виникли в ході еволюції шляхом природного добору,

а також можливе внаслідок селекції та генної інженерії [5].

Адаптація можлива лише тоді, коли організми здатні проявляти стійкість (англ. *stability*) здатність протистояти дії несприятливих чинників за мінливих умов довкілля, зберігаючи свою структуру і характер функціонування у просторі та часі [10]. З іншого боку стійкість систем – це здатність адаптуватися до умов, що змінюються, не знижуючи життєвоважливий допустимий рівень, підтримувати існуючий режим функціонування за дії негативних чинників середовища. Це фактор надійності (англ. *reability*) організмів [9]. Надійність біологічних систем проявляється не тільки в умовах впливу на них негативних чинників, але і в умовах нормального функціонування, а головне – його забезпечує. Вона обумовлена стійкістю, стабільністю і живучістю цих систем [6, 11, 12].

Сутність надійності біологічних систем за впливу на них різноманітних негативних чинників обумовлює, також, їх здатність до відновлення (повернення до попереднього стану) та кондиціонування (підтримування абіотичного середовища існування) [6, 11, 12, 13].

Враховуючи зв'язок надійності біологічних систем з їхньою здатністю до адаптації, то надійність таких систем може бути оцінена за адаптивною здатністю, що характеризується адаптивним потенціалом. Адаптивний потенціал (від лат. *potentia*: сила) – міра пристосувальних можливостей в мінливих умовах довкілля. Високий адаптивний потенціал забезпечує швидку адаптацію біологічних систем до нових умов довкілля. Таким чином, адаптивний потенціал – це [14]:

- 1) ознаки біосистем, їх підсистем і окремих елементів, що забезпечують виживання та функціональну діяльність;
- 2) здатність біосистем, їхніх підсистем, окремих елементів до процесу пристосування параметрів систем за мінливих умов середовища, що забезпечує виживання і притаманне їм ефективне функціонування;
- 3) здатність біосистем, їх підсистем, окремих елементів забезпечувати цільову діяльність у середовищі, яке є джерелом загроз до існування;
- 4) показник ступеня адаптації до умов, які постійно змінюються під впливом дії несприятливих чинників.

Для оцінки адаптивного потенціалу можна застосувати формули, які враховують коефіцієнти відповідності значущих адаптивних ознак у відповідь на дію адаптивних чинників з урахуванням їхньої особливості. Узагальнена формула для розрахунку адаптивного потенціалу (АП):

$$АП = \sum_{i=1}^n \epsilon_i B_i - \sum_{j=1}^m \beta_j C_j$$

B_i – параметр (показник) адаптації;

ϵ_i – коефіцієнт відповідності, який залежить від внеску (ваги) параметру адаптації (B_i);

C_j – параметр (показник), який нівелює дію адаптивних показників;

β_j – коефіцієнт відповідності, який залежить від внеску (ваги) параметру нівелювання адаптації (C_j); $i = 1, 2, \dots, n$;

j – номер параметру нівелювання адаптації (C_j): $j = 1, 2, \dots, m$.

Значення адаптивного потенціалу від 0 до 1 ($0 < \text{АП} < 1$) або у % від 0 до 100%. Коефіцієнти відповідності ξ_i та β_j змінюються, як правило, від десятих часток одиниці до тисячних часток.

У разі використання адаптивного потенціалу для оцінки надійності біологічних систем необхідно враховувати:

1) при дії негативних чинників (зокрема, токсичних забрудників) виникають різноманітні ураження, які можуть носити неоднаковий характер в залежності від ієрархічного положення організмів у системі;

2) за дії одночасно кількох мінливих чинників середовища на біологічні системи, можливі ефекти синергізму, антагонізму;

3) формування адаптивної здатності включає виникнення, розвиток і перетворення пристосувань до мінливих умов довкілля, що потребує значного часу.

Головні висновки та перспективи використання результатів дослідження. Визначення адаптивного потенціалу біологічних систем є складовою частиною підходів до оцінки надійності цих систем за дії негативних мінливих чинників довкілля. Оцінка надійності біологічних систем, теорія якої ще далека від остаточного вирішення, важлива не тільки для збереження біорізноманіття, але і для людства в цілому. Визначення ролі адаптаційного потенціалу у формуванні надійності розширює уявлення про взаємозв'язок процесів адаптації і надійності.

Література

1. Лежачіус Є.К. Елементи загальної теорії адаптації. – Вільнюс: Моклас, 1986. 273 с.
2. Жирнов В.В. Біоконверсія відходів: підручник. Частина I. / В.В. Жирнов, Д.А. Савченко Київ: ДОП «Експо-Друк», 2017. 302 с.
3. Герасимчук Л.О. Військові дії як чинник утворення відходів *Таврійський науковий вісник*. 2023. № 133. С. 305–312. DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2023.133.41>
4. Ісаєнко В.М. Екологічна біохімія: навчальний посібник / В.М. Ісаєнко та ін. Київ: Вид-во НАУ, 2005. 440 с.
5. Орлюк А.П. Адаптивний і продуктивний потенціали пшениці / А.П. Орлюк, К.В. Гончарова. – Херсон: Айлант, 2002. 276 с.
6. Матвеева І.В. Проблеми надійності екологічних систем. Київ: Вид-во НАУ, 2014. 192 с.
7. Войціцький В.М. Глобальне здоров'я, якість і безпека життя: довідник-монографія / В.М. Войціцький та ін. К.: «Компринт», 2019. Т. 3. 640 с.
8. Барабой В.А. Фізіологія, біохімія і психологія стресу/ В.А. Барабой, А.Г. Резніков. Київ: «Інтерсервіс», 2013. 314 с.
9. Данчук В.В. Агроєкологія: словник-довідник / В.В. Данчук та ін. Київ: ФОП Ямчинський, 2021. 494 с.
10. Мусієнко М.М. Екологія: Охорона природи: словник-довідник / М.М. Мусієнко, В.В. Серебряков, О.В. Брайон. К.: «Знання», 2002. 550 с.
11. Азаров С.І., Сидоренко В.Л., Задунай О.С. Визначення надійності екосистем до чинника антропогенного тиску. *Екологічна безпека та природокористування*. 2017. № 3-4 (24). С. 50–57.
12. Войціцький В.М., Хижняк С.В., Данчук В.В., Ушкалов В.О. Надійність агроєкосистем: підходи щодо її оцінки та підвищення. *Таврійський науковий вісник*. 2021. № 118. С. 327–333.
13. Khyzhnyak S., Voitsitskiy V., Dovbysh O., Liaska Y., Korniyenko V. Recovery and reservation in the formation of ecosystem reliability. *EUREKA: Life Sciences*. 2023. № 3. p. 12–19. <https://doi.org/10.21303/2504-5695.2023.002993>
14. Кизим М.О. Адаптаційний потенціал забезпечення стійкого функціонування реального сектору економіки України в умовах глобальної нестабільності/ М.О. Кизим та ін. Харків: ФОП Лібуркіна Л.М., 2021. 176 с.

УДК 614.8:615.9

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.2.23>

ОЦІНКА БЕЗПЕКИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ (НА ПРИКЛАДІ КОПЧЕНИХ, НАПІВКОПЧЕНИХ І СИРОВ'ЯЛЕНИХ КОВБАС) ЩОДО ВМІСТУ В ЇХ СКЛАДІ ХАРЧОВИХ ДОБАВОК

Грабко Н.В., Вовкодав Г.М.

Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська, 15, 65015, м. Одеса

grabkonatalyavikt@gmail.com, galinakoitykova258@gmail.com

Технологізація сучасної харчової промисловості призвела до широкого поширення у складі харчових продуктів харчових добавок. Харчові добавки дозволені для використання у виробництві харчових продуктів за умови їх безпеки. Але безліч інформаційних джерел свідчить про шкідливість певних харчових добавок. Найчастіше харчові продукти містять цілі композиції харчових добавок. Деякі з них повністю безпечні, а інші – небезпечні (сприяють виникненню новоутворень, алергій, хвороб шлунково-кишкового тракту, печінки, нирок та ін.). Отже, на безпеку харчових продуктів впливають властивості харчових добавок, присутніх у їх складі.

В дослідженні авторами запропонована методика оцінки сумарного балу небезпеки харчового продукту на основі оцінки балів небезпеки кожної окремої харчової добавки в його складі. Окрім сумарного балу небезпеки оцінюється загальна кількість харчових добавок в складі харчового продукту, а також кількість харчових добавок, що небезпечні для організму людини. Для кожного продукту визначалися ці три властивості. В групі продуктів (вивчено 100 найменувань копчених, напівкопчених і сиров'ялених ковбас) за допомогою статистичних методів (кластерний аналіз, метод К-середніх) авторами був здійснений поділ на три групи (кластери). У першу групу увійшли копчені ковбаси, які мають найменші значення усіх трьох властивостей – це найбільш безпечні продукти з точки зору присутніх в їх складі харчових добавок, саме вони є найбільш безпечними для споживачів; у другій групі – ковбаси із середніми значеннями трьох врахованих властивостей; третя група містить ковбаси, у яких значення усіх трьох показників найбільші – ті, споживання яких по-можливості слід уникати. Результатом роботи є перелік харчових виробів (копчених ковбас) найбільш бажаних і найбільш небажаних для споживання людиною. *Ключові слова:* харчові продукти, харчові добавки, шкідливий вплив, індекс шкідливості, кластерний аналіз.

Assessment of the safety of food products (based on the samples of smoked, semi-smoked and dry-cured sausages) regarding the content of food additives in their composition. Hrabko N., Vovkodav G.

The technologicalization of the modern food industry has led to the widespread use of food additives in the composition of food products. Food additives are allowed for use in the production of food products, provided they are safe. However, many sources of information testify to the harmfulness of certain food additives. Most often, food products contain a full range of food additives. Some of them are completely safe, while others are dangerous (contribute to the emergence of neoplasms, allergies, diseases of the gastrointestinal tract, liver, kidneys, etc.). Therefore, the safety of food products is impacted by the characteristics of food additives present in their composition.

In the study, the authors proposed a method of assessing the total hazard risk score of a food product based on the assessment of the hazard risk scores of each individual food additive in its composition. In addition to the total hazard risk score, the study evaluates the total number of food additives in the food product as well as the number of food additives that have a harmful effect on the human body. These three properties were determined for each product. In the group of products (100 types of smoked, semi-smoked and dry-cured sausages that were studied) using statistical methods (cluster analysis, K-means method), the authors divided them into three groups (clusters). The first group includes smoked sausages, which have the lowest values of three components – these are the safest products in terms of food additives present in their composition, they are the safest for consumers; in the second group – sausages with average values of the three considered properties; the third group contains sausages with the highest values of all three indicators – those whose consumption should be avoided if possible. The result of the work is a list of food products (smoked sausages) most desirable and most undesirable for human consumption. *Key words:* food products, food additives, harmful effects, hazard index, cluster analysis.

Постановка проблеми. Однією з важливих сучасних тенденцій функціонування харчової промисловості є використання технологічних харчових добавок. Ці речовини за свідченням Codex Alimentarius [1] й Санітарних правил і норм по застосуванню харчових добавок [2] додаються для досягнення технологічних цілей і не є необхідним елементом їжі. В цих документах задекларовано, що використання харчових добавок не допускається за відсутності гарантії безпеки для споживачів [3]. Проте, відомо, що деякі з них здатні негативно впливати на організм людини в наслідок їх тривалого споживання з тех-

нологічно обробленою їжею. Зазначимо, що мова йде про наслідки, які виникають за умови тривалого (роки, а іноді й десятки років) споживання харчових добавок з технологічно обробленою їжею. Більшість промислово-оброблених харчових продуктів містить цілу композицію харчових добавок, певна частина яких створює комплекс різноманітних несприятливих впливів на організм людини в залежності від складу цієї композиції і хімічних властивостей кожної з речовин у її складі. Тому, кожен технологічно-оброблений продукт за своїм впливом на організм людини може істотно відрізнитися від подібних

йому, але, наприклад, вироблених іншими виробниками, які застосували інші харчові добавки.

Об'єктом дослідження стали копчені, напівкопчені та сиров'ялені ковбаси. А джерелом інформації для проведення дослідження послужила товарна упаковка цих виробів. Завданнями представленого дослідження є розробка і застосування методики, спрямованої на оцінку безпеки (або небезпеки) харчових продуктів, у складі яких присутні харчові добавки, в залежності від їх наявності в цих продуктах, а також виявлення найбільш безпечних і найменш безпечних продуктів у групі подібних із застосуванням статистичних методів.

Актуальність дослідження. Копчені, напівкопчені й сиров'ялені ковбаси є досить поширеним делікатесом, і присутні у раціоні більшості мешканців України. Це стосується як дорослих, так і дітей. Отже, обрана група продуктів вже підкреслює актуальність проведеного дослідження. Крім того, кожна людина прагне впевненості в тому, що обрані нею в магазині харчові продукти не тільки найсмачніші, але, бажано, ще й найбезпечніші серед всіх інших. Це стосується й харчових добавок, інформація про безпеку яких більш менш поширена у суспільстві. Запропонована в представленому дослідженні методика дозволяє не тільки оцінити безпеку харчових продуктів (на прикладі копчених ковбас) з точки зору безпеки харчових добавок, присутніх в цих продуктах, а й назвати найменування тих з них, які слід вважати найбільш безпечними (найбільш бажаними) або найбільш небезпечними (найбільш небажаними) для споживання.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими публікаціями. Під час проведеного дослідження враховано і використано цілий ряд наукових джерел [3–12] й електронних посилань [13–14] на можливість й конкретну характеристику потенційної небезпеки (негативного впливу) ряду харчових добавок для здоров'я людини. Одним з авторів здійснювалися публікації на запропоновану тематику [15–16] та ін., проте, у представленому дослідженні перероблений підхід до оцінки небезпеки харчових добавок (табл. 1) і внесені зміни у перелік досліджених харчових продуктів (копчених, напівкопчених та сиров'ялених ковбас).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання, пов'язані із використанням харчових добавок, висвітлені у багатьох наукових джерелах. Багато з них [3–8] наводять декілька узагальненому інформацію щодо визначення поняття харчових добавок, їх класифікації, а також приведенню певних прикладів негативного впливу харчових добавок на організму людини. Значно більш поглиблену інформацію несуть роботи В.І. Смоляра, який не тільки узагальнив сучасні проблеми, пов'язані із використанням харчових добавок [9], одночасно вказуючи на такі факти як вплив кислих барвників на активність ферментів кишково-шлункового тракту, а також на

помітне перевищення (0,06–0,075 г/кг) додавання нітритів у ковбасні вироби за рецептурою у порівнянні із нормативами (0,05 г/кг).

Також, В.І. Смоляр, розглядаючи проблеми харчового канцерогенезу, вказав допустимі межі питомої ваги харчових добавок у структурі смертності від раку (2–5 %), а також й найвірогідніше значення цього показника (1 %) [10].

Ряд досліджень безпосередньо присвячений токсикологічному аспекту харчових добавок [11–12], у тому числі у [12] автори показують наукові дослідження токсичності конкретних харчових добавок. Дуже поширеними є електронні ресурси [13–14], які більш-менш обґрунтовано і узагальнено подають для населення інформацію про небезпеки, пов'язані із цими речовинами. Нажаль, жодних посилань на будь-які методичні підходи до нелaborаторної оцінки небезпеки продуктів, що містять в своєму складі харчові добавки, окрім раніше опублікованих за участю одного з авторів [15–16], не знайдено.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. В запропонованому дослідженні висвітлено й опробовано новий підхід до поділу групи харчових продуктів (на прикладі 100 копчених, напівкопчених і сиров'ялених ковбас) на найбільш й найменш бажані для споживання на основі бальної оцінки кожного харчового продукту за результатами оцінки харчових добавок в його складі. Оцінка харчових продуктів заснована на використанні бальної оцінки кожного харчового продукту шляхом визначення балу небезпеки кожної харчової добавки в складі цього продукту з подальшою класифікацією групи досліджених продуктів з використанням методів математичної статистики.

Новизна. Запропонований новий методологічний підхід оцінки харчових продуктів (на прикладі копчених, напівкопчених і сиров'ялених ковбас) за вмістом в їх складі харчових добавок з подальшим поділом групи досліджених продуктів на найбільш бажані для споживання, найменш бажані для споживання й проміжні з врахуванням таких характеристик, як загальна кількість харчових добавок в продукті, кількість небезпечних (шкідливих) харчових добавок і сумарний індекс небезпеки харчового продукту, визначений як сума балів небезпеки кожної харчової добавки в складі цього продукту.

Методичні та загальнонаукове значення. У запропонованій авторами методиці пропонується поділити усі харчові добавки на 6 груп в залежності від їх потенційної небезпеки для організму людини, яка споживає їх з харчовими продуктами. Такі групи харчових добавок представлені в табл. 1. У основу такого поділу покладені характеристики харчових добавок, запропоновані на сайті dobavkam.net [13], на якому характеристику, представлену в колонці 2, мають 179 речовин. Кожній групі харчових добавок авторами присвоєний орієнтовний бал небезпеки

(значення цих балів присвоювалися орієнтовно і можуть істотно коректуватися). Харчові добавки з нульовою безпекою мають мінімальний бал – 1, оскільки це сторонні для організму речовини [9], у наступних групах безпеки, які йдуть далі, такий бал подвоюється.

Таблиця 1

Методика бальної оцінки харчових добавок

№ групи	Оцінка безпеки	Абревіатура безпеки	Індивідуальний бал безпеки
1	Нульова безпека	ОН	1
2	Дуже низька безпека	ДН	2
3	Низька безпека	НН	5
4	Середня безпека	СН	10
5	Висока безпека	ВН	20
6	Дуже висока безпека	ДВН	40

Зазначимо, що у останню шосту групу відносяться харчові добавки, заборонені для використання в Україні, і наявність яких в харчових продуктах є вкрай малою ймовірною (наприклад, вони можуть бути присутні у тих продуктах, що привезені з інших країн).

Сумарний бал безпеки продукту визначається за формулою:

$$P_{np} = \sum_{i=1}^n P_i, \quad (1)$$

де P_i – умовний бал безпеки i -тої харчової добавки; n – кількість харчових добавок, використаних в продукті харчування.

З формули (1) можна побачити, що автори виходять з допущення, що безпека харчових добавок має адитивну дію на організм (фактично, вона може бути іншою).

За формулою (1) визначається бал безпеки кожного продукту досліджуваної групи. Також для кожного продукту визначається загальна кількість харчових добавок в його складі і кількість небезпечних харчових добавок (речовини, які належать групам 3–6, це харчові добавки з низькою, середньою, високою і дуже високою безпекою).

Для поділу групи харчових продуктів (у запропонованому дослідженні для прикладу досліджено 100 найменувань копчених ковбас) використовувався такий метод кластерного аналізу як К-середніх, який дозволяє поділити 100 досліджених найменувань копчених ковбас на певну кількість кластерів (кластерів). Оптимальним слід вважати поділ на 3 групи-кластери.

Викладення основного матеріалу. Під час проведення дослідження з товарної упаковки 100 найменувань копчених, напівкопчених й сирих ковбас було отримано інформацію про назви харчових добавок, присутні в складі кожного з досліджених

харчових продуктів. За діючим в Україні законодавством виробник повинен надавати таку інформацію обов'язково.

Отримана інформація була оформлена у вигляді бази даних яка містила порядковий номер кожного продукту, його повну назву, інформацію про виробника (або бренд) і перелік Е-індексів і назв харчових добавок у складі кожного з досліджених харчових продуктів. Далі на основі складеної бази даних проводилися аналіз і відповідні розрахунки.

Було встановлено, що загальна кількість харчових добавок, виявлених у складі 100 досліджених копчених ковбас, склала 21 найменування. Поширеність кожної з цієї 21 добавки в різних ковбасах істотно відрізняється – від одиничних випадків до присутності майже у всіх ковбасах (97 найменувань зі 100). На рис. 1 представлена кількість копчених ковбас, у складі яких присутня та або інша з виявлених у їх складі харчових добавок.

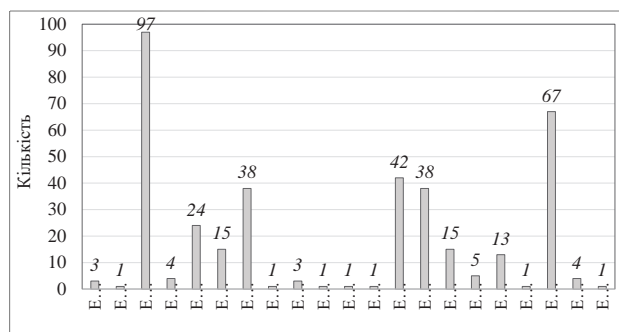


Рис. 1. Кількість копчених ковбас, в складі яких виявлена відповідна харчова добавка

Найчастіше зустрічається нітрит натрію E250, яка присутня у 97 ковбасах, на другому місці знаходиться глутамат натрію E621, далі йдуть пірофосфати E450, трифосфати E451 й ізо-аскорбінат натрію E316.

Якщо звернутися до табл. 1, то серед цих добавок до речовин з нульовою безпекою (ОН) за матеріалами [13] віднесені E301 (натрію аскорбат), E407 (карагенан та його натрієва, калієва та амонієва солі включаючи фурацелеран (агароїд)), E410 (камедь ріжкового дерева), E412 (гуарова камедь), E415 (ксантанова камедь). До харчових добавок з дуже низькою безпекою (ДН) відносяться E160 (каротиноїди), E300 (аскорбінова кислота), E551 (двоокис кремнію аморфний), E578 (кальцію глюконат). E578 – це єдина з харчових добавок, виявлених у дослідженні, яка не охарактеризована на сайті [13], отже до цієї групи вона була віднесена умовно за результатами вивчення інформації про її властивості (єдине, що вдалося виявити, – це її участь в обмінних процесах організму людини). У третю групу з низькою безпекою (НН) увійшли такі 7 харчових добавок як E316 (ізо-аскорбінат натрію), E339 (фосфати натрію), E452 (поліфосфати), E575 (люконо-дельта-лактон), E621 (глутамат натрію), E627 (динатрію –

5 – гуанілат), E631 (5'-Інозіат натрію двозаміщений). Група речовин середньої небезпеки (СН) представлена ще п'ятьма харчовими добавками – E150 (цукровий колер), E250 (натрію нітрат), E252 (калію нітрат), E450 (пірофосфати), E451 (трифосфати). Харчових добавок, які були б віднесені до груп високої або дуже високої небезпеки, у складі досліджених копчених, напівкопчених і сиров'ялених ковбас виявлено не було. Отже, найнебезпечнішими серед виявлених можна вважати останні п'ять речовин, а три з них – ще й отримали найбільше поширення у досліджених ковбасах.

Барвник цукровий колер E150 характеризується високою алергенністю. Фіксатор кольору і консервант E250 є досить отруйною речовиною, яка не тільки додається до харчових продуктів як добавка, але потрапляє у них, а також у питну воду природними шляхами. Нітрит натрію здатний вступати в реакції нітразування, які можуть протікати як у харчових продуктах, так і безпосередньо у шлунку людини, утворюючи канцерогенні N-нітрозаміни, сприяючи розвитку ракових пухлин [3]. Калію нітрат E252 також фіксатор кольору і консервант, який може викликати порушення травлення, координації руху, зміну пульсу і аритмію. З пірофосфатами E450 пов'язують порушення здатності перетравлювати їжу, він сприяє порушенням травлення, погіршує засвоєння кальцію і виробку гормону паразитовидної залози. А трифосфати E451 сприяють розвитку запальних процесів слизових оболонок, впливає на шкіру і викликає алергенні реакції [13].

Також, слід звернути увагу на глутамат натрію (посилювач смаку і аромату) E621, який потрапив на друге місце за поширеністю у копчених ковбасах. За матеріалами [13] він віднесений до групи небезпечних речовин, проте у цьому джерелі вказано, що тривале споживання E261 може сприяти виникненню таких проявів як головний біль, проблеми зі шлунком та кишечником, набір маси тіла, алергічні реакції, підвищене потовиділення, посилене серцебиття, біль у грудях, почервоніння обличчя та шиї, загальна слабкість – це симптоми комплексу хворобливих проявів, відомого під назвою «синдром китайського ресторану».

Інші добавки також мають цілий ряд досить несприятливих проявів [3–6].

Отже, кожній харчовій добавці у відповідності до встановленої групи небезпеки було присвоєно відповідне значення балу небезпеки за колонкою 4 табл. 1. На основі складеної бази даних для кожної зі 100 досліджених копчених ковбас за формулою (1) було розраховано сумарний бал небезпеки. Одночасно для кожної з цих ковбас визначалася загальна кількість харчових добавок, присутніх їх складі, а також кількість небезпечних харчових добавок (тих, що належали до груп низької і середньої безпеки – вище на прикладі E621 було показано, що така оцінка речовин із характеристикою «низька небезпека» є доціль-

ною, а речовин високої і дуже високої небезпеки виявлено не було).

На рис. 2 показано кількість копчених, напівкопчених і сиров'ялених ковбас, які містять відповідну кількість всіх і небезпечних харчових добавок. Можна побачити, що в складі копчених ковбас присутні від 1 до 8 харчових добавок (найчастіше по 3), а кількість небезпечних добавок складає від 1 до 7 (найчастіше 1–2).

Такі 3 характеристики наявності харчових добавок в кожному зі 100 харчових продуктів (загальна кількість харчових добавок, кількість небезпечних харчових добавок і сумарний бал небезпеки) були визначені для кожного зі 100 досліджених харчових продуктів і сформовані у вигляді матриці, яка і була покладена в основу кластерного аналізу. Авторами була здійснена кластеризація копчених ковбас методом К-середніх, а її результатом стали 3 переліки (кластери) ковбасних виробів, характеристики яких представлені на рис. 3.



Рис. 2. Розподіл кількості копчених ковбас в залежності від вмісту в їх складі харчових добавок (всіх і небезпечних)

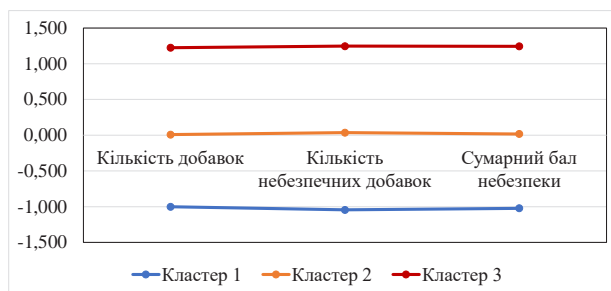


Рис. 3. Результати поділу копчених, напівкопчених і сиров'ялених ковбас на три кластери з врахуванням в їх складі кількості харчових добавок, кількості небезпечних харчових добавок і сумарного балу небезпеки

На цьому рисунку показані середні значення (у стандартизованому вигляді) кожної з 3 ознак (загальна кількість добавок в продукті, кількість небезпечних добавок в продукті і сумарний бал небезпеки продукту) в кожному з 3 виділених кластерів (на осі X показані Евклідові відстані від центру кожного з 3 кластерів, а також для кожного показника – 0 відповідає середньому кожного з 3 показників, врахованих у кластеризації). А у табл. 2 представлені фактичні значення цих трьох показни-

ків у кожному з відділених кластерів (інформація, представлена у табл. 2, була отримана на основі фактичних даних після поділу ковбасних виробів на три кластери).

Таблиця 2

Характеристика виділених кластерів харчових продуктів

Кластер	Кількість харчових добавок, одиниці	Кількість небезпечних харчових добавок, одиниці	Сумарний індекс безпеки харчового продукту, бали
Кластер 1	1-3	1-2	7-20
Кластер 2	3-5	2-4	18-37
Кластер 3	5-8	4-7	32-52

Аналіз рис. 3 і табл. 2 показав, що у кластер 1 потрапили копчені ковбаси із мінімальними значеннями (менше середнього) загальної кількості харчових добавок (від 1 до 3), кількість небезпечних харчових добавок (від 1 до 2) і сумарного індексу безпеки харчового продукту (від 7 до 20 балів). Це 37 найменувань копчених, напівкопчених і сиров'ялених ковбас, які слід вважати найбільш безпечними з точки зору вмісту в їх складі харчових добавок, а, отже, найбільш бажаних для споживання.

Кластер 2 містить 33 ковбасні вироби, які характеризуються середніми значеннями загальної кількості харчових добавок (від 3 до 5), кількості небезпечних харчових добавок (від 2 до 4) і сумарного балу безпеки харчового продукту (від 18 до 37 балів). Це ковбасні вироби, які мають проміжні характеристики щодо вмісту харчових добавок і, відповідно, мають посередню привабливість для споживача.

Остання група з 30 копчених, напівкопчених і сиров'ялених ковбас належить до 3 кластеру і характеризується найбільш високими значеннями врахованих показників: загальна кількість харчових добавок складає від 5 до 8, кількість небезпечних харчових добавок – від 4 до 7, а сумарний бал безпеки – від 32 до 52. Це саме ті ковбаси, які є найменш привабливими з точки зору вмісту харчових добавок, і саме ті, які слід обирати в останню чергу.

Головні висновки. Харчові добавки, присутні в складі харчових продуктів, є однією із складових безпеки цих продуктів.

За результатами аналізу 100 найменувань копчених, напівкопчених і сиров'ялених ковбас в їх складі було виявлено 21 харчову добавку, 5 з яких характеризуються нульовою небезпекою, 4 – дуже низькою небезпекою, 7 – низькою небезпекою і ще 5 – середньою небезпекою для здоров'я людини.

Найчастіше у складі копчених ковбасних виробів спостерігаються нітрит натрію E250, який має певний зв'язок із зростанням ризику онкологічних захворювань, глутамат натрію E621 (з ним пов'язують комплекс симптомів, відомий як «синдром китайського ресторану»), пірофосфати E450, що сприяє порушенням травлення і виробки гормонів, а також трифосфати E451, що викликають запалення слизових.

Переважна кількість копчених, напівкопчених і сиров'ялених ковбас містить 1-3 харчові добавки, у тому числі небезпечні. Загальна кількість харчових добавок в ковбасних виробках може сягати 8 найменувань, а тих, що можна вважати небезпечними, – 7 найменувань.

Кластеризація ковбасних виробів дозволила розподілити їх на 3 групи-кластери. Перший кластер включає 37 найменувань ковбас, які характеризуються найменшою кількістю харчових добавок, у тому числі небезпечних, а також найменшим сумарним балом безпеки. Це ті ковбасні вироби, які слід вважати найбільш бажаними для споживання з точки зору вмісту харчових добавок. Другий кластер містить 33 найменування ковбасних виробів, які характеризуються значеннями трьох досліджених показників на рівні середніх значень і мають помірну привабливість для споживачів з точки зору вмісту харчових добавок. Останній третій кластер містить 30 копчених, напівкопчених і сиров'ялених ковбас із найбільш високими значеннями врахованих показників, а отже їх слід вважати найменш безпечними щодо вмісту харчових добавок і тими, яких мають уникати споживачі, особливо за умови тривалого споживання.

Перспектива використання результатів дослідження. Результати дослідження мають безпосереднє практичне значення для споживачів. А отримані в роботі переліки харчових продуктів можна використовувати як пряму вказівку під час обиравання копчених ковбасних виробів для харчування, у тому числі харчування власної родини.

Література

1. Codex Alimentarius. International food standards. General standard for food additives. Codex stan 192-1995. 1995. 480 p. URL: https://www.fao.org/gsfaonline/docs/CXS_192e.pdf (дата звернення 24.01.2024)
2. Про затвердження Санітарних правил і норм по застосуванню харчових добавок : Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 23 лип. 1996 р. N 222. URL: <https://ips.ligazakon.net/document/view/reg1740?an=1> (дата звернення 24.01.2024)
3. Розанов В. А. Екологія людини : конспект лекцій. Одеса : Вид-во «ТЭС», 2004. 112 с.
4. Деримедвідь Л. В. Фармацевтична енциклопедія. Харчові добавки. Національний фармацевтичний університет. ТОВ «МОПІОН», 2024. URL: <https://www.pharmacencyclopedia.com.ua/article/173/xarchovi-dobavki>
5. Скоробогатий Я. П., Гузій А. В., Заверуха О. М. Харчова хімія : навч. посіб. Львів : «Новий світ – 2000», 2012. 514 с.
6. Димань Т. М. Харчування людини. Біла Церква, 2005. 302 с.

7. Некос А. Н., Багрова Л. О., Клименко М. О. Екологія людини : підручник. Харків : ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2007. 336 с.
8. Гончаренко М. С., Бойчук Ю. Д. Екологія людини : навч. посіб. / За ред. Н. В. Кочубей. Суми: ВТД «Університетська книга». Київ : Видавничий дім «Княгиня Ольга», 2005. 394 с.
9. Смоляр В. І. Сучасні проблеми використання харчових добавок. *Проблеми харчування*. 2009. № 1-2. С. 3-13.
10. Смоляр В. І. Сучасні аспекти харчового канцерогенезу. *Проблеми харчування*. 2010. № 1-2. С. 5-18.
11. Смоляр В. І. Токсичні ефекти харчових добавок. *Проблеми харчування*. 2005. № 1. С. 5-15.
12. Nykyforov V., Novokhatko O., Digtar S., Sakun O., Tikhonova A. Toxicological assessment of food additives by bioassay. *Technology and safety of food products*. 2022. Vol 16 (2). p. 27-93.
13. Dobavkam.net. Все про Е-добавки та склад продуктів. URL: https://uk.dobavkam.net/additives#google_vignette (дата звернення 28.01.2024)
14. Шевченко К. Добавки Е в продуктах: які з них дійсно шкідливі / ТСН. URL: <https://tsn.ua/lady/zdorovye/zdorovyi-obraz-zhizni/dobavki-e-v-produktaх-yaki-z-nih-diysno-shkidlyvi-1581031.html> (дата звернення 29.01.2024)
15. Грабко Н. В. Збірник методичних вказівок для практичних робіт з дисципліни «Людина як споживач: екологічні аспекти» для студентів IV курсу екологічного факультету за спеціальністю «Екологія та охорона навколишнього середовища, спеціалізація «Екологія курортного та рекреаційного господарства». Одеса : ОДЕКУ, 2006. 52 с.
16. Карнаух К. А., Грабко Н. В. Визначення груп небезпеки продуктів харчування за вмістом в їх складі харчових добавок / Екологічна і техногенна безпека. Охорона водного і повітряного басейнів. Утилізація Відходів: матеріали щорічної Міжнар. наук.-техніч. конф., 23-24 квіт. 2019 р. Харків : ХНУБА, 2019. С. 50-51.

ПОПЕРЕДНЯ ОЦІНКА РОЛІ ПЕВНИХ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ І БІОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ У ФОРМУВАННІ СМЕРТНОСТІ ВІД COVID-19 В ОДЕСЬКІЙ ОБЛАСТІ

Грабко Н.В., Колісник А.В.

Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська, 15, 65015, м. Одеса

grabkonatalyavikt@gmail.com, kolisnyk.a.v@gmail.com

Дослідження ролі метеорологічних і кліматичних факторів у формуванні стану організму і протіканні певних хвороб проводилися ще з середини минулого століття. Широко відомим є вплив таких факторів на протікання серцево-судинних, багатьох застудних та інфекційних, деяких психічних захворювань, хвороб кістково-м'язової системи та ін. Останнього часу з'явилися повідомлення про вплив метеорологічних й біокліматичних умов на протікання COVID-19, пандемія якого пройшла зовсім недавно і вплинула на населення усього світу, ставши причиною загибелі великої кількості людей.

Під час дослідження було визначено середньомісячні характеристики метеорологічних (швидкість вітру, температура повітря, відносна вологість, атмосферний тиск) і біометеорологічних (еквівалентно-ефективна температура, ваговий вміст кисню в атмосферному повітрі) показників на десяти метеорологічних станціях Одеської області у період від виникнення пандемії до початку бойових дій в Україні, а також показано можливість використання показників, усереднених на цих станціях, для характеристики умов по області в цілому.

Метою роботи стала попередня оцінка ролі вказаних метеорологічних і біометеорологічних показників у формуванні показників смертності від COVID-19 серед населення регіону. Результати дослідження показали наявність трьох максимумів смертності від COVID-19 і те, що вони спостерігалися у періоди року, коли переважали відносно низькі значення температури повітря і високі значення атмосферного тиску. Була встановлена наявність значущих кореляційних зв'язків між температурою повітря, атмосферним тиском і ваговим вмістом кисню в атмосферному повітрі і смертністю від COVID-19. Оскільки проведені оцінки є попередніми, то вони не виключають, що у подальших дослідженнях на цю тематику підтвердиться і роль інших факторів. *Ключові слова:* метеорологічні умови, біометеорологічні умови, COVID-19, смертність населення, кореляційний зв'язок.

Preliminary assessment of the role of certain meteorological and biometeorological conditions in the formation of mortality from COVID-19 in the Odessa region. Hrabko N., Kolisnyk A.

Research into the role of meteorological and climatic factors in the formation of the state of the body and the course of certain diseases has been carried out since the middle of the last century. The influence of such factors on the course of cardiovascular diseases, many colds and infectious diseases, some mental diseases, certain diseases of the musculoskeletal system, etc. is widely known. Recently, there have been reports about the influence of meteorological and bioclimatic conditions on the spread of COVID-19, the pandemic which has passed very recently and affected the population of the whole world, causing the death of a large number of people.

During the study, average monthly characteristics of meteorological (wind speed, air temperature, relative humidity, atmospheric pressure) and biometeorological (equivalent-effective temperature, weight content of oxygen in atmospheric air) indicators were determined at ten meteorological stations of the Odessa region in the period from the onset of the pandemic to the beginning of full scale invasion of Ukraine by Russia, and the possibility of using indicators averaged at these stations to characterize conditions in the region as a whole is shown.

The purpose of the work was a preliminary assessment of the role of the specified meteorological and biometeorological indicators in the formation of mortality rates from COVID-19 among the population of the region. The results of the study showed the presence of three peaks in mortality from COVID-19 and that they were observed in periods of the year when relatively low levels of air temperature and high levels of atmospheric pressure prevailed. The presence of significant correlations between air temperature, atmospheric pressure and weight content of oxygen in atmospheric air and mortality from COVID-19 was established. Since the conducted assessments are preliminary, they do not rule out that the role of other researched factors will be confirmed in further research on this topic. *Key words:* meteorological conditions, biometeorological conditions, COVID-19, population mortality, correlation relationship.

Постановка проблеми. За сучасними уявленнями метеорологічні і біометеорологічні умови відіграють важливу роль у формуванні інфекційно-респіраторних захворювань, до яких можна віднести і COVID-19, пандемія якого вирувала лише декілька років тому і забрала велику кількість людських життів. У представленому дослідженні показана спроба виявити зв'язки між окремими метеорологічними показниками (температура, швидкість вітру, відносна вологість атмосферного повітря, атмосферний

тиск) і біометеорологічними показниками (еквівалентно-ефективна температура, парціальний тиск кисню в атмосферному повітрі) і смертністю від COVID-19 з подальшою можливістю оцінки цих показників як відповідних факторів ризику.

