ISSN 2306-9716

МІНІСТЕРСТВО ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНА ЕКОЛОГІЧНА АКАДЕМІЯ ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ ТА УПРАВЛІННЯ

# ЕКОЛОГІЧНІ НАУКИ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ

4(27)

Видавничий дім
«Гельветика»
2019

**УДК 502+504**

*Друкується за рішенням Вченої Ради Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління (№ 8-19 від 17.12.2019 р.)*
*Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 15768-4240Р від 26.10.2009 р.*

**Екологічні науки** : науково-практичний журнал / Головний редактор О.І. Бондар. – К. : ДЕА, 2019. – № 4(27). – 242 с.

**Головний редактор:**
Азаров С.І., доктор технічних наук, старший науковий співробітник
**Редакційна колегія:**
Антонов А.В., доктор технічних наук;
Бондар О.І., доктор біологічних наук, професор, член-кор. НААНУ;
Гандзюра В.П., доктор біологічних наук, професор;
Єрмаков В.М., доктор технічних наук, доцент, лауреат Державної премії в галузі науки і техніки;
Захматов В.Д., доктор технічних наук, професор;
Іващенко Т.Г., кандидат технічних наук;
Коніщук В.В., доктор біологічних наук;
Лукаш О.В., доктор біологічних наук;
Машков В.А., доктор технічних наук, доцент (Чехія);
Машков О.А., доктор технічних наук, професор;
Михайленко Л.Є., доктор біологічних наук;
Ольшевський С.В., доктор технічних наук;
Риженко Н.О., доктор біологічних наук, старший науковий співробітник;
Рудько Г.І., доктор географічних наук, доктор технічних наук, професор;
Улицький О.А., доктор геологічних наук, доцент;
Фінін Г.С., доктор фізико-математичних наук;
Шматков Г.Г., доктор біологічних наук.

Науково-практичний журнал «Екологічні науки» входить до переліку наукових фахових видань із двох галузей наук: Біологічні науки (Наказ Міносвіти України № 153 від 14.02.2014), Технічні науки (Наказ Міносвіти № 642 від 16.05.2014).

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

© Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, 2019

# ЗМІСТ

**ЕКОЛОГІЯ І ВИРОБНИЦТВО**.....5

**Присяжний В.І., Міхеєв В.С.** Аналіз екологічного стану та напрямків впливу газотурбінних двигунів мобільних техногенних об'єктів на стан довкілля.....5

**Kuznyetsov S.I., Maljejev V.O., Bezpalchenko V.M., Dibolsky S.A.** Catalytic carbon monoxide in the industrial gas emissions.....11

**Майзеліс А.О.** Зниження виносу іонів цинку і нікелю промивними водами гальванічних ліній з утилізацією у вигляді додаткових шарів покриттів.....15

**Гомеля М.Д., Степова О.В., Камаєв В.С.** Розроблення інгібіторів корозії металів у водних середовищах із різним рівнем мінералізації.....21

**Швед М.П., Швед Д.М., Новодворський В.В., Ковба А.М.** Процес каскадної дисково-шестеренної екструзії та його аналіз.....28

**ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГО-ЗБАЛАНСОВАНОГО РОЗВИТКУ**.....33

**Пелепчук О.С., Бобро Е.В., Дышель Г.А.** Влияние экологических факторов на физическое развитие городских и сельских девочек в Одесском регионе.....33

**ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ**.....38

**Луньова О.В.** Оцінка екологічних ризиків техноекосистем на прикладі районів вугільних родовищ Донбасу.....38

**БІОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА**.....45

**Chabaniyk Ya.V., Brovko I.S., Podhurska I.O., Spataru K.V., Nikiforenko V.M.** Efficiency of application of biotechnological preparations of nitrogen and phosphoric nutrition of wheat on indexes of quality of macaroni foods.....45

**ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**.....49

**Захматов В.Д., Щербак Н.В., Вентцель Аллан.** Морские мини-огнетушители.....49

**Тогачинська О.В., Семенова О.І., Котинський А.В., Ничик О.В., Кравченко І.Й.** Процеси акумуляції та міграції міді в темно-сірому опідзоленому ґрунті.....58

**ТЕОРЕТИКО-МЕТОЛОГІЧНІ ПИТАННЯ В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ**.....62

**Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А., Міхеєв В.С.** Розвиток теорії функціональної стійкості екологічних систем, як стійкості функціонала екологічної безпеки.....62

**Пикало С.В., Юрченко Т.В., Харченко М.В.** Скринінг сортів пшениці (*Triticum aestivum* L.) різного еколого-географічного походження на посухостійкість.....77

**Адамчук В.В., Литвинюк Л.К., Дем'янюк О.С., Кураєва І.В., Войтюк Ю.Ю.** Дослідження з визначення коефіцієнтів поглинання валового вмісту хімічних елементів із ґрунту незерновою і зерновою частинами урожаю деякими сільськогосподарськими культурами в Південному Степу і Лісостепу України.....83

**Барабаш О.В.** Оцінка рівня забруднення атмосферного повітря методом дендроіндикації.....102

**Берестовой А.М., Хлестова О.А., Волков Д.В.** Исследование влияния температурных изменений Восточноукраинского региона на показатели работы транспорта.....108

**Руденко М.М., Слонов М.Ю., Хамула С.В.** Розпізнавальні можливості результатів видового спостереження об'єкта екологічного моніторингу.....115

**Туровська Г.І.** Науково-методичні аспекти аналізу безпеки питної води.....120

**Шахман І.О., Бистрянцева А.М.** Математичний підхід до оцінки результатів екологічних досліджень.....124

**РОЗВИТОК ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ УКРАЇНИ**……129
**Євтушенко К.В., Пасічник С.В., Лисенко Г.М.** Герпетобіонтні павуки (Aranei) Ічнянського Національного природного парку……129

**ЕКОЛОГІЯ ВОДНИХ РЕСУРСІВ**……134
**Дмитрієва О.О., Колдоба І.В., Хоренжая І.В.** Концептуальні напрями дослідження умов життя населення в зоні евтрофованих водних об'єктів……134
**Григор'єва Л.І., Томілін Ю.А., Алексєєва А.О.** Радіоекологічна безпека прісноводних водоймищ – джерел живлення зрошувальних систем……145
**Данілян А.Г., Тірон-Воробйова Н.Б., Романовська О.Р.** Картографування якості природних вод: раціональний підхід підвищення рівня екологічної безпеки……150
**Попова І.В., Зінченко Н.Ю., Сімурова Н.В., Майборода О.І.** Аналіз гідрохімічних показників якості питної води у Київській області……155

**ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОРОЗМАНІТТЯ**……159
**Борисов В.В., Кошелєв О.І.** Екологічна структура орнітофауни м. Вільнянська (Запорізька обл.) у позагніздові періоди……159
**Іванець О.Р.** Гіллястовусі раки (*Cladocera*) Галичини в дослідженнях професора А. Вежейського……166
**Тимченко І.А., Мінарченко В.М., Футорна О.А., Двірна Т.С.** Морфологічні ознаки видів роду *Equisetum* L. споріднених із фармакопейним *Equisetum arvense* L.……171
**Фіцайло Т.В.** Чагарникові біотопи заповідника «Кам'яні Могили»……181
**Рубановська Н.В., Гордій Н.М.** Охорона представників роду *Allium* L. *in situ* на Західному Поділлі……186
**Кратюк О.Л.** Сезонна зміна діелектричних показників сосни звичайної в умовах напіввільного утримання мисливських тварин……192
**Чабанюк Я.В., Бровко І.С., Подгурська І.О., Куденко А.В.** Вплив *Metarhizium anisoplie* на яйця павутинного кліща *Tetranychus urticae*……197

**ІННОВАЦІЙНІ АСПЕКТИ ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ**……201
**Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А.** Прогнозування надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та оцінювання ризиків з використанням аерокосмічних технологій……201
**Бойко Н.И., Макогон А.В.** Обеззараживающая обработка и очистка воды, обезвреживание и конверсия газовых выбросов предприятий при помощи высоковольтных импульсных разрядов……206
**Копитовський М.В., Павлов В.Г.** Завадостійкий кластер для задач з екологічного менеджменту……210

**СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ**……215
**Шевченко Р. Ю., Доценко К.О.** Диференційність рівнів екологічної освіти та екосвідомості при оцінці впливу сучасного ресурсо-природокористування на довкілля……215
**Бобро О.В.** Інформація природничо-наукового напряму як спосіб розвитку екологічної свідомості людини……222

**СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО**……226
**Доценко О.О.** Екологічні аспекти будівництва та експлуатації шахти «Любельська» № 1-2……226
**Рудейчук-Кобзєва М.Я.** Синантропна фракція флори полігону захоронення токсичних відходів гексахлорбезолу поблизу м. Калуш Івано-Франківської області……233

**ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ**……238

УДК 504.06:656.71(043.2)
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-1

# АНАЛІЗ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТА НАПРЯМКІВ ВПЛИВУ ГАЗОТУРБІННИХ ДВИГУНІВ МОБІЛЬНИХ ТЕХНОГЕННИХ ОБ'ЄКТІВ НА СТАН ДОВКІЛЛЯ

**Присяжний В.І.[1], Міхеєв В.С.[2]**
[1] Національний центр управління та випробувань космічних засобів
01010, м.Київ, вул. Московська, 8
ncuvkz@spacecenter.gov.ua;
[2] Державне космічне агентство України
01010, м. Київ, вул. Московська, 8
yd@nkau.gov.ua

Розглянуто проблему забруднення атмосфери турбореактивними двигунами літальних апаратів та узагальнено шляхи її вирішення. Здійснено в аналіз проблеми забруднення атмосфери турбореактивними двигунами та в узагальненні шляхів її вирішення. Проаналізовано напрямки зменшення забруднення атмосфери газотурбінними двигунами літаків, виявлено їх переваги та недоліки. Запропоновано розглянуту проблему вирішувати одночасно у таких п'яти напрямках: хімічному, конструкційному, економічному, впровадження на авіаційному транспорті нових технологій, нормативно-правовому. Встановлено, що забруднення повітряного середовища транспортом з турбореактивними двигунами відбувається головним чином при їх роботі перед стартом, при зльоті та посадці, при наземних випробуваннях в процесі їх виробництва та після ремонту. Робота рідинного ракетного двигуна супроводжується викидом продуктів повного і неповного згоряння палива. Викиди забруднюють навколишнє середовище в районі аеродрому та його околицях. Для зниження шкідливих викидів від роботи двигунів необхідно застосовувати такі методи: використання присадок до палива, впорскування води та ін.; розпорошення палива; збагачені суміші в зоні горіння; скорочення часу роботи двигунів на землі; зменшення числа працюючих двигунів при рулюванні (викид відходів знижується в 3–8 разів). Зменшення загальної витрати палива, а отже, і викиду токсичних речовин досягається також вдосконаленням методів експлуатації літаків. Встановлено, що вирішення проблеми забруднення атмосфери авіаційним транспортом повинно бути комплексним. Як результат, пропонується комплексно і одночасно вирішувати розглянуту проблему у таких п'яти напрямках покращення екологічних показників емісії авіаційних двигунів: хімічному, конструкційному, економічному, впровадження на авіаційному транспорті нових технологій та нормативно-правовому. *Ключові слова:* аеропорт, аеродром, атмосфера, авіаційний транспорт, емісія двигунів, екологічна безпека, забруднення, довкілля, викиди.