Слід зазначити, що більшість подібних досліджень як термін використовує поняття «біокліматичні умови», оскільки мова йде про досить короткий період часу (с 1 січня 2020 року до 31 січня 2022 року). Обрання цього періоду пов'язано

з одного боку із необхідністю врахувати початок пандемії, а з іншого – з початком бойових дій у лютому 2022 року, коли дані показники смертності стали закритою інформацією і, відповідно, у офіційних джерелах не публікуються.

Метою представленого дослідження є спроба оцінити можливість зв'язку між метеорологічними і біометеорологічними умовами Одеської області і смертністю від COVID-19 у період епідемії до початку бойових дій.

Для досягнення цієї мети було поставлено ряд завдань:

– оцінити середньомісячні значення метеорологічних (температура атмосферного повітря, швидкість вітру, відносна вологість, атмосферний тиск) і біометеорологічних (еквівалентно-ефективна температура, парціальний тиск кисню в атмосферному повітрі) показників в межах десяти метеорологічних станцій Одеської області;

– оцінити наявність лінійного зв'язку між середньомісячними значеннями кожного з шістьох вивчених метеорологічних і біометеорологічних показників, зробити висновки про можливість територіального осереднення цих показників;

– якісно і кількісно оцінити наявність зв'язку між середньомісячними значеннями смертності від COVID-19 в Одеській області і середньомісячними значеннями досліджуваних метеорологічних і біометеорологічних показників.

Актуальність дослідження. 3 березня в Україні оголосили про перший випадок COVID-19, а вже 13 березня відбувся перший випадок смерті. 31 липня 2023 року на всій території України був скасований карантин, встановлений з метою запобігання поширенню COVID-19. На сьогоднішній день (18.02.2024 р.) на території України відбулося 5557995 заражень, а смертність склала близько 2 % заражених.

Різні штами COVID-19 продовжують своє руйнівне існування у людській популяції, тож дослідження, спрямовані на виявлення зовнішніх факторів, здатних так або інакше вплинути на протікання або розвиток хвороби, слід вважати вкрай актуальними.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Уявлення про зв'язки між природними (у тому числі метеорологічними і кліматичними) умовами і протіканням пандемій і епідемій має досить теоретичний характер. Отже спроби виявлення ролі різноманітних факторів навколишнього середовища для протікання інфекційних респіраторних хвороб можуть мати дуже важливе наукове й практичне значення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Окрім опису кліматичних умов [1], існує досить велика кількість вітчизняних [2–6] і зарубіжних [7–8] джерел щодо біокліматичних (біометеорологічних) умов. Дослідження біокліматичних умов території присвя-

чені як вивченню біокліматичних (біометеорологічних) умов конкретних території [4–5], а також можливості їх врахування під час оцінки умов урбанізованого середовища [2] і рекреаційно-туристичного потенціалу певних регіонів [3–7]. Періодично у наукових публікаціях автори привертають увагу до наявності зв'язку між кліматичними (метеорологічними) [9–10] і біокліматичними (біометеорологічними) [5, 8] умовами і деякими захворюваннями людини (наприклад, серцево-судинними або застудно-респіраторними). В наш час у світі вже існує певна кількість досліджень (зарубіжних авторів), присвячених ролі метеорологічних і біометеорологічних умов у формуванні захворюваності на COVID-19 [8–10]. Бібліографічні дані щодо різноманітних публікацій з COVID-19 представлені у [11] і на сайті Національної бібліотеки України ім. В. Н. Вернадського [12], проте посилань на дослідження ролі екологічної складової у формуванні COVID-19 виявлено не було.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. У запропонованій роботі показано можливість використання осереднених по території Одеської області середньомісячних значень метеорологічних показників (температури атмосферного повітря, відносною вологості й атмосферного тиску, швидкість вітру – частково) і біометеорологічних (еквівалентно-ефективна температура і парціальний тиск кисню в атмосферному повітрі) для вивчення їх впливу на смертність населення Одеської області від COVID-19 у період з січня 2020 по січень 2022 року. Також для цього періоду показана наявність статистичних зв'язків між метеорологічними і біометеорологічними умовами і смертністю від COVID-19, що закладає передоснову до подальшого дослідження вже вивчених та інших (геліокозмичних, геокосмічних) природних факторів у формування COVID-19.

Новизна. Новизною дослідження є акцент на вивченні екологічної складової (природні фактори навколишнього середовища) у формуванні смертності населення Одеської області від COVID-19.

Методичне або загальнонаукове значення. Вихідними даними для проведення дослідження послужили значення температури атмосферного повітря, швидкості вітру, атмосферного тиску і відносною вологості в атмосферному повітрі за строки спостережень 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 і 21 години у період з 1 січня 2020 року по 31 січня 2022 року на 10 метеорологічних станціях Одеської області (Одеса, Білгород-Дністровський, Роздільна, Любашівка, Затишшя, Сербка, Сарата, Болград, Вілково, Ізмаїл). Під час дослідження були враховані ці метеорологічні показники, а також на їх основі визначалися такі метеорологічні показники як еквівалентно-ефективна температура EET і парціальний тиск кисню в атмосферному повітрі p_0 .

Формула для еквівалентно-ефективної температури була розроблена А. Місенардом і враховує

вплив температури, вологості і швидкості вітру, має вигляд, представлений у формулі (1) [2–4]:

$$EET = 37 - \frac{37 - t}{0,68 - 0,0014f + \frac{1}{1,76 + 1,4v^{0,75}}} - 0,29r \left(1 - \frac{f}{100}\right), \quad (1)$$

де t – температура повітря, $^{\circ}\text{C}$;

r – відносна вологість повітря, %;

v – швидкість вітру, м/с.

Вміст кисню в повітрі можна розрахувати, використавши формулу Клапейрона, як це запропоновано В.Ф. Овчаровою, яка зазначала, що багатофакторний вплив складного природно-кліматичного комплексу на організм людини не обмежується лише впливом на її біоенергетику й термоадаптацію, а є незрівнянно складнішим і багатограннішим. Формула Клапейрона для розрахунку вагового вмісту кисню в повітрі виглядає так [3]:

$$\rho_0 = 0,232 \frac{P - e^* \mu}{KT}, \quad (2)$$

де ρ_0 – ваговий вміст кисню в атмосферному повітрі, г/м³;

P – атмосферний тиск, Па;

e – парціальний тиск водяної пари в атмосферному повітрі, Па;

m – молярна маса повітря ($m = 28,98$ г/моль – середня молярна маса сухого повітря);

T – абсолютна температура повітря, К; $T = 273,15 + t^{\circ}$;

K – молярна газова стала, $K = 8,31$ Дж/(моль · К);

0,232 – масова доля кисню в сухому повітрі.

Для визначення парціального тиску водяної пари в атмосферному повітрі використовувалися формули, запропоновані Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation Всесвітньої метеорологічної організації.

Під час визначення середньомісячних значень метеорологічних і біометеорологічних показників, а також для розрахунку коефіцієнтів кореляції використовувалися статистичні методи. А для порівняння часових рядів – метод порівняння вершин.

Характеристики смертності населення від COVID-19 були отримані за матеріалами сайту Головного управління статистики в Одеській області [13], які на сайті представлені у вигляді накопичуваної за кожен місяць суми кількості підтверджених випадків.

Викладення основного матеріалу. Раніше зазначалося, що метеорологічні дані для проведення дослідження представляли собою результати спостережень на 10 метеорологічних станціях Одеської області – Одесі, Білгороді-Дністровському, Роздільній, Любашівці, Затишші, Сербці, Сараті, Болграді, Вілковому й Ізмаїлі у стандартні строки спостережень 00, 03, 06, 12, 15, 18 і 21 години у період з 1 січня 2020 року по 31 січня 2022 року. На кожній з 10 станцій за кожен строк спостережень кожної доби дослідженого періоду були розраховані значення 2 біометеорологічних показників – еквівалентно-ефективної температури за формулою (1) і вагового вмісту кисню в атмосферному повітрі за формулою (2). Далі на кожній з 10 станцій для кожного

з 25 календарних місяців періоду, що розглядається, були розраховані середньомісячні значення 4 метеорологічних (швидкість вітру, температура повітря, відносна вологість, атмосферний тиск) і 2 біометеорологічних показників (еквівалентно-ефективна температура і парціальний тиск кисню в атмосферному повітрі).

Для подальшого аналізу даних виникла необхідність відповісти на питання – наскільки визначені середньомісячні значення кожного з 6 досліджених метеорологічних і біометеорологічних показників на кожній окремо взятій метеорологічній станції відображають ситуацію по Одеській області в цілому. Для відповіді на це питання були розраховані 6 кореляційних матриць. Які склалися з парних коефіцієнтів кореляції, які визначалися для 25 середньомісячних значень кожного з 6 показників. Результати розрахунків можна описати так: дуже тісні лінійні зв'язки між середньомісячними значеннями на кожній парі станцій були виявлені для температури повітря (коефіцієнти кореляції знаходилися у діапазоні 0,993–0,999), відносної вологості (0,903–0,995), атмосферного тиску (0,914–0,999), еквівалентно-ефективної температури (0,992–0,999) і парціального тиску кисню в атмосферному повітрі (0,992–0,999). Для швидкості вітру коефіцієнти кореляції, розраховані для Одеси і кожної з 9 інших станцій, склалися 0,300–0,668 (істотно переважали значення, наближені до нижньої межі діапазону), для інших станцій коефіцієнти кореляції знаходилися в діапазоні 0,664–0,904 (переважно були ближчі до середини цього діапазону).

Проведені розрахунки дозволили зробити висновок, що для характеристики ситуації по області в цілому досить ефективно буде використати відповідні значення місяців, осереднені і по території (по 10 станціях Одеської області) для усіх метеорологічних і біометеорологічних показників, окрім швидкості вітру. Для останнього доцільно одночасно аналізувати середньомісячні значення на станції Одеса і середньомісячні значення, осереднені на 9 інших метеостанціях. Для такого аналізу одночасно були задіяні середньомісячні значення смертності населення Одеської області від COVID-19. А аналіз відбувався у вигляді побудови графіків часового ходу кожного з 6 метеорологічних і біометеорологічних показників і смертності від COVID-19, представлених на рис. 1–6.

Далі проводився порівняльний аналіз максимумів і мінімумів на кожному з графіків (метод накладання вершин) і розраховувалися парні коефіцієнти кореляції між відповідним метеорологічним або біометеорологічним показником і показником смертності від COVID-19. Також здійснювалася оцінка значущості цих коефіцієнтів кореляції для числа ступенів свободи $v = 20$ ($n = 21$) і рівня значущості $\alpha = 0,95$.

Оскільки перші випадки смерті від COVID-19 були зареєстровані в Одеській області починаючи

з травня 2020 року, то ці парні коефіцієнти кореляції розраховувалися за даними, з яких були вилучені значення без смертності (за 21 місяць – починаючи з травня 2020 по січень 2022 року, що дозволило уникнути похибки, пов’язаної із штучним введенням у вибірку даних до початку пандемії).

Загальний вигляд кривої, яка характеризує смертність від COVID-19 на будь-якому з рис. 1–6, дозволяє звернути увагу на 3 піки смертності населення протягом дослідженого періоду – у грудні 2020 року (624 особи), у квітні 2021 року (937 осіб), а також у жовтні-листопаді 2021 року (1311 і 1661 особи), ставши другою за чисельністю причиною смерті (після хвороб системи кровообігу) населення Одеської області. У ці місяці смертність від COVID-19 складала 15,4–31,2 % від загальної по області. А загальна смертність збільшувалася в 1,3–1,7 разів (за результатами аналізу інформації, представленої на [13]) у порівнянні із середньою за період.

На рис. 1 можна побачити, що перший максимум смертності від COVID-19 (грудень 2020 року) співпадає із максимумом швидкості вітру на станції Одеса і на інших 9 станціях. Теж саме можна сказати про початок третього максимуму смертності (жовтень 2021 року) в Одесі (9 метеостанцій області це не стосується).

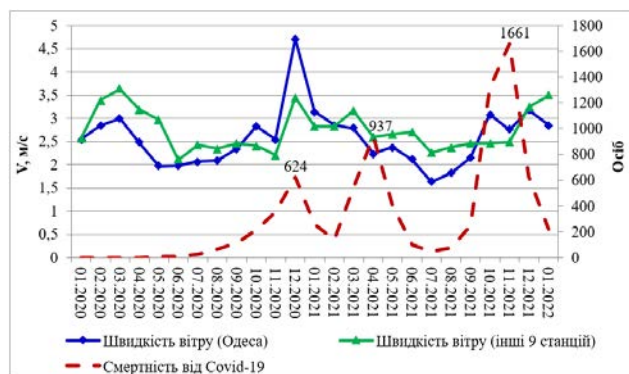


Рис. 1. Динаміка середньомісячних значень швидкості вітру в Одесі і на інших 9 станціях Одеської області і смертності від COVID-19

Проте максимум смертності у квітні 2021 року відповідає досить невеликим швидкостям вітру. Парні коефіцієнти кореляції між смертністю від COVID-19 і швидкістю вітру складають для Одеси 0,427, а для 9 станцій області 0,112. Обидва ці коефіцієнти є незначущими (для довжини вибірки $n = 21$ і рівня значущості $\alpha = 0,95$). Це свідчить про відсутність лінійного зв’язку між швидкістю вітру в Одесі (Одеської області) і смертністю від COVID-19. Проте, не виключає інших форм зв’язку.

На рис. 2 представлена динаміка середньомісячної і середньої по 10 станціях області температури повітря. Коефіцієнт кореляції невеликий (-0,442), проте значущий і вказує на наявність слабкого зворотного зв’язку. Також привертає увагу той факт, що

кожен з 3 піків смертності припадає на сезонні мінімуми температури.

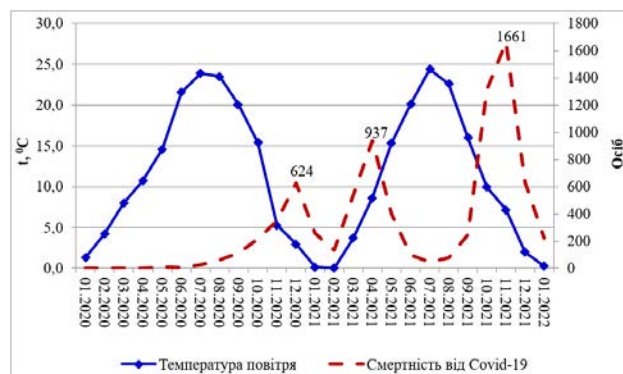


Рис. 2. Динаміка середньомісячних значень температури повітря в Одеській області і смертності від COVID-19

Рис. 3 представляє відповідну криву відносної вологості повітря. Як і у випадку швидкості вітру (на станції Одеса) спостерігаються збігання першого і третього максимумів смертності із максимумами відносної вологості. Другий максимум смертності відповідає мінімуму вологості. Парний коефіцієнт кореляції досить низький, складає 0,359 і є незначущим на встановленому рівні значущості. Отже лінійний зв’язок між відносною вологістю і смертністю від COVID-19 в Одеській області відсутній.

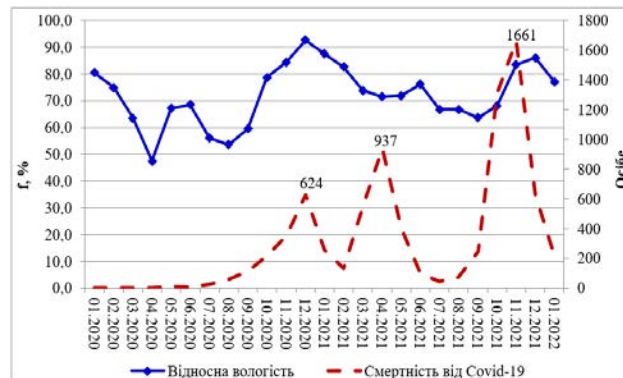


Рис. 3. Динаміка середньомісячних значень відносної вологості в Одеській області і смертності від COVID-19

Рис. 4 характеризує динаміку атмосферного тиску. Парний коефіцієнт кореляції між атмосферним тиском і смертністю через COVID-19 невисокий (0,494) і значущий. Залежність проглядається для кожного з 3 максимумів смертності – вони спостерігаються на другий-третій місяць після максимуму атмосферного тиску.

На рис. 5 представлена динаміка еквівалентно-ефективної температури – усі піки смертності припадають на холодний період, як і у випадку температури, а парний коефіцієнт кореляції складає -0,301 тобто нижчий в є незначущим.

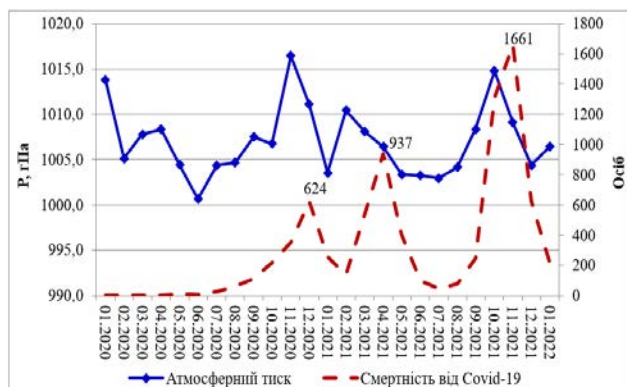


Рис. 4. Динаміка середньомісячних значень атмосферного тиску в Одеській області і смертності від COVID-19

Це вказує на те, що або два параметри, додатково введені до температури, погіршують результат, і після заміни ЕЕТ іншим біометеорологічним індексом, який враховує температуру, швидкість вітру і відносну вологість, при негативному результаті взагалі слід відмовитися від використання швидкості вітру і відносної вологості у подальших дослідженнях, або про необхідність застосування інших статистичних підходів.

На рис. 6 представлений хід вагового тиску кисню в атмосферному повітрі. Парний коефіцієнт кореляції між ним і смертністю через COVID-19 трохи нижчий, ніж для атмосферного тиску, і складає 0,466 (є значущим). Це вказує як і для показника ЕЕТ, або на необхідність заміни біометеорологічного показника, який враховує атмосферний тиск, або на заміну статистичного підходу. Також на графіку видно, що всі 3 максимуми смертності на період низьких температур, який співпадає з періодом високого атмосферного тиску.

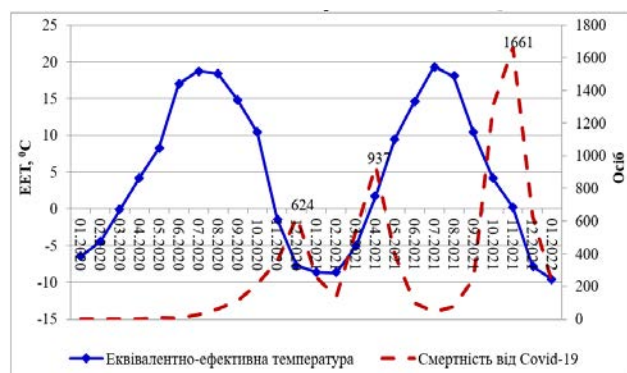


Рис. 5. Динаміка середньомісячних значень еквівалентно-ефективної температури в Одеській області і смертності від COVID-19

Отже, усі отримані результати вказують на наявність слабких зв'язків між метеорологічними і біокліматичними факторами і смертністю через COVID-19 і вимагають подальшого прояснення ситуації.

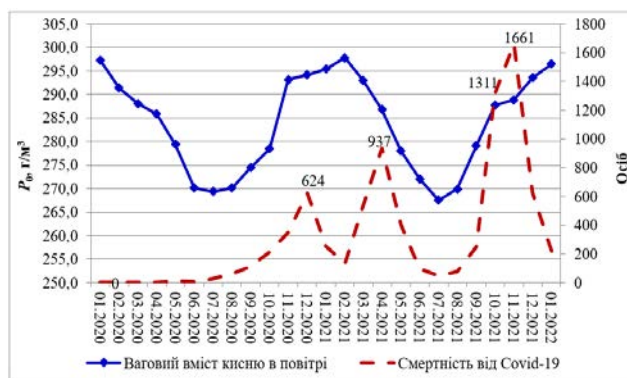


Рис. 6. Динаміка середньомісячних значень вагового вмісту кисню в атмосферному повітрі в Одеській області і смертності від COVID-19

Головні висновки. В результаті проведеного дослідження були зроблені такі висновки:

1. Для оцінки ролі температури повітря, відносної вологості, атмосферного тиску, еквівалентно-ефективної температури і парціального тиску кисню в атмосферному повітрі у формуванні смертності від COVID-19 доцільно використовувати показники, осереднені по території Одеської області, оскільки значення кожного з них мають тісний кореляційний зв'язок на усіх метеорологічних станціях Одеської області.

2. Для оцінки ролі швидкості вітру доцільно додатково проводити аналіз по Одесі, оскільки саме ця метеостанція за цим показником відрізняється низькими лінійними зв'язками із 9 іншими станціями Одеської області.

3. Для Одеської області виявлені 3 максимуми смертності від COVID-19 – у грудні 2020 року, квітні 2021 року і жовтні-листопаді 2021 року. Це місяці, коли смертність від COVID-19 збільшувалася на 15,4–31,2 % випадків у порівнянні із середньою за весь період, а загальна смертність збільшувалася в 1,3–1,7 рази (не тільки за рахунок COVID-19, а й інших захворювань).

4. Максимальна смертність від COVID-19 спостерігалася у період року, який характеризується низькими температурами і високим атмосферним тиском. Роль інших показників є менш очевидною.

5. Слабкий лінійний зв'язок між смертністю від COVID-19 і метеорологічними (біометеорологічними) показниками встановлений лише для температури повітря, атмосферного тиску і вагового вмісту кисню в повітрі, для інших показників він відсутній.

6. Доцільними можуть бути спроби застосування інших біометеорологічних показників і інших статистичних підходів. Якщо всі вони будуть невдалими, це покаже доцільність вилучення швидкості вітру й відносної вологості, а також біокліматичного показника, який визначається на їх основі (ЕЕТ).

Перспективи використання результатів дослідження. Отримані результати будуть використані під час подальших досліджень, спрямованих на виявлення факторів ризику смертності від COVID-19 природного походження.

Література

1. Гриневецкий С.Р. Одесская область. Энциклопедия Современной Украины / Редкол. : И.М. Дзюба, А.И. Жуковский, М.Г. Железняк та ін. К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2022. URL: <https://esu.com.ua/article-75193> (дата звернення 10.02.2024)
2. Шевченко О.Г. Порівняльний аналіз біокліматичних індексів для оцінки комфортності урбанізованого середовища в теплий період. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2016. Т. 3(42). С. 105–115.
3. Грабко Н.В., Полетаєва Л.М., Федченко В.О. Біокліматичні показники території як складова рекреаційного потенціалу Первомайського району Миколаївської області. *Природничий альманах*. 2019. № 26. С. 37–49.
4. Грабко Н.В., Сафранов Т.А. Особливості біокліматичних умов холодного періоду року на території Одеси. *Екологічні науки*. 2023. № 51. С. 148–155.
5. Катеруша Г.П., Сафранов Т.А., Катеруша О.В. Можливі зміни біокліматичних умов зимового періоду в Україні. Людина та довкілля. Проблеми неоекології. 2018. Вип. С. 17–27.
6. Михайленко Н., Щербань І. Погодно-кліматичні умови рекреаційної та спортивної діяльності в Українських Карпатах. Вісник Львівського університету. Серія географічна. 2014. Вип. 48. С. 268–274.
7. Amiranashvili A.G., Kartvelishvili L.G., Matzarakis A. The Statistical Characteristics of Tourism Climate Index in Kakheti (Georgia). *Journal of the Georgian Geophysical Society, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma*. 2018. V. 21(2). P. 95–112.
8. Preliminary Results of a Study on the Impact of Some Simple Thermal Indices on the Spread of COVID-19 in Tbilisi / Avtandil G. Amiranashvili et al. *Journal of the Georgian Geophysical Society, Physics of Solid Earth, Atmosphere, Ocean and Space Plasma*. 2022. V. 25(2), P. 59 – 68.
9. Abdullrahman M. The effect of meteorological conditions on the spread of COVID-19 cases in six major cities in Saudi Arabia. *J. Comm. Med. and Pub. Health. Rep.* 2022. 3(01). 6 p. URL: <https://doi.org/10.38207/JCMPHR/2022/FEB/03010410> (дата звернення 12.02.2024)
10. Impact of Selected Meteorological Factors on COVID-19 Incidence in Southern Finland during 2020–2021 / L. Haga et al. *J. Environ. Res. Public Health*. 2022. 19(20), 13398. URL: <https://www.mdpi.com/1660-4601/19/20/13398> (дата звернення 12.02.2024)
11. Пандемія COVID-19: вірус, який змінив життя: бібліографічний покажчик / уклад. І. В. Каминіна. ЗДМУ, наукова бібліотека. Запоріжжя, 2021. 38 с. URL: <http://dspace.zsmu.edu.ua/bitstream/123456789/13964/1/COVID.pdf> (дата звернення 15.02.2024)
12. Сайт національної бібліотеки України імені В.Н. Вернадського. Коронавірусна хвороба 2019 (COVID-19): бібліографія (2020–2022) / Виконавці: Добко Т.В., Мацкевич Л.П., Штих П.М. URL: <http://www.nbuv.gov.ua/node/5936> (дата звернення 15.02.2024)
13. Головне управління статистики в Одеській області. Статінформація. Населення та міграція. Кількість померлих за причинами смерті. URL: http://od.ukrstat.gov.ua/stat_info/demogr.htm (дата звернення 2.02.2024)

РОЛЬ СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ В ПІДГОТОВЦІ ЗДОБУВАЧІВ СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Кушнір С.М., Чумаченко І.М., Воронова Н.В.,
Горбань В.В., Пригула Н.В., Воронов К.Є.

Запорізький національний університет
вул. Жуковського, 66, 69600, м. Запоріжжя
prorektor.znu@gmail.com, garantyzahist@gmail.com, 180270n@gmail.com,
valera251077@gmail.com, 1905kl@gmail.com

Розглянуто досвід Запорізького національного університету щодо реалізації системи екологічного менеджменту закладу вищої освіти при підготовці здобувачів в галузі екології та охорони навколишнього середовища. В університеті розробляється власна програма управління навколишнім середовищем університету з дотриманням основних вимог ISO 14001, яка забезпечує фінансові й іміджеві переваги університету на сучасному етапі реорганізації системи вищої освіти. Запорізький національний університет поступово розробляє і впроваджує ефективні енергоощадні технології та процедури для зменшення впливу на навколишнє середовище з 2009 року та має значні успіхи в цьому напрямку. В цих заходах беруть участь зацікавлені учасники освітнього процесу (співробітники адміністративно-господарської частини, науково-педагогічні працівники кафедри загальної та прикладної екології і зоології, здобувачі ступеня вищої освіти біологічного факультету). Запорізький національний університет має позитивні практики залучення і реалізації коштів університету, міжнародних та благодійних організацій для впровадження інноваційних технологій, які мають значний економічний ефект, що особливо актуально для функціонування закладу вищої освіти у прифронтовій області. Для забезпечення виконання правових вимог чинного законодавства, університет потребує створення власної екологічної політики, яка органічно вписується в Стратегію розвитку Запорізького національного університету в умовах воєнного стану та повоєнного відновлення України. Це дозволить ЗВО бути конкурентоздатними не тільки на ринку освітніх послуг України, а й Європейського союзу, що буде мати вирішальне значення для якісної підготовки спеціалістів у сфері екології та охорони навколишнього природного середовища, де органічно пов'язані теорія та практика. *Ключові слова:* екологічний менеджмент, екологічна політика, енергоспоживання, кампус, енергетична ефективність, будівлі, термомодернізація.

The role of the environmental management system of the Zaporizhzhia National University in the training of higher education degree seekers. Kushnir S., Chumachenko I., Voronova N., Horban V., Prytula N., Voronov K.

The role of the environmental management system of Zaporizhzhia National University in the training of higher education degrees. The experience of Zaporizhzhia National University in implementing an environmental management system within the higher education institution in the preparation of applicants for a higher education degree in the field of ecology is considered. The university has developed its own environmental management program adhering to the basic requirements of ISO 14001, providing financial and reputational advantages during the ongoing higher education system reorganization. Zaporizhzhia National University has been gradually developing and implementing effective energy-saving technologies and procedures to reduce environmental impact since 2009 and has made significant progress in this direction. Various stakeholders in the educational process, including administrative and economic staff, academic staff of the Department of General and Applied Ecology and Zoology, and students from the Faculty of Biology, actively participate in these initiatives. The university has positive practices of attracting and implementing university funds, international and charitable organizations for the introduction of innovative technologies that have a significant economic effect, which is especially important for the functioning of a higher education institution in the front-line region. To ensure compliance with the legal requirements of current legislation, the university requires the establishment of its own environmental policy, which harmoniously aligns with the Development Strategy of Zaporizhzhia National University in the conditions of the state of war and post-war recovery of Ukraine. This will enable the higher education institution to be competitive not only in the Ukrainian educational services market but also in the European Union, crucial for the quality training of specialists in the field of ecology and environmental conservation, where theory and practice are organically interconnected. *Key words:* environmental management, environmental policy, energy consumption, campus, energy efficiency, buildings, thermal modernization.

Постановка проблеми. Сьогодні перед закладами вищої освіти (ЗВО) поставлено завдання щодо організації якісної підготовки здобувачів ступеня вищої освіти у сфері збереження якості навколишнього природного середовища, яка стане більш

ефективною, якщо цей процес буде супроводжуватися практикою впровадження системи екологічного менеджменту (СЕМ). Навчальні заклади повинні перенести теорію і принципи екологічного менеджменту у власну практику. Тобто, випускники ОПП

«Екологія та охорона навколишнього середовища», Запорізького національного університету (ЗНУ), які придуть працювати в державні установи України, підприємства та у бізнес, мають отримати перше наочне свідчення екологічної культури й мислення, що орієнтоване на врахування потреб суспільства у чистому довкіллі, саме у ЗВО.

Україна взяла на себе зобов'язання щодо імплементації вимог ЄС [1] у сфері енергоефективності. Заклади освіти в Україні – це утримувачі матеріальної бази і в умовах економії бюджетних коштів, реорганізації мережі вищих навчальних закладів та воєнного конфлікту з росією, повинні самостійно розв'язувати питання ефективного управління. Крім того, ЗВО повинні стати «майданчиком» для інтеграції в освітній процес сучасних, інноваційних підходів управління заснованих на принципах збереження природних ресурсів.

Актуальність дослідження. ЗВО вважаються відносно великими споживачами енергоресурсів. Питоме споживання енергоресурсів (на 1м²) у ЗВО України у два – чотири рази перевищує рівень споживання в країнах Західної Європи, США та Канаді [1]. Переважають витрати на теплову енергію (до 70%), на електроенергію (до 40%), на водопостачання та водовідведення (до 30%). Для ЗВО виконання вимог стандарту принесе користь в аспекті заощадження споживання енергії та ресурсів, забезпечення постійного вдосконалення СЕМ. Загальні проблеми, пов'язані з сучасним станом СЕМ та підвищення енергоефективності ЗВО знайшли відображення в працях учених і спеціалістів [2–4].

Особливо актуальною ця проблема стане у післявоєнному відновленні України та системі реформування чисельності ЗВО. Тому першочерговим завданням кожного ЗВО повинно стати впровадження системи екологічного управління, особливо це стосується тих ЗВО, в яких відбувається підготовка висококваліфікованих кадрів, які після закінчення навчання, можуть забезпечити оптимізацію використання природних ресурсів на робочих місцях.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Практичне значення одержаних результатів полягає в аналізі практик ЗВО, а саме, екологічного аспекту – використання енергоресурсів, визначенні екологічних індикаторів оцінки ефективності використання природних ресурсів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналізуючи літературні джерела, ми з'ясували, що проблеми формування системи енергоменеджменту перебувають у центрі уваги багатьох вітчизняних і закордонних учених. У наукових публікаціях зазначено необхідність змін систем менеджменту, зокрема й у закладах вищої освіти (ЗВО), відповідно до принципів методології всебічного управління якістю. Потреби змін у системі управління ЗВО з застосуван-

ням витратної енергетичної компоненти як значного важеля впливу на конкурентоспроможність закладів висвітлено в наукових працях багатьох учених [2–4]. Попри значну кількість публікацій у цій сфері, залишаються актуальними питання визначення важливості, сутності та елементів побудови системи енергоменеджменту у ЗВО України [5].

Університети розвивають екологічні показники для того, щоб оцінити поточний і майбутній стан екологічної роботи, що необхідно для визначення ефективності роботи в порівнянні з іншими ВНЗ на національному і міжнародному рівнях, що дозволить дотримуватись основного принципу системи екологічного менеджменту за стандартами ISO 14000 – постійне вдосконалення [6].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Необхідність розробки екологічної стратегії є одним з головних елементів екологічного менеджменту закладів вищої освіти, зв'язком між чинними програмами збереження природного навколишнього середовища та нормативною базою.

Завдання, що реалізує стратегічний менеджмент, забезпечують довгострокову конкурентоспроможність ЗВО шляхом створення нового потенціалу та зміцнення чинного (імідж, компетенція). Сьогодні основними стратегіями університету є покращення якості реагування на зміни вимог ринку. Завдяки збільшенню значення соціальних та екологічних факторів, щоденно розширюється коло технічних та економічних параметрів, що визначають потенціал для успіху, які слід враховувати при розробці стратегії закладів вищої освіти [8].

Поява ISO 14000 в університетах – одна з визначних світових екологічних подій. Стандарти частини ISO 14000, на відміну від решти екологічних стандартів, орієнтовані не на кількісні параметри (обсяг викидів, концентрація речовин тощо), а на виконання вимоги вживати «найкращу досягну технологію».

Правила цих стандартів вимагають дотримання та запровадження певних процедур в університеті, підготовки відповідних документів та призначення особи, відповідальної за цю сферу.

Система стандартів повинна забезпечувати зменшення негативного впливу на навколишнє середовище на трьох рівнях:

1. Організаційному – шляхом вдосконалення «поведінки» корпоративного середовища;
2. Державному – шляхом адаптації міжнародних стандартів до національних регуляторних рамок та національної екологічної політики;
3. Міжнародному – шляхом поліпшення умов міжнародної торгівлі.

Одним з головних документів стандарту є ISO 14001 – «Технічні умови та вказівки щодо використання систем екологічного менеджменту». Підтримка інших документів, наприклад, ISO 14004 надає детальний огляд створення системи еколо-

гічного менеджменту для ЗВО, документ 14010 визначає принципи аудиту EMS, а серія 14040 – методологію «оцінки життєвого циклу», яка може бути використана для оцінки впливу на навколишнє середовище.

Новизна. Наукова новизна одержаних результатів полягає в розширенні уявлення щодо шляхів підвищення якості екологічного управління у закладах вищої освіти України та доповненням екологічних індикаторів оцінки ефективності використання природних ресурсів у ЗВО – екологічним індикатором питомих енерговитрат навчальних корпусів, з використанням міжнародного досвіду та залученням грантового фінансування.

Методологічне або загальнонаукове значення. Для аналізу ми використовували наукові публікації, монографії українських та закордонних вчених; національні та міжнародні нормативно – технічні документи з якості та екологічного управління; документацію відносно екологічного управління у Запорізькому національному університеті: матеріали адміністративно-господарської частини щодо споживання енергії, ресурсів в корпусах та гуртожитках ЗНУ до та після введення системи моніторингу, карантинних та воєнних обмежень станом на 2018–2023 рр.

Методи дослідження: теоретичний аналіз літературних джерел, їх синтез та узагальнення інформації. Також застосовувалися порівняльний та системний методи. Використано загальноприйняті

практичні методи дослідження організації екологічного управління.

Виклад основного матеріалу. Запорізький національний університет – це заклад вищої освіти державної форми власності, літопис якого ведеться майже 90 років. 16 серпня 1985 р. Запорізький державний педагогічний інститут було реорганізовано у класичний університет, а з 1999 року Запорізький національний університет є членом Європейської асоціації університетів (EAIE). На сьогодні університет має таку структуру (рис. 1).

В січні 2023 року було прийнято «Стратегію розвитку Запорізького національного університету в умовах воєнного стану та повоєнного відновлення України» на 2023–2025 роки https://www.znu.edu.ua/docs/2023/_znu_2023_2025.pdf. Відповідно, візія Запорізького національного університету відбиває його прагнення стати університетом майбутнього в усіх сферах діяльності: освіті, науці, міжнародній діяльності, громадському служінні, розвитку технологій та формуванні ціннісної парадигми випускників. В 3 розділі стратегії зазначено: «Як соціально відповідальний та енергоефективний заклад, Університет продовжить реалізацію програм енергоощадження та дбайливого ставлення до ресурсів, зокрема, на базі Інституту, де за результатами вжитих заходів очікується скорочення споживання теплової енергії – на 50%, електроенергії – на 25%».