**Analysis of the ecological state and directions of influence of gas turbine engines of mobile technogenic objects on the state of the environment. V.I. Prisiazhnii, V.S. Mikheev.** The problem of air pollution by turbojet engines of aircrafts is considered and the ways of its solution are generalized. The analysis of the problem of atmospheric pollution by turbojet engines and the generalization of its solutions are carried out. The directions of air pollution reduction by gas turbine engines of airplanes are analyzed, their advantages and disadvantages are revealed. It is proposed to solve the problem at the same time in the following five directions: chemical, structural, economic, introduction of new technologies in aviation transport, regulatory and legal. It is established that air pollution by turbojet engines occurs mainly during their work before launch, during take-off and landing, during ground tests during their production and after repair. The operation of a liquid rocket engine is accompanied by the emission of products of complete and incomplete combustion of fuel. Emissions pollute the environment in and around the aerodrome. To reduce the harmful effects of the engines, the following methods must be applied: use of fuel additives, water injection, etc.; fuel spraying; enriched mixtures in the combustion zone; reducing the running time of engines on the ground; reduction in the number of engines running at steering (waste reduction is reduced by 3–8 times). The reduction of total fuel consumption and, consequently, the emission of toxic substances is also achieved through the improvement of aircraft operating methods. It is established that the solution of the problem of air pollution by air transport should be complex. As a result, it is proposed to comprehensively and simultaneously address the problem under consideration in the following five areas of improvement of environmental performance of aviation engine emissions: chemical, structural, economic, introduction of new technologies in aviation transport and regulatory. *Key words:* airport, airfield, atmosphere, air transport, engine emissions, environmental safety, pollution, environment, emissions.

Стрімкий розвиток авіатранспорту і підвищення його ролі в житті людини не може не вплинути на навколишнє середовище. Основний вплив авіації на довкілля полягає не тільки в акустичному забрудненні, а й через викиди газів в атмосферу, що призводить до зміни клімату і забруднення повітря в навколишньому середовищі, в тому числі околицях аеродромів.

До об'єктів аеродрому входять не тільки літаки, але й засоби його обслуговування – автотранспорт та інша спецтехніка. В результаті повітряних перевезень відбувається забруднення ґрунтів, водних

об'єктів і атмосфери, а сама специфіка впливу повітряного транспорту на навколишнє середовище виявлена в значній шумовій дії і значних викидах різних забруднюючих речовин продуктами згоряння авіаційних палив при різних режимах роботи двигунів [1].

Забруднення біосфери продуктами згоряння авіаційних палив – це перший прояв впливу повітряного транспорту на екологічну ситуацію. Однак авіація має ряд відмінних рис порівняно з іншими видами транспорту. Використання газотурбінних двигунів (ГТД) зумовлює інший характер процесів і структуру викидів відпрацьованих газів, а застосування в якості палива гасу змінює компоненти забруднюючих речовин.

На відпрацьовані гази авіаційних двигунів припадає 75–87% усіх викидів цивільної авіації, що включають атмосферні викиди спеціального автотранспорту і стаціонарних джерел [2–4].

**Актуальність дослідження.** Найбільше забруднення навколишнього природного середовища відбувається в зоні аеропортів (аеродромів) під час посадки і зльоту літаків, а також прогріву їх двигунів. При роботі двигунів на зльоті і посадці в навколишнє середовище надходить найбільша кількість оксиду вуглецю і вуглеводневих сполук, а в процесі польоту – максимальна кількість оксидів азоту.

Реактивному лайнеру, який робить трансатлантичний переліт, потрібно від 50 до 100 т цього газу. На території аеродрому здійснюється запуск двигунів, рулювання, зліт і посадка літаків, при яких в атмосферу надходять шкідливі продукти вихлопів авіаційних двигунів, попереднього старту (місць очікування) і на злітно-посадковій смузі. Рулійні доріжки вважаються ділянками помірного виділення газу внаслідок короткочасності перебування на них літаків.

Концентрація шкідливих складових відпрацьованих газів авіадвигунів у повітрі і швидкість їх поширення на території аеродрому значною мірою залежать від метеорологічних умов. При цьому найбільш чітко простежується вплив напрямку і швидкості вітру. Інші фактори – температура і вологість повітря, сонячна радіація, яка хоча і впливає на концентрацію забруднювачів, проте цей вплив виражений менш яскраво і має більш складну залежність.

Застосування газотурбінних двигунів в авіації та ракетобудуванні дійсно величезне. Вихлопні гази газотурбінних рухових установок (ГТДУ) містять такі токсичні компоненти CO, $NO_x$, вуглеводні, сажу, альдегіди тощо.

Дослідження складу продуктів згоряння двигунів, що встановлені на літаках, показали, що вміст токсичних складових у продуктах згоряння істотно залежить від режиму роботи двигуна.

Високі концентрації CO та CH характерні для ГТДУ на знижених режимах (холостий хід, рулювання, наближення до аеропорту, захід на посадку), тоді як вміст оксидів азоту $NO_x$ (NO, $NO_2$, $N_2O_5$) суттєво зростає при роботі на режимах, які близькі до номінального (зліт, набір висоти, польотний режим) [5].

**Емісії авіаційних двигунів.** Шкідливі і токсичні речовини, що містяться у відпрацьованих газах двигунів залежно від механізму їх утворення поділяються на групи:

– містять вуглець речовини – продукти повного і неповного згоряння палива ($CO_2$, CO, вуглеводні, в тому числі поліциклічні ароматичні);

– речовини, механізм утворення яких безпосередньо не пов'язаний з процесом згоряння палива (оксиди азоту – за термічним механізмом);

– речовини, викид яких пов'язаний з домішками, що містяться в паливі (сполуки сірки, свинцю, інших важких металів), а також утворюються в процесі зносу деталей (оксиди металів).

Сумарний викид токсичних речовин літаками з ГТДУ безперервно зростає, що зумовлено підвищенням витрат палива до 20–30 т/год і неухильним зростанням кількості експлуатованих літаків. Викиди ГТДУ в навколишнє середовище в аеропортах і зонах, що прилягають до випробувальних станцій, спричиняють негативний вплив на умови безпеки життєдіяльності. Порівняльні дані щодо викидів шкідливих речовин в аеропортах свідчать, що надходження від ГТДУ в приземний шар атмосфери складають: оксиди вуглецю – 55%; оксиди азоту – 77%; вуглеводні – 93%; аерозолі – 97%. Інші викиди виділяють наземні транспортні засоби з двигунами внутрішнього згорання [2, 6].

**Мета дослідження –** аналіз причин забруднення атмосфери турбореактивними двигунами та визначення шляхів її розв'язання.

Аналіз інформаційних джерел [4, 9–12] показав, що максимальне забруднення навколишнього середовища можливе під час граничної силової напруженості повітряного судна, під час посадки і зльоту літаків, а також прогріву їх двигунів. При роботі двигунів на зльоті і посадці в навколишнє середовище надходить найбільша кількість оксиду вуглецю і вуглеводневих сполук, а в процесі польоту – максимальна кількість оксидів азоту. Дослідження екологів засвідчили, що найбільш забрудненими ділянками є прилеглі території в районі аеродромів і зокрема злітно-посадкової смуги [13].

У зв'язку з цим Міжнародна організація цивільної авіації (ICAO) з 1977 року публікує Міжнародні стандарти щодо норм на емісію повітряно-реактивних двигунів [9], застосування і дотримання яких призводить до зменшення викидів токсичних сполук.

Створений ІКАО банк даних про емісії двигунів (EEDB – ICAO Engine Emission Bank) містить інформацію про значення EI для сертифікованих двигунів (в грамах забруднювача на кілограм палива для $NO_x$, CO та HC), а також витрату особливих видів палива (в кілограмах у секунду ) для різних режимів роботи різних типів двигунів. Крім того, тут зазначається число димності – безрозмірний параметр,

який обчислюється за 10-бальною шкалою і характеризує емісію диму як «непрозорість» вихлопного струменя. Показники викиду для двигуна PW4074D, яким оснащені, наприклад, аеробуси А330, наведені в табл. 1 [13].

Вимірювання концентрацій токсичних компонентів регламентується в інструктивних матеріалах ICAO (Міжнародна організація цивільної авіації), перевиданих у 2014 р [10]. Цей документ містить методики проведення вимірювань, оброблення одержаних результатів, рекомендовані прилади. Зокрема, дим вимірюється в так званих «числах димності» (SN) шляхом фільтрації продуктів згоряння через контрольний білий фільтр. За ступенем затемнення поверхні фільтра обложеними частинками оцінюється рівень задимленості.

Відпрацювання запуску ГТД і його експлуатація на ранніх етапах використання з розвитком процесів під час роботи двигунів вимагає формування певних підходів до прогнозування пускових властивостей ГТД (у тому числі й закладанні пускових властивостей на стадії проектування) і відповідного вибору режимів роботи пускової системи силових установок ЛА [3]. Дослідження режимів роботи ГТД на початкових етапах дає можливість визначати не тільки ефективні режими роботи силової установки, а й застосування їх з мінімальним впливом на навколишнє середовище щодо максимальної тяги ЛА. Однак на сьогодні, питання застосування ГТД ЛА і режимів його роботи на початкових етапах за умови мінімальних викидів у навколишнє середовище шкідливих речовин не достатньо висвітлюються в літературі, що обмежує в отримання знань.

Інформація щодо забезпечення екологічної безпеки або дотримання екологічних норм у районах аеродромів також обмежена, що ускладнює оцінку характеру їх впливу на екосистему. Це пов'язано з тим, що на сьогодні недостатньо приділяється увага дослідженням в галузі екології в районі аеродромів [12]. Тому вивчення можливої оцінки стану навколишнього середовища в районі аеродромів є актуальним напрямком для зменшення шкідливих виділень з відпрацьованими газами. При цьому, особливо слід приділяти увагу питанню оцінки виділення шкідливих речовин ГТД ЛА в екосистему.

Незалежно від системи запалювання паливо-повітряної суміші в камері згоряння ГТД (якщо це електричні іскрові системи або електричні плазмові чи лазерні системи) від неї залежать особливості режимів роботи двигунів внутрішнього згоряння [15] та викиди продуктів згоряння авіаційного палива.

На сьогодні вже вивчені принципи їх роботи, вплив на високу питому потужність і можливість ефективного використання силової тяги за рахунок об'єднання декількох функцій – джерела обертаючого моменту в процесі запуску і бортового джерела живлення в процесі польоту при режимній роботі ГТД [2, 3]. При цьому основними напрямками досліджень запуску ГТД ЛА є вивчення режимів роботи і моделювання газотурбінних двигунів в умовах земного і польотного запуску, запуску з авторотації та дослідження характеристик вузлів ГТД під час запуску.