Кампус Запорізького національного університету займає 30 гектарів та налічує понад 20 будівель,

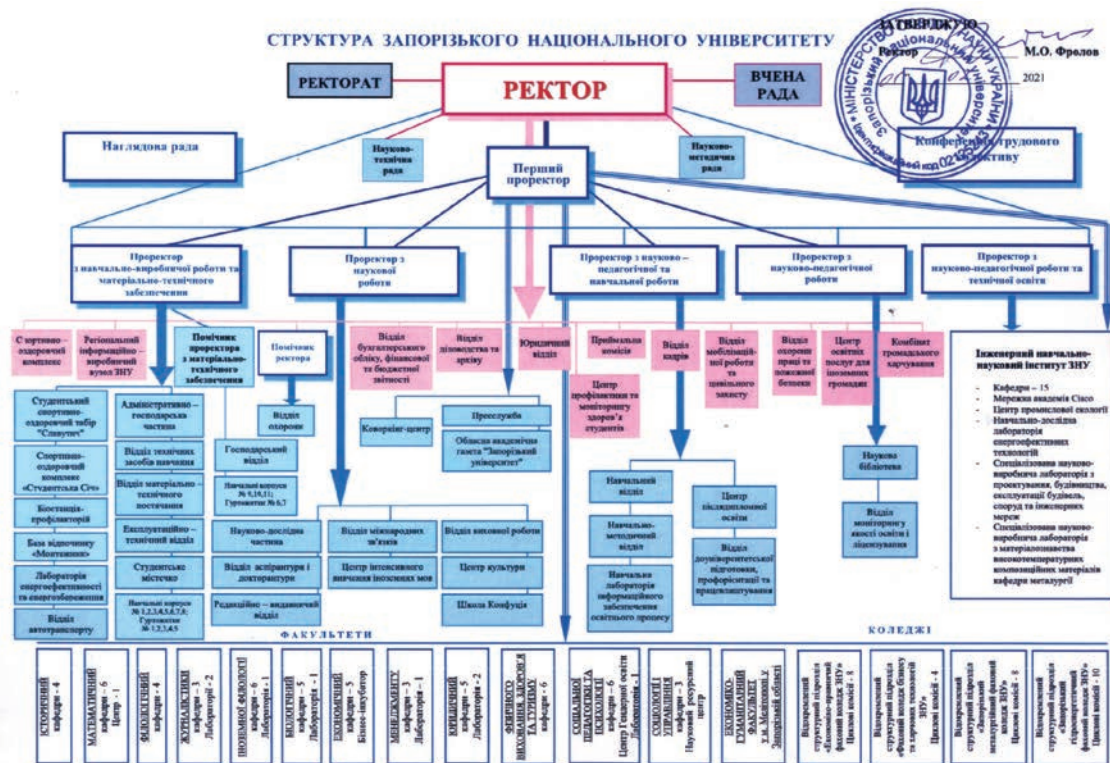


Рис. 1. Структура Запорізького національного університету

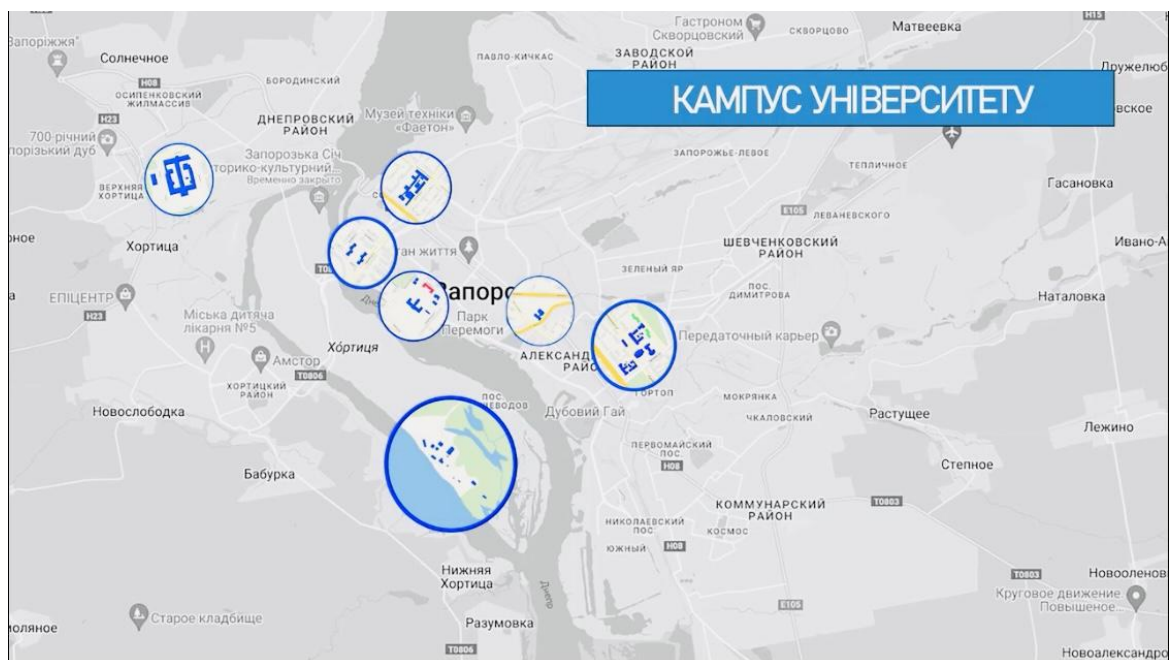


Рис. 2. Кампус Запорізького національного університету



Рис. 3. Тепловізійне обстеження навчального корпусу № 1

з них загальна площа навчальних корпусів складає 175570 кв.м різного призначення з власними інженерними мережами (рис. 2).

Для управління процесами енергоспоживання університету створено систему енергоменеджменту, що передбачає також стимулювання та інформування всіх учасників освітнього процесу.

Основними структурами, які опікуються питаннями енергозаощадження є адміністративно-господарська частина, лабораторія енергоефективності та енергозаощадження і атестаційна комісія ЗНУ – робочий орган ЗНУ, передбачений в статті 9 Закону України «Про енергетичну ефективність будівель» від 22 червня 2017 року. Використання науко-

вого потенціалу університету з залученням здобувачів ступеня вищої освіти до проведення та аналізу даних енергообстеження, науково-дослідних робіт, дозволяє підвищити якість освітніх послуг. Для отримання фінансування заходів із підвищення енергоефективності кампусу, адміністративно-господарська частина університету з залученням фахівців, отримали фінансування від Надзвичайної кредитної програми для відновлення України, а саме 2 проекти на загальну суму 50 мільйонів гривень. Запровадженні технічні рішення відповідають сучасним нормативним вимогам до будівель [9–11].

В ЗНУ проведено тепловізійне обстеження всіх навчальних корпусів та гуртожитків (рис. 3) і впро-

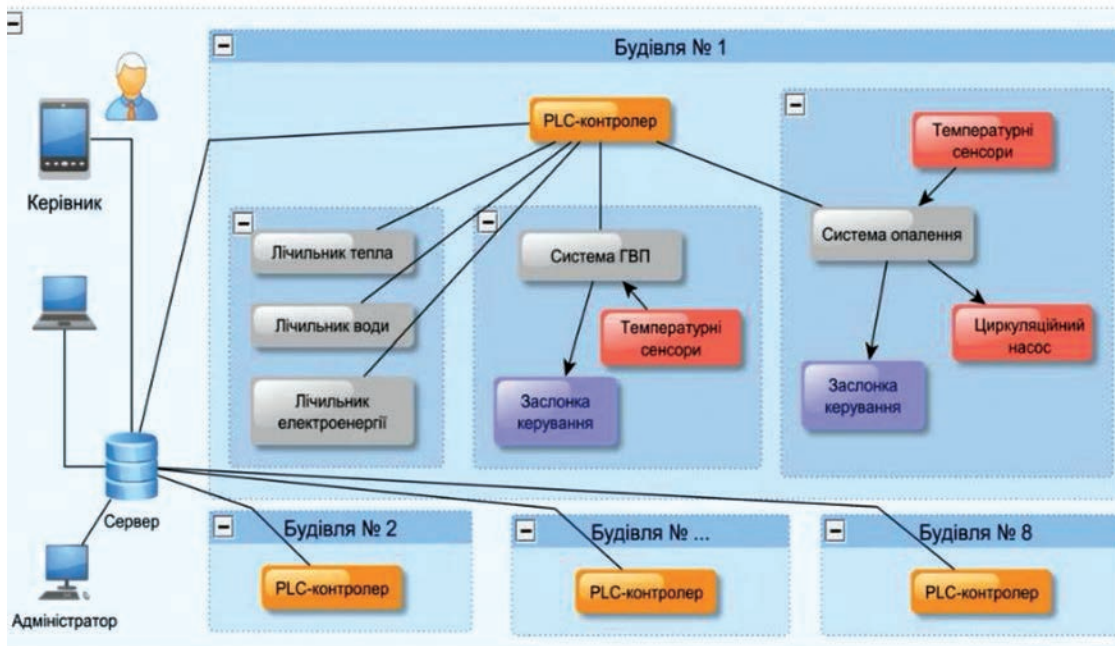


Рис. 4. Облік даних інженерних систем ЗНУ системою автоматичного збору і контролю інформації

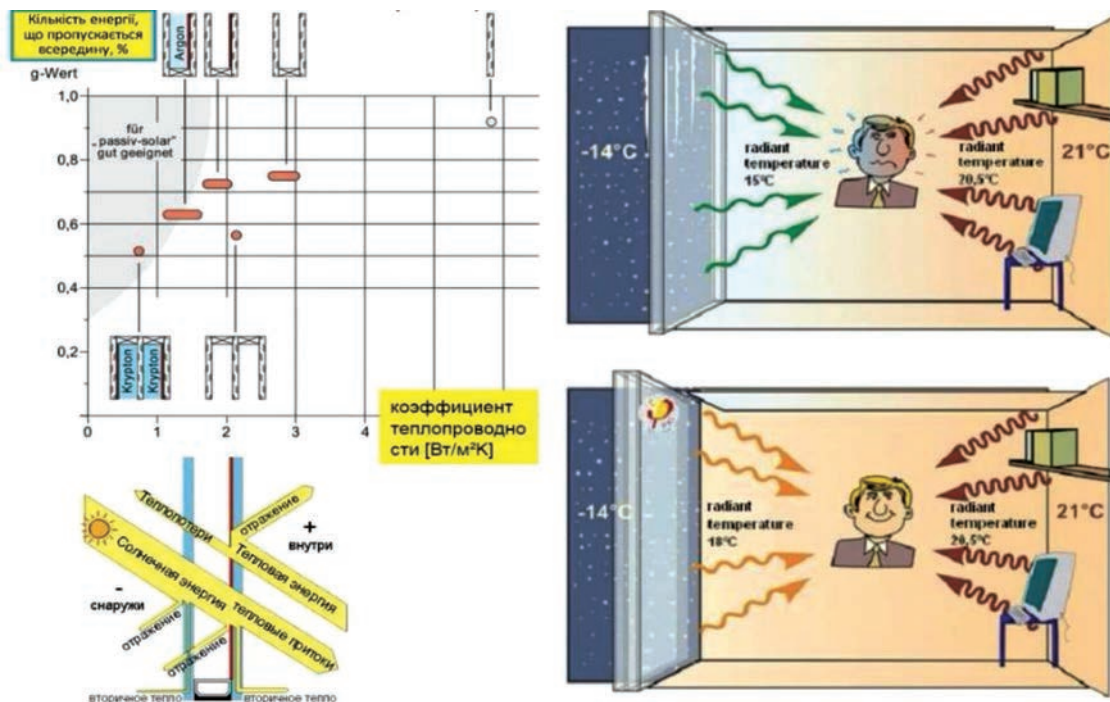


Рис. 5. Енергоефективні склопакети, які встановлені в кампусі ЗНУ

ваджено систему дистанційної, автоматичної регуляції та контролю за обігрівом корпусів із урахуванням температури навколишнього середовища і робочих потреб (рис. 4).

В університеті планово замінюються всі вікна на енергоефективні склопакети (рис. 5), встановлюються високоефективні радіатори опалення (рис. 6) та відбувається термомодернізація гуртожитків.

Наразі закінчується реалізація двох грантових проєктів, завдяки чому відбулася термомодернізація будівель двох гуртожитків № 3 та 4, в яких встановлено погодну автоматику (рис. 7).

Як результат, економія коштів на оплату комунальних послуг, зменшення за останні 13 років енергоспоживання в навчальних корпусах на 60% (рис. 8) і підвищення рівня конкурентоздатності ЗВО.

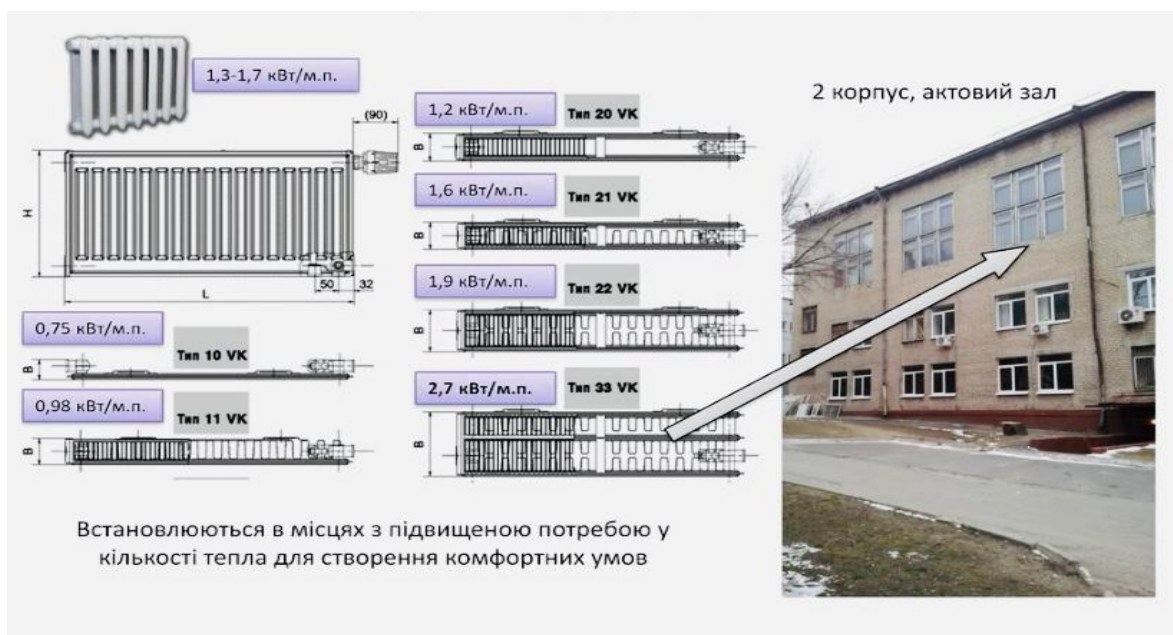


Рис. 6. Приклад встановлення вискоефективних радіаторів опалення в актовій залі навчального корпусу № 2

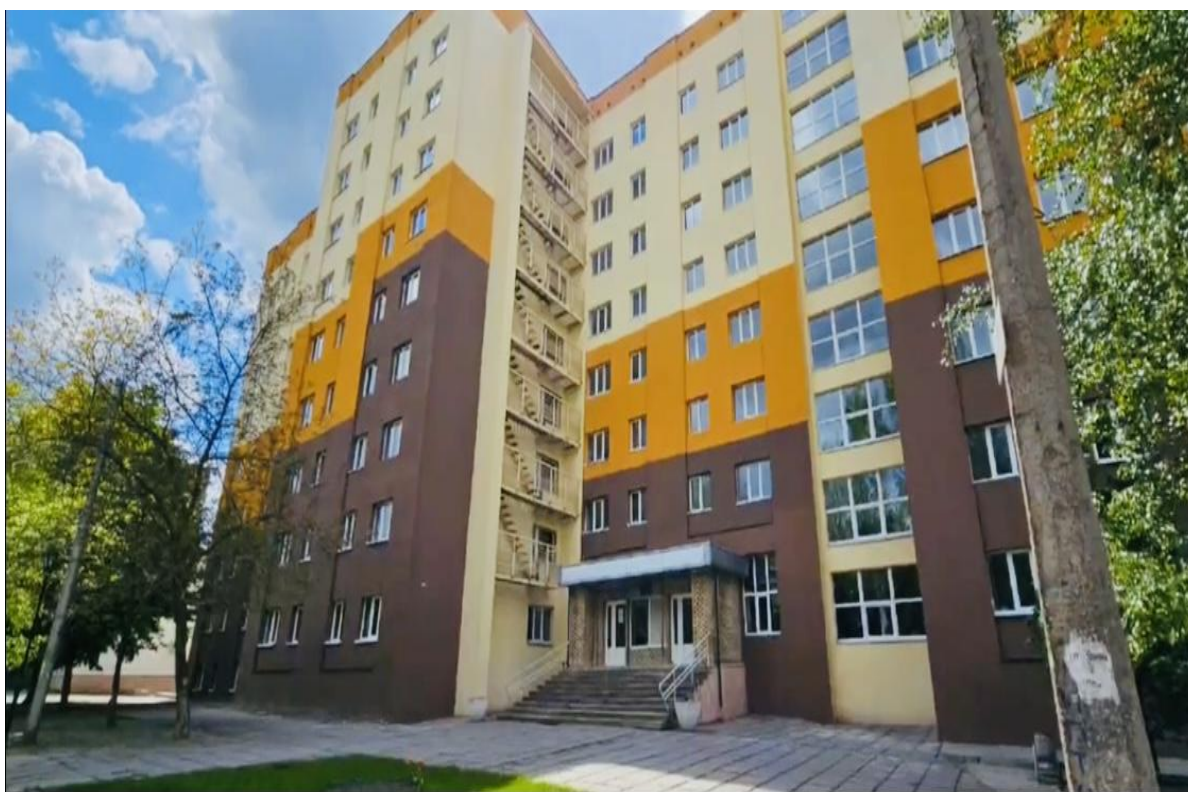


Рис. 7. Модернізована будівля гуртожитку № 3 Запорізького національного університету

Таким чином, впровадження СЕМ в діяльність ЗНУ має позитивний вплив в цілому на покращенні фінансових та іміджевих показників ЗВО.

Головні висновки.

1. Дотримання основних вимог ISO 14001 забезпечить конкурентоздатність сучасного ЗВО України,

його економічну стабільність та позитивну іміджеву політику.

2. Запорізький національний університет розробляє і впроваджує ефективні енергозощадні технології та процедури для зменшення впливу на навколишнє середовище. Для їх реалізації залучаються

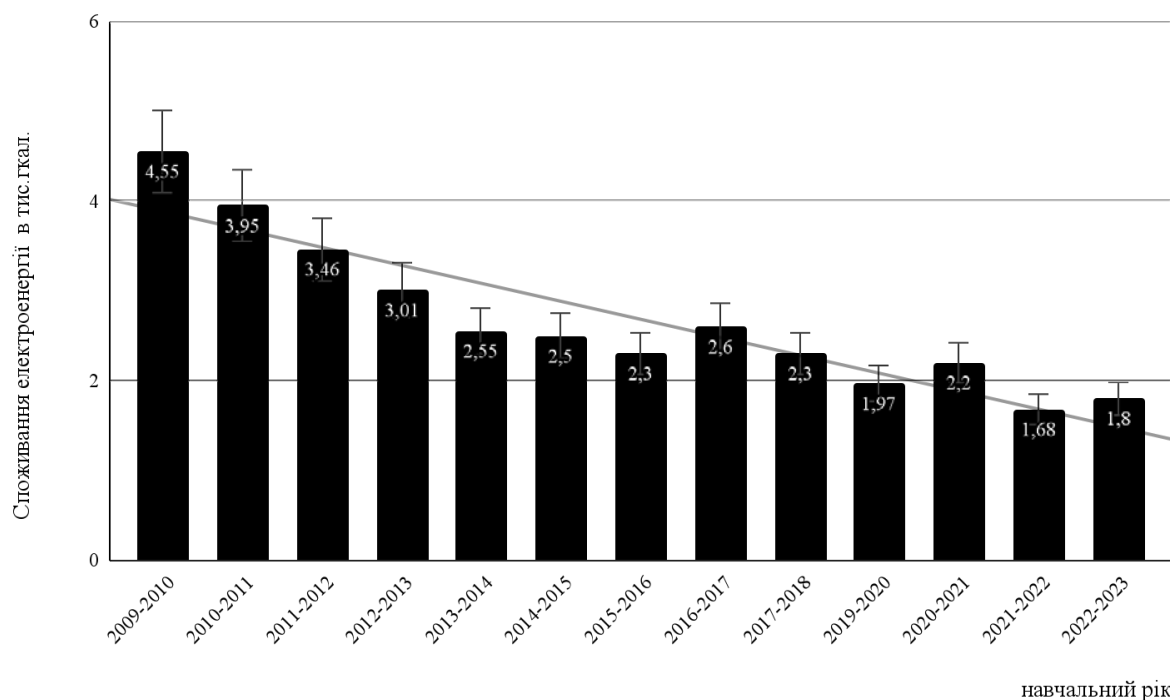


Рис. 8. Динаміка енергоспоживання в корпусах Запорізького національного університету в 2009–2023 роках

зацікавлені учасники освітнього процесу, власні кошти університету та міжнародних організацій.

3. Для забезпечення виконання правових вимог чинного законодавства, університет потребує створення власної екологічної політики та програми управління навколишнім середовищем.

Перспективи використання результатів дослідження. Реалізація цих положень, дозволить ЗВО бути конкурентоздатними не тільки на ринку освітніх послуг України, а й Європейського союзу, що буде мати вирішальне значення для якісної підготовки спеціалістів у сфері охорони навколишнього природного середовища, де органічно пов'язані теорія та практика.

Література

1. Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). *Official Journal of the European Communities*. 2010, L.153. p. 13-35.
2. Застосування міжнародних стандартів енергоефективності для енергоаудиту в будівлях університету. / В. Щербак та ін. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 5 (4), 2019. P. 501-514.
3. Носаченко М. П. Основні аспекти впровадження системи енергетичного менеджменту закладами вищої освіти України. *Соціальна фармація в охороні здоров'я*. 2023. Т. 9, № 2. С. 3-10.
4. Тормосов Р. Ю., Степаненко І. І. Джерела фінансування енергоощадності у ВНЗ. *Управління розвитком складних систем*, (11), 2015. С. 119-121. URL: <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2012.11.119-121>.
5. Nosachenko M. P., Zborovska T. V., Kovalenko S. M. The main aspects of the energy management system implementation by higher education institutions of Ukraine. *Social Pharmacy in Health Care*. National University of Pharmacy of the Ministry of Health of Ukraine, Kharkiv. 2023. Vol. 9, No. 2. P.3-10.2023. Vol. 9, No. 2. P.3-10.
6. ДСТУ ISO 14000. Обґрунтування необхідності екологічного менеджменту. Еволюція людства і соціальне управління. Шляхи інтеграції економічних і екологічних інтересів. GMP Good Manufacturing Practice © 2009. URL: <http://www.gmpua.com/ISO14000/Referats/>.
7. Білик О. С. Екологічний менеджмент на промислових підприємствах України: зміст та сутність поняття. *Енергоощадження. Енергетика. Енергоаудит*. 2012. № 12 (106). С. 49-64.
8. Екологічна політика та менеджмент : інформаційний сервіс. *Британська Рада в Україні; Британська Рада в Україні*. Київ : Б.в., Б.р. 23 с.
9. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. [Чинні від 2016-10-08, на заміну ДБН В.2.6-31:2006.] *Мінбуд України*. Київ: Укрархбудінформ, 2016. 33 с.
10. ДСТУ-Н Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні та систем автоматизації. [Національний стандарт України] Київ : Мінрегіон України, 2015, 199 с.
11. EN 15232:2007. Energy performance of buildings – Impact of building Automation, Controls and Building Management. CEN. European Committee for Standardization, 2007. URL: http://www.cres.gr/greenbuilding/PDF/prend/set4/WI_22_TC-approval_version_prEN_15232_Integrated_Building_Automation_Systems.pdf.

УДК 378.018.8:373.5.011.3-051:[54+57]:[004.9:316.77](045)
DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.2.26>

РОЛЬ ІКТ У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ УЧИТЕЛІВ БІОЛОГІЇ ТА ХІМІЇ

Люленко С.О.

Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини
вул. Садова, 2, 20300, м. Умань
lulencoso@gmail.com

Інформаційний етап розвитку сучасного суспільства зумовлює актуальність обраної теми. Метою статті є дослідження впливу інформаційно-комунікаційних технологій на підготовку майбутніх вчителів біології та хімії до професійної діяльності. У ході дослідження використано такі методи дослідження, як аналіз психолого-педагогічної, наукової та навчально-методичної літератури; спостереження. У статті розглядається роль ІКТ у професійній підготовці майбутніх вчителів біології та хімії та практичний аспект використання нових інформаційних технологій в педагогічному процесі. Розглянуто оптимальні умови реалізації методики застосування комп'ютера у системі професійно-методичної підготовки. Інформаційно-комунікаційна наповненість освітнього процесу підвищує роль природничої підготовки, формуючи у студентів цілісне природничо-наукове уявлення про навколишній світ. Впровадження ІКТ у сучасну освіту суттєво прискорює передавання знань і накопиченого технологічного та соціального досвіду людства не тільки від покоління до покоління, а й від однієї людини до іншої. Сучасні ІКТ, підвищуючи якість навчання й освіти, дають змогу людині успішніше й швидше адаптуватися до навколишнього середовища, до соціальних змін. Це дає кожній людині можливість одержувати необхідні знання як сьогодні, так і в постіндустріальному суспільстві. Упровадження ІКТ в освіту створює передумови для інтенсифікації навчального процесу, дає можливість широко застосовувати на практиці саме такі педагогічні розробки, які сприяють переходу від механічного засвоєння знань до набуття вмінь самостійно опановувати нову інформацію. Під час підготовки майбутніх учителів природничих спеціальностей важливо сформувати фундаментальні вміння щодо застосування ІКТ для подальшого успішного використання їх у професійній діяльності. *Ключові слова:* навчання біології та хімії, комп'ютеризація, інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ), підготовка, майбутні фахівці.

The role of ICT in the professional training of future biology and chemistry teachers. Liulenko S.

The informational stage of the development of modern society determines the relevance of the chosen topic. The aim of the article is to investigate the impact of information and communication technologies (ICT) on the preparation of future biology and chemistry teachers for professional activities. The research employs methods such as the analysis of psycho-pedagogical, scientific, and educational-methodical literature, as well as observation. The article discusses the role of ICT in the professional training of future biology and chemistry teachers and the practical aspect of using new information technologies in the educational process. Optimal conditions for implementing the methodology of computer application in the system of professional and methodological training are considered. The information and communication content of the educational process enhances the role of natural science education, shaping students' comprehensive natural scientific understanding of the surrounding world. The introduction of ICTs in modern education significantly accelerates the transfer of knowledge and the accumulated technological and social experience of mankind not only from generation to generation, but also from one person to another. By improving the quality of training and education, modern ICTs enable people to adapt more successfully and quickly to the environment and social changes. This gives everyone the opportunity to acquire the necessary knowledge both today and in a post-industrial society. The introduction of ICTs into education creates the preconditions for intensifying the learning process, and makes it possible to widely apply in practice the pedagogical developments that facilitate the transition from mechanical knowledge acquisition to the acquisition of skills to master new information independently. During the preparation of future teachers in natural science specialties, it is essential to develop fundamental skills in the application of ICT for their successful use in professional activities. *Key words:* biology and chemistry education, computerization, information and communication technologies (ICT), training, future specialist.

Постановка проблеми. Зростання соціальної ролі інформації в житті суспільства зумовлює необхідність визначення нових принципів використання інформаційно-комунікаційних технологій у системі підготовки майбутнього вчителя. Сьогодні виникли нові засоби подання інформації, широкого поширення набули комп'ютерні навчальні програми, звичним стало використання комп'ютерних тестів. ІКТ стали головним технічним засобом, який суттєво підвищує його якість. Використовуються нові засоби збереження, перетворення і підготовки навчальної інформації (моделюючі програми, прикладні пакети, автоматизовані навчальні системи тощо). Сучасні технології в освіті об'єднують найновіші досягнення

в комп'ютерній галузі, які передбачають велику кількість різноманітних апаратних і програмних засобів.

Актуальність дослідження. На сьогоднішній день неможливо уявити навчальний процес у вищій школі без використання інформаційних технологій і засобів навчання. Саме сучасні інформаційні технології зробили можливим доступ кожного фахівця до величезної кількості різних видів інформації. Але, щоб доступ до інформаційно-комп'ютерних ресурсів перетворився на володіння ними, студенти повинні оволодіти такими знаннями, уміннями і навичками з інформаційних технологій, які б стали гарантом найповнішої реалізації здібностей особистості та професійно-значущих якостей, підготовки

майбутнього фахівця до життєдіяльності у відкритому інформаційному суспільстві.

Запровадження ІКТ в освітній процес сприяє появі принципово нових (як за формами організації навчальної діяльності, так і за можливостями) засобів і пристроїв, а саме:

- програмні засоби підтримки процесу викладання;
- автоматизація контролю результатів навчальної діяльності, а також керування навчанням;
- об'єктно-орієнтовані системи;
- засоби навчання, що функціонують на базі інформаційних технологій (навчальні роботи, керувані комп'ютером;
- електронні конструктори, пристрої, що забезпечують одержання інформації; моделі для демонстрації принципів роботи з комп'ютером, його частин, пристроїв тощо);
- системи штучного інтелекту (навчальні бази даних, експертні навчальні системи, навчальні бази знань);
- предметно-орієнтовані середовища навчального і розвивального призначення. Вони мають значний вплив на професійну підготовку майбутнього вчителя.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблемам інформатизації освіти присвячені праці О. Бойцун, Н. Морзе. Питання застосування інформаційних технологій у навчанні активно досліджуються Р. Гуревич, М. Жалдак, Л. Пшеничної та ін.

У наукових роботах О. Бойцун, Н. Валько, Н. Голівер висвітлено проблеми та умови використання комп'ютерних технологій у процесі навчання студентів.

Проте питання використання інформаційних технологій у професійній діяльності майбутніх вчителів біології та хімії розроблене недостатньо.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Роль ІКТ у професійній підготовці майбутніх вчителів біології та хімії та практичний аспект використання нових інформаційних технологій в педагогічному процесі є досить непростим процесом, але водночас надзвичайно важливим. Одним із актуальних запитів сучасного суспільства є підвищення інформаційної грамотності майбутніх вчителів і активного впровадження ІКТ у навчальний процес.

Метою статті є дослідження ролі інформаційно-комунікаційних технологій у професійній підготовці майбутніх вчителів біології та хімії.

Для досягнення мети дослідження використано такі методи: теоретичні (аналіз психолого-педагогічної, наукової та навчально-методичної літератури з проблеми дослідження); емпіричні (спостереження, бесіди зі студентами та викладачами).

Виклад основного матеріалу дослідження. Інформаційні технології стали невід'ємною складовою вищої освіти та активно впроваджуються у навчальний процес у підготовці майбутніх учителів біології та хімії. Напрямами досліджень щодо використання інформаційних технологій у вищій освіті:

1. Ефективність використання ІКТ у навчанні: дослідження оцінюють, наскільки використання різноманітних технологій (від відео уроків до інтерактивних платформ) впливає на якість засвоєння матеріалу студентами.

2. Розвиток дистанційного навчання: оскільки онлайн-освіта стає все більш популярною, дослідження спрямовані на вивчення ефективності дистанційних форматів, а також на те, які технічні рішення найбільш корисні.

3. Адаптація до індивідуальних потреб: дослідження спрямовані на те, як технології можуть бути використані для адаптації навчання до індивідуальних потреб студентів з різним рівнем знань та стилів навчання.

4. Вплив соціальних мереж: вивчення того, як соціальні мережі та інші онлайн-ресурси впливають на взаємодію між студентами, обмін знаннями та соціальну адаптацію.

5. Розробка та впровадження нових технологій: дослідження щодо розробки та впровадження новітніх технологій, таких як віртуальна реальність, штучний інтелект, для покращення навчального процесу [1].

Ці дослідження сприяють вдосконаленню методів навчання та розширенню можливостей вищої освіти через інновації в інформаційних технологіях.

За допомогою використання електронних засобів стає можливим продемонструвати процеси або конкретні проблемні ситуації, які виникають в професійній діяльності майбутніх вчителів біології та хімії і за якими неможливо спостерігати протягом одного навчального заняття або які несуть небезпеку для здоров'я та життя людини. Для цього застосовують інформаційно-комунікаційні технології, які позбавляють нас цієї небезпеки та дають змогу студентам більш глибоко зрозуміти досліджувану проблемну ситуацію.

Заняття, з використанням ІКТ, надають майбутнім вчителям біології та хімії можливість для формування основних пізнавальних і громадських умінь, навичок і зразків поведінки в суспільстві, сприяють розвитку ініціативи, незалежності, уяви, самодисципліни, співпраці з іншими учнями.

Комп'ютерні мультимедійні посібники, у тому числі з біології та хімії, забезпечують в тій чи іншій мірі наочність, інтерактивність та інші якості, що відрізняють їх від підручників на паперових носіях

Інформаційні технології використовуються у моделюванні, конструюванні й аналізі предметних інформаційних середовищ, їх змістовної та дидактичної компоненти. Конструювання інформаційних предметних середовищ – принципово нове завдання методики викладання, що вимагає спеціальних знань у галузі дидактики, психології, управління [5].

На відміну від звичайних технічних засобів навчання ІКТ дозволяють не тільки оволодіти великою кількістю готових, чітко відібраних, відповідним чином організованих знань, але й розвивати інтелек-

туальні, творчі здібності учнів, їхнє вміння самостійно здобувати нові знання, працювати з різними джерелами інформації. Використання ІКТ на уроках біології та хімії дозволяє: інтенсифікувати діяльність викладача та студента, підвищити якість навчання предмета, відобразити особливості біологічних об'єктів, висунути на передній план найбільш важливі (з точки зору навчальних цілей і завдань) характеристики досліджуваних об'єктів і явищ природи.

Методичні прийоми використання ІКТ на заняттях з біології та хімії: наочне подання матеріалу, можливість ефективної перевірки знань, розмаїття організаційних форм у роботі учнів і методичних прийомів у роботі вчителя.

Комплексом інтерактивних апаратних засобів, потрібних для забезпечення інтерактивного навчання можна вважати комп'ютер, інтерактивну дошку, мультимедійний проектор і пристрої зв'язку для передачі даних [6].

Інтерактивні електронні дошки використовуються під час вивчення природничих дисциплін а саме біології та хімії для відображення візуальної й інтерактивної інформації, для представлення результатів колективної співпраці. За допомогою безпроводних планшетів майбутні вчителі природничих спеціальностей можуть брати участь у процесі обговорення на занятті, відповідаючи на запитання викладача та ставлячи власні питання.

Так створюється суб'єкт-суб'єктний інтерактивний діалог, який покращує рівень сприйняття, розуміння і засвоєння нової інформації. Під час підготовки майбутніх учителів природничих спеціальностей педагогічно доцільним та дидактично обґрунтованим вважається використання ІКТ тільки тоді, якщо викладач знає особливості комп'ютерних засобів навчання і має відповідні навички управління ними.

Допоміжними засобами під час вивчення окремих природничих предметів є готові розроблені сайти, де містяться інформаційні матеріали певного спрямування. В Інтернеті є велика кількість веб-енциклопедій, енциклопедичних словників із окремих предметних галузей і загальних. Найбільш відомі універсальні електронні енциклопедії: Вікіпедія (<http://uk.wikipedia.org>).

Нині існує багато засобів, які дозволяють належним чином організувати он-лайн навчальне середовище з мінімальною затратаю часу та без використання платних послуг мережі Інтернет. ІКТ удосконалюють систему природничої освіти, роблячи ефективнішим навчальний процес.

Нині під час підготовки майбутніх учителів найбільшого поширення мають такі комп'ютерні освітні програми, як електронні підручники, діагностично-тестові системи, бази даних, лабораторні комплекси, консультативно-інформаційні системи, прикладні програми, що забезпечують повноцінне опрацювання інформації.

Застосування інформаційно-комунікаційних технологій під час підготовки майбутніх учителів біології та хімії якісно впливає на формування особистості в чотирьох основних аспектах:

- формування наукового світогляду та світорозуміння;
- формування комп'ютерної грамотності й інформаційної компетентності;
- формування вмінь практичного застосування програмних засобів під час розв'язання природничих завдань у професійній діяльності;
- формування та розвиток таких психічних процесів, як пам'ять, мислення, увага, уява, мотивація до роботи.

Під час підготовки майбутніх учителів природничих спеціальностей із використанням комп'ютерних засобів, змінюються умови традиційного спілкування, особливо при роботі з комп'ютерною технікою:

- підвищується активність учасників освітнього процесу, індивідуалізується їх пізнавальний процес;
- витісняється авторитарний стиль взаємодії викладача зі студентами;
- підвищується особистісний розвиток того, хто навчається, підтримується самостійність та ініціативність у його судженнях;
- значно посилюється вимогливість до точності змістових формулювань, логічності та послідовності викладу матеріалу, покращується рефлексивне значення, що є професійною характеристикою педагогічної діяльності й основою гностичного, конструктивного, організаторського, проєктувального і комунікативного компонентів фахових якостей учителя [4].

Переваги мультимедійних технологій, у порівнянні з традиційними, різноманітні: наочне подання матеріалу, можливість ефективної перевірки знань, розмаїття організаційних форм у роботі учнів і методичних прийомів у роботі учителя.

Пропонуємо використовувати під час підготовки майбутніх вчителів біології та хімії такі методичні прийоми:

1. Використання мультимедіа учителем: відключити звук і попросити учня прокоментувати процес, зупинити кадр і запропонувати продовжити подальші дії протікання процесу, попросити пояснити процес.
 2. Використання комп'ютера учнями: при вивченні текстового матеріалу можна заповнити таблицю, скласти короткий конспект, знайти відповідь на запитання.
 3. Контроль знань: тести з самоперевіркою.
 4. Виступ учня з мультимедійною презентацією розвиває мову, мислення, пам'ять, вчить конкретизувати, виділяти головне, встановлювати логічні зв'язки.
- Інформатизація освіти, що проводиться в останні кілька років, дала змогу оцінити позитивні і негативні сторони використання інформаційних технологій. Курси біології та хімії мають ряд особливостей, які ускладнюють навчання і застосування інформаційних технологій, головними з яких є слабка математизація курсу біології та труднощі алгоритмізації матеріалу. Найважна проблема слабого розвитку інформаційної культури вчителів біології, і незнання ними основ роботи з предметними ІКТ, не є серйозною перешкодою на шляху впровадження сучасних інформаційних технологій [7].

Оптимальним шляхом для вирішення існуючих проблем у викладанні курсів біології та хімії може служити використання ними на уроках інтерактивного ілюстративного матеріалу у вигляді мультимедійних презентацій, підготовлених з використанням легко освоєваних програмних продуктів, таких як Microsoft PowerPoint. При всій своїй простоті освоєння і використання вони мають широкі можливості, володіють достатньою гнучкістю і універсальністю для застосування на уроках біології.

Найбільш оптимальним підходом для організації інформаційного наповнення мультимедійних презентацій є використання принципів системної педагогіки. Мета їх застосування – підвищити якісний і кількісний рівень засвоєння матеріалу представленого в мультимедійних презентаціях. В основі даного підходу лежить розподіл теоретичного матеріалу на невеликі логічно закінчені конструкції або моделі з точним числом елементів і зв'язків. Інформація, представлена таким чином, є інформаційною основою уроку, яка асимілюється у свідомості учня.

Використання платформи для навчання «Kahoot!» – це навчальна платформа, за допомогою якої можна проводити інтерактивні заняття та перевірку знань учнів за допомогою онлайн-тестування. Питання можна створювати самостійно або використовувати вже готові з банку питань. Можна включити функцію для автоматичного перемішування відповідей у питанні, для візуалізації питання можна користуватися банком зображень, додавати їх до запитань чи використовувати як відповіді. Є можливість обмежувати час, що дається для відповіді на питання. Можна визначати кількість балів за кожну правильну відповідь, що дозволяє дізнатися як відповідав на запитання кожен учень, або будувати діаграми успішності академічної групи [2].

Учні можуть збагачувати вивчення тем 3D-анімаціями, освітнім відео, інтерактивними програмами. Видовищні інтерактивні елементи, а також вбудовані ілюстраційні, експериментальні та програми, що розвивають й пробуджують інтерес учнів, допомагають легше засвоїти навчальний матеріал.

Проведення віртуальних екскурсій – це ще один ефективний спосіб візуалізації, що дозволяє віртуально побувати в природничому музеї, в заповіднику, національному парку тощо. Віртуальні екскурсії – досить переконливий спосіб представлення інформа-

ції, оскільки вони створюють у глядача повну ілюзію присутності.

Google-клас. Це платформа, в якій ви можете створити віртуальний клас, через електронну пошту додати до нього своїх реальних учнів, ставити завдання у спільному структурованому просторі всім школярам або вибірково, оперативно обмінюватися інформацією, створювати свої завдання або додавати їх з інших платформ.

Підготовка майбутніх учителів біології та хімії до застосування ІКТ відбувається таким чином:

- 1) студенти вивчають інформатичні дисципліни, які забезпечують загальноосвітню та професійну підготовку щодо використання комп'ютерних технологій;
- 2) розширюється сфера застосування ІКТ у різних аспектах навчальної діяльності, що вимагає зміни предметного змісту всіх природничих навчальних дисциплін;
- 3) усе більше використовуються ІКТ під час практичних занять, що сприяє активному оволодінню науковою картиною світу, розвитку творчого мислення та формуванню планетарної свідомості [3].

ІКТ мають зараз провідну роль у системі фахової підготовки вчителя природничих спеціальностей, тому практичні навички їх застосування повинні бути такими, щоб майбутній учитель сучасної школи був ініціатором щодо використання ІКТ під час вивчення природничих дисциплін, грамотним користувачем мережі Інтернет і розробником власних освітніх інформаційних ресурсів.

ІКТ стимулюють до розкриття та розвитку особистісних якостей майбутніх учителів. Проте застосування таких технологій у навчальному процесі буде оптимально ефективним тільки тоді, коли майбутні фахівці природничих спеціальностей матимуть сформоване бачення щодо місця та ролі ІКТ у освітній діяльності.

Головні висновки. Підготовка майбутніх учителів біології та хімії заснована на сучасних вимогах інформатизації освіти, і вона добре враховує зміни в сучасному освітньому середовищі. Використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) може значно поліпшити ефективність та здатність майбутніх учителів до викладання.

Перспективи подальших наукових досліджень. Подальші дослідження можуть бути спрямовані на вивчення конкретних методик та інструментів ІКТ, які є найбільш ефективними в навчанні біології та хімії.

Література

1. Биков В.Ю. Моделі організаційних систем відкритої освіти: монографія. Київ : Атіка, 2009. 684 с.
2. Дичківська І.М. Інноваційні педагогічні технології. Навчальний посібник. Київ : Академвидав, 2004. 352 с.
3. Зламанюк Л. М. Особливості професійної діяльності сучасного вчителя хімії. *Біологія і хімія в школі*. 2011. № 3.
4. Золочівська М.В., Рикова Л.Л. Роль і місце комп'ютера в навчально – виховному процесі. Київ, 2002.
5. Козлакова Г.О. Теоретичні і методичні основи застосування інформаційних технологій у вищій технічній освіті: монографія. Київ : ІЗМН, ВІПОЛ, 1997. 180 с.
6. Міроньць Л. Створення та використання комп'ютерних презентацій під час викладання біології. *Рідна школа*. 2008. № 1, 2. С. 40–42.
7. Сліпчук І. Дидактичні можливості інформаційних технологій у навчанні біології. *Біологія і хімія в школі*. 2006. № 5. С. 32–34.

ЗАГАЛЬНІ ПИТАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

УДК 331:504

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.2.27>

ДЕРЖАВНИЙ НАГЛЯД ЗА ДОТРИМАННЯМ ВИМОГ ПРИРОДООХОРОННОГО ЗАКОНОДАВСТВА НА ТЕРИТОРІЇ ЖИТОМИРСЬКОЇ ТА РІВНЕНСЬКОЇ ОБЛАСТЕЙ

Герасимчук Л.О.¹, Пацева І.Г.¹, Валерко Р.А.¹, Малиновська В.В.², Луньова О.В.¹

¹Державний університет «Житомирська політехніка»

вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир

²Поліський національний університет

бульв. Старий, 7, 10008, м. Житомир

gerasim4uk@ukr.net

Здійснено аналіз та оцінка державного нагляду (контролю) за дотриманням вимог природоохоронного законодавства, що проводився Державною екологічною інспекцією Поліського округу на території Житомирської та Рівненської областей. Інформаційною базою досліджень стали матеріали Державної екологічної інспекції Поліського округу щодо здійснення заходів державного нагляду (контролю) за січень-грудень 2022 року. Протягом 2022 р. інспекторами Державної екологічної інспекції Поліського округу перевірено 182 об'єкти державного нагляду (85 – планово), проведено 855 перевірок (з них 19,5% у сфері поводження з відходами і 19,2% – у сфері водних ресурсів), з переважанням позапланових заходів (57,4%). Складено 2308 протоколів (70,7% (1632 од.) – в результаті позапланових заходів), притягнуто до адміністративної відповідальності 2284 особи. У трійку лідерів за кількістю складених протоколів увійшли сфери поводження з відходами – 610 од. (71,3%), рослинний світ – 499 од. (58,4%), рибні ресурси – 407 од. (47,6%). Із 631,183 тис грн накладених штрафів стягнуто 609,824 тис. грн (96,6%). Зафіксовано 73 випадки порушень, відкрито 32 провадження, лідируючою є сфера рослинного світу. 22 матеріали передані до прокуратури на суму збитків 4564,334 тис. грн, з них за результатами планових заходів – 5 на суму 490,381 тис. грн. 39 заявлених позовів – 5 у сфері водних ресурсів на суму 1606,547 тис. грн. Загальна сума розрахованих збитків – 330887,896 тис. грн (97,8% нанесені невідомими особами), лише 0,36% розраховані за результатами планових заходів контролю (з них 2/3 – у сфері земельних ресурсів), з позапланових 69,4% належить сфері земель водного фонду. Пред'явлено 168 претензій на суму 7177,353 тис. грн, стягнуто – 147 на суму 5369,771 тис. грн (у т.ч. в добровільному порядку – 51%), поданий позов до суду для прийняття рішення про припинення діяльності. В частині виявлених порушень, розрахованих збитків та пред'явлених претензій позапланові заходи державного нагляду виявилися більш ефективними, ніж планові. *Ключові слова:* планові та позапланові заходи державного нагляду, ресурсні сфери, протоколи, штрафи, збитки, претензії та позови.

State supervision of compliance with the requirements of the environmental protection legislation in the territory of the territory of the Zhytomyr and Rivne regions. Herasymchuk L., Patseva I., Valerko R., Malinovska V., Lunova O.

The analysis and assessment of state supervision (control) of compliance with the requirements of environmental legislation, which was carried out by the State Environmental Inspection of the Polissky District in the territory of Zhytomyr and Rivne regions, was carried out. The materials of the State Environmental Inspection of the Polissky District regarding the implementation of state supervision (control) measures for January-December 2022 became the information base of the research. During 2022, inspectors of the State Environmental Inspection of the Polissky District inspected 182 objects of state supervision (85 – planned), 855 inspections were carried out (of which 19.5% were in the field of waste management and 19.2% were in the field of water resources), with a predominance of unscheduled events (57.4%). 2,308 protocols were drawn up (70.7% (1,632 units) – as a result of unplanned measures), 2,284 persons were brought to administrative responsibility. In the top three in terms of the number of completed protocols, the spheres of waste management were included – 610 units (71.3%), plant life – 499 units (58.4%), fish resources – 407 units (47.6%). Of the 631,183 thousand UAH of imposed fines, 609,824 thousand UAH (96.6%) were collected. 73 cases of violations were recorded, 32 proceedings were opened, the leading one being the field of flora. 22 materials were handed over to the prosecutor's office in the amount of damages of UAH 4,564,334,000, of which 5 in the amount of UAH 490,381,000 resulted from planned measures. Of the 9 claims filed, 5 are in the field of water resources in the amount of UAH 1,606,547,000. The total amount of calculated losses is UAH 330,887,896 thousand (97.8% were caused by unidentified persons), only 0.36% were calculated based on the results of planned control measures (2/3 of them in the field of land resources), out of unplanned 69.4% belongs to the field of water fund lands. 168 claims in the amount of UAH 7,177.353 thousand were presented, 147 were collected in the amount of UAH 5,369.771 thousand (including voluntarily – 51%), a lawsuit was filed in court to make a decision on the termination of activity. In terms of detected violations, calculated damages and presented claims, unscheduled measures of state supervision turned out to be more effective than planned ones. *Key words:* planned and unplanned measures of state supervision, resource areas, protocols, fines, damages, claims and lawsuits.

Постановка проблеми. Нераціональне та виснажливе використання природних ресурсів, прогресуюче забруднення компонентів довкілля протягом довго часу спричинили значні виклики, які з кожним днем зростають і ускладнюються, загрожуючи довкіллю та здоров'ю людини [1–3, 6–10]. Саме для вирішення екологічних проблем, спричинених господарською діяльністю, урядом прийняті відповідні законодавчі акти, спрямовані на збереження, захист та відтворення природних ресурсів та навколишнього середовища. Результативність системи управління можна оцінити з точки зору того, наскільки суб'єкти-забруднювачі дотримуються своїх зобов'язань в частині відповідності природоохоронному законодавству, тобто за результатами державного нагляду. Основне призначення державного нагляду є запобігання екологічним порушенням – зобов'язанням, спрямованим на захист навколишнього середовища.

Актуальність дослідження. Через законодавство, в тому числі й екологічні норми, держава здійснює контроль за поведінкою громадян та суб'єктів господарської діяльності, які становлять ризик для навколишнього середовища. Такий контроль виникає з потреби держави втручатися в життя суспільства, встановлювати обмеження на використання навколишнього середовища, щоб змусити дотримуватися природоохоронного законодавства. Державний нагляд, відповідно Закону України від 05.04.2007 № 877-V, являє собою діяльність щодо виявлення та запобігання порушенням вимог законодавства та забезпечення інтересів суспільства. Державний нагляд як частина екологічного управління потребує оцінки його результативності, адже ефективне та дієве екологічне регулювання приносить величезні переваги суспільству. Основна роль у контролі за дотриманням вимог природоохоронного законодавства належить Державній екологічній інспекції України та її територіальним та міжрегіональним органам, в тому числі й Державній екологічній інспекції Поліського округу.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Дослідження виконувалось в рамках науково-дослідної роботи «Еколого-соціальна оцінка стану сільських селітебних територій у контексті сталого розвитку» (державний реєстраційний №: 0120U104233). Результати дослідження можуть бути використані для визначення ефективності роботи органів державного нагляду щодо реагування на порушення, що дозволить зробити висновки про стан забезпечення екологічної безпеки на території, де виконує свої повноваження Державна екологічна інспекція Поліського округу, виявити проблемні аспекти і запропонувати шляхи їх вирішення; для оптимізації роботи органів державного нагляду та досягнення більш високої якості контролю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання державного нагляду за дотриманням

екологічних вимог суб'єктами господарювання широко висвітлена в науковій літературі. Зокрема, питання роботи інспекцій, їх ефективної ролі, у т. ч. й у модернізації промислової структури досліджені Xu F. та ін. (2020), Wang J. та ін. (2022), Wang B. та ін. (2022), дотримання природоохоронного законодавства як конкурентної переваги вивчали Singh S. та Rajamani S. (2003), Dechezleprêtre A. та Sato M. (2017), його вплив на ефективність діяльності виробничих компаній – Decker C.S. та Pope C.R. (2005), Shaohong M. та ін. (2022), їх екологічну стійкість – Sendawula K. та ін. (2021), а також продуктивність – Lah L. та Kotnik Ž. (2022). Безпосередні результати державного нагляду у сферах охорони, захисту, використання та відтворення лісів, а також поводження з відходами викладені у працях Герасимчук Л. та ін. (2022, 2023), використання об'єктів природно-заповідного фонду – Валерко Р.А. та ін. (2022), атмосферного повітря – Xu F. та ін. (2020).

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття та новизна досліджень. Наявні дослідження недостатньо висвітлюють питання висвітлення результатів та оцінки державного нагляду (контролю) за дотриманням вимог природоохоронного законодавства на території Житомирської та Рівненської областей, що й обумовило мету наших досліджень.

Методологічне значення. Інформаційною базою досліджень стали офіційні матеріали Державної екологічної інспекції Поліського округу щодо здійснення заходів державного нагляду (контролю) за січень-грудень 2021 року.

Виклад основного матеріалу. Протягом 2022 р. інспекторами Державної екологічної інспекції Поліського округу перевірено 182 об'єкти державного нагляду, з них 85 – планово та 76 – позапланово (рис. 1). Загальна кількість складених актів перевірок – 182.

За ступенем ризику провадження господарської діяльності планово було перевірено 85 суб'єктів господарювання з високим ступенем ризику, позапланово – 75 з високим та 1 з середнім ступенем ризику.

Підставами для проведення позапланових перевірок стали звернення суб'єктів господарювання (5 випадків) (5,8%), перевірка виконання приписів, рішень, додержання вимог природоохоронного законодавства (67 випадків) (77,9%) та звернення фізичних осіб (14 випадків) (16,3%).

Протягом 2022 р. інспекторами Державної екологічної інспекції Поліського округу було проведено 855 перевірок. В розрізі сфер контролю найбільше перевірок здійснено у галузях поводження з відходами та хімічними речовинами (19,5%) і водних ресурсів (19,2%) (рис. 1).

Серед заходів державного нагляду, проведених у 2022 р., в цілому переважали позапланові – 491,



Рис. 1. Кількість об'єктів державного нагляду, що підлягали перевірці та розподіл в розрізі сфер контролю

частка яких становила 57,4%. За окремими сферами контролю співвідношення планових і позапланових заходів державного нагляду відрізнялося: у сфері рибних ресурсів позапланові заходи становили 95,2% (60 із 63), рослинного світу – 94,4% (101 із 107), тваринного світу – 78,8% (52 із 66), земель водного фонду – 68,8% (22 із 32), надр – 57,9% (11 із 19) проведених перевірок. У решті сфер державного нагляду переважали планові заходи контролю: атмосферне повітря – 64,3% (74 із 115), природно-заповідний фонд – 62,5% (5 із 8), поводження з відходами і хімічними речовинами – 58,1% (97 із 167), земельні ресурси – 56,1% (64 із 114), водні ресурси – 50,6% (83 із 164) (рис. 2).

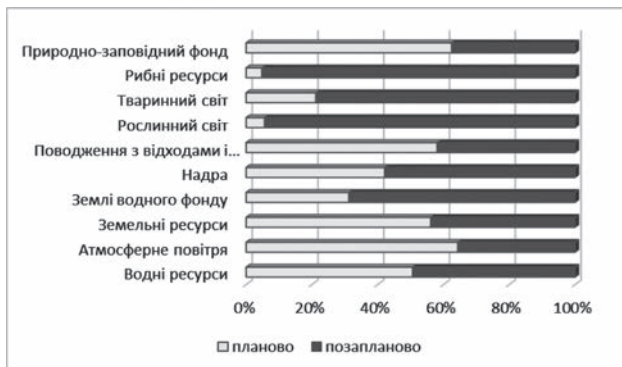


Рис. 2. Співвідношення планових і позапланових заходів державного нагляду у розрізі сфер контролю

За результатами проведених заходів контролю у 2022 р. було складено 2308 адміністративних протоколів, з них 70,7% (1632 од.) – за результатами позапланових заходів, притягнуто до адміністративної відповідальності 2284 особи. У трійку лідерів за кількістю складених протоколів увійшли сфери поводження з відходами і хімічними речовинами – 610 одиниць (або 71,3%), рослинний світ – 499 одиниць (або 58,4%), рибні ресурси – 407 одиниць (або 47,6%). У всіх сферах контролю, за виключенням сфери атмосферного повітря, лівова частка прото-

колів була складена за результатами позапланових заходів. У розрахунку на одну перевірку найбільше протоколів було складено у сфері рослинного світу (планово) та рибних ресурсів (позапланово).

Із загальної суми накладених штрафів у 631,183 тис грн стягнуто 609,824 тис. грн (96,6%), з них за результатами планових заходів – 159,576 тис. грн із 155,086 тис. грн, позапланових заходів – 450,248 тис. грн із 476,097 тис. грн. В розрізі сфер контролю 102,8% було стягнуто у галузі водних ресурсів (з них планово – 24,646 тис. грн із 22,916 тис. грн, позапланово – 19,975 тис. грн із 20,502 тис. грн), 102% – у сфері атмосферного повітря (з них планово – 12,206 тис. грн із 13,566 тис. грн, позапланово – 13,974 тис. грн із 12,104 тис. грн), 80,5% – у сфері земельних ресурсів (з них планово – 4,25 тис. грн із 4,59 тис. грн, позапланово – 9,418 тис. грн із 12,393 тис. грн), 144,9% – у сфері земель водного фонду (з них планово – 4,42 тис. грн із 2,210 тис. грн, позапланово – 2,38 тис. грн із 2,482 тис. грн), 28,6% – у сфері надр (з них позапланово – 0,17 тис. грн із 0,595 тис. грн), 105,1% – у сфері поводження з відходами і хімічними речовинами (з них планово – 78,989 тис. грн із 74,885 тис. грн, позапланово – 72,76 тис. грн із 69,496 тис. грн), 91,3% – у сфері рослинного світу (з них планово – 18,235 тис. грн із 20,519 тис. грн, позапланово – 285,566 тис. грн із 312,273 тис. грн), 101,6% – у сфері тваринного світу (з них планово – 16,83 тис. грн із 16,4 тис. грн, позапланово – 21,988 тис. грн із 21,825 тис. грн), 98,3% – у сфері рибних ресурсів (з них позапланово – 23,507 тис. грн із 23,917 тис. грн), 100% – у сфері природно-заповідного фонду (з них позапланово – 0,510 тис. грн).

Зафіксовано 73 випадки порушень (69 з них за результатами позапланових заходів), по яким передано матеріали до правоохоронних органів, відкрито 32 кримінальних проваджень (31 з них за результатами позапланових заходів) (рис. 9). Беззаперечним лідером як за кількістю випадків порушень (29 за результатами позапланових заходів), так і за кількістю

відкритих кримінальних проваджень (1 за результатами планових та 12 – за результатами позапланових заходів контролю) є сфера рослинного світу. Також в результаті проведених позапланових перевірок було відкрито 6 кримінальних проваджень у сфері надр, 5 – у сфері водних ресурсів, 3 – у сфері земельних ресурсів, по 2 – у сферах атмосферного повітря та рибних ресурсів, 1 – у сфері земель водного фонду.

22 матеріали передані до органів прокуратури для представництва інтересів держави в судах на загальну суму збитків 4564,334 тис. грн, з них за результатами планових заходів – 5 на суму 490,381 тис. грн (по 2 у сферах атмосферного повітря та земельних ресурсів на суму 92,843 тис. грн та 291,079 тис. грн відповідно та 1 – у сфері рослинного світу на суму 106,459 тис. грн), позапланових – 17 на суму 4073,953 тис. грн (89,3% загальної суми збитків) (13 у сфері водних ресурсів на суму 2114,071 тис. грн, 3 – у сфері рослинного світу на суму 1653,592 тис. грн та 1 – у сфері земельних ресурсів на суму 306,29 тис. грн). З 9 заявлених позовів органами прокуратури за поданими матеріалами на загальну суму збитків 2510,091 тис. грн за результатами позапланових заходів – 7 на суму 2337,916 тис. грн (з них 5 у сфері водних ресурсів на суму 1606,547 тис. грн та 2 – у сфері рослинних ресурсів на суму 731,369 тис. грн).

Загальна сума розрахованих збитків становила 330887,896 тис. грн, у т.ч. нанесених невантаженими особами – 323708,546 тис. грн (97,8%). Із загальної суми збитків лише 0,36% були розраховані за результатами планових заходів державного контролю – 1165,816 тис. грн збитків (з них 70,8% приходить на сферу земельних ресурсів, 8,3% – атмосферного повітря, 7,3% – земель водного фонду, 7,2% – рослинного світу, 6,3% – водних ресурсів), позапланових – 329722,08 тис. грн (з них 69,4% належить сфері земель водного фонду, 18,9% – надр, 4,8% – земельних ресурсів, 1,6% – рибних ресурсів, 1,3% – водних ресурсів) (з них 98,2% нанесені невантаженими особами). Отже за результатами планових заходів лідируючою сферою за розрахованими збитками є галузь земельних ресурсів – 825,928 тис. грн, позапланових заходів – землі водного фонду – 228970,739 тис. грн.

Пред'явлено 168 претензій та позовів на загальну суму 7177,353 тис. грн, з них стягнуто 147 претензій та позовів на суму 5369,771 тис. грн (у т.ч. в добровільному порядку – 2739,055 тис. грн (51%)). За результатами проведених планових заходів пред'явлено 30 претензій на суму 1165,816 тис. грн, найбільша кількість яких припадала на сферу атмосферного повітря – 14 на суму 96,827 тис. грн, водних ресурсів – 7 на суму 73,869 тис. грн та земельних ресурсів – 5 на суму 840,584 тис. грн (у сферах земель водного фонду та рослинного світу було пред'явлено по 2 претензії на суми 70,820 тис. грн та 83,716 тис. грн відповідно). Що стосується поза-

планових заходів контролю, то за їх результатами пред'явлено у 4,6 разів більше претензій, ніж за результатами позапланових перевірок, – 138 претензій на суму 6011,537 тис. грн, найбільша кількість яких стосувалася сфери рослинного світу – 70 на суму 1355,352 тис. грн та атмосферного повітря – 49 на суму 2702,635 (крім того у сфері атмосферного повітря пред'явлено 9 претензій на суму 13,247 тис. грн, земельних ресурсів – 7 на суму 62,530 грн, рибних ресурсів – 2 на суму 231,098 тис. грн, надр – 1 на суму 1646,675 тис. грн) (рис. 3).

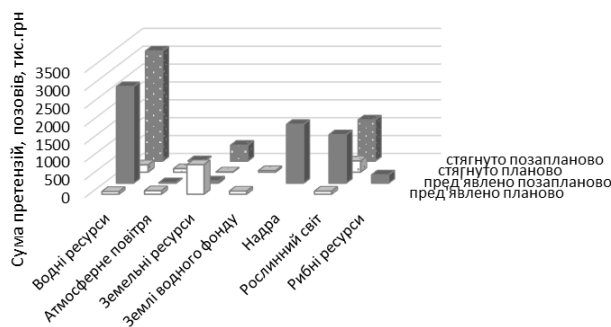


Рис. 3. Сума пред'явлених та стягнутих претензій і позовів за результатами планових та позапланових заходів нагляду за сферами контролю

з 5369,771 тис. грн стягнутих претензій та позовів у добровільному порядку було сплачено 2739,055 тис. грн (або 51%), у примусовому – 2630,716 тис. грн, у т.ч. за результатами планових заходів з 666,158 тис. грн – 82,5% у добровільному порядку, а за результатами позапланових заходів – з 4703,613 тис. грн – 53,5% у примусовому порядку. Протягом 2022 р. був поданий позов до суду для прийняття рішення про тимчасову заборону (зупинення, припинення діяльності).

Головні висновки. Інспекторами Державної екологічної інспекції Поліського округу протягом 2022 р. перевірено 182 об'єкти державного нагляду, проведено 855 перевірок з переважанням позапланових заходів (57,4%). Складено 2308 протоколів (70,7% – в результаті позапланових заходів та 71,3% – у сфері поводження з відходами), притягнуто до адміністративної відповідальності 2284 особи. Із 631,183 тис. грн накладених штрафів стягнуто 609,824 тис. грн (96,6%). Зафіксовано 73 випадки порушень, відкрито 32 провадження, лідируючою є сфера рослинного світу. 22 матеріали передані до прокуратури на суму збитків 4564,334 тис. грн, з них за результатами планових заходів – 5 на суму 490,381 тис. грн. Загальна сума розрахованих збитків – 330887,896 тис. грн (97,8% нанесені невантаженими особами), лише 0,36% розраховані за результатами планових заходів контролю, з позапланових 69,4% належить сфері земель водного фонду. Пред'явлено 168 претензій на суму 7177,353 тис. грн, стягнуто – 147 на суму 5369,771 тис. грн (у т.ч. в добровільному порядку – 2739,055 тис. грн

(51%). В частині виявлених порушень, розрахованих збитків та пред'явлених претензій позапланові заходи державного нагляду (контролю) виявилися більш ефективними, ніж планові.

Перспективи подальших досліджень вбачаємо у проведенні оцінки ефективності діяльності інших територіальних та міжрегіональних органів Державної екологічної інспекції України.

Література

1. Валерко Р.А., Герасимчук Л.О., Фоменський Ю.Ю., Піциль А.О. Особливості здійснення державного нагляду у сфері використання об'єктів природно-заповідного фонду на території Житомирської області. *Аграрні інновації*. 2022. № 14. С. 180-185. DOI: 10.32848/agrar.innov.2022.14.2.
2. Герасимчук Л., Медведовський Є., Валерко Р. Державний нагляд (контроль) у сфері охорони, захисту, використання та відтворення лісів на території Житомирської області. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2023. № 4. С. 38-47. DOI: 10.32782/pcsd-2022-4-4.
3. Герасимчук Л.О., Валерко Р.А., Ясінський В.В., Соловійова О.О. Державний контроль у сфері поводження з відходами на території Житомирської області. *Екологічні науки*. 2022. № 5(44). С. 255-259. DOI: 10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.39.
4. Державна екологічна інспекція Поліського округу: офіційний веб-портал. URL: <https://polissyareg.dei.gov.ua>.
5. Про основні засади державного нагляду (контролю) у сфері господарської діяльності: Закон України від 05.04.2007 № 877-V. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/877-16>.
6. Dechezleprêtre A., Sato M. The impacts of environmental regulations on competitiveness. *Review of Environmental Economics and Policy*. 2017. № 11(2). P. 183-206. DOI: 10.1093/reep/rex013.
7. Decker C. S., Pope C. R. Adherence to environmental law: the strategic complementarities of compliance decisions. *The Quarterly Review of Economics and Finance*. 2005. № 45(4-5). P. 641-661. DOI: 10.1016/j.qref.2004.06.001.
8. Kireitseva H., Demchuk L., Paliy O., Kahukina A. Toxic impacts of the war on Ukraine. *International Journal of Environmental Studies*. 2023. № 80(2). P. 267-276. DOI: 10.1080/00207233.2023.2170582.
9. Kotsiuba I., Herasymchuk O., Shamrai V., Lukianova V., Anpilova Y., Rybak O., Lefter I. A Strategic analysis of the prerequisites for the implementation of waste management at the regional level. *Ecological Engineering & Environmental Technology*. 2023. № 24(1). P. 55-66. DOI:10.12912/27197050/154918.
10. Lah L., Kotnik Ž. A Literature review of the factors affecting the compliance costs of environmental regulation and companies' productivity. *Central European Public Administration Review*. 2022. № 20(2). P. 57-80. DOI: 10.17573/cepar.2022.2.03.
11. Sendawula K., Turyakira P., Ikiror C.M., Bagire V. Regulatory compliance and environmental sustainability practices of manufacturing entrepreneurial ventures in Uganda. *Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship*. 2021. № 15(1). P. 62-74. DOI: 10.1108/APJIE-08-2020-0122.
12. Shaohong M., Xianglu W., Muhammad M. Impact of environmental protection regulations on corporate performance from porter hypothesis perspective: a study based on publicly listed manufacturing firms data. *Frontiers in Environmental Science*. 2022. № 10. DOI: 10.3389/fenvs.2022.928697.
13. Singh S., Rajamani S. Issues of environmental compliance in developing countries. *Water Sci Technol*. 2003. № 47(12). P. 301-304. DOI: 10.2166/wst.2003.0660.
14. Wang J., Dong H., Xiao R. Central environmental inspection and corporate environmental investment: evidence from Chinese listed companies. *Environ Sci Pollut Res*. 2022. № 29. P. 56419-56429 (2022). DOI: 10.1007/s11356-022-19538-8.
15. Xu F., Tian M., Yang J., Xu G. Does environmental inspection led by the central government improve the air quality in China? The moderating role of public engagement. *Sustainability*. 2020. № 12(8):3316. DOI: 10.3390/su12083316.
16. Mykhailenko VI, Safranov TA. Estimation of Input of Unintentionally Produced Persistent Organic Pollutants into the Air Basin of the Odessa Industrial-and-Urban Agglomeration. *Journal of Ecological Engineering*. 2021;22(9):21-31. doi:10.12911/22998993/141479.

УДК 591.1

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.2.28>

ЕКСПРЕС-ОЦІНКА ФІЗІОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НОРИЦІ РУДОЇ (*MYODES GLAREOLUS*), ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ДОЗИМЕТРИЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дрозд І.П., Павловський В.В.

Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України
пр. Науки, 47, 03028, м. Київ
idrozdnbu@ukr.net, vladvpav@gmail.com

Необхідність оцінки віку диких тварин за проведення різноманітних досліджень є дуже важливою і потребує окремого обґрунтування. Так, не знаючи цього фізіологічного параметру, неможливо адекватно охарактеризувати не тільки різноманітні поведінкові особливості піддослідних тварин, але й особливості дозоутворення у них. Це, зокрема, стосується дрібних ссавців, які заселяють великі території, що зазнали суттєвого забруднення радіонуклідами внаслідок радіаційної аварії на Чорнобильській атомній електростанції.

Для проведення цільових радіоекологічних і радіобіологічних досліджень на природних полігонах зазвичай використовують їх мешканців, якими досить часто є мишоподібні гризуни як найбільш розповсюджені біоіндикаторні види.

Для експресної оцінки віку виловлених на натурних дослідних полігонах мишоподібних гризунів (нориці рудої) запропоновано методи, що дозволяють математично формалізувати залежність віку від маси тіла, віку від ширини черепа, а також маси внутрішніх органів від маси тіла. Як вихідні дані використовували відомості, опубліковані у доступній науковій літературі, а також власні дані, отримані за полігонних радіоекологічних досліджень у зоні відчуження Чорнобильської атомної електростанції. Дослідження проводили для одного виду мишоподібних гризунів, широко розповсюдженого у межах українського Полісся – нориці рудої. За відомими реперними значеннями маси тіла гризунів у різні характерні вікові терміни встановлювали і математично формалізували вікові залежності зміни маси тіла тварин, а також оцінювали вік за віковими змінами ширини черепа. Подібним чином, використовуючи наведені в науковій літературі дані щодо воксельного моделювання мишоподібних гризунів, формалізували залежності мас внутрішніх органів від маси тіла тварин.

Використовуючи правомірність застосування принципів аллометрії для оцінки періоду біологічного напіввиведення радіоізотопів із організму для ссавців у широкому діапазоні маси тіла, формалізували його для ізотопу ^{137}Cs . *Ключові слова:* мишоподібні гризуни, нориця руда, вік, аллометрія, маса тіла, маса внутрішніх органів, ширина черепа, період біологічного напіввиведення.

Express assessment of physiological parameters of bank vole (*myodes glareolus*) used in dosimetric research. Drozd I., Pavlovskiy V.

The need to estimate the age of wild animals while conducting various research is very important and requires a separate substantiation. Therefore, without knowing this physiological parameter, it is impossible to adequately characterize not only the various behavioral features of experimental animals, but also the features of dose accumulation in them. This applies, in particular, to small mammals that inhabit large areas that have been significantly contaminated with radionuclides because of the radiation accident at the Chernobyl nuclear power plant.

To carry out targeted radioecological and radiobiological research on natural sites, their inhabitants are usually used, which are quite often mouse-like rodents, as the most widespread bioindicator species.

For the express assessment of the age of mouse-like rodents (bank vole) captured on natural experimental sites, methods are proposed that allow to mathematically formalize the dependency between age and body weight, age and width of the skull, as well as between weight of internal organs and body weight. Information published in the available scientific literature, as well as our own data obtained during polygon radioecological studies in the exclusion zone of the Chernobyl nuclear power plant, was used as the initial data. The study was conducted for one species of mouse-like rodents, widely distributed within the Ukrainian Polissia - the bank vole. According to the known reference values of the body weight of rodents in different characteristic age periods, age dependencies of changes in the body weight of animals were established and mathematically formalized, and age was also estimated by age-related changes in the width of the skull. Similarly, using the data on voxel modeling of mouse-like rodents found in the scientific literature, the dependency between the mass of internal organs and the body mass of animals was formalized.

Using the legitimacy of applying the principles of allometry to the estimation of the biological half-life of radioisotopes in the body for mammals in a wide range of body weight, it was formalized for the ^{137}Cs isotope. *Key words:* mouse-like rodents, bank vole, age, allometry, body weight, weight of internal organs, skull width, biological half-life.

Постановка проблеми. Про необхідність оцінки віку диких тварин за проведення різноманітних досліджень ми зазначили вище, а на думку автора [1] вона є настільки очевидною, що не потребує особливого обґрунтування. Тому, починаючи із середини минулого століття, пошукам методів оцінки віку було присвячено чимало наукових робіт, однак після виявлення у морських, а потім у наземних ссавців річних нашарувань у кістках і тканинах зубів напрямки пошуків стрімко звужились [1]. Сутність методу: використання факту наявності у ссавців так званих реєструючих структур – дентину та цементу зубів, а також кісткової тканини, які в процесі свого росту реагують на зміну фізіологічного стану організму зміною своєї морфології. При цьому зміни, що виникли, зберігаються тривалий час. Цей метод придатний для оцінки віку ссавців з терміном життя понад один рік із яскраво вираженою сезонністю росту. Його переважно використовують для посмертного визначення віку.

Аналіз вищезгаданих морфологічних маркерів зубів і кісткової тканини став для багатьох видів диких ссавців (переважно для великих) основним методом визначення віку, і багато робіт було присвячено оцінці точності цього методу та аналізу відтворюваності оцінок віку за даним методом. Хоча у багатьох випадках аналіз річних і внутрішньорічних морфологічних маркерів надає досить широкі можливості, було виявлено чимало випадків, коли цей метод був ненадійним або взагалі непридатним для визначення віку. У таких випадках доцільно повертатися до старих методів, описаних у роботах з біології конкретних видів ссавців (огляд таких робіт, наприклад, можна знайти в статті [2]). Це стосується, зокрема, і мишоподібних гризунів.

Мишоподібні гризуни займають суттєву екологічну нішу та є об'єктом численних наукових досліджень, зокрема радіобіологічних і радіоекологічних. Для проведення цільових досліджень вибирають спеціальні полігони, де піддослідні тварини мешкають у природних умовах. Для проведення наукових дослідів тварин періодично відловлюють за усталеними методиками. Але визначення чи, принаймні, оцінка віку цих вилонених тварин є проблематичними, що нерідко суттєво ускладнює або навіть унеможливує вирішення поставлених наукових завдань. Для цього можна використовувати низку методів, про які піде мова нижче, але область застосування практично усіх їх, на жаль, має ті чи інші обмеження, що не дозволяє отримати надійні та однозначні результати. Крім цього, традиційні методи часто є досить трудомісткими і не можуть претендувати на експресність.

Актуальність дослідження. Отже, розроблення методів експресної і водночас досить надійної оцінки віку вилонених мишоподібних гризунів є наразі актуальним. В основу таких методів може бути покладено, на наш погляд, встановлення і матичну формалізацію залежності віку від маси тварин, віку від ширини чи довжини черепа, а також маси органів цих тварин від їхнього віку.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Для радіобіологів практичний інтерес також представляє встановлення і математична формалізація залежності періоду біологічного напіввиведення радіоізотопів, які є аналогами життєво важливих хімічних елементів, із організму тварин від маси тіла.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Традиційні методи оцінки віку нориці рудої систематизовані та описані у роботі [1]. До таких методів належать: 1) оцінка за зовнішнім виглядом; 2) за ростом коренів зубів; 3) за масою кристалика ока.

Оцінка віку за зовнішнім виглядом. У віці близько 1 міс. тьмяний ювенільний наряд нориці рудої змінюється на яскравіший дорослий [3]. У молодих тварин забарвлення спини та черева більш темне, ніж у дорослих, рудини на спині практично немає.

Оцінка віку за ростом коренів зубів. Найпоширеніший метод визначення віку [3]. Базується на тому, що корені корінних зубів з'являються приблизно з 3-місячного віку, і надалі їх ріст іде паралельно зі сточуванням коронки (рис. 1, 2). Корені починають формуватися в групі III, тоді як у групі IV вони добре розвинені, висота їх збільшується з віком.

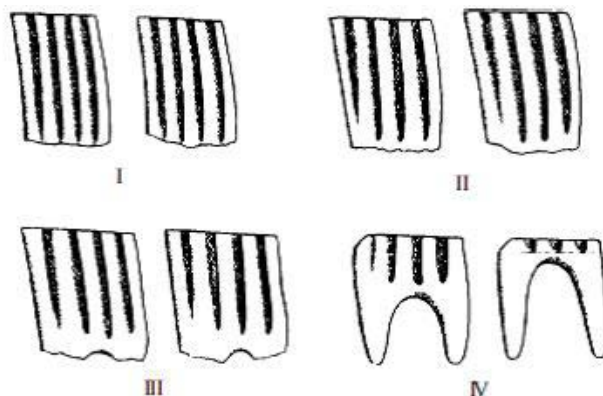


Рис. 1. Умовні вікові групи нориці рудої [3]: I – самостійний молодяк; II – молодь віком 1,5–3 міс.; III – сьогорічки віком 3–4 міс.; IV – дорослі особини, що перезимували

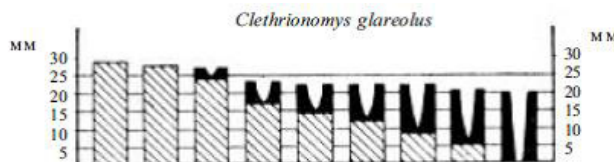


Рис. 2. Схема вікових змін висоти кореня (чорний колір) і коронки (штриховка) нориці рудої [3]

Однак ріст коренів суттєво відрізняється в особин із різних сезонних генерацій. Корені починають рости у віці 2 міс. у особин весняної генерації, 3 міс. – у літньої та 3,5 міс. – у особин осінньої гене-

рації. Інтенсивний ріст коренів у особин весняної генерації відбувається у віці 2–3 міс, у особин літньої та осінньої генерацій – після зимівлі [4].

Оскільки різниця у розвитку коренів у особин різних сезонних генерацій велика, немає сенсу робити спроби отримати рівняння залежності висоти кореня від віку.

Оцінка віку за масою кришталика ока. Автор [5] вважає за доцільне за масою кришталика визначати вік рудої норичі до 3 міс., поки корені зубів ще не розвинені. Але автор [1] відмічає, що хоча кореляція маси кришталика з віком в інтервалі від 26 днів до 3 міс. досить висока, індивідуальна мінливість навіть у такому ранньому віці є настільки великою, що застосування такого трудомісткого методу є невірним. Вік простіше оцінювати за розмірами черепа або масою тіла, з чим погоджуємося і ми.