Крім цього, на сучасному етапі розвитку суспільства цікаві питання щодо викидів продуктів згоряння авіаційного палива і їх впливу на навколишнє природне середовище. Залишається пріоритетним вивчення ступеня впливу продуктів згоряння авіаційного палива при викиді з ГТД ЛА і можливість визначення складових продуктів згоряння. Тому на основі аналізу екологічної ситуації в районі аеродромів доцільно визначати напрямки зміни ступеня впливу газотурбінних двигунів на навколишнє середовище [2, 12].

Основними продуктами забруднення, що містяться у вихлопі реактивних двигунів, є оксиди азоту $NO_x$, окис вуглецю CO, незгорілі вуглеводні HC і частки (дим). У вихлопі містяться й інші забруднювачі атмосфери: оксиди сірки, альдегіди, аерозолі, одоранти, а також ароматичні поліциклічні вуглеводні, наприклад, бензопірен [13, 16–18]. Якщо розглядати кількість утворених шкідливих продуктів у вигляді масової частки від згорілого палива, то для більшості режимів роботи двигуна вихід цих продуктів зазвичай становить 0,1–1%.

Концентрація викидів значною мірою залежить від режиму роботи двигуна. Камери згоряння розраховуються на одержання максимальних ККД при зльоті і крейсерському режимі. При дроселюванні двигуна повнота згоряння зменшується і, як наслідок, збільшується кількість викидів забруднюючих

Таблиця 1

**Викиди двигуна PW4074D за банком даних про емісії ІКАО**

| Експлуатаційний режим | Потужність двигуна, % | Час, хв | Витрата палива, кг/с | Індекс емісії палива, г / кг | | | Показник димності |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | HC | CO | $NO_x$ | |
| Зліт | 100 | 0,7 | 3,042 | 0,02 | 0,3 | 42,46 | 4,22 |
| Набір висоти | 85 | 2,2 | 2,471 | 0,02 | 0,35 | 32,71 | 2,36 |
| Зниження | 30 | 4,0 | 0,869 | 0,04 | 0,96 | 11,35 | 0,65 |
| Малий газ | 7 | 26,0 | 0,305 | 3,12 | 26,34 | 3,8 | 0,33 |
| Паливо (кг) і емісії (г) для ЗПЦ | | | 1138 | 1502 | 12885 | 20269 | - |

речовин. Так, у режимі малого газу повнота згоряння становить 88–96% і залежить від розмірів двигуна, його потужності, ресурсу, кількості повітря, що пропускається з компресора тощо.

Головними викидами при малому газі є окис вуглецю (до 50–60 г/кг палив) і вуглеводні (до 10–20 г/кг палив) як у вигляді палива (фізичне недопалення), так і у вигляді частково окислених компонентів палива (хімічне недопалення). Останні речовини і зумовлюють характерний запах властивий всім аеропортам, що використовують літаки з ГТД.

Невисока повнота згоряння пояснюється низькими значеннями температури (360–450 К) і тиску (близько 2–4) × 105 Па на вході в камеру. Крім того, при бідних складах суміші в режимі малого газу паливні форсунки працюють на малих перепадах тиску (2–4) × 105 Па, що призводить до значного погіршення дисперсності розпилення і нерівномірного розподілу палива в зоні горіння.

Ще більше ускладнює проблему погана летючість авіаційного палива.

У міру збільшення потужності двигуна тиск і температура на вході в камеру згоряння зростають. На режимах повної потужності повнота згоряння наближається до 100%, а вміст СО і НС у вихлопних газах дуже малий. Однак високі температури і тиск в камері призводять до утворення оксидів азоту і диму. На зльоті викиди $NO_x$ сягають 40–50 г/кг палива і диму – до 10-15 одиниць (SAE) [13].

Оксиди сірки утворюються при окисленні сірки, що міститься в паливі. Рівні викиду безпосередньо пов'язані з вмістом сірки в паливі і не залежать більшою мірою від типу двигуна. Оскільки в реактивному двигуні видалення окислів з вихлопних газів ускладнене, то регулювання викиду здійснюється зменшенням вмісту сірки в паливі.

Викид альдегідів з ГТД, мабуть, можна порівняти з викидом їх з поршневих двигунів: в обох випадках показник викиду становить 1 г/кг палива [13]. Порівняно висока концентрація альдегідів відносно низького викиду незгорілих вуглеводнів пов'язана з горінням бідної паливної суміші. Рівень викиду залежить від пристрою камери згоряння, особливо від зміни часу температури продуктів згоряння.

Аерозольні викиди з газових турбін досить високі. Показник аерозольного викиду для турбореактивних двигунів становить 9 г/кг, тоді як для поршневих авіаційних двигунів він дорівнює 2 г/кг. Аерозолі включають агломерати і конденсати малого розміру і можуть бути адсорбентами для активних викидів. Роль аерозолів у забрудненні атмосфери, якщо не брати до уваги погіршення видимості, не вивчена.

За результатами систематичного дослідження характеристик запаху вихлопу реактивних двигунів публікації відсутня.

Механізм утворення поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ) у процесі горіння авіаційних палив зрозумілий тільки в загальних рисах, але на сьогодні немає жодної публікації про систематичні виміри ПАВ у вихлопних газах ГТД. Проте авіація є одним із можливих джерел широкого поширення канцерогенів в атмосфері. Результати роботи з дослідження закономірностей виникнення бензапирена в вихлопних газах авіадвигунів відображені в роботах [12].

Більш зручною одиницею виміру цієї величини є «інтенсивність емісії» – в грамах токсичної речовини, що виділяється в секунду або в «індексах емісії (EI)» – в грамах речовини, віднесеної до кілограму згорілого палива.

**Оцінювання емісії забруднюючих речовин авіадвигунами.** Для загальної оцінки емісії забруднюючих речовин авіадвигунами протягом злітно-посадкового циклу Агентством з охорони навколишнього середовища США (EPA) введений параметр EPA, який є масою речовини, яка виділилася за цикл, віднесеної до тяги в 1000 кгс і обчислюється за формулою:

$$EPA_{Pi} = \frac{\sum_i \left(\frac{\tau_i}{60}\right) G\tau_i EI_{ij}}{\sum_{ji} \left(\frac{\tau_j}{60}\right) R_j} \qquad (1)$$

де $\tau_i$ – час роботи двигуна, хв;

$R_j$ – тяга, кгс;

$i$ – вид токсичної речовини ($CO$, $HC$, $NO_x$);

$j$ – режим роботи двигуна (малий газ, зниження, набір висоти, зліт на рівні моря).

Стандартами США передбачена тривалість режимів злітно-посадкового циклу (табл. 1).

За результатами випробувань звичайних (однозонних) камер згоряння можуть бути визначені емісійні характеристики двигуна за наближеним значенням формули:

$$\left(EI_{NO_x}\right)_{ДВ} = \left(EI_{NO_x}\right)_{КАМ} \left(\frac{P_{2ДВ}}{P_{2КАМ}}\right)^{0,5} \frac{T_{3ДВ}}{T_{3КАМ}} \frac{v_{ДВ}}{v_{КАМ}} \exp 0,0188 \times$$
$$\times \left(H_{ДВ} - H_{КАМ}\right) \exp\left(\frac{T_{2ДВ} - T_{2КАМ}}{288}\right), \qquad (2)$$

де $P_2$ и $T_2$ – повні значення тиску і температури на вході в камеру згоряння;

$v$ – характерна швидкість в камері згоряння;

$H$ – питома вологість повітря на вході в камеру, г / води / кг повітря (на рівні моря стандартна вологість $H$ = 6,29);

$T_3$ – температура перед турбіною (індексами "*КАМ*" і "*ДВ*" позначені величини, що вимірюються при випробуваннях камери згоряння і двигуна відповідно):

$$\left(EI_{CO}\right)_{ДВ} = \left(EI_{CO}\right)_{КАМ} \frac{P_{2КАМ}}{P_{2ДВ}}, \qquad (3)$$

$$\left(EI_{HC}\right)_{ДВ} = \left(EI_{HC}\right)_{КАМ} \frac{P_{2КАМ}}{P_{2ДВ}}. \qquad (4)$$

Таблиця 2

**Емісійні характеристики двигуна JT8D-17 (вихідний рівень) з нормами EPA**

| Режим роботи | Емісія | | | | | | Число димності | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *CO* | | *HC* | | $NO_x$ | | | |
| | Норма EPA | Початковий рівень | Норма EPA | Початковий рівень | Норма EPA | Початковий рівень | Норма EPA | Початковий рівень |
| Індекси емісії | | | | | | | | |
| Малий газ | 12,2 | 44,5 | 2,1 | 12,8 | 3,2 | 3,7 | | |
| Зниження тяги (30%) | 1,1 | 7,5 | 0,4 | 0,67 | 4,2 | 8,5 | | |
| Набір висоти (85%) | 0,2 | 0,89 | 0,13 | 0,04 | 5,1 | 20,0 | | |
| Зліт (85%) | 0,16 | 0,55 | 0,11 | 0,03 | 5,2 | 24,4 | | |
| Параметри *EPA* | | | | | | | | |
| Всі режими | 4,3 | 11,1 | 0,8 | 4,4 | 3,0 | 8,2 | 25 | 25-30 |

Як приклад в табл. 2 наведені емісійні характеристики двигуна JT8D-17 і норми EPA [13].

**Висновки.**

1. Забруднення повітряного середовища транспортом з турбореактивними двигунами відбувається переважно при їх роботі перед стартом, зльоті та посадці, наземних випробуваннях у процесі їх виробництва та після ремонту. Робота рідинного ракетного двигуна супроводжується викидом продуктів повного і неповного згоряння палива, що складаються з O, $NO_x$, OH та ін.

2. Викиди забруднюють навколишнє середовище в районі аеродрому та його околицях.

3. Для зниження шкідливих викидів від роботи двигунів необхідно застосовувати такі методи: використання присадок до палива, впорскування води та ін.; розпорошення палива; збагачення суміші в зоні горіння; скорочення часу роботи двигунів на землі; зменшення числа працюючих двигунів при рулюванні (викид відходів знижується в 3–8 разів).

4. Для зниження питомого вмісту токсичних речовин у відпрацьованих газах поряд з удосконаленням експлуатованих типів газотурбінних двигунів створюються нові ГТД з новими конструкціями камери згоряння, системи упорскування паливно-повітряної суміші, компресорами, що забезпечують раціональне співвідношення в суміші паливо-повітря, краще розпорошення і перемішування суміші, яка подається в камеру, і більш повне її згоряння.

5. Зменшення загальної витрати палива і викиду токсичних речовин досягається вдосконаленням методів експлуатації літаків.

6. Доведено, вирішувати проблеми забруднення атмосфери авіаційним транспортом необхідно комплексно. Як результат, пропонується одночасно покращувати екологічні показники емісії авіаційних двигунів шляхом хімічного, конструкційного, економічного напрямів та впроваджувати на авіаційному транспорті нові технології з дотриманням нормативно-правового режиму.