Оцінка віку за розмірами черепа. Автори [6] зазначають, що для всіх ссавців властивим є поступове збільшення загальних розмірів з віком (філогенетичний ріст). Загальною спрямованістю цього процесу є збільшення всіх метричних ознак, у тому числі розмірів черепа (причому череп зростає як у довжину, так і в ширину), хоча їх приріст із віком сповільнюється. Основний приріст припадає на межу підліткової і дорослої стадій.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. На підставі вищезазначеного можна запропонувати методику оцінки віку мишоподібних гризунів за шириною черепа. Для цього доцільно, на наш погляд, використати опубліковані результати вимірювання ширини черепа норичі рудої на території Фінляндії. У публікаціях наведено наступні дані вимірювань: ширина черепа дорівнює 8,1–8,4 мм після народження; 11,6–12,0 мм після відлучення (3 тижні); 12,7 і 13,4 мм у віці 2 і 5 місяців відповідно; 13,8–14,0 мм у віці 10 місяців [7, 8, 9].

Новизна. На підставі наведених вище даних ми запропонували методику оцінки віку тварин за шириною черепа.

Методологічне або загальнонаукове значення. Розробка цієї методики має суттєве методологічне значення, оскільки доповнює існуючу методологію оцінки віку мишоподібних гризунів, що мешкають у дикій природі.

Викладення основного матеріалу. Ми звели літературні дані щодо залежності ширини черепа від віку у табл. 1, яка після незначної обробки має відповідний вигляд.

Таблиця 1

Залежність ширини черепа норичі рудої від віку

Вік, доба	Ширина голови, мм	Примітки
1	8,25	народження
21	11,40	відлучення
60	12,40	
150	13,30	
300	13,90	

Використовуючи наведені в табл. 1 дані, будували графік залежності віку тварин від ширини черепа і формалізували цю залежність (рис. 3).

Для оцінки віку тварин, вилонених на полігонах зони відчуження ЧАЕС, у них вимірювали ширину черепа. При цьому з метою мінімізації системної похибки вимірювань (зважаючи на їх прецензійність) ці вимірювання проводив один і той же дослідник.

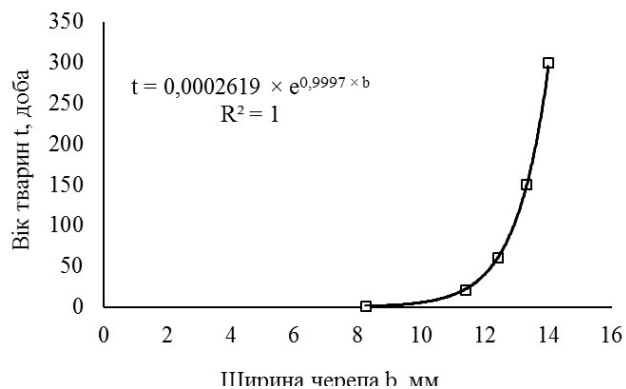


Рис. 3. Залежність віку норичі рудої від ширини черепа.

Оцінка віку за масою тварин. Що стосується методу оцінки віку тварин за масою тіла, ми виходили з наступного.

Математичний опис даних щодо росту організму або частини організму з плином часу забезпечують функції росту [10]. Отже, є підстави вважати, що знаючи масу тварини та її вид можна (з певним припущенням) оцінити її вік.

Для встановлення і математичної формалізації віку норичі рудої (*Myodes glareolus*) від маси тіла ми використовували літературні джерела [11] та результати власних полігонних досліджень у 2021–2022 роках. Ці дані складали три реперних точки: маса новонародженого мишеняти (перша доба); термін і маса тіла мишеняти при відлученні від самиці; термін життя і маса тіла наприкінці життя.

За допомогою пакету прикладних програм Microsoft Excel будували залежності віку тварини від маси тіла і апроксимували їх математичними виразами (рис. 4).

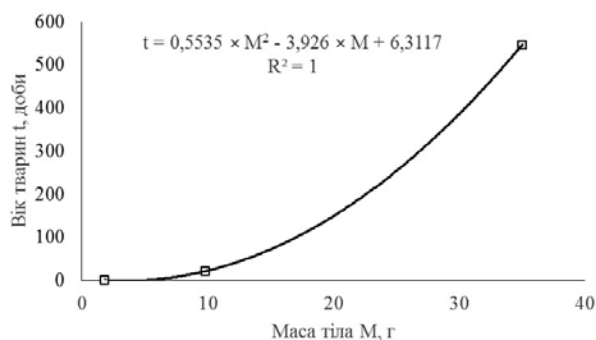


Рис. 4. Залежність віку особин норичі рудої від маси тіла

Наступним завданням було визначити і описати залежності маси органів мишоподібних гризунів від маси тіла. Для цього ми використали дані, опубліковані в роботі [12]. У цій публікації для воксельного моделювання наведені маси основних органів мишей з масами тіла 25, 30 і 35 г. Використавши пакет прикладних програм Microsoft Excel, ми формалізували динамічні залежності зміни з віком маси кожного органу (табл. 3). Останні 4 рядки в табл. 3 ми сформуваємо, використавши дані роботи співробітників нашого інституту. Зробивши розрахунки за встановленими залежностями і порівнявши отримані результати з даними безпосередніх вимірювань мас органів, вилучених співробітниками колективу дослідників нашого інституту у обмеженої кількості мишоподібних гризунів, відловлених на полігонах зони відчуження ЧАЕС, ми отримали цілком задовільне співпадіння.

Нарешті, при проведенні радіобіологічних і радіоекологічних досліджень на полігонах за природних умов дослідники часто зіштовхуються зі ще одною проблемою. У мишоподібних гризунів ступінь накопичення радіонуклідів, які надходять до організму тварин, безпосередньо залежить від ефективного періоду напіввиведення радіоізотопів із організму, який описується як $T_{\text{еф}} = T_{1/2} \times T_6 \div (T_{1/2} + T_6)$, де $T_{1/2}$ – період фізичного напіврозпаду радіонукліду; T_6 – період біологічного напіввиведення радіонукліду із організму. Основними дозоутворюючими радіонуклідами в зоні відчуження ЧАЕС наразі є ізотопи ^{137}Cs + $^{137\text{m}}\text{Ba}$ і ^{90}Sr + ^{90}Y . Періоди їх напіврозпаду становлять відповідно 30,17 і 28,5 років. Оскільки періоди біологічного напіввиведення T_6 вимірюються днями, то вони і будуть визначальними для величини $T_{\text{еф}}$. Значення $T_{\text{еф}}$ для кожного ізотопу залежить, у першу чергу, від маси тіла. Нашою задачею є визначити і описати цю залежність. У роботі ми вирішимо зазначену задачу для ізотопу ^{137}Cs + $^{137\text{m}}\text{Ba}$, який наразі домінує у зоні відчуження ЧАЕС, скориставшись законами алометрії.

Алометрія. Незважаючи на надзвичайну мінливість, живі організми виявляють схожість деяких основних характеристик. Так звані «алометричні закони» можуть використовуватися для вираження такої подібності всередині груп живих організмів (наприклад, ссавців). Алометричні моделі пов'язують кількісні параметри, такі як швидкість метаболізму, з масою їх тіл [13]. Заснована на відкриттях, зроблених наприкінці 19 століття [14], і так званому «законі Клайбера» [15] алометрія стала предметом пізніших досліджень (наприклад, [16]).

Алометричні співвідношення зазвичай виражаються як функція маси біооб'єкту M :

$$Y = a \times M^b,$$

що у логарифмічному масштабі виглядає як просте рівняння лінійної регресії:

$$y = \alpha + b \times x,$$

де $y = \ln(Y)$, $x = \ln(M)$ та $\alpha = \ln(a)$.

Справедливість описаних алометричних співвідношень підтверджується численними експериментальними спостереженнями. Однак експериментальні дані також припускають відхилення від цієї простої лінійної моделі. Грунтуючись на нелінійності алометричних даних, що експериментально спостерігається, можна використовувати прямі узагальнення лінійної регресії для перевірки статистичної значущості нелінійних ефектів в алометричних співвідношеннях, використовуючи звичайні позначення, такі як

$$Y = a \times M^b,$$

де узагальнені алометричні коефіцієнти визначаються як:

$$a = \exp(\beta_0), \\ b = \sum_{n=1}^k \beta_n \times (\ln M)^{n-1}.$$

Узагальнені алометричні залежності описують нелінійні ефекти, що спостерігаються серед біологічних даних, які можна показати за допомогою апроксимації швидкості основного обміну (ШОО) для наземних ссавців. За припущенням Клайбера [17], питома ШОО (тобто енергія метаболізму на одиницю маси тіла) може бути показником швидкості біологічних процесів, які призводять до виведення речовин із організму [18]. Таким чином, ШОО можна використовувати для масштабування біологічного періоду напіввиведення добре вивчених ссавців (миші, щури, кролі) на інших тварин, для яких немає достатньої інформації.

Узгодження виконують з використанням вимірної ШОО, яка є в базі даних PanTHERIA [19], що включає дані для ссавців з масою тіла від грамів до сотень кілограмів. Для цих тварин ШОО сильно корелює з масою і варіюється у межах чотирьох порядків величини.

Зауважимо, що алометричні залежності достатньо відповідають реальності за умов стабільності середовища мешкання, кліматичних умов та відсутності різноманітних аномалій, а значить отримані шукані залежності і величини слід сприймати лише як оціночні.

Використовуючи розроблені власні методики ми оцінили вік усіх відловлених у 2021–22 рр. на дослідних полігонах зони відчуження ЧАЕС особин нориці рудої за масою тіла та за шириною черепа (табл. 2; примітки: ж – самиці; ч – самці; н/д – немає даних). Простежується кореляція результатів, отриманих за обома методиками, однак маса тіла, на відміну від ширини черепа, відрізняється дуже великою варіабельністю. Тому ми вважаємо, що оцінювати вік особин доцільно за шириною черепа.

Що стосується залежності маси внутрішніх органів від маси тіла тварин: хоча для встановлення такої залежності ми використали дані модельних тварин, це виявилось цілком допустимим, оскільки за порівняння маси органів реальних відловлених тварин (з масами, близькими до модельних) та маси модельних органів спостерігали розбіжності, що не перевищували $\pm 20\%$.

Результати оцінки віку особин нориці рудої за двома методами

№ з/п	Стать	Ширина голови, мм	Маса тіла, г	Вік за шириною голови, доба	Вік за масою тіла, доба	№ з/п	Стать	Ширина голови, мм	Маса тіла, г	Вік за шириною голови, доба	Вік за масою тіла, доба
1	ж	12,53	13,62	72	56	51	ж	12,68	14,85	84	70
2	ж	12,26	12,08	55	40	52	ж	12,32	16,62	58	94
3	ж	12,85	17,17	99	102	53	ж	13,33	16,36	161	90
4	ж	14,30	36,20	423	590	54	ж	12,74	17,40	89	106
5	ж	14,60	22,90	571	207	55	ч	13,39	20,95	170	167
6	ч	12,70	14,69	86	68	56	ж	12,36	14,87	61	70
7	ж	13,84	22,93	267	207	57	ж	12,48	14,85	69	70
8	ж	12,05	12,60	45	45	58	ж	11,84	11,87	36	38
9	ч	12,37	13,92	61	59	59	ж	11,67	10,40	31	25
10	ж	11,72	10,01	32	22	60	ч	12,35	12,24	60	41
11	ж	12,67	18,10	83	117	61	ж	12,67	16,11	83	87
12	ж	13,20	15,73	141	82	62	ж	11,56	13,40	27	53
13	ч	11,62	10,78	29	28	63	ч	11,50	10,64	26	27
14	ч	11,49	10,86	26	29	64	ч	11,28	8,78	21	15
15	ч	11,91	15,75	39	82	65	ж	11,33	8,84	22	15
16	ж	14,21	28,90	387	355	66	ж	11,78	13,28	34	52
17	ч	14,10	23,22	347	214	67	ж	11,78	11,42	34	34
18	ж	13,52	29,00	194	358	68	ч	11,75	12,45	33	43
19	ж	14,08	24,92	340	252	69	ч	12,22	11,26	53	32
20	ч	14,25	26,10	403	281	70	ч	12,07	14,01	46	60
21	ж	14,06	21,90	333	186	71	ж	12,33	14,93	59	71
22	ч	13,32	н/д	159	6	72	ж	12,72	17,37	87	105
23	ж	13,01	17,77	117	111	73	ч	12,28	15,94	56	84
24	ч	12,91	15,74	105	82	74	ж	12,31	16,90	58	98
25	ж	12,59	н/д	77	6	75	ч	13,27	18,54	151	124
26	ж	13,63	27,34	217	313	76	ж	11,10	8,12	17	11
27	ч	12,96	17,63	111	109	77	ж	12,27	14,80	56	69
28	ж	12,80	17,36	95	105	78	ч	12,02	11,59	43	35
29	ч	13,38	22,01	169	188	79	ж	13,29	18,38	154	121
30	ж	13,31	18,82	157	128	80	ж	12,91	12,55	105	44
31	ж	12,50	16,79	70	96	81	ч	12,87	15,31	101	76
32	ж	12,14	14,67	49	68	82	ч	13,42	22,01	176	188
33	ж	12,77	16,38	92	91	83	ч	12,78	13,16	93	51
34	ч	12,82	15,73	96	82	84	ж	13,59	25,81	208	274
35	ж	12,98	16,13	113	87	85	ч	11,94	12,18	40	41
36	ж	13,57	23,33	204	216	86	ж	11,75	10,64	33	27
37	ж	12,98	17,89	113	113	87	ж	11,65	9,39	30	18
38	ж	13,22	17,67	144	110	88	ч	11,48	11,45	25	34
39	ч	13,96	27,13	301	307	89	ж	11,59	9,87	28	21
40	ч	13,12	22,81	130	205	90	ж	11,73	11,17	32	32
41	ж	13,28	19,88	153	147	91	ж	11,49	10,26	26	24
42	ж	13,02	23,29	118	215	92	ж	11,81	12,93	35	48
43	ч	11,84	14,44	36	65	93	ж	13,98	26,47	307	290
44	ж	13,63	35,43	217	562	94	ч	12,59	18,30	77	120
45	ж	12,26	15,47	55	78	95	ж	11,54	11,19	27	32
46	ж	12,57	16,69	75	95	96	ч	12,19	17,49	51	107
47	ж	12,41	15,41	64	77	97	ч	12,45	14,69	67	68
48	ч	13,39	20,05	170	150	98	ж	11,52	10,80	26	28
49	ж	12,55	12,93	74	48	99	ж	10,92	6,99	14	6
50	ж	12,58	14,12	76	61	100	ж	11,33	10,07	22	23

Таблиця 3

Залежність маси органів від маси тіла мишей

Орган	Маса тіла, г			Залежність	Критерій R ²
	25	30	35		
Мозок	0,466	0,568	0,666	$m=0,0153M^{1,0625}$	0,9998
Серце	0,235	0,291	0,342	$m=0,000653M^{1,1169}$	0,999
Шлунок	0,055	0,069	0,082	$m=0,0012M^{1,1887}$	0,9991
Тонка кишка	1,74	2,12	2,49	$m=0,00564M^{1,0657}$	0,9999
Товста кишка	0,583	0,709	0,83	$m=0,0198M^{1,0505}$	0,9998
Нирки	0,302	0,374	0,432	$m=0,0098M^{1,0673}$	0,996
Печінка	1,74	2,15	2,57	$m=0,0417M^{1,1592}$	1,000
Легені	0,087	0,107	0,131	$m=0,0017M^{1,214}$	0,9982
Підшлункова залоза	0,305	0,378	0,45	$m=0,0074M^{1,1566}$	0,9999
Скелет	2,18	2,61	3,01	$m=0,0994M^{0,9597}$	0,9997
Селезінка	0,111	0,136	0,157	$m=0,004M^{1,033}$	0,9975
Сім'яники	0,16	0,197	0,228	$m=0,0054M^{1,0553}$	0,9973
Щитоподібна залоза	0,014	0,016	0,02	$m=0,0005M^{1,0502}$	0,9635
Сечовий міхур	0,06	0,075	0,088	$m=0,0015M^{1,1408}$	0,9978
Шкіра	2,45	3,02	3,56	$m=0,065M^{1,1278}$	0,9999
М'язи	8,21	10,14	12,01	$m=0,2153M^{1,1316}$	0,9997
Матка	2,75	3,40	4,03	$m=0,071M^{1,1366}$	0,9998
Шлунково-кишковий тракт із вмістом	5,09	6,28	7,43	$m=0,1335M^{1,131}$	0,9997

Залишається побудувати і математично апроксимувати залежність T_6 від маси тіла.

Для цього використовували закони алометрії, а також відомі з довідників і наукових публікацій дані щодо періоду біологічного напіввиведення ^{137}Cs із організму ссавців (включаючи людину) з різною масою тіла, а саме: миші (маса 21 г) – 3 доби; шури (400 г) – 8,4 діб; кролі (1800 г) – 19 діб ($T_{\text{эф}}$) [18, 20]; люди (70000 г) – 90-105 діб [21, 22].

Внаслідок графічної інтерпретації (рис. 5) ми виявили, що період біологічного напіввиведення ^{137}Cs із організму ссавців задовільно описується степеневою залежністю:

$$T_6 = 0,7266 \times M^{0,4345}$$

де M – маса тіла.

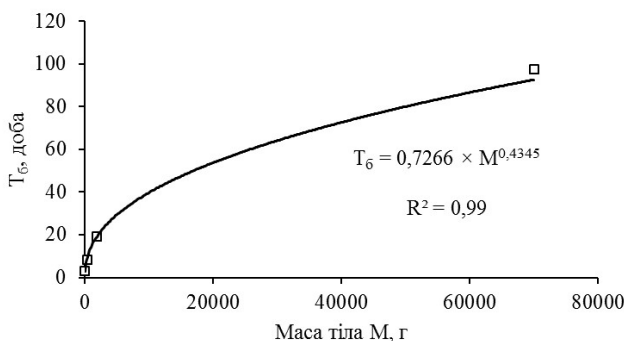


Рис. 5. Залежність біологічного періоду напіввиведення ^{137}Cs + ^{137m}Ba від маси тіла ссавців.

Отже, враховуючи, що дитинчата переходять на природний раціон після відлучення від матері у віці 21 доба (маса тіла 10,8 г), можемо розрахувати значення T_6 і $T_{\text{эф}}$ для реперних значень маси тіла нориці рудої (табл. 4).

Таблиця 4

Результати розрахунку значень T_6 і $T_{\text{эф}}$ ізотопу ^{137}Cs для реперних значень маси тіла нориці рудої

	Маса тіла, г												
	10,8	12	13	14	15	16	17	18	19	20	25	30	35
T_6	2,04	2,14	2,21	2,29	2,36	2,42	2,49	2,55	2,61	2,67	2,94	3,18	3,41
$T_{\text{эф}}$	2,04	2,14	2,21	2,29	2,36	2,42	2,49	2,55	2,61	2,67	2,94	3,18	3,40

Головні висновки. Використовуючи джерела наукової літератури та дані полігонних досліджень, отримані співробітниками відділу радіобіології та радіоекології Інституту ядерних досліджень НАН України, ми встановили для нориці рудої наступні співвідношення:

- 1) залежність віку від маси тіла та ширини черепа;
- 2) залежність маси внутрішніх органів від маси тіла;
- 3) залежність біологічного періоду напіввиведення ізотопу ^{137}Cs від маси тіла.

Виконавши необхідні розрахунки та оцінивши за двома розробленими методами вік тварин, відловлених на дослідних полігонах зони відчуження ЧАЕС, ми дійшли висновку, що для оцінки віку краще використовувати відповідний метод за шириною черепа, хоча інколи (за необхідності прижиттєвої оцінки) вік з певним припущенням можна оцінювати за масою тварини. При цьому для більшої вірогідності доцільно разом із даними методами використовувати й інші (непрямі) методи.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати досліджень можуть бути використані для оцінки доз опромінення мишоподібних гризунів, що мешкають на радіаційно забруднених територіях.

Література

1. Klevezal G.A. Recording structures of mammals. Determination of age and reconstruction of life history. Rotterdam, 1996. 274 p.
2. Morris P.A. A review of mammalian age determination methods. *MammalRev.* 1972. Vol. 2. № 3. P. 69–104.
3. Tupikova N.V., Sidorova G.A., Konovalova E.A. A method of age determination in *Clethrionomys*. *Acta Theriol.* 1968. Vol. 13. № 8. P. 99–115.
4. Zejda J. A device serving to determine the birth of *Clethrionomys glareolus* by the length of M1 roots. *Folia Zool.* 1977. Vol. 26. № 3. P. 207–211.
5. Kozakiewicz M. The weight of eye lens as the proposed age indicator of the bank vole. *Acta Theriol.* 1976. Vol. 21. № 23. P. 314–316.
6. Загороднюк І.В., Кавун К.Ю. Вікова мінливість як основа формування міжвидових відмінностей у гризунів (*Vuriformes*). *ДАН України.* 2000. № 3. С. 174–180.
7. Kallio E.R. et al. First Report of *Anaplasma phagocytophilum* and *Babesia microti* in Rodents in Finland. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases.* 2014. Vol. 14. № 6. P. 389–393.
8. Mappes T., Koskela E., Ylonen H. Breeding Suppression in Voles under Predation Risk of Small Mustelids: Laboratory or Methodological Artifact? *Oikos.* 1998. Vol. 82. № 2. P. 365–369.
9. Oksanen T.A., Jonsson P., Koskela E., Mappes T. Optimal allocation of reproductive effort: manipulation of offspring number and size in the bank vole. *Proc. Biol. Sci.* 2001. Vol. 268. № 1467. P. 661–666.
10. France J., Dijkstra J., Dhanoa M.S. Growth functions and their application in animal science. *Ann. Zootech.* 1996. Vol. 45. P. 165–174.
11. AnAge entry for *Myodes glareolus* // AnAge: The Animal Ageing and Longevity Database. URL: http://www.genomics.senescence.info/species/entry.php?species=Myodes_glareolus (дата звернення 16.12.2023).
12. Keenan M.A., Stabin M.G., Seagars W.P., Fernald M.J. RADAR realistic animal model series for dose assessment. *J. Nucl. Med.* 2010. Vol. 51 № 3. P. 471–476.
13. Rubner M. Ueber den Einfluss der Körpergrösse auf Stoff- und Kraftwechsel. *Z. Biol.* 1883. Vol. 19. P. 535–562.
14. ICRP. Dose coefficients for nonhuman biota environmentally exposed to radiation. ICRP Publication 136. *Ann. ICRP.* 2017. Vol. 46. № 2. P. 1–136.
15. Kleiber M. Body size and metabolic rate. *Physiol. Rev.* 1947. Vol. 27. № 4. P. 511–541.
16. White C.R., Seymour R.S. Allometric scaling of mammalian metabolism. *J. Exp. Biol.* 2005. Vol. 208. P. 1611–1619.
17. Kleiber M. Metabolic turnover rate: a physiological meaning of the metabolic rate per unit body weight. *J. Theor. Biol.* 1975. Vol. 53. P. 199–204.
18. Fagerström T. Body weight, metabolic rate, and trace substance turnover in animals. *Oecologia.* 1977. Vol. 29. P. 99–104.
19. Jones K.E. et al. PanTHERIA: a species-level database of life history, ecology, and geography of extant and recently extinct mammals. *Ecology.* 2009. Vol. 90. Iss. 9. P. 2648.
20. Константинов М.П., Журбенко О.А. Радіаційна безпека: навч. посіб. для вищ. навч. закл. Суми: Університетська книга, 2003. 151 с.
21. ICRP. Basic Anatomical and Physiological Data for Use in Radiological Protection: Reference Values. ICRP Publication 89. *Ann. ICRP.* 2002. Vol. 32. № 3–4. P. 1–265.
22. ICRP. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication 103. *Ann. ICRP.* 2007. Vol. 37. № 2–4. P. 1–332.

УДК 504.3.054

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.2.29>

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ НАЦІОНАЛЬНОГО ЗАКОНОДАВСТВА У СФЕРІ ОХОРОНИ ОЗОНОВОГО ШАРУ З МІЖНАРОДНИМИ АКТАМИ

Єрмакович І.А.

Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля
вул. Іоанна Павла II, 17, 01042, м. Київ
i.ermakovich@snu.edu.ua

У цьому дослідженні вперше проведено порівняльний аналіз міжнародних документів щодо захисту озонового шару та законодавства України у цій сфері з метою встановлення шляхів подальшого науково-технічного розвитку держави. Об'єктом дослідження стали Віденська конвенція про охорону озонового шару, Монреальський протокол про речовини, що виснажують озоновий шар, та Закон України «Про регулювання господарської діяльності з озоноруйнівними речовинами та фторованими парниковими газами».

Проаналізовано розбіжності у регулюванні та поводженні з озоноруйнівними речовинами в досліджуваних об'єктах на основі емпіричних досліджень. Виявлено, що Україна як сторона Віденської конвенції в основному виконує свої міжнародні зобов'язання із вжиття належних законодавчих або адміністративних заходів та співробітництва у розробці заходів для контролю, обмеження, скорочення чи запобігання діяльності людини, якщо буде виявлено, що ця діяльність спричиняє чи може спричинити несприятливий вплив на зміни стану озонового шару.

На теперішній час також встановлено, що ще існують деякі не вирішені питання, пов'язані з розширенням міжнародного співробітництва у напрямках пошуку альтернативних речовин з нульовим озоноруйнівним потенціалом, спроможних замінити перехідні гідрохлорфторвуглеводні, а також розробленням та впровадженням технологій знищення контрольованих речовин. На основі цього аналізу визначено невідкладні напрямки дії центрального органу виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки, з метою виконання міжнародних зобов'язань України та вимог національного законодавства у сфері захисту озонового шару Землі, а саме: перелік заходів із скорочення споживання контрольованих речовин, одним із напрямків яких – це перехід на альтернативи ГФВ та перелік технологій знешкодження контрольованих речовин, які затверджені Сторонами Монреальського протоколу. *Ключові слова:* озоновий шар, Віденська конвенція про охорону озонового шару, Монреальський протокол про речовини, що виснажують озоновий шар, регульована речовина, Закон України, озоноруйнівні речовини, господарська діяльність, фторовані парникові гази.

Comparative analysis between national legislation and international agreements concerning the protection of the ozone layer. Yermakovych I.

In this study, a comprehensive comparative analysis of international documents concerning ozone layer protection and Ukrainian legislation in this domain was conducted for the first time. The primary objective was to identify pathways for advancing scientific and technical development within the state.

The study focused on key international agreements such as the Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer, the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer, alongside the Ukrainian Law «On the Regulation of Economic Activities with Ozone Depleting Substances and Fluorinated Greenhouse Gases».

Differences in the regulation and management of ozone-depleting substances across various study sites were examined through empirical studies. It was revealed that Ukraine, as a signatory to the Vienna Convention, largely adheres to its international commitments by implementing suitable legislative or administrative measures and collaborating on the development of strategies to control, restrict, reduce, or prevent activities with potential adverse effects on the ozone layer.

Furthermore, it was identified that several unresolved issues persist regarding the expansion of international cooperation in finding alternative substances with zero ozone depletion potential, capable of replacing transitional hydrochlorofluorocarbons. Additionally, challenges remain in the development and implementation of technologies for the destruction of controlled substances.

Based on these findings, urgent action directions for the central executive body were outlined, aimed at shaping state policies in environmental protection and safety. This ensures compliance with Ukraine's international obligations and national legislative requirements concerning the safeguarding of the Earth's ozone layer. These directions include a series of measures aimed at reducing the consumption of controlled substances, with one focus being the development of alternatives for CFCs, transition to alternatives to the hydrochlorofluorocarbons (HCFCs), along with a catalogue of approved technologies for neutralizing controlled substances, as endorsed by the Parties to the Montreal Protocol. *Key words:* Ozone layer, Vienna Convention for the Protection of the Ozone Layer, Montreal Protocol on Ozone Depleting Substances, controlled substance, Law of Ukraine, ozone depleting substances, economic activity, fluorinated greenhouse gases.

Постановка проблеми. Науковими дослідженнями встановлено, що певні хімічні речовини здатні руйнувати атмосферний озон. Руйнування озонового шару підвищує інтенсивність ультрафіолетового випромінювання, що призводить до зниження продуктивності світового океану через загибель фітопланктону, зниженню врожайності сільськогосподарських культур, негативного впливу на

вого випромінювання, що призводить до зниження продуктивності світового океану через загибель фітопланктону, зниженню врожайності сільськогосподарських культур, негативного впливу на

здоров'я людини, що пов'язано із зниженням імунітету, змінами в структурі шкірних покривів, збільшенню ризику онкологічних захворювань.

З метою захисту озонового шару від антропогенного негативного впливу задіяні механізми міжнародного регулювання у цій сфері та законодавчі акти в Україні. Для встановлення невідкладні напрямки дії центрального органу виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки, для виконання міжнародних зобов'язань України у сфері захисту озонового шару необхідно здійснити порівняльний аналіз міжнародних актів та національного законодавства.

Актуальність дослідження. Серед антропогенних факторів, які приводять до витончення озонового шару, значну роль відіграють виділення у атмосферу хлор- та фторвміщуючих фреонів. Захист навколишнього природного середовища від несприятливих наслідків від таких антропогенних факторів вимагають міжнародного співробітництва, які мають ґрунтуватися на відповідних науково-технічних досягненнях.

Захист озонового шару Землі регулюється наступними основними міжнародними нормативними актами:

- Віденська конвенція про охорону озонового шару від 22.03.1985 р.;
- Монреальський протокол з речовин, що руйнують озоновий шар, 1987 р.;
- Правки та корегування, прийняті Радами Сторін до Монреальського протоколу.

Україна 22.03.1985 року підписала, а 18.06.1986 року прийняла Віденську конвенцію про охорону озонового шару, яка вступила в дію 22.09.1988 року.

В рамках міжнародного співробітництва Верховною Радою України у 2019 році прийнято Закон «Про регулювання господарської діяльності з озоноруйнівними речовинами та фторованими парниковими газами». Цей Закон було введено в дію 27.06.2020 року. Він регулює правовідносини щодо виробництва, імпорту, експорту, зберігання, використання, розміщення на ринку та поводження з озоноруйнівними речовинами, фторованими парниковими газами, товарами та обладнанням, які їх містять або використовують, що впливає на озоновий шар та на рівень глобального потепління.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. Здійснений порівняльний аналіз міжнародних актів та національного законодавства дозволив визначити коло питань, практичним завданням яких є впровадження невідкладних напрямків дії центрального органу виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки, для виконання міжнародних зобов'язань України у сфері захисту озонового шару.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Найвні публікації в основному стосуються правових основ виконання Україною міжнародних угод у сфері захисту озонового шару [5].

Новизна. Порівняння міжнародних документів та національного законодавства здійснено уперше з метою встановлення шляхів подальшого науково-технічного розвитку держави у цій сфері.

Викладення основного матеріалу. Порівняльний аналіз міжнародних актів та національного законодавства у сфері охорони озонового шару проведено з метою визначення кола питань, стосовно яких національні нормативно-правові документи у цій сфері потребують висвітлення та удосконалення.

Віденська конвенція про охорону озонового шару (далі – Конвенція) – це рамкова угода, метою якої є захист здоров'я людини і навколишнього середовища від несприятливих наслідків людської діяльності, що змінюють чи здатні змінити стан озонового шару.

У Конвенції закріплені основні шляхи досягнення цієї мети:

а) співробітництво з систематичних спостережень, досліджень та обміну інформацією з метою оцінки впливу діяльності людини на озоновий шар і наслідки зміни стану озонового шару для здоров'я людини і довкілля;

б) вжиття належних законодавчих або адміністративних заходів та співробітництво у розробці заходів для контролю, обмеження, скорочення чи запобігання діяльності людини, якщо буде виявлено, що ця діяльність спричиняє чи може спричинити несприятливий вплив на зміни стану озонового шару;

с) співробітництво у розробці заходів, процедур і стандартів для виконання цієї Конвенції з метою прийняття протоколів і додатків;

д) співробітництво з компетентними міжнародними органами з метою ефективного виконання цієї Конвенції і протоколів, пов'язаних з нею.

Монреальський протокол про речовини, що виснажують озоновий шар (надалі – Монреальський протокол) – міжнародний договір, метою якого є захист озонового шару за шляхом впровадження механізму скорочення або припинення виробництва і споживання хімічних озоноруйнівних речовин (ОРР).

Монреальський протокол був підготовлений до підписання 16 вересня 1987 року і вступив у дію 01 січня 1989 року. Положення протоколу передбачали тільки скорочення виробництва ОРР. Промисловості надавався час на розробку та впровадження альтернативних речовин, а також альтернативних технологій або устаткування.

За період дії Монреальського протоколу були прийняті Лондонська, Копенгагенська, Монреальська, Пекінська і Кігалійська поправки. Вони розширили перелік контрольованих речовин, визначили строки припинення їх виробництва та споживання, заходи з обмеження експорто-імпортних операцій.

Щорічно проводяться засідання Сторін Монреальського протоколу з вирішенням питань щодо його реалізації.

Дуже важливими були та залишаються питання наукового співробітництва Сторін у напрямках:

- пошуку речовин з нульовим озоноруйнівним потенціалом, спроможних замінити перехідні гідрохлорфторвуглеводні (ГФВ);

- розроблення та впровадження технологій знищення контрольованих речовин.

У відповідності з пунктом 4 Групи з технічного обзору і економічної оцінки щодо інформації про альтернативи гідровуглецеам (рішення XXVIII/2) була сформована робоча група для підготовки доповіді, який має містити інформацію про альтернативи ГФУ. Доповідь була представлена на розгляд тридцять четвертої Наради Сторін, яка проходила з 31 жовтня по 04 листопада 2022 року.

Згідно пункту 5 статті 1 Монреальського протоколу технології знищення контрольованих речовин підлягають затвердженню Сторонами.

Після внесення доповнень на тридцятій Нараді Сторін Монреальського протоколу (05–09 листопада 2018 року, Кіто, Республіка Еквадор) перелік затверджених технологій знищення різних груп контрольованих речовин містить 17 технологічних рішень. Ці технології приведені у рішенні XXX/6 2019 року тридцятій Наради Сторін.

Україна ратифікувала Монреальський протокол 20 вересня 1988 року та являється Стороною усіх поправок до нього за виключенням Кигалійської.

В Україні правовідносини щодо виробництва, імпорту, експорту, зберігання, використання, розміщення на ринку та поводження з озоноруйнівними речовинами, фторованими парниковими газами, товарами та обладнанням, які їх містять або використовують, що впливає на озоновий шар та на рівень глобального потепління, регулюються Законом «Про регулювання господарської діяльності з озоноруйнівними речовинами та фторованими парниковими газами» (надалі – Закон).

Особливості національного регулювання у сфері захисту озонного шару:

- згідно статті 6 Закону виробництво контрольованих речовин в Україні заборонено;

- згідно пункту 2 Прикінцевих положень Закону з 27.06.2020 року, дня його введення в дію, імпорт і розміщення на ринку товарів та обладнання, що містять або працюють з використанням озоноруйнівних речовин заборонено, окрім наступних випадків:

- якщо товари та обладнання були імпортовані до набрання чинності цим Законом, але не розміщено на ринку;

- для цілей карантинної обробки та обробки перед транспортуванням;

- в особливих випадках, передбачених рішеннями сторін Монреальського протоколу про речовини, що руйнують озоновий шар;

- для найважливіших видів застосування, визначених окремими рішеннями на нарадах сторін Монреальського протоколу про речовини, що руйнують озоновий шар;

- згідно пункту 3 Прикінцевих положень Закону з 01.01.2021 року розміщення на ринку первинних озоноруйнівних речовин заборонено;

- національне законодавство направлене на контроль (нагляд) за діяльністю суб'єктів господарювання, які здійснюють імпорт, експорт, розміщення на ринку контрольованих речовин, товарів та обладнання, використання та поводження, а також знешкодження контрольованих речовин.

В Україні озоноруйнівні речовини використовуються як: спінювачі, розчинники та охолоджувачі у виробництві будівельних матеріалів, а також: в оборонній промисловості, в секторах цивільної та промислової авіації, в медицині, в залізничних об'єктах, в автомобільній промисловості, в холодильному, кондиціонуальному та нагрівальному насосному обладнанні, в системах протипожежного захисту та вогнегасниках, у високовольтних розподільних пристроях.

На сайті Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України (Міндовкілля) розміщена інформація стосовно типу та характеру обладнання, яке може містити озоноруйнівні речовини. Основні типи та характер обладнання, яке містить контрольовані речовини наведено у таблиці 1.

При обслуговуванні, ремонті або заміні вище вказаного обладнання можуть здійснюватися витіки озоноруйнівних речовин, а також утворюватися відходи холодоагентів, які потребують утилізації. Підприємства, які займаються виробництвом косметики, заповненням газових балонів, виробництвом холодильного обладнання, кондиціонерів, вогнегасників тощо також мають потребу в утилізації хладонів.

Згідно статті 5 Закону оператори контрольованих речовин зобов'язані вживати заходів до скорочення споживання контрольованих речовин, визначених у переліку, що встановлюється центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки.

Центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки є Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України (Міндовкілля) згідно Положення, яке затверджене Постановою Кабінету Міністрів України від 25.06.2020 р. № 614.

Згідно роз'яснення Міндовкілля, в зв'язку з тим, що в Україні озоноруйнівні речовини та фторовані парникові гази не виробляються, показник їх споживання складається із загальної кількості імпортованих речовин за винятком кількості експортованих в інші держави. Для України національна квота

Таблиця 1

Орієнтовна інформація про тип і характер обладнання, яке містить контрольовані речовини

Характер		Вміст кількості холодоагенту
Холодильне обладнання		
Побутове холодильне обладнання	побутові холодильники	0,1–0,3 кг
	побутові морозильники	
	водоохолоджувачі	
Торгівельне (комерційне) холодильне обладнання	малі автономні системи	0,1–0,5 кг
	компресорно-конденсаторні агрегати	1–10 кг
	системи централізованого холодозабезпечення	20–200 кг
Промислове холодильне обладнання	системи малої та середньої продуктивності	10–100 кг
	системи централізованого холодозабезпечення великої продуктивності	250–5000 кг
	промислові чилерні системи	100–2000 кг
Холодильні установки на транспорті	холодильні системи вантажних автомобілей (фургони, вантажівки, трейлери)	1–8 кг
	холодильні контейнери	4–8 кг
	суднові холодильні системи	20–1000 кг
Холодильні машини		
Повністю агрегатовані компресійні комерційні та промислові машини	повністю агрегатовані машини (установки) для охолодження повітря та спеціальні машини	
Кондиціонери повітря		
Побутові кондиціонери повітря	моноблоки (віконні, внутрішньостінні)	0,2–3 кг
	мобільні (портативні)	0,2–3 кг
	спліт-системи	0,5–5 кг
Автомобільні кондиціонери повітря	автомобільні кондиціонери (для легкових автомобілів та мікроавтобусів)	0,4–0,8 кг
	кондиціонери для великогабаритних транспортних засобів (автобусів, потягів тощо)	2–20 кг
Комерційні кондиціонери повітря	мульти спліт-системи; великогабаритні одиночні спліт-системи	3–10 кг
	VRF (системи із змінною витратою холодоагенту)	5–100 кг
	каналні та агреговані моноблочні дахові системи	5–100 кг
ЧИЛЕРИ		
Чилерні системи малої та середньої потужності	чилери для кондиціонування повітря; чилери для технологічних процесів; чилери для промислових процесів	40–500 кг
Чилерні системи великої потужності		500–13 000 кг
ТЕПЛОВІ НАСОСИ		
Для опалення житлових приміщень	вказати джерело тепла: повітря, вода, ґрунт непридатне тепло (наприклад стічні води, або промислове непридатне тепло)	3–6 кг
Для нагріву води побутового призначення у приміщеннях		1–2 кг
Система центрального опалення великої продуктивності		250–7000 кг

споживання озоноруйнівних речовин на 2020–2030 роки дорівнює нульовій кількості, за виключенням обмеженого споживання, що не перевищує 0.821 тонни для сервісних цілей.