**Література**


1. Франчук Г.М. Екологія, авіація і космос: підручник [Текст] / Г.М. Франчук, В.М. Ісаєнко. К.: НАУ, 2010. 456 с.
2. Пивторак Р.М. Экологические ряды авиационных двигателей [Тескт] / Р.М. Пивторак, А.А. Пивторак // Вісник НАУ, 2008. № 3. С. 302–305.
3. Программы создания и развития перспективных двигателей. Разработка экологически чистых двигателей в Германии / Экспресс – информация «Авиационное двигателестроение». 2010. №5. С. 1 – 2.
4. Франчук Г.М. Екологічна оцінка впливу авіаційних транспортних процесів на якість компонентів довкілля [Тескт] / Г.М. Франчук, А.М. Антонов, С.М. Маджд, Я.В. Загоруй // Вісник НАУ. 2006. № 1. С. 184–190.
5. Юсфин Ю.С., Леонтьев Л.И. Промышленность и окружающая среда. МОСКВА : ИКЦ «Академкнига», 2002. 469 с.
6. Приложение 14 к Конвекции о Международной организации гражданской авиации. Воздушные судна. Монреаль, 2009. 350 с. [ICAO. Международные стандарты и рекомендуемая практика].
7. Инструктивный материал по сборам за авиационную эмиссию, связанную с местным качеством воздуха. Док. 9884. ИКАО, 1 издание, 2007.
8. Охрана окружающей среды. Том 2. Эмиссия авиационных двигателей: Приложение 16 к Конвенции о международной гражданской авиации. ИКАО, Издание 5, июль 2014г.
9. Старик А.М., Фаворский А.Н. Авиация и атмосферные процессы // Актуальные проблемы авиационных и аэрокосмических систем. 2015. Т. 20, № 1(40). С. 1–20.
10. Трофімов І.Л. Аналіз впливу авіаційного транспорту на забруднення атмосфери // Енергетика: економіка, технології, екологія. 2014. № 1. С. 119–124.

11. ICAO Aircraft engine emission Databank. November 2016. https://www.easa.europa.eu/documentlibrary/icao-aircraft-engine emissions data bank
12. События в гражданской авиации и окружающая среда: Рабочий документ 38-й сессии Ассамблеи ИКАО –www.icao.int.
13. Goodman J.C. Aviation and the Environment Nova Science Publishers, Inc., 2009, 515 pages, ISBN-10: 160692320X, ISBN-13: 9781606923207.
14. Lee D., Fahey D.W., Forster P.M. et al. Aviation and global climate change in 21st century // Atm. Environ. 2009. Vol. 43. P. 3520–3537.
15. Olsen S.C., Brasseur G.P., Wuebbles D.J., Barret S.R.H. et al. Comparison of model estimates of the effects of aviation emissions on atmospheric ozone and methane // Geophys. Res. Let. 2013. Vol. 40. P. 6004–6009. doi:10.1002/2013GL057660.
16. On Board. A sustainable future. Environmental Report. ICAO, 2016.

**UDC 66.01:66.011**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-2**

# CATALYTIC CARBON MONOXIDE IN THE INDUSTRIAL GAS EMISSIONS

**Kuznyetsov S.I., Maljejev V.O., Bezpalchenko V.M., Dibolsky S.A.**
Kherson National Technical University
Beryslavske highway, 24, 73008, Kherson
ksieko@rambler.ru, mahnoveccs@gmail.com,
mahnoveccs@gmail.com, dibserj@gmail.com

A new method for the catalytic neutralization of carbon monoxide has been developed. The composition of the highly efficient Zn-Cu-Cr pumice concrete catalyst and the method of its application to tubular supports are synthesized. When studying the kinetics of the reaction, the main parameters (temperature coefficient, reaction order, equilibrium constant) are determined and investigated that allow a complete comprehensive assessment of the developed catalysts. Experimental data show that the catalyst begins to show activity at a temperature of t = 150°C. With increasing temperature, the degree of conversion increases, reaching maximum values (86–96%) at a gas and space velocity of 10000–20000 $h^{-1}$. A further increase in temperature does not lead to a noticeable increase in the degree of conversion, since a residual concentration of carbon monoxide close to equilibrium is established in the gas mixture, the value of which depends on temperature. Due to the fact that the reaction is exothermic, the temperature in the reactor can increase, reaching a critical value. Studies have shown that when the reactor is heated to 350-400°C, a further spontaneous increase in temperature is observed. It follows from this that the initial gas temperature should not be higher than critical. Long-term operation of the catalyst in laboratory conditions showed that its activity within 70 hours of continuous operation did not change. Water vapor present in the gas does not reduce the activity of the proposed catalyst. The synthesized catalyst exhibits higher activity than industrial low-temperature catalyst. The design of the apparatus, a tubular reactor, in which the catalytic treatment of industrial waste gases contaminated with carbon monoxide is carried out, has been developed and tested. *Key words:* neutralization of carbon monoxide, pumice concrete, tubular reactor.

**Каталітична нейтралізація монооксиду карбону в промислових газових викидах. Кузнєцов С.І., Малєєв В.О., Безпальченко В.М., Дібольский С.А.** Розроблено новий метод каталітичної нейтралізації монооксиду карбону. Синтезовано склад високоефективного Zn-Cu-Cr каталізатора-пемзобетона та спосіб його нанесення на трубчасті носії. При вивченні кінетики реакції визначені й досліджені основні параметри (температурний коефіцієнт, порядок реакції, константа швидкості), які дозволяють надати повну комплексну оцінку розробленим каталізаторам. Експериментальні дані показують, що каталізатор починає проявляти активність при температурі 150°C. З підвищенням температури ступінь перетворення збільшується, досягаючи максимальних значень (86–96%) при температурі 300°C та об'ємній швидкості газу 10000–20000 $год^{-1}$. Подальше збільшення температури не призводить до суттєвого зростання ступеня перетворення, тому що в газовій суміші встановлюється близька до рівноважної залишкова концентрація монооксиду карбону, величина якої залежить від температури. З огляду на те, що реакція екзотермічна, температура в реакторі може зростати, досягаючи критичного значення. Дослідження показали, що при розігріві реактора до 350–400 °C спостерігається подальше неконтрольоване підвищення температури. Тому початкова температура газу не повинна бути вище критичної. Тривала експлуатація каталізатора в лабораторних умовах показала, що його активність в межах 70 годин безперервної роботи не змінювалася. Наявність у газі водяної пари не знижує активність запропонованого каталізатора. Синтезований каталізатор проявляє більш високу активність ніж промисловий низькотемпературний каталізатор НТК-4. Розроблена і випробувана конструкція апарату – трубчастого реактора, в якому здійснюється каталітичне очищення промислових газів, забруднених монооксидом карбону. *Ключові слова:* нейтралізація монооксиду карбону, каталізатор-пемзобетон, трубчастий реактор.

**Problem statement.** It is known that human body passes through the lungs about 20 $m^3$ of air a day, and during the whole life this number is about 600000 $m^3$. It is obvious that air pollution, even in small doses can make serious damage to health.

Nowadays in the MAC data there are more than 4.5 thousand harmful air pollutants and carbon monoxide has a leading position in this list. Its global emissions account is 177 million tons per year. The main source of carbon monoxide formation is the heat power industry. This gas is 300 times faster soluble in blood than oxygen and its concentration in air of more than 0.1% is lethal for man. It takes three to six months for carbon monoxide to become carbon dioxide,

The purpose of this study was to develop new types of catalysts and equipment for the effective neutralization of carbon monoxide included in the exhaust gas heat energy and industrial facilities. Now the combustion products are emitted into the atmosphere without treatment, and large volumes of flue gases and the presence in their structure of associated impurities, such as dust and sulfur dioxide complicates process of gases neutralization.

**Actualization.** Development of new catalysts – one of the possible solutions for this problem. Catalytic methods have a number of significant advantages over other methods of sanitary cleaning of gases, however, this requires the availability of cheap and effective cata-

lysts. Mass production of the catalysts is only possible if raw materials used are available and of low cost.

From the experience of using catalysts for final oxidation of carbon monoxide it is known that as the catalytically active substances can be used compounds of Cu, Cr, Fe, Mn, Pt, Ag, Sn, Co, Pd, Zn, Cd, Th, Be, et al. To obtain the catalysts it's necessary to impregnate a porous carrier with catalytically active substances. Then, the filler is added, and residue, drying and tableting the resulting mixture is held. However, the catalysts obtained by the described technologies are expensive and have limited amounts of release, therefore, it can not be recommended for sanitary cleaning of large volumes of gas.

These studies have led to the development of catalysts for the new types of neutralization carbon monoxide. They have a high level of productivity, activity, selectivity, mechanical strength and heat resistance, low poisoning and low aerodynamic resistance. To form the contact mass cheap and available substances are used.

**Novelty.** The most highly active catalysts are shown having the following composition: $ZnO - 2\%$, $CuO - 8\%$, $Cr_2O_3 - 6\%$.

The weight ratios of catalytically active substance, aluminum powder and cement 1: 2.5: 3.

The manufacturing method of the catalyst is a mixture of catalytically active substances and aluminum metal (powder), ammonia water and cement. The porous structure of the catalyst is formed by reacting of the intensive flowing ammonia water with aluminum metal and the catalytically active substances, resulting in foaming of the reactants. The catalyst mass in a pasty state is applied to the inner surface of pipe with a punch.

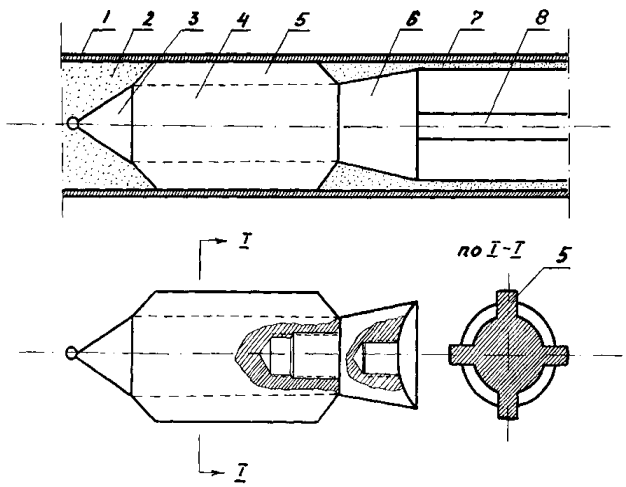



*Fig. 1. Applying of catalyst device on the inner surface of pipes: 1 – pipe; 2 –catalyst mass; 3 – punch head; 4 – punch body; 5 – guide ribs; 6 – gauge skirt; 7 – supported catalyst layer; 8 – rod*

Once hardened, the contact mass is dried and calcined at 350°C temperature. The resulting composition forms a solid porous layer inside the pipes – pumice concrete. The pipes are mounted on the tube sheets and placed in a common housing forming a tubular reactor.

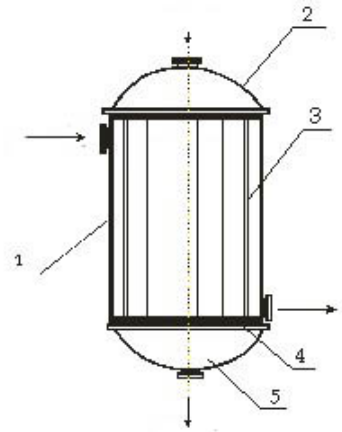



*Fig. 2. The tubular reactor: 1 – case; 2 – cover; 3 – tube catalyst; 4 – tube sheet; 5 – bottom*

Experimental data shows that the catalyst starts to be active at t = 150°C. With increasing temperature, the degree of conversion increases, reaching a maximum at gas velocity 10000–20000 $h^{-1}$ is 86–96%. Followed temperature increasing does not lead to a marked increase in the degree of conversion, because in the gas mixture is set close to the equilibrium concentration of the residual carbon monoxide which value depends on the temperature.

Since the reaction is exothermic, the reactor temperature may rise, reaching critical point. Studies showed that on heating the reactor to 350–400°C followed spontaneous temperature rises. It means that the initial gas temperature should not be above the critical value defined by the formula:

$$t_{\text{init}} \le t_{crit} - \Delta t \ ,$$

where: $t_{\text{crit}}$ – the critical temperature in the reactor (t = 350 °C);

$\Delta t$ – the temperature rise in the reactor due to the heat of reaction, °C

$$\Delta t = \frac{Q \cdot C_{CO} \cdot 1000}{100 \cdot 22.4 \cdot C_p \cdot \rho} \ ,$$

where: Q – heat of reaction, kJ/mol;

$C_{CO}$ – CO content of the gas, % (vol.);

$C_p$ – specific heat of gas, kJ/kg·deg;

$\rho$ – gas density kg/m³.

From the formula given above, it follows that for every percentage entered into the carbon monoxide reaction gas mixture temperature will rise $\Delta t = \frac{41 \cdot 1 \cdot 1000}{100 \cdot 22.4 \cdot 1.02 \cdot 1.29} = 13.9°C$, consequently:

$$t_{init} \le t_{crit} - 13.9 \cdot C_{CO} \ .$$

The exhaust gases of several industries, in addition to carbon monoxide in its composition contain sulfur compounds, dust and other impurities. In this regard, it is reasonable to study the influence of these impurities on the catalyst activity.

It is known that the presence in the gas of 0.1% after 10 hours, the catalyst begins to show signs of decreased activity. After 20 hours, the degree of purification, decreases from 90% to 75% and in 70 hours – 43%. This is an indication of "poisoning" of the catalyst.

The slower fall in activity is observed in the presence of dust in the cleaned gases. After 70 hours of continuous operation the activity of the catalyst is reduced by 10% in the presence of gas in 3–5 g/m$^3$ of dust. Dust causes a temporary decrease in the catalyst activity due to its mechanical clogging. Removing dust from the reaction zone restored the catalyst activity completely.

Continuous operation of the catalyst in the laboratory showed that its activity within 70 hours of continuous operation does not change. Water vapor in the gas don't not reduce catalyst activity. The synthesized catalyst shows higher activity than the commercial low-temperature catalyst LTC-4.

The main parameters that allow you to complete a comprehensive assessment of the developed catalysts have been identified in the study of reaction kinetics. These include temperature coefficient, reaction order, and rate constant.

The relatively low values of the temperature coefficient and the activation energy leads to the conclusion that the oxidation reaction of carbon monoxide on the catalyst takes place in the diffusion region. This is evidenced by the first-order reaction. Moreover, the excess oxygen at the process rate is limited by diffusion of carbon monoxide in the catalyst pores. It is assumed that the conversion of one broken-bond in the molecule and CO connection between hydrogen and oxygen in the water molecule. The total energy breaks the bonds is 1178 kJ/mol, which virtually eliminates leakage without a catalyst reaction. In catalytic reacting carbon oxide consuming oxygen from the catalyst, and the water returns the catalyst, both processes occur simultaneously. The reaction mechanism fused interaction leads to a considerable reduction of the energy barrier. This allows the process at relatively low temperatures and high space velocities, as observed in the present studies. The most effective means of accelerating the processes occurring in the diffusion region (internal transfer), is to reduce the grain size of the catalyst, as well as the use of catalysts with high surface area, in which the pores are large transport routes to the surface of the highly produced fine pores of small length.

The theoretical time necessary for the diffusion of carbon monoxide in the catalyst pores is determined by Einstein formula;

$$\tau_d = \frac{L^2}{2D_e}$$

where: L – penetration depth (grain radius), cm;

$D_e$ – the effective diffusion coefficient.

The mean free path of molecules of CO (58 nm), far smaller than the diameter of the catalyst (3000 nm), the diffusion coefficient in the operating conditions given by Arnold.

$$D_e = \frac{0.00837 \cdot T^{5/2} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_{\hat{A}}} + \frac{1}{M_{\hat{A}}}}}{P \cdot \left(V_A^{1/3} + V_B^{1/3}\right)^2 \cdot \left(T + C_{A+B}\right)},$$

where: $M_A$, $M_B$ – the molar mass of the components, g/mol;

$V_A, V_B$ – molar volume of the components cm$^3$/mol;

T – temperature boiling components K;

P – pressure, MPa;

$C_{A+B}$– constant Sutherland.

$$C_{A+B} = 1.47 \cdot \phi \cdot \left(T_A \cdot T_B\right)^{0.5},$$

where: $V_A, V_B$ – boiling point components $^o$K.

$$\phi = 8\frac{\left(V_A \cdot V_B\right)^{0.5}}{V_A + V_B}$$

Substituting the values of the operating parameters of the equation, we obtain:

$$\phi = 8\frac{\left(30.7 \cdot 29.9\right)^{0.5}}{30.7 + 29.9} = 3,999;$$

$$C_{A+B} = 1,47 \cdot 3.999 \cdot \left(68 \cdot 60\right)^{0.5} = 375,49;$$

$$D_e = \frac{0.00837 \cdot 523^{5/2} \cdot \sqrt{\frac{1}{28} + \frac{1}{28.9}}}{1 \cdot \left(30.7^{1/3} + 29,9^{1/3}\right)^2 \cdot \left(523 + 375.49\right)} =$$

$$= 0,397 cm^2 / s$$

Then, according to the equation:

$$\tau_d = \frac{0.5}{2 \cdot 0.397} = 0,315\ s.$$

In view of this time we define theoretically allowable space velocity:

$$W = \frac{3600}{\tau_d} = \frac{3600}{0.315} = 11428\ h^{-1}$$

If you do not use a large three-dimensional velocity of the gas, the degree of conversion of CO will be reduced by minimizing the using of inner surface of the catalyst. The bulk gas velocity can be increased by using a smaller catalyst pellet, but this increases the flow resistance layer. The equilibrium conversion rate is determined from the relationship:

$$K_p = \frac{\left[P_{CO}\right] \cdot \left[P_{H_2O}\right]}{\left[P_{CO}\right] \cdot \left[P_{H_2}\right]},$$

where: $K_p$ – the equilibrium constant;

$P_{CO}, P_{H_2O}, P_{CO_2}, P_{H_2}$ – the partial pressure of the components at the time of equilibrium.

Expressing partial pressures through the initial concentration of the components in the feed gas, we obtain:

Table 1

**Active zinc-copper-chromium catalysts – pumice concrete**
**( $ZnO - 2\%$ ; $Cr_2O_3 - 6\%$ ; $CuO - 8\%$ ; $t = 300^o C$ )**

| Space velocity, $h^{-1}$ | CO content,% | | Conversion,% | Catalyst activity | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Entrance | Exit | | VCA kg/m³·h | MCA kg/kg·h | SCA kg/m²·h |
| 5000 | 2,0 | 0,08 | 96 | 120 | 0,092 | 9,2 |
| 10000 | 2,0 | 0,12 | 94 | 235 | 0,18 | 18 |
| 15000 | 2,0 | 0,2 | 90 | 337,5 | 0,259 | 25 |
| 20000 | 2,0 | 0,28 | 86 | 430 | 0,330 | 33 |
| 25000 | 2,0 | 0,44 | 78 | 487,5 | 0,375 | 37,5 |

$$P_{CO} = \frac{a - a \cdot X_p}{1+n} \cdot p \qquad P_{H_2O} = \frac{n - a \cdot X_p}{1+n} \cdot p$$

$$P_{H_2} = \frac{b - a \cdot X_p}{1+n} \cdot p \qquad P_{CO_2} = \frac{c - a \cdot X_p}{1+n} \cdot p ,$$

where: a, b, c – $CO$, $H_2$, $CO_2$ respectively, in the feed gas;

n – the ratio of the vapor-gas;

$X_p$– the equilibrium degree of conversion.

Substituting the values of the partial pressures of the components in the equation, we obtain:

$$K_P = \frac{\left(a - a \cdot X_p\right) \cdot \left(n - a \cdot X_p\right)}{\left(c + a \cdot X_p\right) \cdot \left(b + a \cdot X_p\right)}$$

Solving this equation for, $X_P$ we find:

$$X_p = \frac{-a \cdot \left(K_p в + K_p c + a + n\right)}{2 \cdot a^2 \cdot \left(K_p - 1\right)} \pm$$

$$\pm \frac{\sqrt{\left[a \cdot \left(K_p в + K_p c + a + n\right)\right]^2 - 4a^2 \cdot \left(K_p - 1\right) \cdot \left(K_p вc - an\right)}}{2 \cdot a^2 \cdot \left(K_p - 1\right)}$$

In our case: a = 0.02; в = 0; c = 0; n = 1, 9.

The equilibrium constant for a given by:

$$X_p = \frac{-0{,}02 \cdot \left(0.02 + 1.9\right)}{2 \cdot 0{,}02^2 \cdot \left(0.02459 - 1\right)} \pm$$

$$\pm \frac{\sqrt{\left[0.02 \cdot \left(0.02 + 1.9\right)\right]^2 - 4 \cdot 0.02^2 \cdot \left(0.02459 - 1\right) \cdot \left(-0.02 \cdot 1.9\right)}}{2 \cdot 0.02^2 \cdot \left(0{,}02459 - 1\right)} =$$

$$= 97.43\%$$

The maximum conversion rate in the diffusion region is 90–93.5%, which is 92–96% of the theoretical.