Споживання (імпорт) фторованих парникових газів не обмежується. Вимоги щодо скорочення їх споживання передбачені Кігалійською поправкою до Монреальського протоколу. Зараз Україна знаходиться у процесі ратифікації Кігалійської поправки.

Згідно статті 9 Закону знешкодження контрольованих речовин повинно здійснюватися виключно за

допомогою технологій, перелік та порядок використання яких встановлюється Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України.

На теперішній час такий перелік технологій знешкодження контрольованих речовин відсутній.

Головні висновки. У якості підсумків можна висвітлити наступне:

1. Україна як Сторона Віденської конвенції в основному виконує свої міжнародні зобов'язання із вжиття належних законодавчих або адміністративних заходів та співробітництво у розробці заходів

для контролю, обмеження, скорочення чи запобігання діяльності людини, якщо буде виявлено, що ця діяльність спричиняє чи може спричинити несприятливий вплив на зміни стану озонового шару.

2. На теперішній час ще існують деякі невіршені питання, пов'язані з розширенням міжнародного співробітництва у напрямках:

– пошуку альтернативних речовин з нульовим озоноруйнівним потенціалом, спроможних замінити перехідні гідрохлорфторвуглеводні;

– розробленням та впровадженням технологій знищення контрольованих речовин.

3. З метою забезпечення виконання своїх повноважень Міндовкілля має встановити:

– перелік заходів із скорочення споживання контрольованих речовин, одним із напрямків яких – це перехід на альтернативи ГФВ;

– перелік технологій знешкодження контрольованих речовин, які затверджені Сторонами Монреальського протоколу.

Перспективи використання результатів дослідження. Впровадження результатів дослідження сприятиме подальшому розширенню міжнародного співробітництва України у сфері захисту озонового шару, створенню умов розвитку науково-технічного напрямку виробництва в Україні альтернативних речовин з нульовим озоноруйнівним потенціалом, застосуванню на території України найкращих доступних технологій утилізації озоноруйнівних речовин.

Література

1. Віденська конвенція про охорону озонового шару: Конвенція, Міжнародний документ. Офіційний вісник України від 10.06.2005 2005 р., № 21, стор. 240, стаття 1179.
2. Монреальський протокол про речовини, що руйнують озоновий шар: Протокол/ Організація Об'єднаних Націй (ООН) редакція від 21.09.2007 – 2007р., Ідентифікатор: 995_215.
3. Про регулювання господарської діяльності з озоноруйнівними речовинами та фторованими парниковими газами: Закон України від 12.12.2019 № 376-IX/ Верховна Рада України. Відомості Верховної Ради України від 22.05.2020 2020 р., № 21, стор. 5, стаття 145.
4. Деякі питання Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів: Кабінет Міністрів України. Постанова від 25 червня 2020 року № 614/ Офіційний вісник України офіційне видання від 31.07.2020 2020 р., № 59, стор. 32, стаття 1853.
5. Медведева М.О. Виконання Україною зобов'язань з охорони озонового шару за міжнародними договорами, зокрема угодою про асоціацію з Європейським Союзом: матер. міжнар. наук.-практич. конф. (м. Київ, 22 квітня 2019 року. – Київ : ВГО «Українська асоціація міжнародного права», 2019 С. 73-79.

ZINC OXIDE AS A PROMISING ECOLOGICAL PHOTOCATALYST: PROPERTIES, SYNTHESIS AND APPLICATION

Ivanenko I.M., Fedenko Yu.M., Hutsul Kh.R., Klimenkov O.M.
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
Peremogy Ave., 37, 03056, Kyiv
irinaivanenko@hotmail.com, fedenkoyura@ukr.net,
x_gucul1997@ukr.net, aleshakleimenkov@gmail.com

Researching and understanding of the basic physical properties of zinc oxide is important for many reasons. For example, they are useful for the rational design of functional devices and for developing their potential as building blocks for future nanoscale devices. Due to its electrical properties, zinc oxide is very attractive for optoelectronic and electronic devices. For example, a device made of zinc oxide material has a high breakdown voltage, lower noise, and can operate at higher temperatures with greater operating power. The optical properties of zinc oxide nanostructures are related to both internal and external effects. Internal optical transitions occur between electrons in the conduction band and holes in the valence band, including exciton effects due to Coulomb interaction. External properties are associated with additives or defects that typically create discrete electronic states in the band gap, and therefore affect both optical absorption and emission processes.

There are two main methods used in the synthesis and production of zinc oxide nanostructures. These techniques are called «top-down» and «bottom-up». The top-down technique refers to a fabrication technique whereby an object is created by carefully removing pieces of a larger object, essentially carving out the desired object. The bottom-up approach, or sometimes referred to as the self-assembly approach, uses chemical or physical forces operating at the nanoscale to assemble basic units into larger structures.

In this work, the regularities of the photocatalytic decomposition of Congo red and methylene blue dyes under flowing (dynamic) conditions were studied using samples of zinc oxide of the wurtzite type synthesized by the sol-gel method. In a model photocatalytic process implemented in the presence of a synthesized ZnO sample of 2 and 3 g, an average of 75% dye decomposition was achieved in 3 hours of UV irradiation. Such experimental data indicate a greater influence of the duration of ultraviolet irradiation than the dose of the applied photocatalyst.

The study of the acid-base properties of the surface of the synthesized powder showed the presence of acidic Bronsted centers with a pK_a of 6.4 and basic Bronsted centers with a pK_a of 9.45. The study of the pH of the solutions of the studied dyes during photocatalytic decomposition in the presence of the synthesized photocatalyst showed that its value shifts to the acidic region for both dyes. *Key words*: zinc oxide, wurtzite, photocatalysis, Congo red, methylene blue.

Цинк оксид як перспективний екологічний фотокаталізатор: властивості, синтез та застосування. Іваненко І.М., Феденко Ю.М., Гуцул Х.Р., Кліменков О.М.

Дослідження та розуміння основних фізичних властивостей цинк оксиду є важливими з багатьох причин. Наприклад, вони корисні для раціонального проектування функціональних пристроїв та для розвитку їхнього потенціалу, як будівельних блоків для майбутніх нанорозмірних пристроїв. Завдяки електричним властивостям цинк оксид представляє велику привабливість для оптоелектронних та електронних пристроїв. Наприклад, пристрій, виготовлений з цинк оксиду, має високу напругу пробую, менший рівень шуму і може працювати при більш високих температурах з великою робочою потужністю. Оптичні властивості наноструктур цинк оксиду пов'язані як із внутрішніми, так і з зовнішніми ефектами. Внутрішні оптичні переходи відбуваються між електронами в зоні провідності та дірками в валентній зоні, включаючи екситонні ефекти внаслідок кулонівської взаємодії. Зовнішні властивості пов'язані з добавками або дефектами, які, як правило, створюють дискретні електронні стани в зазорі, і, отже, впливають як на процеси оптичного поглинання, так і на випромінювання.

Існує два основних методи, що використовуються при синтезі та виробництві наноструктур ZnO. Ці прийоми називаються «зверху вниз» і «знизу вгору». Техніка «зверху вниз» відноситься до технології виготовлення, за допомогою якої об'єкт створюється обережним видаленням шматочків більшого об'єкта, по суті вирізаючи бажаний об'єкт. Підхід «знизу вгору», або його іноді називають підходом до самозбирання, використовує хімічні або фізичні сили, що діють в наномасштабі, для збирання основних одиниць у більші структури.

У даній роботі досліджувалися закономірності фотокаталітичного розкладання барвників Конго червоного та метиленового синього в проточних (динамічних) умовах із використанням зразків цинк оксиду типу вюрцит, синтезованого золь-гель методом. У модельному фотокаталітичному процесі, реалізованому у присутності синтезованого зразку ZnO масою 2 та 3 г, за 3 години УФ опромінення вдалось досягнути ступеня розкладання барвників в середньому 75%. Такі експериментальні дані свідчать про більший вплив тривалості дії ультрафіолетового опромінення, ніж дози застосованого фотокаталізатору.

Вивчення кислотно-основних властивостей поверхні синтезованого порошку показало наявність кислотних центрів Бренстеда з pK_a 6,4 та основних центрів Бренстеда з pK_a 9,45. Як показало дослідження pH розчинів досліджених барвників в ході фотокаталітичного розкладання у присутності синтезованого фотокаталізатора, його значення зміщується в кислотну область для обох барвників. *Ключові слова*: цинк оксид, вюрцит, фотокаталіз, конго червоний, метиленовий синій.

Introduction. *Physical properties of wurtzite zinc oxide.* Researching and understanding of the basic physical properties of zinc oxide is important for many reasons. For example, they are useful for the rational design of functional devices and for developing their potential as building blocks for future nanoscale devices.

Table 1
Physical properties of wurtzite (at 300 K) [5]

Property	Value
a_0 , nm	0.32495
c_0 , nm	0.52069
a_0/c_0	1.602
U	0.345
Density, g/cm ³	5.606
Stable phase at 300 K	Wurtzite
Bond length, Å	1.977
Melting point, °C	1975
Thermal conductivity, W/cm·K	0.6–1.2
Static dielectric constant	8.656
Refractive index	2.008; 2.029
Band gap, eV	3.4
Knoop's hardness, N/cm ²	0.5
Bulk hardness, GPa	5.0±0.1
Ionicity, %	62
Heat capacity, J/mol·K	40.2
Jung's module, GPa	111.2±4.7
Involuntary polarization, S/m ²	-0.057

Table 1 shows a compilation of the main physical parameters for bulk zinc oxide. It is worth noting that there is still some uncertainty in these values. For example, several reports only mention the physical properties of the type of zinc oxide, and hence the hole mobility and effective mass are still under discussion [1, 2]. In addition, as the size of semiconductor materials continuously decreases to the nanometer or even smaller scale, some of their physical properties undergo changes known as «quantum size effects». Quantum confinement increases the band gap of zinc oxide nanowires, which has been confirmed by photoluminescence measurements [3, 4].

Mechanical properties. Direct measurement of the mechanical properties of individual ZnO nanostructures is a really difficult task. Therefore, there are very few experimental studies on the mechanical properties of ZnO nanostructures. In fact, the lack of experimental studies on ZnO nanostructures is mainly due to some problems arising from the characterization methods of nanoscale material, such as sample manipulation, alignment and gripping to achieve the desired boundary conditions, and the application and measurement of force and displacement with very high resolution [6]. According to Table 1, ZnO is a relatively soft material, with a hardness of 5 GPa at a plastic penetration depth of 300 nm (for a ZnO mass oriented on the c-axis). Some researchers have tried different techniques to measure the Young's modulus of ZnO nanostructures. Based on the resonant excitation caused by an electric field, the bending modulus of ZnO nanobelts was characterized using a transmission electron microscope (TEM) [7]. In this method, a special TEM sample holder was fabricated

to apply an oscillating electric field between the ZnO nanobelt and a fixed electrode. This electric field drove the vibration of the nanobelt, and resonant oscillations were achieved by tuning the frequency of the motion. Following the classical theory of elasticity, the bending modulus was calculated and found to be 50 GPa.

In addition, atomic force microscope (AFM) experiments are popular methods for the mechanical characterization of ZnO nanostructures. Since the stiffness of the AFM tip is very small, the resolution of the force measurement is very high (nano-newtons). In this technique, a very soft spring (e.g., a cantilever beam) was used to bend the ZnO nanowire. Researchers have used this technique to measure the Young's modulus of ZnO nanowires [8, 9]. They reported different values of the Young's modulus of 29±8 and 97±18 GPa. On a massive scale, the Young's modulus of zinc oxide in the [001] direction is 140 GPa [10], which is significantly higher than the value of the modulus reported for ZnO nanostructures.

Electrical properties. Due to its electrical properties, ZnO is very attractive for optoelectronic and electronic devices. For example, a device made of ZnO material has a high breakdown voltage, lower noise, and can operate at higher temperatures with a large operating power. The background concentration of the ZnO carrier is typically 10¹⁶ cm⁻³, and the effective electron mass of ZnO is 0.24 m₀ (m₀ is the mass of free electrons), while the effective hole mass is 0.59 m₀ [5]. In addition, studies of electrical transport after configuring individual ZnO nanowires as field-effect transistors confirm that the grown ZnO nanowires exhibit n-type behavior [11]. Typically, the field-effect mobility of grown nanowires is 20–100 cm²/V·s [12]. Later, scientists reported an electron mobility of 1000 cm²/V·s after coating the nanowires with a polyimide passivation layer to reduce scattering and trapping of electrons on the surface. Recently, it has been found that after coating ZnO nanowires with a SiO₂ layer followed by Si₃N₄ for surface state passivation, the mobility of ZnO nanowires can be significantly increased to over 4000 cm²/V·s [13]. These results indicate that devices based on ZnO nanostructures have exceptional potential in high-speed electronics applications.

Optical properties. The optical properties of ZnO nanostructures have been widely studied due to their promising potential in optoelectronics. The optical properties of ZnO nanostructures are related to both internal and external effects. The internal optical transitions occur between electrons in the conduction band and holes in the valence band, including excitonic effects due to Coulomb interaction. External properties are associated with additives or defects that tend to create discrete electronic states in the band gap, and therefore affect both optical absorption and emission processes. ZnO is typically formed as an n-type semiconductor material in which electrical conductivity is due to excess zinc, presumably interstitially within the lattice and oxygen vacancies [14]. External defects,

such as hydrogen, are more often included as minor donors [15]. In general, ZnO is a wide semiconductor bandgap material (3.4 eV), making it potentially useful for efficient UV laser diodes and low power thresholds for room temperature pumping. It is also one of the promising materials for high temperature and high power devices. High-temperature operation requires a wide bandgap so that the internal carrier concentration remains. High-power operation is attractive for wide bandgap semiconductors because of the larger breakdown fields.

Materials and methods. *Synthesis of zinc oxide samples.* The synthesis of zinc oxide was carried out using the sol-gel method. To do this, 10 g of zinc acetate was dissolved in 300 cm³ of ethanol at 80 °C and under constant stirring for 10 hours to obtain a clear solution. The resulting solution was then cooled to 0 °C and NaOH solution (0.225 mol/dm³) was added dropwise to form a white gel. The resulting gel was left to age for 3 days. After that, the precipitate was separated on a vacuum filter and calcined for 3 hours at 500 °C [15].

The following dyes were used as research materials: Congo red and methylene blue. Congo red is an organic substance belonging to the class of azo dyes. In the literature, this substance may be referred to as: dinitrium salt of 4,4-bis(1-amino-4-sulfo-2-naphthylazo) biphenyl, congorot, kongorot. The formula is C₃₂H₂₂N₆Na₂O₆S₂. The molar mass is 696.665 g/mol [16]. Structural formula of Congo red is presented in Fig. 1.

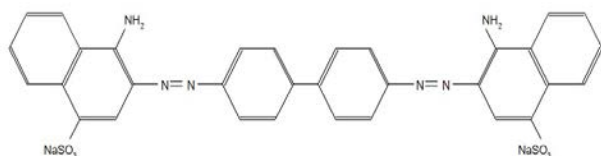


Fig. 1. Structural formula of Congo red

Methylene blue is an organic substance belonging to the class of azo dyes. In the literature, this substance can be called: methylene blue, methylenblau, methylthionii chloridum, N, N, N', N'-tetramethylthionine chloride trihydrate, 3,7-bisdimethylaminophenothiocyanine chloride [17]. Structural formula of methylene blue is presented in Fig. 2.

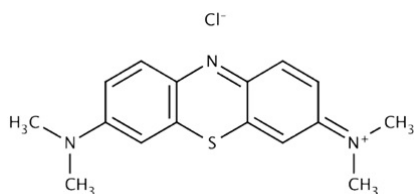


Fig. 2. Structural formula of methylene blue

To study the rate of photocatalytic activity of the synthesized zinc oxide, the following experiments were performed.

Photocatalytic decomposition of Congo red in a flow-through unit. A concentration of the dye of 5 mg/dm³ was used to study the photocatalytic activity of the synthesized sample toward Congo red under dynamic conditions. The suspension consisting of zinc oxide and dye was exposed to ultrasound for 5 minutes. Then the suspension was quantitatively transferred to a vessel with a capacity of 5 dm³ to the total volume of the dye solution. After that, the pump was turned on to pump the solution, and after 20 minutes, the UV lamp was turned on. Samples were taken every 5 min for 30 min, and then every 10 min for the next 150 min. The suspension was then filtered through a syringe membrane filter and the residual dye concentration was determined.

Photocatalytic decomposition of methylene blue in a flow-through unit. A methyl blue solution of 5 mg/dm³ was used to study methyl blue under dynamic conditions. A suspension of the photocatalyst in a small volume of the solution of the dye under study was first exposed to ultrasound for 5 min. The resulting suspension was quantitatively transferred to a 5 dm³ vessel to the total volume of the dye solution. Next, the pump was turned on to pump the solution and the UV lamp was turned on after 20 minutes. Samples were taken every 5 min for 30 min, and then every 10 min for 150 min.

Acid-base properties of the surface. The Hammett method was used to study the acid-base properties of the surface, namely the distribution of surface centers by acidity [18]. This method involves the use of 13 indicators with different pK_a values in the range from +0.80 to +12.8. The list of these indicators and their characteristics are presented in Table 2.

Table 2

Characterization of acid-base indicators

№	Indicator	pK _a	λ _{max} , nm
1	Crystal purple	+0.8	580
2	Diamond green	+1.3	610
3	Methyl orange	+3.46	460
4	Bromophenol blue	+4.1	590
5	Methyl red	+5.0	430
6	Chrysoidine	+5.5	448
7	Bromocresol purple	+6.4	540
8	p-Nitrophenol	+7.15	360
9	Bromothymol blue	+7.3	430
10	Thymol blue	+8.8	430
11	Pyrocatechin	+9.45	274
12	Tropheoline 00	+12.0	440
13	Indigocarmine	+12.8	610

Results and discussion. Experimental data on the photocatalytic decomposition of Congo red in a flow-through unit are shown in Fig. 3–4.

As can be seen from the histogram shown in Fig. 3, a solution of Congo red dye with an initial concentration of 5 mg/dm³ of a volume of 3 dm³ undergoes discoloration up to 75 % when the decomposition process with UV irradiation lasts for 180 min at a mass of ZnO of 2 g. In

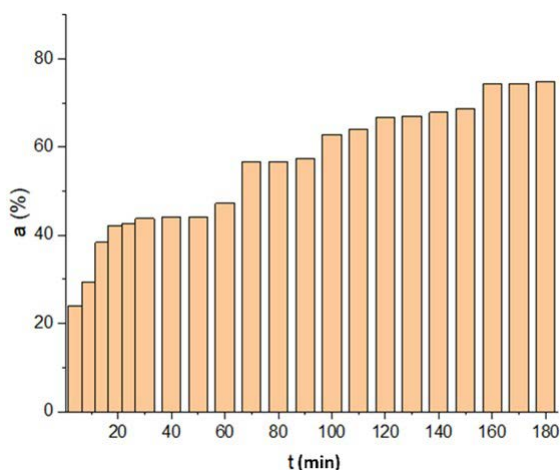


Fig. 3. The degree of photocatalytic decomposition of Congo red ($m_{ZnO} = 2$ g)

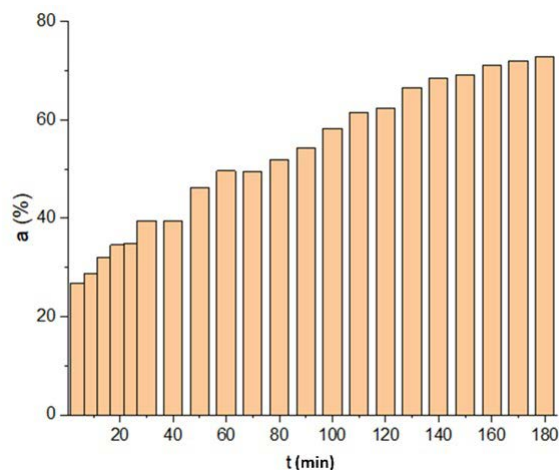


Fig. 5. Degree of photocatalytic decomposition of methyl blue ($m_{ZnO} = 2$ g)

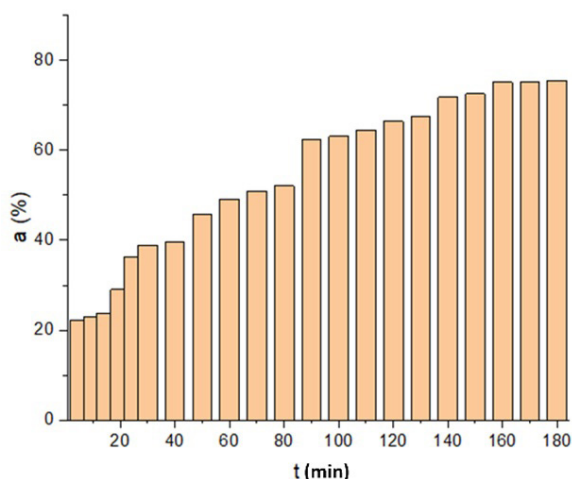


Fig. 4. The degree of photocatalytic decomposition of Congo red ($m_{ZnO} = 3$ g)

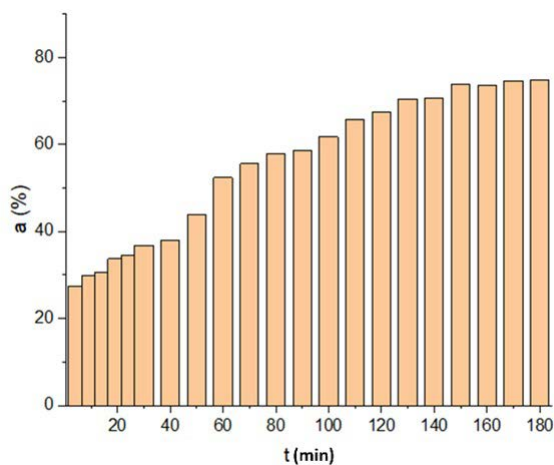


Fig. 6. Degree of photocatalytic decomposition of methyl blue ($m_{ZnO} = 3$ g)

the first 10 minutes, the degree of discoloration is 30 %, and in the next 60 minutes it rises to 57 %.

It is shown from the histogram in Fig. 4 that a solution of Congo red dye with an initial concentration of 5 mg/dm³ of a volume of 3 dm³ is subjected to discoloration only up to 76 %, with UV irradiation duration of 180 min at a mass of ZnO of 3 g. In the first 10 minutes, the solution is discolored by 23 % and after 60 minutes by 51 %.

Comparing the data of Figs. 3 and 4, it can be concluded that when implementing the photocatalytic decomposition process under dynamic conditions, the duration of UV irradiation has a greater effect on the degree of photocatalytic decomposition of Congo red than the weight of the photocatalyst used.

Experimental data on the photocatalytic decomposition of methylene blue in a flow-through unit are shown in Fig. 5–6.

As can be seen from the histogram in Fig. 5, a solution of methyl blue dye with an initial concentration of 5 mg/dm³ of a volume of 3 dm³

undergoes a decolorization of up to 73 % when the decomposition process with UV irradiation lasts for 180 min at a mass of ZnO of 2 g. In the first 10 minutes, the degree of decolorization is 29 %, and in the next 60 minutes it reaches 51 %.

From the histogram in Fig. 6 shows that a solution of methyl blue dye with an initial concentration of 5 mg/dm³ of a volume of 3 dm³ undergoes discoloration up to 75 % when the decomposition process with UV irradiation lasts for 180 min at a mass of ZnO of 3 g. In the first 10 minutes, the degree of discoloration is 30 %, and in the next 60 minutes it reaches 53 %.

Comparing the data of Figs. 5 and 6, it can be concluded that when implementing the photocatalytic decomposition process under dynamic conditions, the duration of UV irradiation has a greater effect on the degree of photocatalytic decomposition of methyl blue than the weight of the photocatalyst used.

Fig. 7 shows the distribution of surface centers by the degree of acidity of the synthesized zinc oxide.

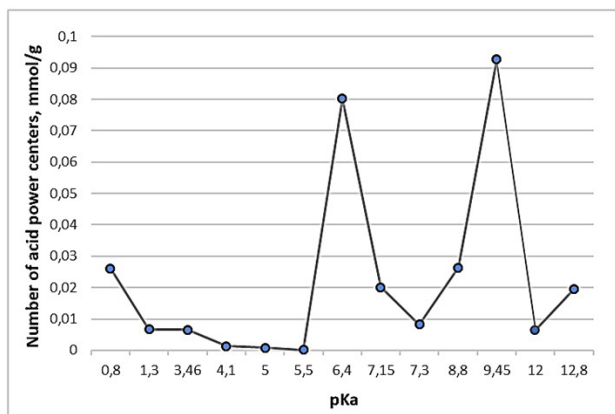


Fig. 7. Distribution of surface centers of synthesized ZnO by the degree of acidity

As can be seen in Fig. 7, to the left of the neutrality point (pH 7) are the acidic centers on which the basic indicators (pH < 7) adsorb. On the right are the basic centers on which acidic indicators (pH > 7) adsorb. At pH 7, the adsorbate molecules and surface centers have basic and acidic properties equally. The surface properties of the synthesized ZnO are determined by the presence of intense peaks in the weakly acidic ($pK_a = 6.4$) and weakly basic Brønsted regions ($pK_a = 9.45$). Therefore, the sample is characterized by low proton

acceptor and proton donor properties. However, due to the presence of a peak in the neutral region, it is possible that the established equilibrium is shifted towards the manifestation of proton-acceptor or proton-donor properties by the centers.

Conclusions. In a model photocatalytic process implemented in a flow unit in the presence of a synthesized ZnO sample of 2 and 3 g, an average of 75 % of Congo red and methyl blue dyes decomposition was achieved in 3 hours of UV irradiation. Such an experimental data indicate a greater influence of the duration of ultraviolet irradiation than the dose of the applied photocatalyst.

The study of the acid-base properties of the surface of the synthesized powder showed the presence of acidic Brønsted centers with a pK_a of 6.4 and basic Brønsted centers with a pK_a of 9.45. The role of such centers is played by hydroxyl surface groups, which are differently attached to the surface of the synthesized zinc oxide crystals.

As shown by the study of the pH of the solutions of the studied dyes during photocatalytic decomposition in the presence of the synthesized photocatalyst, it shifts to the acidic region for both dyes. This indicates the destruction of the molecules of the model pollutants and is also indirect evidence of the formation of new compounds to which the studied dyes decompose because of photodegradation.

References

1. Кристалічна структура оксиду цинку. URL: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:18017/FULLTEXT01.pdf> (дата звернення: 14.02.2024).
2. Фізичні властивості оксиду цинку типу вюрцит. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/51293424.pdf> (дата звернення: 14.02.2024).
3. Фізичні властивості оксиду цинку. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/2053-1591/ab77f0/pdf> (дата звернення: 14.02.2024).
4. Фізичні властивості оксиду цинку типу вюрцит. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/9783527628155.panotech004> (дата звернення: 14.02.2024).
5. Фізичні властивості вюрциту. URL: https://www.researchgate.net/publication/341037284_Photosluminescence_of_ZnO_Nanowires_A_Review (дата звернення: 15.02.2024).
6. Кристалічна структура оксиду цинку. URL: https://www.researchgate.net/figure/Physical-properties-of-wurtzite-ZnO-Properties-Values_tbl1_318659085 (дата звернення: 15.02.2024).
7. Механічні властивості оксиду цинку. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4299076/> (дата звернення: 15.02.2024).
8. Механічні властивості оксиду цинку. URL: <https://www.hindawi.com/journals/jnm/2008/849745/> (дата звернення: 15.02.2024).
9. Модуль Юнга нанопроволок ZnO. URL: https://www.researchgate.net/publication/7174108_Size_Dependence_of_Young's_Modulus_in_ZnO_Nanowires (дата звернення: 15.02.2024).
10. Механічні властивості нанопроволок ZnO. URL: https://www.researchgate.net/publication/23464272_Mechanical_Properties_of_ZnO_Nanowires (дата звернення: 16.02.2024).
11. Електричні властивості оксиду цинку. URL: https://www.researchgate.net/publication/239287861_Comparison_of_the_electron_effective_mass_of_the_n-type_ZnO_in_the_wurtzite_structure_measured_by_cyclotron_resonance_and_calculated_from_first_principle_theory (дата звернення: 16.02.2024).
12. Електричні властивості нанопроволок оксиду цинку. URL: https://www.researchgate.net/publication/23985840_Comparison_Between_the_Electrical_Properties_of_ZnO_Nanowires_Based_Field_Effect_Transistors_Fabricated_by_Back_and_Top-Gate_Approaches (дата звернення: 16.02.2024).
13. Електричні властивості оксиду цинку. URL: (дата звернення: 16.02.2024).
14. Оптичні властивості оксиду цинку. URL: https://www.researchgate.net/publication/308273887_Intrinsic_and_extrinsic_doping_of_ZnO_and_ZnO_alloys (дата звернення: 16.02.2024).
15. Оптичні властивості оксиду цинку. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1367-2630/16/8/083040> (дата звернення: 16.02.2024).
16. Конго червоний. URL: <http://chemister.ua/Database/properties.php?dbid=1&id=2416> (дата звернення: 16.02.2024).
17. Метилловий синій. URL: <https://www.systopt.com.ua/ru/article-metylenoviy-synij-vlastyvoosti-ta-zastosuvannya> (дата звернення: 16.02.2024).
18. Кислотно-основні властивості поверхні. URL: <https://butlerov.com/files/reports/2015/vol41/1/152/152-158.pdf> (дата звернення: 16.02.2024).

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИКОРΟΣЛИХ РОСЛИН ДЛЯ ЕКСПЕНСИВНОГО ОЗЕЛЕНЕННЯ ДАХІВ В ЗОНІ ПОЛІССЯ

Рибак О.С., Пацева І.Г.

Державний університет «Житомирська політехніка»
вул. Чуднівська, 103, 10005, м. Житомир
ke_ros@ztu.edu.ua, rig@ztu.edu.ua

Перед багатьма містами і громадами сьогодні стоїть завдання створення нових житлових і робочих просторів для своїх мешканців. Зростаючі міста і громади стикаються з інтенсивною конкуренцією за простір, а зелені насадження все частіше втрачаються через забудову в межах міста. Проте зелені насадження необхідні для регулювання свіжого, прохолодного повітря, зберігання дощової води, поповнення ґрунтових вод і забезпечення середовища існування для рослин і тварин. Багато міст вже страждають від ефекту теплового острова та повеней, спричинених сильними дощами, і ці проблеми, ймовірно, стануть ще серйознішими в міру прогресування кліматичних змін.

Озеленення дахів є важливим засобом пом'якшення або, принаймні, часткової компенсації негативних наслідків міської забудови. Загалом, науково підтверджено, що озеленення дахів має сприятливий вплив порівняно з не озелененням дахів, особливо з точки зору регулювання температури та утримання води [10].

Хоча деякі види озеленення дахів є сприятливими для біорізноманіття, звичайне широкомасштабне озеленення дахів часто все ще не забезпечує достатнього потенціалу середовища існування для флори і фауни. Однак використання місцевих дикорослих рослин може принести значні переваги завдяки збереженню та популяризації місцевої специфічної біорізноманітності [11].

Метою даної роботи є представлення інноваційної пропозиції щодо озеленення дахів з використанням дикорослих рослин, що походять з Поліського регіону. Ми розглядаємо цю статтю насамперед як джерело натхнення для впровадження та подальшого дослідження альтернативних форм зелених дахів. Незважаючи на обнадійливі результати кількох років досліджень іноземних вчених, довготривалі дослідження розвитку рослинності наразі відсутні. Ця стаття є «інструкцією» для людей, які займаються наукою та практикою у міському та ландшафтному плануванні, садівництві та озелененні, а також охороні природи в міських районах, які хотіли б дізнатися, як екстенсивні зелені дахи можуть бути розроблені для захисту та розвитку місцевого біорізноманіття. *Ключові слова:* екстенсивні зелені дахи, дикорослі рослини, біорізноманіття, луки, насіння.

Study of wild plants for extensive greening of roofs in the forest area. Rybak O., Patseva I.

Today, many cities and communities face the task of creating new living and working spaces for their residents. Growing cities and communities face intense competition for space, and green space is increasingly being lost to urban development. However, green spaces are necessary to regulate fresh, cool air, store rainwater, recharge groundwater, and provide habitat for plants and animals. Many cities already suffer from the heat island effect and flooding caused by heavy rains, and these problems are likely to become more severe as climate change progresses.

Greening of roofs is an important means of mitigating or at least partially compensating the negative effects of urban development. In general, it has been scientifically proven that greening roofs has a beneficial effect compared to no greening of roofs, especially in terms of temperature regulation and water retention [10].

Although some types of green roofs are beneficial for biodiversity, conventional large-scale green roofs often still do not provide sufficient habitat potential for flora and fauna. However, the use of native wild plants can bring significant benefits through the conservation and promotion of local specific biodiversity [11].

The purpose of this work is to present an innovative proposal for greening roofs using wild plants originating from the Polissky region. We see this article primarily as a source of inspiration for the implementation and further research of alternative forms green roofs. Despite the encouraging results of several years of research by foreign scientists, there are currently no long-term studies of vegetation development. This article is a «how-to» for academics and practitioners in urban and landscape planning, horticulture and landscaping, and conservation in urban areas who would like to learn how extensive green roofs can be designed to protect and enhance local biodiversity. *Key words:* extensive green roofs, wild plants, biodiversity, meadows, seeds.

Масштабне озеленення дахів на бідних на поживні речовини мінеральних субстратах часто зазнає впливу екстремальних умов навколишнього середовища – тривалих посушливих періодів і високих температур протягом вегетаційного періоду. В Україні це сухі та напівпосушливі луки, які також називають бідними луками, а в деяких регіонах – сухі вапнякові (наприклад, худі вапнякові луки з фітосозологічною класифікацією *Festuco Brometea*) та силікатними ґрунтами (*Koelerio Corynephoretea*). Подібні умови зустрічаються і на луках [1]. Види рослин цих рос-

линних форм загалом пристосовані до сухих, бідних на поживні речовини умов [2]. Однак дослідження показали, що порівняно з історично культивованими луками, екстенсивно зарослі дахи з відносно тонкою рослинною основою мають значно обмежені запаси води під час тривалих посушливих періодів [3]. Іншими словами, історично культивовані бідні луки не можуть використовувати весь спектр видів, оскільки деякі види мають дуже глибоке коріння.

Чим свіжіші та багатші на поживні речовини умови озеленення даху, тим вищі вимоги до польових

квітів. Луки і узбіччя також можуть бути використані для екстенсивного озеленення дахів, якщо є більша або триваліша доступність води, наприклад, завдяки товщому шару ґрунту, затіненню або зрошенню, де це необхідно. Орні польові квіти і види, які ростуть на посушливих і різноманітних сухих сільськогосподарських землях, також можуть бути використані для розширення видового спектру, оскільки вони, як правило, мають вищий потенціал для відновлення після порушення [4].

У Полінезійській низовині види рослин для озеленення дахів обираються на основі типових пасовищ і пов'язаних з ними типів рослинності в регіоні. З фітосоціологічної точки зору рослинність поліських пасовищ в основному класифікується як *coelenterio corupneforetea* (піщані сухі луки, кам'яністі луки, кам'яністі осипи та кам'яніста рослинність). *Nardo carnatea* (злакові трави, чагарникові пустища та очеретяні луки). Крім того, в цих оселищах зустрічається ціла організація мезічних луків і сухих рудеральних луків (*Dauso Melilotion*). Огляд літературних джерел, присвячених вивченню флори та рослинності цієї території, дозволив скласти список видів рослин, придатних для висаджування на дахах (11). Ми відібрали види, адаптовані до сухих, бідних на поживні речовини умов. Це види з вмістом вологи (F-число) ≤ 4 та азоту (N-число) ≤ 5 . Зокрема, ми відібрали види з м'яккою, витривалою, а в деяких випадках середньорозвинутою морфологією листка. Окрім дворічних та багаторічних видів, які зазвичай використовуються для озеленення дахів, були також включені однорічні види, оскільки вони можуть швидко давати квітучу зелень вже в перший рік. Крім того, вони можуть відігравати роль «заповнювачів прогалів» під час екстремальних посушливих періодів, коли втрачаються багаторічні види (наприклад, ряска звичайна *Erodium cicutarium*, мітлиця лісова *Myosotis arvensis*, чебрець піщаний *Arenaria serpyllifolia* та фіалка триколірна *Viola tricolor*).

На дахах з більш сприятливим водопостачанням, таких як затінені або зелені ділянки з високою здатністю до накопичення води, повинні домінувати бобові, такі як конюшина польова *Trifolium arvense* і конюшина звичайна *Trifolium campestre*, принаймні, протягом перших кількох років. На великих площах це не є проблемою, але на великих площах з достатньою кількістю води ці види слід висівати рідко і збирати рано, щоб не пригнічувати інші види. Ці види також можна не висівати.

Навіть у великих садах на дахах, де субстрат є тонким, а доступність води низькою, тимчасові водно-болотні угіддя можуть виникати на невеликих ділянках, незважаючи на належне впровадження та обслуговування.

Такі ділянки не були в центрі уваги проекту, але спостереження показали, що за умови рівномірного забезпечення водою такі види підходять для рослинності на таких ділянках: мох зозулинці *Lychnis flos-cusculi*, вузлувата пирійна трава *Scrophularia nodosa*,



А



Б



В

Рис. 1. Типова регіональна лугава рослинність як область пошуку придатних диких рослин для екстенсивних зелених дахів (А – гвоздика трав'яниста *Dianthus deltooides* і просинець коренистий *Hypochaeris radicata*; Б – булавоносець сіруватий *Corynephorus canescens*, очиток їдкий *Sedum acre*, нечуйвітер звичайний *Pilosella officinarum*; В – фіалка триколірна *Viola tricolor*; роговик ланцетолістий *Cerastium holosteoides*)

мітлиця червона *Silene dioica*, суріпиця звичайна *Barbarea vulgaris*.

Дикорослі рослини зазвичай пристосовані до екологічних умов місцевості.



Рис. 2. Пізніша стадія сукцесії типового для регіону піщаного сухого пасовища з домінуючим дерев'ям *Achillea millefolium*, переходить до щавлю горобинного *Rumex acetosella* і льнонок звичайний *Linaria vulgaris*

Адаптація. Умови навколишнього середовища змінюються просторово (і в часі), і генетичний обмін часто не відбувається у віддалених популяціях видів рослин. Такі популяції відрізняються як генетично, так і за адаптивними механізмами. Тому важливо звертати увагу на походження дикорослих видів рослин, які використовуються в заходах з озеленення, щоб зберегти і розвинути типове біорізноманіття регіону.

З екологічної точки зору, навіть для озеленення дахів має сенс використовувати насіння дикорослих рослин та посадковий матеріал місцевого походження [5].

Щодо озеленення дахів як природоохоронної вимоги та внеску в біорізноманіття, є пряме посилання на рекомендації FLL щодо озеленення дахів з використанням місцевого насіння [6]. На основі швейцарського стандарту «Озеленення дахів» (SIA 2013) та німецької регіональної концепції насіння та місцевих посадкових матеріалів Прассе та ін. [7] для

озеленення дахів були запропоновані різні якості екологічного походження (табл. 1).

При реалізації проектів озеленення дахів особливо високої якості з точки зору охорони природи рекомендується шукати місцеві донорські території. Наприклад, у випадку прямого лісозаготівельного методу рекомендується шукати негусті пасовища. Зацікавлені сторони повинні зв'язатися з місцевими природоохоронними органами та асоціаціями, біологічними науково-дослідними установами та власниками потенційних донорських територій перед плануванням. Деякі види, які можна використовувати для озеленення дахів, також зустрічаються в дикій рослинності в містах (наприклад, кедровий мох *Arenaria serpyllifolia*, перстач срібляста *Potentilla argentea*, синюха звичайна *Echium vulgare*). Помірний збір насіння в некомерційних цілях не заборонений, якщо вони не занесені до Червоної книги.

Насінництво легко організувати. На жаль, наразі на європейському ринку дикорослих рослин, а тим більше в Україні, немає регіональних сумішей насіння для озеленення дахів. Зацікавленим сторонам слід звертатися безпосередньо до сертифікованих виробників та дилерів насіння дикорослих рослин і вибирати з насінневих сумішей, представлених у Додатку.

При плануванні насінневих сумішей іншого походження, на додаток до основних напрямків регіональної насінневої концепції [7], рекомендується звернутися за порадою щодо використання та доступності насіння до експертів, знайомих з флорою відповідного регіону. За необхідності слід також залучати спеціалізовані установи. Важливо уникати широкого використання сумішей видів рослин на певній території, що призводить до змін у місцевій флорі, які є сумнівними з точки зору збереження.

Таблиця 1

Природоохоронні якості походження рослинного матеріалу для зелених дахів (на основі SIA 2013 [8] та Прассе [9])

Високий	Походження		Рослинний матеріал
Природний заповідник – професійна якість	Місцеве	Територія у власності	Насіння в тому числі обмолот та відходи відповідних донорів площ або проміжного розмноження
	Природна зона*		
	Регіон**		
	Середня Європа	Не резидент	Як правило, немає дикорослих форм, рослини модифіковані селекцією, зазвичай невідомо
Глобальне			
Низький			

Література

1. Dierschke H. Syntaxonomische Gliederung. In: Ellenberg H. & Leuschner C. [Hrsg.]: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 6. Aufl. Ulmer, Stuttgart, 2010. S. 1136-1146.
2. Ellenberg H. & Leuschner C. Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. 6. Aufl. Ulmer, Stuttgart, 2010. S. 1357.
3. Schröder R. & Kiehl K. Extensive roof greening with native sandy dry grassland species: Effects of different greening methods on vegetation development over four years. Ecological Engineering 145, 2020.
4. Kiehl K., Jeschke D. & Schröder R. Using native plant species of dry sandy grasslands for roof greening in northwestern Germany opportunities and challenges. In: Catalano C., Andreucci M. B., Guarino R., Bretzel F., Leone M. & Pasta S. [Hrsg.]: Urban services to Ecosystems: Green infrastructure benefits from the landscape to the urban Scale. Springer, Berlin, 2021

5. Рибак О.С., Пацева І.Г. Екологічні основи аналізу впливу «зелених» дахів на міський клімат в урбоценозах. Вісник хмельницького національного університету, 2023 (327). 5(2). С. 103-107.
6. Рибак О., Пацева І. Зелені дахи як елемент децентралізованого управління дощовою водою. Проблеми хімії та сталого розвитку, 2023. 2. С. 40–46.
7. Пацева І. Г. , Барабаш О. В. , Мельник-Шамрай В. В. , Шамрай В. І. , Пацев І. С. Аналіз сучасного стану лісових ресурсів у контексті сталого розвитку. Збірника наукових праць Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. 2023. № 4 (493) . С. 205-211
8. FLL – Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen: Dachbegrünungsrichtlinie. 6. Ausgabe. Bonn, 2018. S. 158.
9. FLL – Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. Empfehlungen für Begrünungen mit gebietseigenem Saatgut. 1. Ausgabe. Bonn, 2014. S. 150.
10. Prasse R., Kunzmann D. & Schröder R. Entwicklung und praktische Umsetzung naturschutzfachlicher Mindestanforderungen an einen Herkunftsnachweis für gebietseigenes Wildpflanzenaatgut krautiger Pflanzen: Unveröffentlichter Abschlussbericht DBU-Projekt (AZ: 23931). Hannover, 2010. S. 166.
11. SIA Schweizerischer Ingenieur und Architekten-Verein [Hrsg.] Begrünung von Dächern. Schweizer Norm 564 312. sia 312:2013 Bauwesen, Zürich, 2013. S. 24.
12. Prasse R., Kunzmann D. & Schröder R. Forschungsprojekt Regiosaatgut – Grundlagen für bundeseinheitliche Regionalisierung der Wildpflanzenproduktion (Saat- und Pflanzgut). Natur in NRW 2/2011: 30-32.
13. Oberndorfer E., Lundholm J., Bass B., Coffmann R.R., Doshi H., Dunnett N., Gafn S., Köhler M., Liu K.K.Y. & Rowe B. Green Roofs as Urban Ecosystems: Ecological Structures, Functions and Services. BioScience 57, 2007. S. 823-833.
14. Williams N.S.G., Lundholm J. & Macivor J.S. (2014): Do green roofs help urban biodiversity conservation? Journal of Applied Ecology 51. 2014. S. 1643-1649.

РЕКРЕАЦІЙНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЛІСІВ ЗЕЛЕНОЇ ЗОНИ М. ЖИТОМИРА

Сірук І.М., Сірук Ю.В.

Поліський національний університет
бульв. Старий, 7, 10008, м. Житомир
cranberry2204@gmail.com, Qarpofor@ukr.net

Рекреаційне використання лісів зеленої зони міст є важливою складовою лісокористування у рекреаційно-оздоровчих лісах та потребує постійного моніторингу інтенсивності рекреаційних навантажень на об'єкти, котрі користуються популярністю у населення. Протягом 2020–2023 рр. експедиційним методом була проведена оцінка лісонасаджень за формами і типами рекреаційної діяльності. На 150 репрезентативних дослідних об'єктах проводився облік відвідування лісових масивів рекреантами із поєднанням методів відеореєстрації та соціопитувань. Об'єктом дослідження була рекреація в лісах зеленої зони міста Житомира, а предметом – інтенсивність рекреаційних навантажень при різних формах рекреаційної діяльності.

Досліджено, що лісонасадження зеленої зони міста Житомира мають значну протяжність вздовж селітебних територій і водних об'єктів, що вказує на високий рекреаційний потенціал приміських лісів. Проте, відмічений низький рівень відвідуваності лісових масивів рекреантами – лише близько 13 % площ ділянок регулярно використовуються для відпочинку населення. Встановлено, що домінуючим видом рекреаційної діяльності є прогулянка форма. За терміном перебування рекреантів лише на площі 16,5 га виявлено довготривале регулярне відвідування. Рівномірна інтенсивність рекреаційних навантажень протягом року відмічена лише при добувальній формі рекреації. На багатьох ділянках різних форм рекреаційної діяльності при разових спостереженнях були зафіксовані перевищення допустимих норм рекреаційного навантаження, в окремих випадках в 20 разів. Здебільшого гранично допустимі норми перевищувалися на ділянках туристичної і пікнікової форм рекреаційної діяльності, найменше – при прогулянкової рекреації. Найбільший рівень рекреаційної дигресії відмічений на ділянці добувної форми рекреаційної діяльності, де знаходилося джерело питної води.

Отримані результати дослідження є важливими для лісогосподарських та комунальних підприємств і можуть бути використані в якості основи для проектування заходів благоустрою і актуалізації плану функціонального зонування території.

Ключові слова: приміські ліси, рекреаційне навантаження, відвідування, форми рекреації, сезон, тривалість відпочинку.

Recreational use of the green zone forests of Zhytomyr city. Siruk I., Siruk Yu.

Recreational use of the green zone forests of cities is an important component of forest use in recreational forests and requires constant monitoring of the intensity of recreational loads on objects that are popular with the population. During 2020–2023, the expedition method was used to assess forest plantations by forms and types of recreational activities. At 150 representative research sites, the number of visits to forest areas by recreationists was recorded using a combination of video recording methods and social surveys. The object of the study was recreation in the green zone forests of the Zhytomyr city, and the subject was the intensity of recreational loads during various forms of recreational activity.

It has been investigated that the forest plantations of the green zone of the Zhytomyr city have a significant length along the residential areas and water bodies, which indicates the high recreational potential of suburban forests. However, a low level of visitation of forest massifs by recreationists was noted – only about 13% of the areas are regularly used for public recreation. It was established that the dominant form of recreational activity is walking. According to the length of stay of vacationers, long-term regular visits were found only on an area of 16.5 hectares. Uniform intensity of recreational loads throughout the year was noted only in the extractive form of recreation. In many areas of various forms of recreational activity, during single observations, excesses of permissible norms of recreational load were recorded, in some cases by 20 times. For the most part, the maximum allowable norms were exceeded in the areas of tourist and picnic forms of recreational activity, the least – in walking recreation. The highest level of recreational digression was noted in the area of the extractive form of recreational activity, where the source of drinking water was located.

The obtained research results are important for forestry and communal enterprises and can be used as a basis for designing improvement measures and updating the functional zoning plan of the territory. *Key words:* suburban forests, recreational load, visits, forms of recreation, season, duration of rest.

Постановка проблеми. Лісонасадження зеленої зони відносяться до рекреаційно-оздоровчих лісів, частка яких у лісовому фонді України сягає 15 %. Досить часто ліси зелених зон називають ще «приміськими», що зумовлено їх приуроченістю до відносно великих населених пунктів. Ведення лісового господарства в лісах даної категорії має свої особливості, оскільки першочерговою метою є забезпечення належного санітарного стану, естетичного вигляду та екологічної стійкості лісових ділянок.

Лісогосподарські заходи в лісопарковій частині лісів зелених зон максимально спрямовані на створення безпечної рекреації як для рекреантів з одного боку, так і для лісових біогеоценозів з іншого. З метою оптимізації рекреаційного використання приміських лісів окремо проводиться ландшафтна таксація, результати якої враховуються при розробленні функціонального зонування території. Поряд із врахуванням рекреаційних показників для належної організації рекреаційного використання лісопарко-

вої зони потрібно враховувати також рекреаційне навантаження та резистентність ділянок із високим рівнем відвідуваності. Перевищення гранично-допустимого навантаження (ГДН) може призвести до критичного рівня рекреаційної дигресії території і, як наслідок, до втрати здатності до самовідновлення ділянок приміських лісів.

Актуальність дослідження. Окремі великі міста як в Україні, так і закордоном мають індивідуальні плани функціональної організації території, розробленню яких сприяли проведення дослідження рекреаційних показників, типів рекреаційного використання та рекреаційної ємності ділянок комплексної зеленої зони, до якої відносяться як міські, так і приміські лісонасадження. В ряді великих міст різних природних зон нашої країни протягом останніх 10–20 років були проведені дослідження рекреаційного потенціалу, аналізувалися рекреаційні показники, визначалася рекреаційна ємність ділянок зеленої зони, вплив різних факторів на стан приміських лісів тощо. В результаті таких досліджень вдавалося розробляти плани функціонального зонування, оптимізувати рекреаційне користування у лісопарках, упередивши деградацію окремих ділянок, проєктувати лісогосподарські заходи для підвищення рівня благоустрою ділянок, естетичної оцінки та стійкості до негативного антропогенного впливу. Місто Житомир, яке є одним із найбільших населених пунктів України, на разі має одні з найбільших площ приміських лісів. Попри те, що у лісопарковій частині лісів зеленої зони в межах основних лісокористувачів проходила ландшафтна таксація і для окремих масивів було розроблене функціональне зонування території, комплексно рекреаційні показники та рівень рекреаційного користування міста ніким досліджені ще не були. Зважаючи на пріоритетність розвитку рекреації в лісах нашої країни, що підтверджується розпорядженням КМУ від 29 грудня 2021 р. № 1777-р «Про схвалення Державної стратегії управління лісами України до 2035 року» [1] є необхідність у проведенні досліджень рекреаційного використання лісів зеленої зони м. Житомира з метою подальшого розроблення актуального функціонального зонування.

Зв'язок авторського доробку із важливими та практичними завданнями. Відповідно до стратегічних цілей та показників їх досягнення при ефективному управлінні лісами «розвиток системи рекреації передбачається забезпечити шляхом розвитку екологічного туризму, рекреаційного використання лісів, а також підвищення якості та доступності інформації про ліси та лісове господарство» [1]. У контексті саме даних цілей і проводилося дане дослідження. У результаті проведення експедиційного обстеження було виявлено найбільш рекреаційно значущі об'єкти та створено інтерактивну рекреаційну мапу в межах комплексної зони міста Житомира, що зможе сприяти розвитку екологіч-

ного туризму в приміських лісах. Поряд з цим було визначено рівень рекреаційного використання території, досліджено види рекреаційної діяльності та основні місця зосередження відпочиваючих відповідно до сезону року. Створення цифрової рекреаційної мапи дозволяє значною мірою підвищити якість та доступність інформації щодо рекреаційних об'єктів та рекомендованого сезону їх відвідування. Досліджування проводилися в рамках науково-дослідної тем кафедри лісівництва, лісових культур та таксації лісу Поліського національного університету «Формування стійких лісових і паркових насаджень в умовах еколого-кліматичних змін Полісся України» (державний реєстраційний номер 0115U0067350) і «Стан лісів Житомирського Полісся в умовах зміни клімату та впливу антропогенних чинників» (державний реєстраційний номер 0121U109036), а також госпдоговірної теми: «Розробити план функціонального зонування лісопаркової частини лісів зеленої зони ДП «Пулинський лісгосп АПК» (договір №04-08 від 01.08.2022).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженням рекреаційного використання приміських лісів займалися багато вітчизняних та закордонних науковців. На теренах України основні принципи ведення лісового господарства у лісах зеленої зони були сформовані досить давно [2, 3, 4, 5]. Питаннями досліджень рекреаційно-оздоровчих лісів великих міст та їх рекреаційного використання займалися ряд науковців різних регіонів та установ. У лісах зеленої зони міста Львова дослідження проводили О. Собечко [6], Ю.С. Миклуш [7], Біла Т. [8], м. Києва – М.М. Кутя [9], О.В. Токарева [10], м. Рівного – С.В. Івашинюта [11], В.П. Ворон [12], м. Вінниці – В.М. Прокопчук і М.В. Матусяк [13], м. Тернополя – І. Кузик [14], м. Харкова – В. П. Ткач, І. Ф. Букша, М. М. Ведмідь [15], м. Івано-Франківська – Х. Р. Драгун, Р. П. Стефанюк, А. М. Заморока [16], м. Чернігова – В.Б. Брайко [17]. Спільним даних досліджень є те, що досліджувалися відносно лісисті регіони. Висновки окремих дослідників [15] підтверджують слабкий рівень рекреаційного використання території лісопаркових зон. Натомість у дослідженнях окремих закордонних вчених висвітлюються проблеми надмірного рекреаційного навантаження на прикладі м. Франкфурт [18], де щороку лісові масиви відвідує до 6 млн. рекреантів. Подібна проблема інтенсивного використання лісів зеленої зони м. Варшава, де у вихідні дні чисельність відвідувачів сягає 63 тис. осіб [19]. Негативний вплив надмірної рекреації на лісові насадження відмічений також і у вітчизняних наукових працях [20, 21]. Особливої уваги заслуговують дослідження присвячені факторам впливу на відвідуваність приміських лісів. Так, наприклад, господарська діяльність людини, яка пов'язана з рубками та будівництвом досить часто є причиною зниження естетичної цінності лісових ландшафтів [22, 23]. Негативний

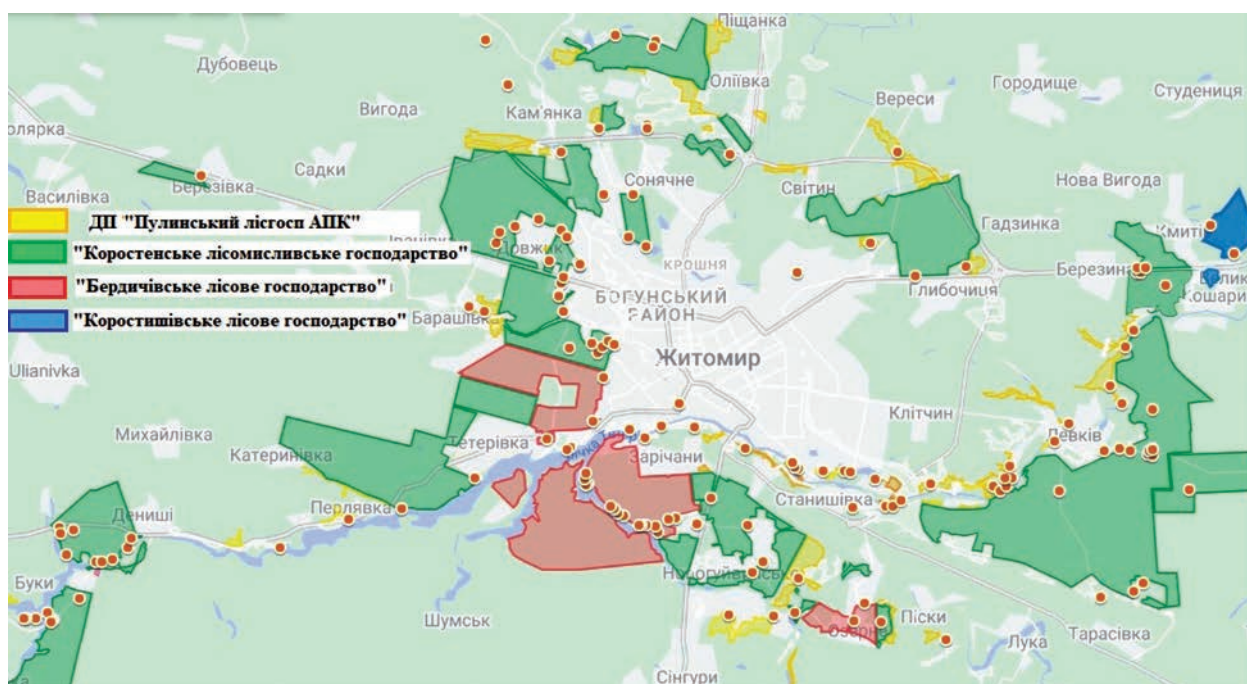


Рис. 1. Схема розміщення дослідних об'єктів

вплив на рекреаційне використання приміських лісів також можуть мати промислові об'єкти, які межують з лісовими масивами [24]. Великий вплив на рекреаційне використання території лісового фонду відіграє наявність водних об'єктів, які мають великий рекреаційний потенціал [25, 26]. Досить цікавими є також дослідження присвячені оцінці туристично-рекреаційного потенціалу лісів приміської зони в умовах пандемії [27, 28].

Щодо дослідження рекреаційного користування у приміських лісах м. Житомира, то наразі наукові дані відсутні. Дослідженою є лише структура [29] та рекреаційна характеристика [30] лісів зеленої зони міста.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття та новизна. Для основних лісокористувачів приміських лісів, а також для міських насаджень визначається протяжність меж лісових масивів вздовж водних об'єктів (рік, озер, ставків, кар'єрів), промислових об'єктів (заводів, фабрик, виробництв, промислових складів) і селітебних територій. Вперше для лісів зеленої зони міста Житомира проводиться оцінка лісонасаджень за формами та типами рекреаційної діяльності. На основі обліку відвідування приміських лісів рекреантами та проведення соціологічних опитувань проводиться розрахунок інтенсивності рекреаційних навантажень. Метою проведення досліджень є визначення фактичних рівнів рекреаційного навантаження та порівняння їх із гранично допустимими для найбільш відвідуваних ділянок в межах комплексної зеленої зони м. Житомира.

Методологічне або загальнонаукове значення. Дослідження виконувалися протягом

2020–2023 рр. в межах Житомирського адміністративного району. Дослідні об'єкти знаходилися у лісовому фонді чотирьох найбільших лісокористувачів у приміських лісах м. Житомира: філіях «Коростенське лісомисливське господарство», «Бердичівське лісове господарство», «Коростишівське лісове господарство» і Дочірньому підприємстві «Пулинський лісгосп АПК» (рис. 1), а також у міських і приміських насадженнях інших власників Житомирської міської громади, Новогуївинської селищної громади, Березівської, Глибочицької, Оліївської Станишівської і Тетерівської сільських об'єднаних територіальних громад. Картографування лісових масивів з метою навігації, а також визначення протяжності меж лісів зеленої зони вздовж населених пунктів, водних і промислових об'єктів здійснювалося з використанням засобів Google My Maps.

Відповідно до рекомендацій [5] була проведена оцінка лісонасаджень за такими формами рекреаційної діяльності як прогулянка, спортивна, пікнікова, добувальна, туристична, а також за типами. Також було проведено оцінювання лісонасаджень за типами рекреаційної діяльності з розподілом на короткочасну рекреацію – перебування рекреантів до 24 годин на ділянці і довгострокову – понад 24 години. Облік відвідування лісових масивів рекреантами був здійснений на 150 дослідних об'єктах (див. рис. 1), котрі репрезентували різні за формою і типом рекреаційної діяльності ділянки.

Визначення рекреаційного навантаження на 1 га лісового масиву за 1 добу здійснювалося за формулою [31]:

$$H_d = \frac{A_1 + A_2}{l \times S}$$

де H_d – рекреаційне навантаження на 1 га лісового масиву в день обліку, люд.-дн./га;

A_1 – кількість осіб, які ввійшли в об'єкт спостереження;

A_2 – загальна чисельність осіб, які не вийшли з об'єкта спостереження у конкретний час;

l – тривалість умовного облікового дня, годин;

S – площа лісового масиву, га.

Фіксація рекреантів на об'єктах із одним в'їздом у лісовий масив (ділянку) здійснювалася із використанням фотопасток (модель SUNTEK HC-900A) при цілодобовому спостереженні у режимі відеозйомки. У випадку наявності більш ніж двох підступів до об'єктів спостереження рекреаційне навантаження визначалося виходячи із кореляційного зв'язку даного показника із середнім терміном перебування рекреантів у масиві (соцопитування), котрий знаходиться за формулою [31]:

$$t = \frac{A_1 + A_2}{A_1}$$

де A_1 – кількість осіб, які ввійшли в об'єкт спостереження;

A_2 – загальна чисельність осіб, які не вийшли з об'єкта спостереження у конкретний час.

Отримані результати фактичного рекреаційного навантаження порівнювалися із гранично-допустимими нормами рекреаційних навантажень в залежності від переважаючої породи, типу лісорослинних умов та класу стійкості [5, 32].

Оскільки дослідження проводилися у різний час доби та охоплювали всі пори року, результати дають уявлення щодо динаміки відвідуваності лісів комплексної зеленої зони міста у широкому часовому діапазоні.

Викладення основного матеріалу. Ділянки лісів комплексної зеленої зони м. Житомира, які перебувають у державній власності територіально представлені досить великими лісовими масивами, комунальні ліси є просторово розкиданими і переважно незначних площ. Зважаючи на функціональне призначення лісових ділянок зеленої зони спостерігається їх приуроченість до населених пунктів, яка особливо вирізняється для лісових масивів комунальної власності. В середньому 1 га лісів комунальної власності у межах лісопаркової зони має протяжність вздовж населених пунктів від 9 м (ДП Пулинський лісгосп АПК) до 19 м (інші власники). У лісах державної форми власності протяжність межі лісових масивів з населеними пунктами є значно меншою – на 1 га лісового фонду від 3 м (філія «Коростенське лісомисливське господарство») до 6 м (філія «Бердичівське лісове господарство»). Лісові насадження зеленої зони міста досить часто межують із водними об'єктами, що відіграє ключове значення для відпочинку населення. Протяжність берегової лінії річок вздовж

лісонасаджень становить майже 75 км, озер і ставків – близько 4 км, кар'єрів – понад 6 км (таблиця 1).

Таблиця 1

Протяжність суміжних об'єктів вздовж лісових масивів лісопаркової зони та міських насаджень, км

Суміжні об'єкти	Лісокористувач				
	Філія «Коростенське лісомисливське господарство»	Філія «Бердичівське лісове господарство»	ДП «Пулинський лісгосп АПК»	Філія «Коростишівське лісове господарство»	Інші
Водні об'єкти:	26,1	18,6	13,5	4,3	22,1
у т.ч. річки	23,9	18,6	12,2	-	20,0
озера	0,2	-	0,9	1,1	1,5
кар'єри	2,0	-	0,4	3,2	0,6
Населені пункти:	37,9	12,9	12,6	0,3	37,4
у т.ч. місто	10,1	2,5	-	-	16,0
селища	27,8	10,4	12,6	0,3	21,4
Промислові об'єкти	8,1	0,9	1,9	1,2	8,9
Всього	72,1	32,4	28	5,8	68,4

Також приміські та міські ліси межують на значних площах із промисловими об'єктами, загальна протяжність меж яких уздовж лісових масивів становить близько 21 км.

Переважна більшість площ ділянок (87 %) приміських лісів активно в рекреаційних цілях не використовуються. Понад 2,2 тис. га лісових ділянок мають підвищене рекреаційне значення та регулярно використовуються для різних форм рекреаційної діяльності. Найбільша частка площ таких ділянок знаходиться в лісовому фонді філії «Коростенське лісомисливське господарство» – 14,1 %, ДП «Пулинський лісгосп АПК» – 11,9 % та інших користувачів – 17 %. Найпоширенішою формою рекреаційної діяльності є прогулянка – понад 12 % від загальної площі лісового фонду лісопарків і міських насаджень (таблиця 2).

Ділянки зі спортивною формою рекреаційної діяльності представлені футбольними полями і ігровими майданчиками, а також місцями для скелелазіння («Млинець», «Праска», «Пиріг»). Серед об'єктів туристичної рекреації наявні кемпінги, пам'ятники, садиби, а також варті уваги пам'ятки природи (озера, водоспад «Холодний», скеля «Голова Чацького», заповідні дуби). Об'єкти добувальної форми рекреаційної діяльності приурочені переважно до джерел питної води, а також до річок, озер, ставків та кар'єрів, які протягом року використовуються для любительського рибальства. Значно більш поширеними за площею є ділянки пікнікової форми рекреаційної діяльності, які приурочені,

насамперед, до місць із наявним благоустроєм, а також до мальовничих узлісь і насаджень, що межують переважно із водними об'єктами. Прогулянковий відпочинок є найбільш поширеною формою рекреації у лісопаркових та міських насадженнях. Переважна більшість ділянок знаходиться у безпосередній близькості (до 1 км) до населених пунктів, хоча значні площі лісопарків є досить віддаленими від межі міста та інших населених пунктів.

Таблиця 2

Розподіл площ ділянок за формами рекреаційної діяльності

Форми рекреаційної діяльності	Лісокористувач				
	Філія «Коростенське лісомисливське господарство»	Філія «Бердичівське лісове господарство»	ДП «Пулинський лісгосп АПК»	Філія «Коростишівське лісове господарство»	Інші
Спортивна	2,4	3,1	-	-	0,6
Пікнікова	30,3	0,8	3,9	7,5	17,5
Добувальна	3,9	2,6	1,4	-	3,5
Прогулянкова	1521	118	159	-	318
Туристична	19,2	-	5,1	10	0,4

Для лісів зеленої зони м. Житомира за типом рекреаційної діяльності типовою є короткочасна рекреація протягом світлового дня. Довгострокова рекреація є виключно сезонним явищем і відмічена лише на площі 16,5 га. Це переважно місця для кемпінгу, а також насадження біля водойм, які використовуються для купання. Усі без виключення об'єкти довгострокової рекреації знаходяться на значній відстані від межі міста (від 8 до 22 км).

Визначення інтенсивності рекреаційних навантажень проводилося для кожного дослідного об'єкта із врахуванням форми рекреаційної діяльності. В середньому за сезон (210 днів) в період з 2020 по 2023 рр. лише на 2-х об'єктах добувної форми рекреаційної діяльності (джерела питної води) було перевищено допустимі норми (ГДН) рекреаційного навантаження – понад 7,5 люд.-днів/га (таблиця 3).

Варто відмітити, що середнє сезонне або річне навантаження неповною мірою відображає інтенсивність рекреаційних навантажень. На окремих ділянках при пікніковій, туристичній, добувальній та спортивній формах рекреаційної діяльності одно-моментне відвідування великої кількості рекреантів спричиняло істотне порушення надґрунтового покриву лісових насаджень. Так, наприклад, в липні 2021 року в лісонасадженнях поблизу Тарасівського кар'єру була зафіксована максимальна кількість відвідувачів, рекреаційне навантаження від яких склало за 8 годин понад 192 люд.-днів/га (рис. 2).

Таблиця 3

Розподіл площ ділянок за формами рекреаційної діяльності та середньою інтенсивністю рекреаційних навантажень за весняно-осінній сезон (210 днів), га

Форми рекреаційної діяльності	Інтенсивність рекреаційних навантажень, люд.-днів/га				
	0–2	2,1–4,5	4,6–7,5	7,6–11,5	11,6 і >
Спортивна	4,8	1,3	-	-	-
Пікнікова	27,4	26,0	6,6	-	-
Добувальна	10,2	0,1	0,1	0,1	0,9
Прогулянкова	2053	63	-	-	-
Туристична	29,9	4,5	0,3	-	-

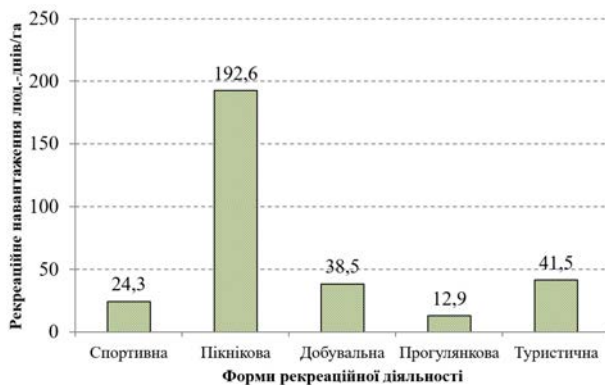


Рис. 2. Максимальна інтенсивність рекреаційних навантажень за 1 обліковий день (8 годин)

Загалом при разових спостереженнях на багатьох ділянках різних форм рекреаційної діяльності було зафіксоване перевищення ГДН. Найчастіше допустимі норми перевищувалися на ділянках спортивної та пікнікової форм рекреаційної діяльності, досить рідко при прогулянковій рекреації (рис. 3).



Рис. 3. Частка площ ділянок, де було зафіксовано перевищення ГДН рекреаційного навантаження при разовому спостереженні

Довготривалий відпочинок (понад 24 год.) є характерним лише для 12 об'єктів у межах лісів зеленої зони. Загальна площа даних ділянок складає 16,5 га, основною формою рекреаційної діяльності є туристична і пікнікова.

У так званий «некомфортний для рекреації» період року, який становить більше ніж 40 % річного бюджету часу відвідуваності приміських і міських насаджень значною мірою скорочується. На ділянках спортивної форми рекреації в період із листопада по квітень (155 днів) інтенсивність навантажень складає в середньому лише 7 % від показників середнього рекреаційного навантаження квітня-жовтня. Пікнікова рекреація в холодний сезон має також значно меншу інтенсивність рекреаційних навантажень – у середньому на рівні 4 % від показників теплого сезону. Різниця між зимовими і літніми показниками інтенсивності рекреаційних навантажень при прогулянковій рекреації також істотна – лише 11 % від середніх показників періоду квітня-жовтня. Найменш різняться середні сезонні показники відвідуваності при добувальній формі рекреації – в холодний сезон інтенсивність рекреаційних навантажень складає майже 87 % від середніх показників теплого сезону.

Висновки. Лісові насадження лісопаркової зони, а також у межах міста Житомира мають невисокий рівень рекреаційного використання, не зважаючи на значну протяжність лісових масивів вздовж селітебних територій та водних об'єктів. Відносно регулярно використовується лише близько 13 % площ ділянок. Переважаючою формою рекреаційної діяльності є прогулянка. За винятком незначних площ, для переважної більшості ділянок зеленої зон типовим є короткочасне відвідування. Відносно рівномірна інтенсивність рекреаційних навантажень протягом сезону є характерною лише при добувальній формі рекреації (добування джерельної води, любительське рибальство). При туристичній та пікніковій формах рекреаційної діяльності відмічене найбільш нерегулярне відвідування території рекреантами, яке при пікових навантаженнях в багато разів може перевищувати ГДН.

Перспективи використання результатів дослідження. Результати дослідження є актуальними для лісогосподарських та комунальних підприємств для розроблення плану функціонального зонування території та проектування заходів благоустрою.

Література

1. Про схвалення Державної стратегії управління лісами України до 2035 року: Розпорядженням КМ від 29 грудня 2021 р. № 1777-р / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1777-2021-%D1%80#Text> (дата звернення: 24.02.2024).
2. Кучерявий В.П. Урбоекологія: підручник для студентів вищих навчальних закладів. Львів, Видавництво «Новий Світ-2000», 2021. – 460 с.
3. Токарева О.В. Значення приміських лісів світу та України в контексті сталого розвитку. *Науковий вісник УДЛТУ*. 2004. С. 232–236. [file:///C:/Users/qarpo/Downloads/znachennya-primiskih-lisiv-svitu-ta-ukrayini-v-konteksti-stalogo-rozvitku%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/qarpo/Downloads/znachennya-primiskih-lisiv-svitu-ta-ukrayini-v-konteksti-stalogo-rozvitku%20(1).pdf)
4. Основні положення щодо організації та ведення лісового господарства в лісах зелених зон міст і населених пунктів України / Затверджено Науковотехнічною радою Держкомлісгоспу України. Протокол № 4 від 26 грудня 2008 р. – УкрНДЦЛГА, Харків, 2008. – 53 с.
5. Рекомендації щодо комплексної оцінки стійкості рекреаційно-оздоровчих лісів, організації їх моніторингу та оптимізації рекреаційного лісокористування в них / Затверджено Науково-технічною радою Держкомлісгоспу України. – Харків: УкрНДЦЛГА, 2010. – 45 с. – (Протокол №16 від 18 жовтня 2010 р.)
6. Собечко О. Зелена зона міста Львова та її екологічний стан. *Вісник Львівського університету. Серія географічна*. 2009. Випуск 37. С. 215–224. URL: http://old.geography.lnu.edu.ua/Publik/Period/visn/37/24_Sobechko.pdf
7. Миклуш Ю.С. Лісівничо-рекреаційні особливості лісів зеленої зони м. Львова та організація сталого господарства в них: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: 06.03.02. К., 2013. 20 с. <http://fasu.nltu.edu.ua/index.php/nplanu/article/view/324>
8. Віла Т. Аналіз природно-рекреаційного потенціалу приміської зони Львова. *Вісник Львівського університету. Серія географічна* 2016, doi:10.30970/vgg.2013.46.1365
9. Кутя М. М., Гірс О.А. Характеристика рекреаційних навантажень та рекреаційної місткості лісопаркових ландшафтів Києва. *Науковий вісник НЛТУ України*. – 2012. – Вип. 22.12. – С. 86–90. http://nbuv.gov.ua/j-pdf/nvnltsu_2012_22.12_18.pdf
10. Токарева, О.В. Еколого-естетичні аспекти формування лісопаркових ландшафтів (на прикладі лісів зеленої зони м. Києва): монографія. К.: ЦП «Компринт», 2012. 188 с. <https://dglib.nubip.edu.ua/handle/123456789/8627>
11. Івашинюта С.В. Сучасний стан лісів зеленої зони м. Рівне та заходи щодо посилення їх еколого-захисних функцій: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 06.03.03. Харків, 2007. 22 с.
12. Ліси зеленої зони м. Рівне та їх еколого-захисні функції / Ворон В.П., Івашинюта С.В., Коваль І.М., Бонларук М.А. Харків: Вид-во «Нове слово», 2008. 224 с.
13. Прокопчук В.М., Матусяк М.В. Ступінь рекреаційного навантаження та антропогенна толерантність лісових екосистем лісопаркової зони м. Вінниці. *Trajectoriâ Nauki / Path of Science. International Electronic Scientific Journal*. 2016. Vol. 2, No 11. 5.1-5.6. DOI: <http://dx.doi.org/10.22178/pos.16-6>
14. Кузык І. Оцінка рекреаційної ємності зелених зон міста Тернопіль. *Proceedings of the 3rd International scientific congress of scientists of Europe. Premier Publishing s.r.o. Vienna*. 2019. P. 577 – 584. http://dspace.tnpu.edu.ua/bitstream/123456789/13304/1/Kuzyk_Vienna.pdf

15. Ткач В. П., Букша І. Ф., Ведмідь М. М. Сучасні проблеми розвитку лісового господарства Харківської області. Лісівництво і агролісомеліорація. 2013. Вип. 122. С. 3-11. URL: <http://jnas.nbuiv.gov.ua/article/UJRN-0000194937>
16. Drahun, K.P.; Stefanyuk, R.P.; Zamoroka, A.M. Еколого-стабілізуюче значення та проблеми використання приміських лісів Івано-Франківської територіальної громади. *Journal of Native and Alien Plant Studies* 2021, 82–86, doi:10.37555/2707-3114.1.2021.247465
17. Брайко В.Б. Сучасний стан та особливості рекреаційного використання лісопарків м. Чернігова: автореф. дис. канд. с.-г. наук: 06.03.03. Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. К., 2013. – 22 с.
18. Michael Jestaedt. Experiences in the Management of Urban Recreational Forests in Germany. *Ecology, Planning, and Management of Urban Forests* 2008. P. 301-311. DOI:10.1007/978-0-387-71425-7
19. Golos, P. The Recreational Functions of Warsaw's Urban and Suburban Forests. *Forest Research Papers* 2013. P.74 doi:10.2478/frp-2013-0007.
20. Копій Л.І., Озарків Л.І. Негативний вплив надмірної рекреації на лісові насадження. *Наук. вісник УкрДЛТУ.- Львів.* – 2011, вип. 21.16. – С. 140-143.
21. Ковальчук, Н.П., Герасимчук, О.П., Шимчук Ю.П. Рекреаційна трансформація приміських лісів Волинської області в умовах сучасності. *АСМ* 2021. P. 40–48, doi:10.36910/acm.vi46.492.
22. Hunter, I.R. What do people want from urban forestry? *Urban Ecosystems* 2001. 5. P. 277–284 doi:10.1023/A:1025691812497.
23. Vítková, M. How Do Czechs See Urban Forests? *J. For. Sci.* 2006, 52, 565–579, doi:10.17221/4537-JFS.
24. Tzvetkova, N.; Malinova, L.; Doncheva, M.; Bezlova, D.; Petkova, K.; Karatoteva, D.; Venkova, R. Soil Contamination in Forest and Industrial Regions of Bulgaria. In *Soil Contamination – Current Consequences and Further Solutions / Larramendy M., Soloneski S., eds.* 2016. P. 128-158. DOI: 10.5772/64716
25. Шукель І.В., Дида А.П., Бачук В.А. Проблеми рекреаційного освоєння прибережної смуги озера Біле Рівненського природного заповідника. *Наук. вісник УкрДЛТУ: Проблеми урбоекології та фітомеліорації.* – Львів: УкрДЛТУ, 2003, вип. 13.5. – С. 38-44. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2003/13_5/38_Szukul_13_5.pdf
26. Калько А. Д., Коротун С. І., Яковишина М. С., Смілий П. М. До аналізу рекреаційних зон водних об'єктів Житомирської області. *Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Туристичний та готельно-ресторанний бізнес в Україні: проблеми розвитку та регулювання»* (м. Черкаси 23–24 березня 2023 р.). Черкаси: ЧДТУ, 2023. С. 133-136.
27. Кузик І. Рекреаційна роль лісів комплексної зеленої зони міста Тернопіль під час карантину населення. *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Географія.* 2020. №1 (48). С. 163-171. DOI: <https://doi.org/10.25128/2519-4577.20.1.19>
28. Bielska A., Borkowski A.S., Czarnecka A., Delnicki M.; Kwiatkowska-Malina J., Piotrkowska M. Evaluating the Potential of Suburban and Rural Areas for Tourism and Recreation. Including Individual Short-Term Tourism under Pandemic Conditions. *Sci Rep* 2022. Vol. 12. 20369. P. 1-18 doi:10.1038/s41598-022-24503-z.
29. Siruk, I., Siruk, Y. Structure of forestry fund plots of the green belt of Zhytomyr city. *Sci. Horiz.* 2020, Vol. 23. P. 18–28, doi:10.48077/scihor.23(12).2020.18-28.
30. Siruk, I., Siruk, Y. Recreation Characteristics of the Green Zone Forests of the Zhytomyr City. *Ukr. J. For. Wood Sci.* 2023, Vol. 14. P. 73–87, doi:10.31548/forest/4.2023.73.
31. Гірс О.А., Новак Б.І., Кашпор С.М. Лісовпорядкування: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.]. К.: Фітосоціоцентр, 2013. 435 с.
32. Методика визначення показників рекреаційної характеристики земель / Возняк Р. Р., Фукаревич А. В. Ірпінь, 2000. 16 с.