For tubular reactors designed activity investigated catalysts per unit volume (volume of the catalytic activity VCA), a unit of mass (the mass of the catalytic activity MCA) and the specific surface of the catalyst (surface catalytic activity SCA). The determination of these values is carried out according to the formulas:

$$\mathrm{VCA} = \frac{\mathrm{G_n}}{\mathrm{V_{cat}} \cdot \tau} = \frac{\mathrm{W_r} \cdot \mathrm{C_{co}^{en}} \cdot \mathrm{M}}{100 \cdot 22.4} \cdot \alpha\, \text{кg}/\mathrm{m}^3 \cdot \mathrm{h};$$

$$\mathrm{MCA} = \frac{\mathrm{G_n}}{\mathrm{g_{cat}} \cdot \tau} = \frac{\mathrm{VCA}}{\rho}\, \text{кg}/\text{кg} \cdot \mathrm{h};$$

$$\mathrm{SCA} = \frac{\mathrm{G_n}}{\mathrm{S_{cat}} \cdot \tau} = \frac{\mathrm{MCA}}{\mathrm{S_{cat}} \cdot 1000}\, \text{кg}/\mathrm{m}^2 \cdot \mathrm{h}$$

where: $G_n$ – the mass of CO oxidation, kg;

$V_{cat}$ – the volume of catalyst, m³;

$g_{cat}$ – the mass of the catalyst, kg;

$S_{ù}$ – catalyst surface, m²/g;

$\tau$ – reaction time, h;

$Wg$ – hourly space velocity, h⁻¹;

$C_{co}^{en}$ – CO concentration at the reactor inlet, % (vol.);

M – molecular mass of CO;

$\alpha$ – the conversion of CO, the proportion of units;

$\rho$ – density of the gas kg/m³.

The tubular reactor has a high capacity, can handle dusty gases and provides a high degree of purification, without requiring a large operating costs.

**References**

1. Patent of invention UKRAINE UA 62855A, IPC 7 V01D47 / 00, C10K1 / 00. Way of cleaning exhausted gases of boiler houses from oxide of carbon and device for doing it. / Kuznyetsov S.I. (UKRAINE; Zayavl.04.09.03; Publ. 15.12.03, Bul. № 12, 2003.
2. Patent of invention UKRAINE UA 62856A, IPC 7B01D47 / 00, B01D47 / 08, C10K1 / 00, C10K1 / 34. Way of cleaning exhausted gases of boiler houses in textile industries / Kuznyetsov S.I. (UKRAINE); Stated. 04.09.03; Publ. 15.12.03. Bull. № 12, 2003.
3. Patent of invention №67180 MKB F23J11 / 00. Device for cleaning and heat recycling of exhausted gases / Mikhailik V.D., Mikhailik S.V. Kuznyetsov S.I. HDTU., Bull. № 6, 2004.

**УДК 621.35**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-3**

# ЗНИЖЕННЯ ВИНОСУ ІОНІВ ЦИНКУ І НІКЕЛЮ ПРОМИВНИМИ ВОДАМИ ГАЛЬВАНІЧНИХ ЛІНІЙ З УТИЛІЗАЦІЄЮ У ВИГЛЯДІ ДОДАТКОВИХ ШАРІВ ПОКРИТТІВ

**Майзеліс А.О.**
Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут»
вул. Кирпичова, 2, 61002, м. Харків
a.maizelis@gmail.com

Представлено результати дослідження умов зниження виносу іонів цинку і нікелю промивними водами гальванічних ліній цинкування і електроосадження мультишарових $(Zn\text{-}Ni)_1/(Zn\text{-}Ni)_2$ покриттів з утилізацією металів у тих же лініях. Показано, що використання додаткової гальванічної ванни з розведеним за іонами металів електролітом дає змогу залежно від складу електроліту цинкування у 3–10 разів знизити винос іонів металів у систему промивних вод лінії. Завдяки використанню комплексного гліцинатно-аміакатного розчину в цій ванні на оцинкованій поверхні осаджується якісний додатковий шар сплаву, який захищає її від корозії. Це дає змогу не використовувати для такого захисту хроматну пасивацію цинкових покриттів у розчині, що містять токсичні сполуки Cr(VI). В гальванічній лінії електроосадження мультишарового покриття, у якому періодично чергуються тонкі шари сплавів Zn-Ni різного складу, запропоновано утилізувати метали у вигляді підшару сплаву Zn-Ni, що збагачений за цинком для розширення сфери використання покриттів. Такий підшар осаджують у додатковій ванні з розведеним пірофосфатно-цитратним розчином, завдяки чому на порядок зменшується винос іонів металів у промивні води лінії. У схемі запропоновано також повернення основного ліганду (пірофосфату) електроліту, який виноситься деталями під час промивання в робочу ванну. Результати дослідження можуть бути використані в гальванічних ділянках і цехах, в яких здійснюється електроосадження цинку з будь-яких електролітів, для позбавлення операції хроматної пасивації у розчинах, що містять сполуки Cr (VI), а також на тих підприємствах, де є потреба в захисті сталевої поверхні на рівні кадмієвих покриттів без використання токсичних іонів кадмію, завдяки високій корозійній стійкості мультишарових $(Zn\text{-}Ni)_1/(Zn\text{-}Ni)_2$ покриттів. *Ключові слова:* сплав цинк-нікель, промивні води, комплексні електроліти, утилізація металів, винос електроліту.

**Reduction of zinc and nickel ion loss by rinsing waters of galvanic lines with their utilization in the form of additional coating layers. Maizelis A.**

The results of the study of the conditions for reducing the loss of zinc and nickel ions by the rinsing waters of galvanic lines of zing coating deposition and electrodeposition of $(Zn\text{-}Ni)_1/(Zn\text{-}Ni)_2$ multilayer coatings with metal utilization in the same lines are presented. It is shown that the use of an additional galvanic bath with low-concentrated electrolyte, depending on the composition of the electrolyte for zinc electrodepostion, can reduce the loss of metal ions into the rinsing water system of the line by 3-10 times. Due to the use of a complex glycinate-ammonia solution in this bath, a high-quality additional alloy layer is deposited on the surface of zinc coating, which protects it from corrosion. This avoids the use of chromatic passivation of zinc coatings in solution that produces toxic Cr (VI) compounds for such protection. In the galvanic line of the electrodeposition of multilayer coating consisting of periodically alternate thin layers of Zn-Ni alloys of different composition, it is proposed to utilize metals in the form of a Zn-Ni alloy sublayer enriched with zinc to expand the scope of the coatings. This sublayer is deposited in an additional low-concentrated bath with pyrophosphate-citrate solution, leading to the reduce in metal ions loss into the rinsing waters of line by an order. The scheme also proposes the return of the main ligand (pyrophposphate) of the electrolyte, which is carried out by washing the parts, into the working bath. The results of the study can be used in galvanic lines and workshops in which zinc is deposited from any electrolyte to get rid of the operation of chromatic passivation in solutions containing Cr (VI) compounds, as well as in those enterprises where steel protection is required at the level of cadmium coatings without the use of toxic cadmium ions due to the high corrosion resistance of $(Zn\text{-}Ni)_1/(Zn\text{-}Ni)_2$ multilayer coatings. *Key words*: zinc-nickel alloy, rinsing water, complex electrolytes, metal utilization, electrolyte loss.

**Постановка проблеми.** Гальванічні покриття – один із найдешевших і найпростіших способів модифікації поверхні з метою надання їй покращених фізико-хімічних і механічних властивостей. Водночас у лініях гальванічного нанесення покриттів генерується досить велика кількість стоків, що містить іони металів, оскільки в системи промивання з деталями виноситься концентрований електроліт.

Цинкові покриття захищають сталеві вироби від корозії завдяки своєму більш негативному потенціалу в багатьох середовищах. Тому покриття є анодним щодо стальних деталей і захищає їх завдяки своєму розчиненню. Для зниження швидкості корозії цинкових покриттів їх пасивують. Найбільш широко поширене в промисловості хроматування, в процесі якого використовуються токсичні сполуки Cr (VI), від яких необхідно знешкоджувати не тільки промивні води, але й концентровані відпрацьовані розчини.

Покриття сплавом Zn-Ni мають антикорозійні властивості, що відрізняються як від цинкових

покриттів, які захищають сталеві деталі анодно, так і від нікелевих, які є більш корозійно стійкими, ніж цинкові [1; 2]. Корозійна стійкість покриттів сплавом цинк-нікель близька до кадмієвих, що дає змогу під час заміни ними кадмієвих покриттів прибрати зі стоків гальванічних цехів токсичні іони $Cd^{2+}$. У свою чергу, корозійна стійкість покриттів сплавом Zn-Ni залежить від елементного та фазового їхнього складу, а також від структури. Склад і структура покриття визначаються умовами їх електроосадження, передусім типом електроліту та параметрами електролізу під час його використання. Найбільш високу корозійну стійкість мають мультишарові покриття, що складаються з тонких шарів сплавів Zn-Ni, що чергуються.

Однак і після заміни операцій із використанням токсичних сполук Cr (VI) і Cd (II) залишається необхідність у знешкодженні стічних вод гальванічних ліній як цинкування, так і електроосадження сплаву цинк-нікель. Наприклад, підвищення концентрації іонів нікелю у водоймах спочатку призводить до загибелі водоростей, а за подальшого підвищення концентрації – навіть до загибелі риб. Підвищення концентрації іонів нікелю у ґрунті призводить до затримки росту культурних рослин. Вплив на людину у малих концентраціях полягає в прояві алергічних реакцій, дерматиту, у великих концентраціях – у порушенні обміну речовин, порушенні функції нирок. Є дані про онкологічну небезпеку іонів нікелю.

Тому підприємства мають станції нейтралізації сумарних стічних вод цеху, вартість обслуговування яких є суттєвим складником у сумарній вартості нанесення покриття. Отже, зниження навантаження на ці системи очищення є достатнім економічним стимулом для впровадження нових технологій.

Частково окупити витрати на знешкодження дають змогу локальні схеми вилучення іонів металів із промивних вод окремих гальванічних ліній. Електролітично вилучають метали, зокрема цинк, як за допомогою виносних електролізерів, так і за допомогою електродних блоків, що завантажують у першу непроточну ванну промивання [3]. Недоліком цих способів є те, що осад цинку не є готовою продукцією через його грубу структуру і забрудненість домішками, що співосаджуються (темне покриття), наслідком чого є необхідність турбот щодо утилізації цинку, який вилучається. Окупити витрати на вилучення металів можливо тільки за їх утилізації безпосередньо в гальванічній лінії у вигляді додаткових шарів металів, які осаджують у додатковій ванні з розведених (для зниження виносу металів) електролітів. Приклад такого нового підходу до вилучення металів у гальванічних лініях запропоновано, наприклад, в [4]. Утилізація металів, що вилучаються, можлива під час виконання як мінімум двох основних умов – стабілізації матеріальних потоків системи промивних ванн і отримання якісних шарів металів із розведених електролітів. Перша умова забезпечується електролізом у розведеному електроліті з підтриманням постійної концентрації іонів металів і дозованою подачею води в протитічну схему промивання. Друга умова, що не виконана в розведених електролітах на основі простих солей металів, забезпечується використанням комплексних сполук металів, з яких вони розряджаються з більш високими утрудненнями у вигляді компактних дрібнокристалічних опадів.

**Мета дослідження** – розроблення технологічних схем зниження виносу іонів цинку і нікелю з промивними водами гальванічних ліній шляхом електроосадження додаткових шарів металів із розведених комплексних електролітів.