АНАЛІЗ ТЕОРІЙ ПОЛІКЛІМАКСУ ТА МОНОКЛІМАКСУ ІЗ ПОЗИЦІЇ СУЧАСНОЇ ТЕОРІЇ ДИНАМІКИ ЕКОСИСТЕМ

Хом'як І.В.

Житомирський державний університет імені Івана Франка
вул. Велика Бердичівська, 40, 10005, м. Житомир
ecosystem_lab@ukr.net

Стаття присвячена корегуванню поняття клімаксу із позиції енергетичних змін в екосистемах, викликаних автогенними та екогенними факторами. Метою дослідження є розробка універсальної моделі динаміки екосистеми, яка б об'єднувала в собі відомі випадки поліклімаксу та моноклімаксу. Відповідно до мети було поставлено такі завдання: визначити провідні ознаки динаміки екосистеми, які характеризують усі види сукцесій та клімаксу; встановити основоположні причини зупинки динаміки екосистем; дати визначення для основних типів зупинки змін в екосистемах; розкрити значення клімаксічних екосистем для стабілізації змін у біосфері. У дослідженні використано стандартні геоботанічні методи дослідження на основі матеріалів отриманих в період із 2005 по 2023 роки. В результаті дослідження встановлено, що енергетичним клімаксом буде стан екосистеми, в якому її запаси енергії досягнуть максимуму для певного кліматичної зони на певному етапі еволюції автотрофів. Ознакою енергетичного клімаксу є досягнення максимального для окремої геоботанічної підпровінції значення добутку кількості надземної фітомаси та її віку. Для території Полісся це дубові праліси віком вище 450 років, автотрофні блоки яких належать до класу *Carpino-Fagetea sylvaticae*. Енергетичний клімакс настає лише в таких умовах середовища, які є оптимальними для його основного рослинного угруповання. Усі типи припинення сукцесійних змін в екосистемах можуть належати до енергетичного клімаксу або до рівноважної, сингенетичної, інвазійної, едафічної чи катастрофічної зупинки динаміки. Зупинка динаміки на рівні енергозапасів нижчих за енергетичний клімакс може бути спричинена рівновагою між алогенними та автогенними процесами, нездатністю подолати ендоекогенетичний чи сингенетичний бар'єр. *Ключові слова:* сукцесія, сингенез, ендоекогенез, енергетичний баланс екосистем.

Analysis of the theories of polyclimax and monoclimes from the standpoint of the modern theory of ecosystem dynamics.

Khomiak I.

In the article, we consider the correction of the concept of climax from the standpoint of energy changes in ecosystems caused by autogenic and exogenous factors. The purpose of the study is to develop a universal model of ecosystem dynamics that would combine the known cases of polyclimax and monoclimes. Following the purpose, the following tasks were set: to determine the leading signs of ecosystem dynamics, which characterize all types of successions and climaxes; to find out the fundamental reasons for stopping the dynamics of ecosystems; give definitions for the main types of stopping changes in ecosystems; explore the importance of climatic ecosystems for stabilizing changes in the biosphere. The research uses standard geobotanical research methods based on materials obtained in the period from 2005 to 2023. As a result of the study, it was determined that the energy climax will be the state of the ecosystem in which its energy reserves will reach a maximum in the specific climatic zone and at a certain stage of the evolution of autotrophs. A sign of the energy climax is the achievement of the maximum value of the product of the amount of above-ground phytomass and its age for a separate geobotanical subprovince. For the territory of Polissia, energy climax is old-growth oak forests older than 450 years, the autotrophic blocks of which belong to the *Carpino-Fagetea sylvaticae* class. Energy climax occurs only in such environmental conditions that are optimal for its main plant communities. All types of cessation of successional changes in ecosystems can belong to the energetic climax, the balance between autogenic and allogeneic processes, and syngenetic, invasive, or edaphic catastrophic stopping of dynamics. The stopping of dynamics at the level of energy reserves lower than the energy climax can be caused by the balance between allogeneic and autogenous processes, and the inability to overcome the endoecogenetic or syngenetic barrier. *Key words:* successions, syngenes, endoecogenesis, energy balance of ecosystems.

Постановка проблеми. Проблема клімаксу в екологічній науці існує майже протягом століття. Її започаткував Ф. Клементс ще в 1916 році [9]. Наприкінці, 20-их років теорія динаміки Ф. Клементса почала зазнавати все більшої критики. Екологічна спільнота розділилася на його прихильників та противників [14]. Перші відстоювали теорію моноклімаксу, а інші поліклімаксу [16]. На початку сімдесятих років Юджину Одуму вдалося дещо примирити дві ворогуючі сторони, запровадивши поняття кліматичного та катастрофічного клімаксу [12]. Незважаючи на це, проблема клімаксу досі до кінця не розв'язана, що заважає створенню повноцінної і завершеної єдиної теорії динаміки екосистем [6].

Актуальність дослідження. На сьогодні існує гостра потреба в прогнозах наслідків людського впливу на компоненти біосфери та розробках алгоритмів відновлення порушених екосистем. Це неможливо ефективно та надійно реалізувати без розробки об'єднаної теорії динаміки екосистем. Це стосується, як глобальних викликів, що виникли перед сучасним людством так і для реалізації локальних проектів. Увесь комплекс задач, від глобальної трансформації клімату і до підготовки конкретного «Звіту оцінки впливу на довкілля» базується на цій теорії. Одним, ключових блоків цього вчення є питання клімаксу, як зупинки або фінальної стадії перетворення екосистем.

Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями. У статті розглядаються результати проведених дослідження в рамках виконання науково-дослідної теми: «Дослідження ландшафтних екосистем у межах Українського Полісся» (Державний реєстраційний номер: 0121U113263).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Незважаючи на поширену точку зору, перша теорія сукцесійної зміни в екосистемах належала не Фредеріку Клементсу а викладачу Чиказького університету Генрі Коулз [9]. Натхнений прикладом Ойгена Вармінгаї його дослідженням датських дюн, він розпочав аналогічні роботи на піщаних дюнах озера Мічіган. Він повідомив, що рослинність дюн різного віку є стадіями що повторюються. Ці дослідження тривали із 1899 по 1910 роки. Вони стартували публікацією статті із заголовком «Екологічні зв'язки рослинності піщаних дюн озера Мічіган». Однак, робота Фредеріка Клементса у 1916 була більш ґрунтовною та набула більшого поширення та популярності. Ідеї про те, що сукцесійні серії передбачувані та детерміновані і завжди закінчуються кліматично визначеним клімаксом, домінували в екологічній науці до 60-их років. Першими цей підхід піддали критиці в 20-их роках Леонтій Раменський та Генрі Глісон [10]. Вони та їхні послідовники стверджували, що існує довільна кількість зупинок динаміки екосистем, які вони називали полі клімаксом. У 1969 році Юджин Одум опублікував «Стратегію розвитку екосистем», в якій моноклімакс Клементса назвав кліматичним або енергетичним а поліклімакс Уттекера – катастрофічним клімаксом. Крім того Юджин Одум звернув увагу на енергетичні зміни під час досягнення кліматичного клімаксу: «максимальна біомаса та симбіотична функція між організмами зберігаються на одиницю потоку енергії».

Ідею про важливість енергетичних показників для характеристики динаміки екосистем не нова. Про неї згадував ще Раймонд Ліндеман в 1942 році. На початку XXI століття її підтримують більшість дослідників [1]. Останнім часом це наводилося для окремих типів екосистем. Наприклад для лісів чи перелогів. Останнім часом все більше уваги приділяється значенню надземної фітомаси для характеристики процесу динаміки екосистем [11] та антропогенного впливу на нього [5].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Стаття присвячена корегування поняття клімаксу із позиції енергетичних змін в екосистемах, викликаних автогенними та екзогенними факторами. Метою дослідження є розробка універсальної моделі динаміки екосистеми, яка б об'єднувала в собі відомі випадки поліклімаксу та моноклімаксу. Відповідно до мети було поставлено такі завдання: визначити провідні ознаки динаміки екосистеми, які характеризують усі види сукцесій та клімаксу; встановити

основоположні причини зупинки динаміки екосистем; дати визначення для основних типів зупинки змін в екосистемах; розкрити значення клімаксичних екосистем для стабілізації змін у біосфері.

Новизна. Вперше створено модель варіантів клімаксу на основі змін енергетичного балансу в екосистемах.

Методологічне або загальнонаукове значення. Матеріал дослідження є ключовим елементом об'єднаної теорії динаміки екосистем. Отримані моделі доцільно використовувати під час прогнозування наслідків людської діяльності, розробки проектів із відновлення порушених екосистем та ліквідації наслідків негативного впливу на довкілля.

Матеріали та методи досліджень. Матеріалами дослідження є стандартні геоботанічні описи зроблені в період із 2004 по 2023 роки, дослідження зміни надземної фітомаси в період із 2005 по 2015 роки а також стаціонарні дослідження трансформаційного впливу інвазійних видів рослин [4]. Описи виконувалися згідно із еколого-флористичними принципами французько-швейцарської школи Браун Бланке [15]. Опис зберігався в базу даних за допомогою програми Turboveg 2.0. [13].

Величина факторів середовища визначалися із використанням принципів синфітоіндикації. Значення показників чинників середовища встановлювалися згідно з уніфікованими шкалами Дідуха-Плюти [2]. Значення величини антропогенної трансформації подавалися за 18-бальною шкалою Дідуха-Хом'яка [7]. Показник природної динаміки встановлювався за синфітоіндикаційної інтерпретацією зміни надземної фітомаси та її віку. Він описувався за оригінальною 21 бальною шкалою лабораторії «Теорії екосистем» Житомирського державного університету імені Івана Франка [11]. Для встановлення величини факторів використовується програма Simagr1 1.12 на основі бази даних «Ecodbase 5d» [13]. Класифікація рослинних угруповань здійснювалася за допомогою програми JUICE 7.0, та «Продромусу рослинності України» [3].

Викладення основного матеріалу. Із великого числа характеристик, які супроводжують динаміку екосистем було обрано зміну кількості надземної фітомаси та її віку. Фітомаса є основним показником енергетичного балансу екосистем. Вона являє собою первинну продукцію, яка в подальшому поширюється трофічними ланцюгами. Отже, саме вона вказує на енергетичну ефективність системи. Для екосистем у яких основою автотрофного блоку є фототрофи ключова роль відводиться саме надземній фітомасі, кількість якої не лише відображає об'єм фотосинтезуючого апарату та його ефективність. Ускладнення вертикальної структури екосистем не лише веде до збільшення запасів первинної продукції, необхідної для інших організмів, а й до зростання частки зафіксованої енергії. Крім того, такі запаси призводять до зростання стійкості еко-

систем через резервування в них енергії на випадок погіршення умов середовища та через дублювання екологічних зв'язків між видами на фоні зростаючого видового біорізноманіття. Час зберігання надземної фітомаси є додатковою характеристикою динаміки. В процесі самовідновлення екосистем (автогенної сукцесії) відбувається її перехід від менш енергетично стабільних піонерних станів до більш енергетично стабільного стану енергетичного клімаксу. Оскільки, фототрофи мають різні типи фотосинтезу та відповідно різні темпи приросту, то однієї величини надземної фітомаси недостатньо для характеристики положення екосистеми від піонерної стадії до клімаксічної. Величина надземної фітомаси та її вік дозволяють визначити це положення із прийнятною точністю у вигляді абсолютного значення показника динаміки (1).

$$S_a = \sum m_{арп} t_n \quad (1)$$

де S_a – абсолютне значення показника динаміки, $m_{арп}$ – надземна фітомаса виду n , t_n – вік виду n .

Однак, використання такого показника є досить незручним через великі значення, оперування якими не має смислу на фоні встановленої похибки вимірювання. У зв'язку із цим було зроблено перехід до 21 бальної шкали (2).

$$S_t = 3.81 * S_a^{0.17} \quad (2)$$

де S_t – інтегрований показник динаміки, S_a – абсолютне значення показника природної динаміки.

Оскільки, види можуть перебувати в екосистемах лише в певному діапазоні показників динаміки, то за їхніми проективними покриттями ми маємо змогу визначати їх без вилучення фітомаси та визначення її ваги і віку. Це не лише робить процес визначення такого показника більш ефективним а й дозволяє встановлювати його без шкоди для довкілля, що вкрай важливо на території раритетних оселищ чи об'єктів ПЗФ. Для цього нам необхідна попередня база даних та стандартний геоботанічний опис (3)

$$ST = \frac{k_1 s_{r1} + k_2 s_{r2} \dots + k_n s_{rn}}{k_1 + k_2 \dots + k_n} \quad (3)$$

де ST – синфітоіндикаційний показник динаміки, k_n – проективне покриття виду « n », s_{rn} – середина діапазону толерантності до величини показника динаміки виду « n ».

Якщо розглядати процес динаміки екосистем як зміну його показника з часом, то маємо дати оновлене визначення автогенних сукцесій. Ними будуть не усі, сукцесійні процеси, де на зміни екосистеми впливатимуть переважно внутрішні процеси, а лише ті, які наближують показник динаміки до еволюційно-енергетичного максимуму. У зв'язку із цим, алогенними сукцесіями будуть ті які направлені в бік від нього (до нульового значення цього показника). В усіх екосистемах присутні, як алогенні, так

і автогенні процеси. Напряв динаміки визначається балансом між ними.

Еволюційно-енергетичний максимум буде залежати від кліматичних факторів території та видів які еволюціонували для формування угруповання із певною кількістю первинної продукції. Саме тому абсолютні значення для різних регіонів відрізнятимуться, тоді як інтегрований показник динаміки буде залежати лише від енергетичної самореалізації екосистеми. Через це бази даних для визначення синфітоіндикаційного показника динаміки будуть регіональними. Гіпотетично – це буде рівень геоботанічної підпровінції. У нашому випадку – Поліській. Максимальне значення показника динаміки є точною переменою в стадію енергетичного (кліматичного) клімаксу або клімаксічним аттрактором. У такому стані на території Полісся можуть перебувати дубові праліси віком вище 450 років, автотрофні блоки яких належать до класу *Carpino-Fagetea sylvaticae* Jakucs ex Passarge 1968. За звичай це асоціація *Stellario holosteae-Carpinetum betuli* Oberdorfer 1957 Під час автогенної сукцесії математичною моделлю зміни показника динаміки із часом є рівняння натурального логарифму (4).

$$ST = r_s + r_p \ln t \quad (4)$$

У межах однієї геоботанічної провінції можуть виникати умови коли процес змін в екосистемах зупиняється (рис. 1). Це може бути спричинено рівновагою між алогенними та автогенними процесами, та проблемами в ендоекогенезі чи сингенезі. Наприклад, тривале існування лук класу *Molinio-Arrhenatheretea* R. Tx 1937, за звичай, забезпечується сінокосінням чи випасанням домашніх тварин. Якщо кількість надземної фітомаси буде забиратися більше ніж виробляє фітоценоз протягом вегетаційного сезону, то виникатиме алогенна сукцесія по типу пасовищної чи сінокісної дегресії. Такий тип клімаксу, згідно із Одумом, ми можемо назвати катастрофічним. Насправді, ми маємо справу не із клімаксом а із зупинкою динаміки. Тобто, із позиції теорії динаміки екосистем слід розрізняти клімакс, як досягнення максимальної на певному етапі еволюції енергоефективності і катастрофічну зупинку динаміки. У наведеному прикладі, це рівноважна катастрофічна зупинка динаміки.

Іншою причиною зупинки динаміки може бути відсутність видів які мають формувати наступну стадію автогенної сукцесії. За звичай, вони можуть бути присутні в ґрунті у вигляді банку насіння або заноситися із сусідніх екосистем у вигляді насінневої діаспори. Відсутність таких видів призводить до сингенетичної катастрофічної зупинки динаміки. Оскільки, види адаптуються до певних вимог едафічного середовища, то досягнення клімаксічного аттрактора буде неможливе аж поки ці умови (кліматичний оптимум) не будуть сформовані в результаті ендоекогенезу. За звичай, ендоекогенез під час авто-

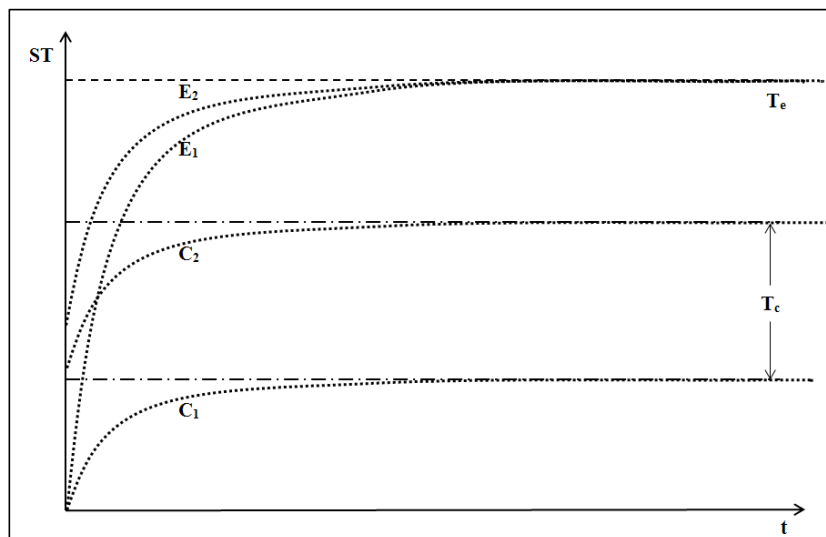


Рис. 1. Зміна показника природної динаміки з часом для різних варіантів автогенних сукцесій. Умовні позначення: ST – показник природної динаміки, t – час, $E1$ – первинна сукцесія з переходом в енергетичний клімакс, $E2$ – вторинна сукцесія з переходом в енергетичний клімакс, $C1$ – первинна сукцесія з переходом в катастрофічну зупинку динаміки, $C2$ – вторинна сукцесія з переходом в катастрофічну зупинку динаміки T_e – еволюційно-кліматичний бар'єр, T_c – едафо-видовий бар'єр

генні сукцесії направлений саме в його бік. Випадки коли природні, а не інвазійні види трансформери [4], роблять едафотоп непридатним для клімаксічного оптимуму дуже рідкісні. На території Полісся вони не фіксуються. Наприклад, болота, на яких в результаті розростання мохової сплавини та формування шару торфу утворюються оліготрофні екосистеми в подальшому переходять до лісових боліт (*Ledo-Pinetum* R. Tx 1925) та лісів (*Vaccinio-Piceetea* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1939). Це відбувається за рахунок накопичення осадових порід на купинах, які утворюють новий едафотоп поверх торф'яника. Однак, якщо едафотоп протягом еволюційно значимого часу не міняється в бік клімаксічного оптимуму, то виникає едафічна катастрофічна зупинка динаміки.

Головні висновки. Енергетичним клімаксом буде стан екосистеми, в якому її запаси енергії досягнуть максимуму для певного кліматичної зони на певному етапі еволюції автотрофів. Ознакою енергетичного клімаксу є досягнення максимального для окремої геоботанічної підпровінції значення добутку кількості надземної фітомаси та її

віку. Для території Полісся це дубові праліси віком вище 450 років, автотрофні блоки яких належать до класу *Carpino-Fageteta sylvaticae*. Енергетичний клімакс настає лише в таких умовах середовища, які є оптимальними для його основного рослинного угруповання.

Усі типи припинення сукцесійних змін в екосистемах можуть належати до енергетичного клімаксу або до рівноважної, сингенетичної, інвазійної, едафічної чи катастрофічної зупинки динаміки. Зупинка динаміки на рівні енергозапасів нижчих за енергетичний клімакс може бути спричинена рівновагою між алогенними та автогенними процесами, нездатністю подолати ендеоекогенетичний чи сингенетичний бар'єр.

Перспективи використання результатів дослідження. Моделі динаміки екосистем, побудовані із врахуванням сучасних уявлень про клімакс, мають стати основою для прогнозування змін в навколишньому середовищі. В тому числі, під час планування експлуатації природних ресурсів чи впровадження заповідного режиму.

Література

1. Дідух Я.П., Лисенко Г. Проблеми термодинамічного оцінювання структури та організації екосистем. *Вісн. НАН України*. 2009. № 5. С. 16–27.
2. Дідух Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів Київ: Наукова думка, 1994. 280 с.
3. Дубина, Д. В., Дзюба, Т. П., Ємельянова, С. М. та ін. Простір рослинності України. Київ: Наукова думка, 2019. 784 с.
4. Хом'як І.В. Вплив інвазій видів-трансформерів на динаміку рослинності перелогів Українського Полісся. *Біоресурси і природокористування*. 2018. № 1-2. С. 29–35.
5. Хом'як І.В. Особливості антропогенного впливу на природну динаміку екосистем Українського Полісся. *Екологічні науки*. 2018. № 1 (20) том 2. С. 69–73.

6. Хом'як І.В. Фітоіндикаційний аналіз передклімаксихних стадій розвитку екосистем. *Питання біоіндикації та екології*. 2013. Вип. 18, № 1. С. 20–29.
7. Хом'як І.В., Демчук Н.С., Василенко О.М. Фітоіндикація антропогенної трансформації екосистем на прикладі Українського Полісся. *Екологічні науки*. 2018. № 3 (22). С. 113–118.
8. Clements, F.E. Plant succession: An analysis of the development of vegetation. Washington: Publ. Carnegie Inst, 1916. 512 pp.
9. Eliot, C.H. Method and metaphysics in Clements's and Gleason's ecological explanations. *Stud. Hist. Philos. Sci.* 2007. № 38. P. 85–109.
10. Hagen, J.B. Organism and Environment: Frederic Clements's Vision of a Unified Physiological Ecology. In *The American Development of Biology*. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1988. P. 257-280.
11. Khomiak Ivan, Harbar Oleksandr, Demchuk Nataliia, Kotsiuba Iryna, and Onyshchuk Iryna. Above-ground phytomas dynamics in autogenic succession of an ecosystem. *Forestry ideas*. 2019. № 1. P. 136–146.
12. Odum Eugene P. *Fundamentals of Ecology*. H B.Holt.Saunders, 1971. 574 pp.
13. Oleksandr Harbar, Ivan Khomiak, Iryna Kotsiuba, Nataliia Demchuk and Iryna Onyshchuk. Anthropogenic and natural dynamics of landscape ecosystems of the Slovechansko-Ovruchsky ridge (Ukraine). *Soc. ekol.* 2021. № 3. P. 347–367.
14. Tansley, A.G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*. 1935. № 3. P. 284–307.
15. Westhoff V., Maarel E. van der. The Braun-Blanquet approach. *Handbook of Vegetation Science* / Ed. By R.H. Whittaker. The Hague, 1973. P. 619–726.
16. Whittaker R. H. A Consideration of Climax Theory: The Climax as a Population and Pattern. *Ecological Monographs*. 1953. Volume 23, Issue 1. P. 41–78.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Алпатова Оксана Миколаївна (Житомир) – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Безноско Ірина Володимирівна (Київ) – кандидат біологічних наук, в.о. завідувача лабораторії біоконтролю агроєкосистем і органічного виробництва, Інститут агроєкології і природокористування Національної академії аграрних наук України;

Бельмега Іван Васильович (Житомир) – аспірант кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Бурлуцька Марія Едуардівна (Одеса) – кандидат географічних наук, доцент кафедри гідрології суші, Одеський державний екологічний університет;

Валерко Руслана Анатоліївна (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Валерко Руслана Анатоліївна (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Вовкодав Галина Миколаївна (Одеса) – кандидат хімічних наук, доцент кафедри екології та охорони довкілля, Одеський державний екологічний університет;

Войціцький Володимир Михайлович (Київ) – доктор біологічних наук, професор, провідний науковий співробітник Української лабораторії якості і безпеки продукції агропромислового комплексу, Національний університет біоресурсів і природокористування України;

Воронов Климентій Євгенійович (Запоріжжя) – студент магістратури, Запорізький національний університет;

Воронова Наталія Валентинівна (Запоріжжя) – кандидат біологічних наук, доцент кафедри загальної та прикладної екології і зоології, Запорізький національний університет;

Галла-Бобик Світлана Василівна (Ужгород) – кандидат хімічних наук, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища, Навчально-науковий інститут хімії та екології Державного вищого навчального закладу «Ужгородський національний університет»;

Герасимчук Людмила Олександрівна (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Герасимчук Людмила Олександрівна (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Горбань Валерій Віталійович (Запоріжжя) – кандидат біологічних наук, доцент кафедри загальної та прикладної екології і зоології, Запорізький національний університет;

Горган Тетяна Михайлівна (Київ) – науковий співробітник лабораторії біоконтролю агроєкосистем і органічного виробництва, Інститут агроєкології і природокористування Національної академії аграрних наук України;

Гостюк Зоряна Володимирівна (Косів) – кандидат географічних наук, науковий співробітник науково-дослідного відділу, Національний природний парк «Гуцульщина»;

Грабко Наталія Вікторівна (Одеса) – старший викладач кафедри екології та охорони довкілля, Одеський державний екологічний університет;

Гуменний Данило Валерійович (Київ) – аспірант, Інститут агроєкології і природокористування Національної академії аграрних наук України;

Гуреля Іван Володимирович (Умань) – аспірант кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Уманський національний університет садівництва;

Гуцул Христина Ростиславівна (Київ) – PhD студент кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Даньків Вікторія Ярославівна (с. Оброшине) – кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, Інститут сільського господарства Карпатського регіону Національної академії аграрних наук України;

Демидов Олександр Анатолійович (с. Центральне) – доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кореспондент Національної академії аграрних наук України, директор, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук України;

Дмитренко Тетяна Володимирівна (Харків) – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інженерної екології міст, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова;

Дрозд Іван Петрович (Київ) – доктор біологічних наук, провідний науковий співробітник відділу радіобіології та радіоекології, Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України;

Євтушенко Юлія Сергіївна (Запоріжжя) – майстер відділу технічного контролю, Товариство з обмеженою відповідальністю «СП ЮКОЙЛ»;

Єрмакович Ірина Анатоліївна (Київ) – кандидат технічних наук, доцент кафедри здоров'я тварин та екології, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля;

Іваненко Ірина Миколаївна (Київ) – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Ігнатенко Михайло Якович (Харків) – аспірант, провідний інженер, Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», хімік I категорії, Регіональний офіс водних ресурсів у Харківській області;

Кірейцева Ганна Вікторівна (Житомир) – кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Кліменков Олексій Михайлович (Київ) – магістр кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Колісник Алла Вікторівна (Одеса) – кандидат географічних наук, доцент, декан природоохоронного факультету, Одеський державний екологічний університет;

Корбут Марія Броніславівна (Житомир) – кандидат технічних наук, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Корніснко Валентина Іванівна (Київ) – доктор біологічних наук, професор, директор Української лабораторії якості і безпеки продукції агропромислового комплексу, Національний університет біоресурсів і природокористування України;

Косенко Кристина Олексіївна (Київ) – магістр кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Кратюк Олександр Леонідович (Житомир) – доктор біологічних наук, доцент, професор кафедри лісівництва, лісових культур та таксації лісу, Поліський національний університет;

Криховець Олександра Василівна (Львів) – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри поліграфічного матеріалознавства і хімії, Українська академія друкарства;

Кукура Валентина Валентинівна (Львів) – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри поліграфічного матеріалознавства і хімії, Українська академія друкарства;

Куманська Юлія Олександрівна (Біла Церква) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри генетики, селекції і насінництва сільськогосподарських культур, Білоцерківський національний аграрний університет;

Кушнір Сергій Миколайович (Запоріжжя) – доктор юридичних наук, професор, професор кафедри конституційного та адміністративного права, проректор з навчально-виробничої роботи та матеріально-технічного забезпечення, Запорізький національний університет;

Ладогубець Олена Василівна (Харків) – кандидат біологічних наук, доцент кафедри фармакології та паразитології, Державний біотехнологічний університет;

Луньова Оксана Володимирівна (Житомир) – доктор технічних наук, доцент, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Люленко Світлана Олександрівна (Умань) – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри біології та здоров'я людини, Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини;

Маліновська Вікторія Василівна (Житомир) – студентка II курсу магістратури факультету лісового господарства та екології, Поліський національний університет;

Мідик Світлана Вікторівна (Київ) – кандидат ветеринарних наук, старший дослідник, завідувач науково-дослідного відділу моніторингу безпеки продукції агропромислового комплексу Української лабораторії якості і безпеки продукції агропромислового комплексу, Національний університет біоресурсів і природокористування України;

Мосійчук Ірина Іванівна (Київ) – аспірантка, Інститут агроекології і природокористування Національної академії аграрних наук України;

Музика Тетяна Анатоліївна (Одеса) – здобувач магістерського рівня вищої освіти кафедри метеорології та кліматології, Одеський державний екологічний університет;

Мякушко Станіслав Анатолійович (Київ) – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та зоології, Навчально-науковий центр «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені Тараса Шевченка;

Недострелова Лариса Василівна (Одеса) – кандидат географічних наук, доцент кафедри метеорології та кліматології, Одеський державний екологічний університет;

Павлишак Ярослава Ярославівна (Дрогобич) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри біології та хімії, Дрогобицький державний педагогічний університет імені Івана Франка;

Павловський Владислав Володимирович (Київ) – аспірант відділу радіобіології та радіоекології, Інститут ядерних досліджень Національної академії наук України;

Пацев Ігор Сергійович (Київ) – аспірант кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, Національний транспортний університет;

Пацева Ірина Григорівна (Житомир) – доктор технічних наук, професор кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Пацева Ірина Григорівна (Житомир) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Пацева Ірина Григорівна (Житомир) – доктор технічних наук, професор, професор кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Петруша Юлія Юрївна (Запоріжжя) – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри композиційних матеріалів, хімії та технологій, Національний університет «Запорізька політехніка»;

Пикало Сергій Володимирович (с. Центральне) – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу біотехнології, генетики і фізіології, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук України;

Пономаренко Дмитро Володимирович (Харків) – аспірант, Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем», провідний інженер з раціонального використання водних ресурсів відділу техногенно екологічної безпеки та водних об'єктів, Регіональний офіс водних ресурсів у Харківській області;

Притула Наталія Михайлівна (Запоріжжя) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри загальної та прикладної екології і зоології, Запорізький національний університет;

Репета Вячеслав Богданович (Львів) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри поліграфічного матеріалознавства і хімії, Українська академія друкарства;

Рибак Оксана Сергіївна (Житомир) – PhD студент III курсу факультету гірничої справи, природокористування та будівництва, асистент кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Рильський Олександр Федорович (Запоріжжя) – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри загальної та прикладної екології і зоології, Запорізький національний університет;

Роман Людмила Юрївна (Ужгород) – кандидат хімічних наук, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища, навчально-науковий інститут хімії та екології, Державний вищий навчальний заклад «Ужгородський національний університет»;

Романчук Марина Євгенівна (Одеса) – кандидат географічних наук, доцент кафедри екології та охорони довкілля, Одеський державний екологічний університет;

Самкова Оксана Петрівна (Київ) – заступник директора з експертної діяльності Української лабораторії якості і безпеки продукції агропромислового комплексу, Національний університет біоресурсів і природокористування України;

Сапко Ольга Юрївна (Одеса) – кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри екологічного права і контролю, Одеський державний екологічний університет;

Сірук Ірина Миколаївна (Житомир) – аспірант, асистент кафедри лісівництва, лісових культур та таксації лісу, Поліський національний університет;

Сірук Юрій Вікторович (Житомир) – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, завідувач кафедри лісівництва, лісових культур та таксації лісу, Поліський національний університет;

Устименко Володимир Ігорович (Житомир) – доктор філософії за спеціальністю 101 «Екологія», асистент кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Феденко Юрій Миколайович (Київ) – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри технології неорганічних речовин, водоочищення та загальної хімічної технології, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;

Фокшей Стелла Ігорівна (Косів) – заступник начальника науково-дослідного відділу, Національний природний парк «Гуцульщина»;

Харченко Михайло Володимирович (с. Центральне) – кандидат сільськогосподарських наук, науковий співробітник відділу біотехнології, генетики і фізіології, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук України;

Хижняк Світлана Володимирівна (Київ) – доктор біологічних наук, професор, провідний науковий співробітник Української лабораторії якості і безпеки продукції агропромислового комплексу, Національний університет біоресурсів і природокористування України;

Хом'як Іван Владиславович (Житомир) – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та географії, Житомирський державний університет імені Івана Франка;

Хоменко Світлана Володимирівна (Житомир) – аспірант кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет «Житомирська політехніка»;

Хрутьба Вікторія Олександрівна (Київ) – доктор технічних наук, професор завідувачка кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, Національний транспортний університет;

Чумаченко Ігор Миколайович (Запоріжжя) – доктор юридичних наук, професор, професор кафедри загальної та прикладної екології і зоології, Запорізький національний університет;

Шатило Євген Геннадійович (Житомир) – аспірант зі спеціальності 101 «Екологія», Державний університет «Житомирська політехніка»;

Юрченко Тетяна Василівна (с. Центральне) – кандидат сільськогосподарських наук, завідувач відділу біотехнології, генетики і фізіології, Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла Національної академії аграрних наук України;

Яковишина Тетяна Федорівна (Дніпро) – доктор технічних наук, доцент, професор кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка»;

Яковлєв Валерій Володимирович (Харків) – доктор геологічних наук, доцент, професор кафедри інженерної екології міст, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, професор кафедри фундаментальної і прикладної геології, Харківський державний університет імені В.Н. Каразіна, головний гідрогеолог, Товариство з обмеженою відповідальністю «Лабораторія якості води «ПЛАЯ»;

Якубчак Ольга Миколаївна (Київ) – доктор ветеринарних наук, професор, професор кафедри ветеринарної гігієни імені професора А.К. Скороходька, Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Наукове видання

ЕКОЛОГІЧНІ НАУКИ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

1(52) Том 2

- *Екологічні наслідки воєнних дій*
- *Екологічний моніторинг*
- *Поводження з відходами*
- *Екологія і виробництво*
- *Земельні ресурси і ґрунти*
- *Збереження біологічного та ландшафтного різноманіття*
- *Природно-заповідний фонд України*
- *Екологія агровиробництва*
- *Екологія водних ресурсів*
- *Зміна клімату*
- *Біологічна безпека*
- *Екологічна освіта*
- *Загальні проблеми екологічної безпеки*

Адреса редакції:

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корпус 2, Київ, 03035;
тел. +380 99 428 67 00;
www.ecoj.dea.kiev.ua
e-mail: info@ecoj.dea.kiev.ua

Видавничий дім «Гельветика»

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 7623 від 22.06.2022 р.
Україна, 65101, м. Одеса, вул. Інглєзі, 6/1
Тел. +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08
E-mail: mailbox@helvetica.ua

Підписано до друку 02.02.2024. Формат 64x84/8.

Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Цифровий друк.
Ум. друк. арк. 27,44. Тираж 100. Замовлення № 0324/221.
Ціна договірна. Віддруковано з готового оригінал-макета