**Виклад основного матеріалу.** *Методика досліджень.* Кінетику контактного обміну в системі «цинкове покриття – додатковий шар сплаву» досліджували за допомогою методу Донченко-Антропова [5], що вдосконалений у [6; 7]. Хронопотенціограми і поляризаційні залежності для цього отримували за допомогою потенціостата-гальваностата MTech PGP-550M (http://chem.lnu.edu.ua/mtech/mtech.htm) у триелектродній комірці. Робочі електроди – сталь Ст. 3, цинк, платина з покриттям сплавом цинк-нікель, сталь із двошаровими покриттями «цинк – сплав Zn-Ni»; допоміжний електрод – платиновий; електрод порівняння – хлорид-срібний, з'єднаний із робочим електролітом за допомогою сольового містка. Значення pH електролітів контролювали pH-метром CT-6020A.

Корозійну стійкість покриттів визначали поляризаційним методом у 3 %-му розчині хлориду натрію.

*Зменшення виносу іонів цинку і нікелю шляхом утилізації у вигляді додаткового шару сплаву Zn-Ni поверх цинкового покриття.* Схему гальванічної лінії цинкування з локальним вилученням іонів металів у вигляді додаткового шару покриття представлено на рис. 1. Лінія включає ванну ВЦ для електроосадження основного шару цинкового покриття та систему промивних ванн. Першу, непроточну, ванну ВДШ цієї системи використовують у процесі промивання для електроосадження додаткового шару цинк-нікелевого покриття, яке є більш корозійно стійкім, ніж цинкове покриття. В системі промивних ванн протиточної промивки фінішне промивання проводять в останній ванні промивання ВП з дозованим підживленням чистою водою, а стік забрудненої води – у проточній ванні промивки ВП-С.

З метою з'ясування можливості осадження плівок сплавом Zn-Ni на поверхню більш негативного цинку оцінювали наявність контактного витіснення в системі «цинк – електроліт ванни для електроосадження додаткового шару покриття», що містить іони більш позитивного нікелю. Швидкість контактного обміну в ділянці потенціалів реального контактного обміну в цій системі (від –1,04 В до –1,15 В) не перевищує величину 0,2 мА/см$^2$. При цьому на поверхні

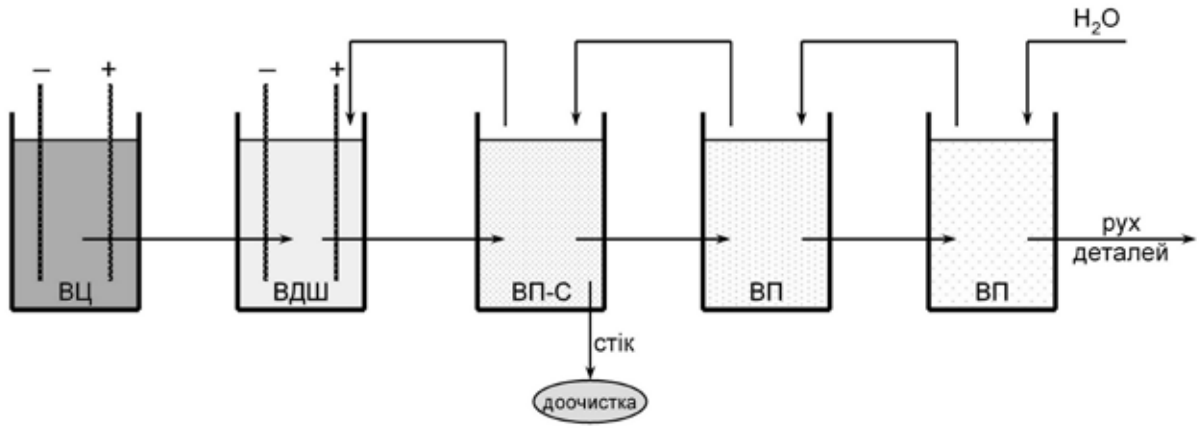



*Рис. 1. Схема гальванічної лінії цинкування з вилученням металів, які виносяться у ванни промивання, у вигляді додаткового шару покриття: ВЦ – ванна цинкування; ВДШ – ванна для електроосадження додаткового шару покриття; ВП-С – проточна ванна промивання; ВП – ванна промивання*

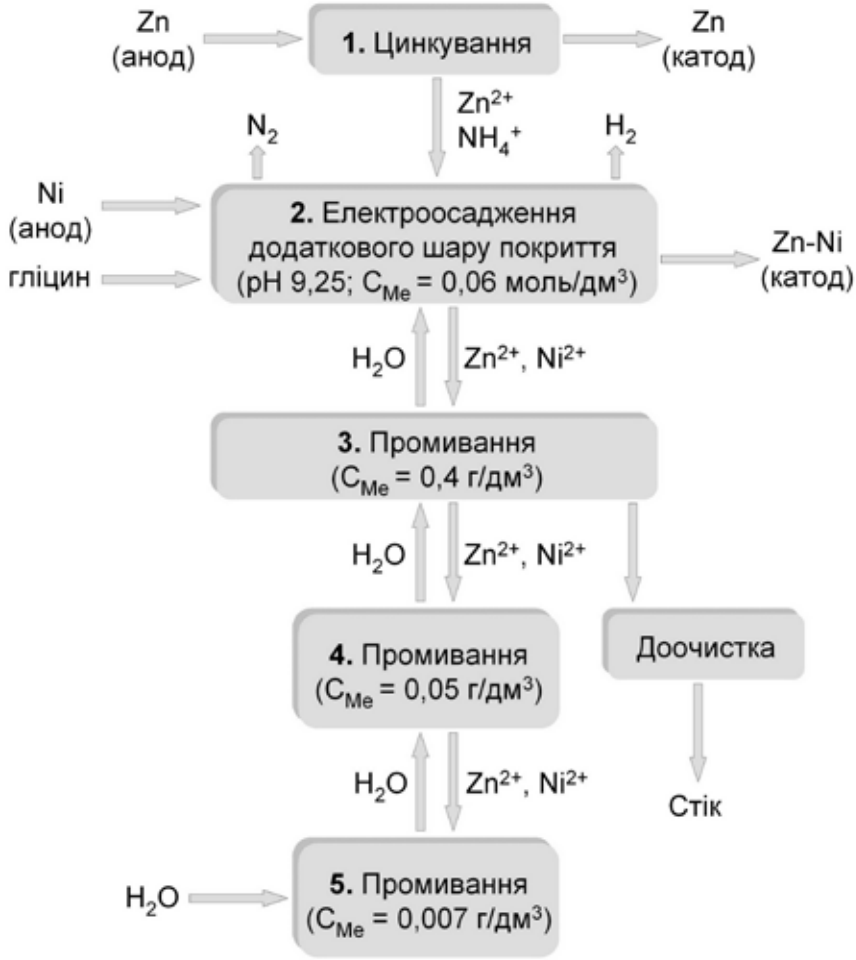



*Рис. 2. Технологічні операції в гальванічній лінії цинкування з вилученням металів, які виносяться у ванни промивання, у вигляді додаткового шару покриття*

цинку осаджується компактна, добре зчеплена з оцинкованою поверхнею плівка сплаву.

Матеріальний баланс електроліту у ванни цинкування складається з надходження іонів цинку в процесі розчинення цинкового аноду, їх видалення в процесі відновлення на катоді та виносу кожним квадратним метром поверхні деталей 0,2–0,4 дм$^3$ концентрованого електроліту, що містить, наприклад, іони цинку і амонію, в систему промивних ванн (рис. 2, операція 1).

Для електроосадження додаткового шару покриття на поверхні (операція 2) оцинкованих деталей використовують першу, непроточну, ванну ВДШ (рис. 1) в системі промивних ванн гальванічної лінії, у якій накопичилося 1–1,5 г/дм$^3$ іонів цинку, що винесений деталями в процесі промивання з хлораміакатної ванни цинкування ВЦ. У разі кислого електроліту цинкування в цю ванну додатково вводять 3 г/дм$^3$ аміаку, у разі лужного електроліту вводять солі амонію в кількості, що містить 3 г/дм$^3$ аміаку. Додають 2–2,5 г/дм$^3$ іонів нікелю і 28–32 г/дм$^3$ гліцину. Доводять pH розчину до величини 9–9,5. З такого розведеного за іонами металів електроліту, що містить їхні комплексні сполуки з аміаком і гліцином, на деталі, які промивають, осаджують дрібнокристалічні блискучі плівки сплаву. Для постійного поповнення електроліту іонами нікелю використовують нікелеві аноди в напівпасивному стані, в якому вони розчиняються з обмеженою парціальною швидкістю, за відношення площі поверхні до площі поверхні деталей 1:(3-7). Можливий і більш дешевий варіант поповнення вмісту іонів нікелю – шляхом осаду гідроксиду нікелю, що утворюється під час локальної нейтралізації промивних вод лінії нікелювання. У пасивному стані нікелевий анод використовують як нерозчинний – для окислення надлишку аміаку в електроліті до газоподібного азоту і водню. Час осадження додаткового шару покриття – цинк-нікелевої плівки – залежно від складу електроліту і питомого виносу його деталями за катодної густини струму 20–40 А/м$^2$ і накладення перемішування становить 15–40 хвилин.

Після електроосадження плівки сплаву деталі промивають послідовно в останніх ваннах системи промивних ванн (операції 3–5), в яких сумарна концентрація іонів металів поступово зменшується з 0,4 г/дм$^3$ до 0,007 г/дм$^3$. Стічну воду, яка утворилася у ванні ВП-С, в якій здійснюється операція 3, залежно від умов на підприємстві, можливо оброблювати локально до досягнення граничнодопустимих концентрацій усіх компонентів електроліту, а можливо направляти на станцію очистки сумарного стоку гальванічного цеху.

Потенціали корозії сталевих зразків із покриттями цинком і додатковим сплавом цинк-нікель свідчать про наявність процесу розчинення цинкового покриття крізь пори покриття сплавом. Проте вже за досить тонких шарів сплаву (0,2–0,6 мкм) спостерігається істотне гальмування цього процесу.

Корозійні діаграми ілюструють істотне зниження струму корозії зразків, цинковий шар яких захищений більш товстим покриттям.

Отже, пропонована технологічна схема [8] дає змогу зменшити винос іонів металів у стік промивних вод гальванічної лінії залежно від складу електроліту цинкування у 3–10 разів (шляхом зменшення концентрації іонів металів у ванні електроосадження додаткового шару, з якої в цій схемі виносяться сполуки в промивні води порівняно з ванною цинкування) та утилізувати метали у вигляді додаткового шару цинк-нікелевого сплаву на цинковому покритті, що значно підвищує корозійну стійкість поверхні (потенціал корозії є більш позитивним, швидкість корозії зменшується у 1,8–2,2 рази) і, відповідно, збільшує термін експлуатації виробів із таким двошаровим покриттям.

*Зменшення виносу іонів цинку і нікелю шляхом утилізації у вигляді підшару сплаву Zn-Ni до мультишарового $(Zn\text{-}Ni)_1/(Zn\text{-}Ni)_2$ покриття.* На рис. 3 представлено схему гальванічної лінії для електроосадження мультишарового покриття $(Zn\text{-}Ni)_1/(Zn\text{-}Ni)_2$. Мультишарове покриття осаджують із пірофосфатно-цитратного електроліту у ванні ВЦН. Покриття послідовно, як і у схемі рис. 1, промивають у системі промивних ванн ВДШ, ВП-С і ВП. Однак, на відміну від схеми рис. 1, на деталі осаджують у ванні ВДШ додатковий шар сплаву Zn-Ni не після, а до основного покриття. Для регенерації сполук пірофосфату в схемі додатково передбачено періодичне (у ванні ВДШ) і постійне (у ванні ВП-С) фільтрування розчинів.

Завдяки періодичному вилученню з розчину ванни ВДШ іонів пірофосфату його склад значно відрізняється від складу основного електроліту відношенням концентрації лігандів, пірофосфату і цитрату до концентрації іонів металів, тому для електроосадження додаткового шару сплаву він має й інше значення pH (pH 10,0 – див. операцію 1 на рис. 4). Для вилучення в цій схемі, крім іонів металів, ще й іншого цінного компоненту електроліту для осадження мультишарового покриття – іонів пірофосфату – розчин ванни ВДШ періодично підкислюють до pH 5,5 та отриманий після фільтрування осад, що містіть сполуки $Zn_2P_2O_7$ та $Ni_2P_2O_7$, повертають у ванну для електроосадження мультишарового покриття. Таку ж саму операцію виконують і з розчином проточної ванни промивки ВП-С (операція 4). За дозованого поповнення системи промивних ванн водою у ваннах промивки (операції 4–6) встановлюються ті ж самі концентрації іонів металів, як і у лінії цинкування (рис. 2).

Компактний підшар сплаву, що осаджують у процесі операції 1 на рис. 4, більшою мірою збагачений цинком, ніж мультишарове покриття, а тому має більш негативний потенціал, що розширює асортимент матеріалу деталей для анодного захисту і осадження першого шару без контактного обміну.

Отже, в гальванічній лінії електроосадження мультишарового покриття $(Zn\text{-}Ni)_1/(Zn\text{-}Ni)_2$ завдяки наявності додаткової ванни з розведеним пірофосфатно-цитратним електролітом на порядок (з 0,5 моль/дм$^3$ до 0,06 моль/дм$^3$) зменшується винос у систему промивних ванн іонів металів, які утилізуються у вигляді підшару сплаву цинк-нікель.

**Головні висновки.** Запропоновано технологічні схеми цинкування і електроосадження мультишарових покриттів, що складаються з тонких шарів сплавів

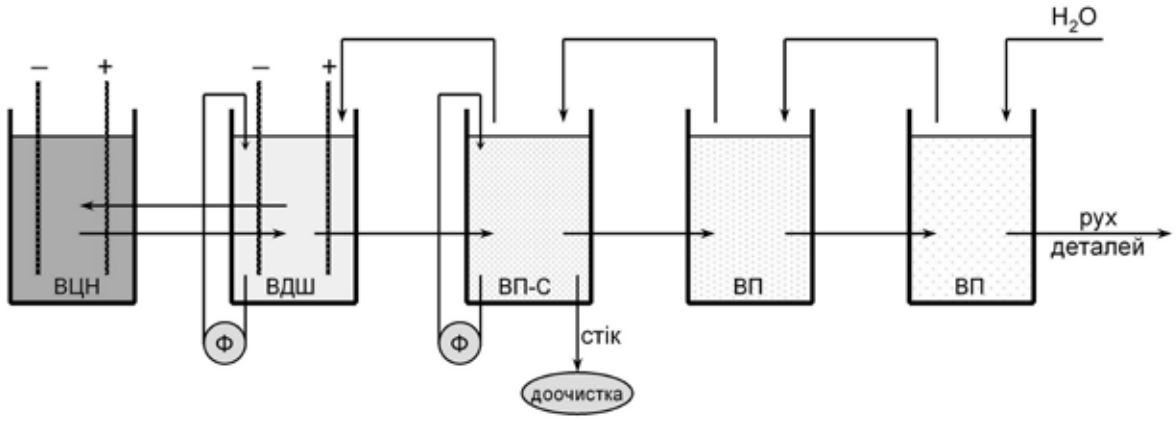



*Рис. 3. Схема гальванічної лінії електроосадження мультишарових покриттів (Zn-Ni)1/(Zn-Ni)2 з вилученням металів, які виносяться у ванни промивання, у вигляді підшару: ВЦН – ванна для електроосадження (Zn-Ni)1/(Zn-Ni)2 покриттів; ВДШ – ванна для електроосадження додаткового шару покриття; ВП-С – проточна ванна промивки; ВП – ванна промивки*

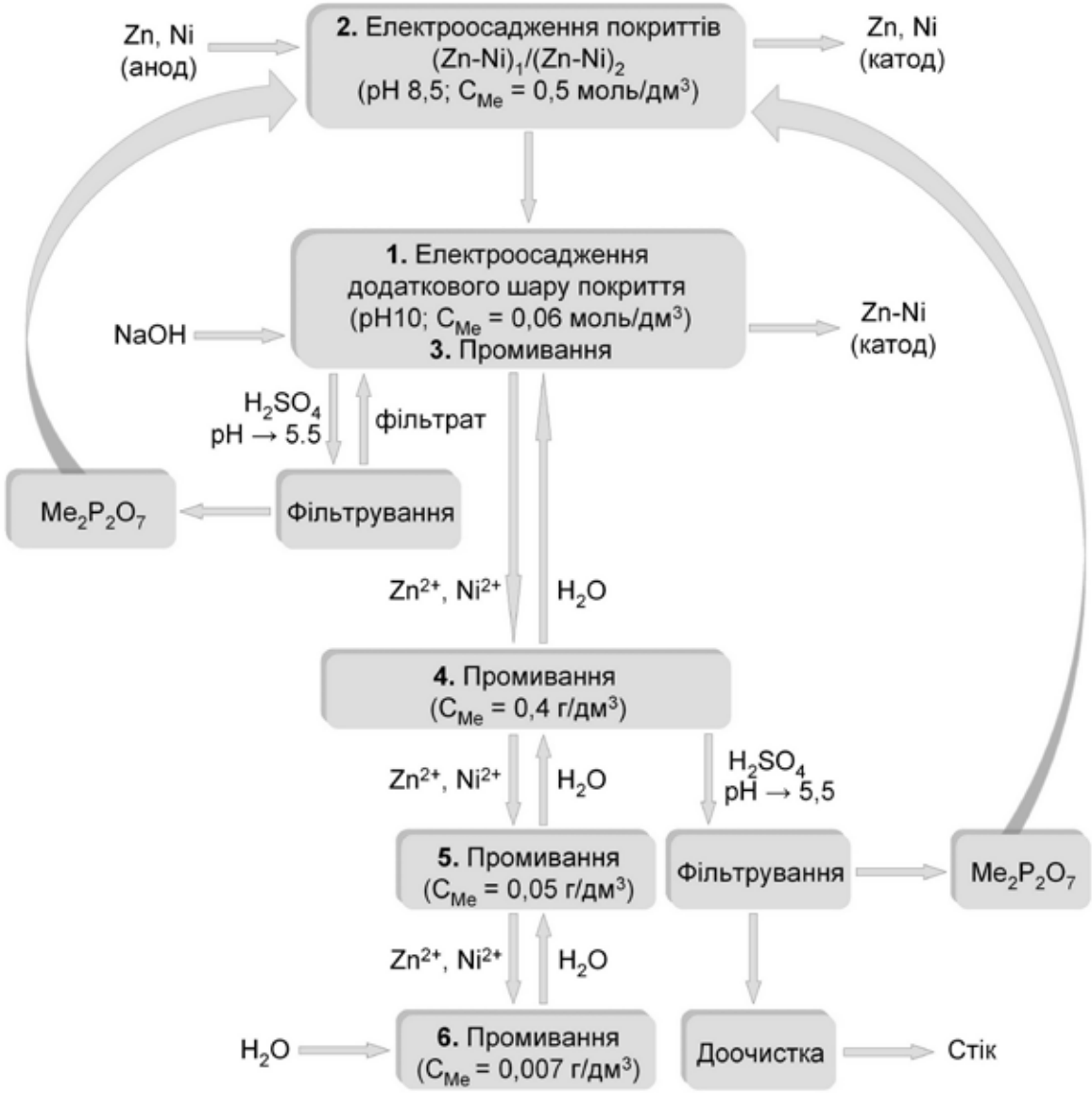



*Рис. 4. Технологічні операції в гальванічній лінії електроосадження мультишарових покриттів (Zn-Ni)1/(Zn-Ni)2 з вилученням металів, які виносяться у ванни промивання, у вигляді підшару*

Zn-Ni, які містять стадію електроосадження додаткових шарів сплавів із розведених за металами розчинів, завдяки чому на порядок зменшується винос іонів металів у системи промивних ванн. Використання для нанесення додаткових шарів сплаву комплексних гліцинатно-аміакатного і пірофосфатно-цитратного електролітів дає змогу утилізувати іони металів у вигляді компактних якісних шарів сплавів.

Результати дослідження можуть бути використані в гальванічних ділянках і цехах, в яких здійснюється електроосадження цинку з будь-яких електролітів, для позбавлення від операції хроматної пасивації у розчинах, що містять сполуки Cr (VI), а також на тих підприємствах, де є потреба в захисті сталевої поверхні на рівні кадмієвих покриттів без використання токсичних іонів кадмію.

**Література**


1. Гальванотехника : справочное издание / Ф.Ф. Ажогин, М.А. Беленький, И.Е. Галь и др. ; под. ред. А.М. Гимберга. Москва : Металлургия, 1987. 736 с.
2. Лошкарев Ю.М., Коваленко В.С. Электролитическое цинкование : монография. Днепропетровск : ДДУ, 1994. 224 с.
3. Гибкие автоматизированные гальванические линии : справочник / В.Л. Зубченко и др. ; под общ. ред. В.Л. Зубченко. Москва : Машиностроение, 1989. 672 с.
4. Трубникова Л.В., Байрачный Б.И., Майзелис А.А. Использование первой ступени очистки промывных вод гальванической линии никелирования для нанесения подслоя на обрабатываемые детали. *Вода и экология. Проблемы и решения*. 2010. № 1, 2. С. 3–11.
5. Донченко М.И., Антропов Л.И. О контактном выделении металлов. *Журнал прикладной химии.* 1972. Т. 45. Вып. 2. С. 291.
6. Maizelis A.A., Tul'skii G.G., Bairachnyi V.B., Trubnikova L.V. Ehe effect of ligands on contact exchange in the NdFeB–$Cu^{2+}$–$P_2O_7^{4-}$–$NH_4^+$ System. *Russian Journal of Electrochemistry*. 2017. Vol. 53 (4). P. 417–423.
7. Maizelis A.A., Bairachnyi B.I., Tul'skii G.G., A.A. Maizelis. Contact Displacement of Copper at Copper Plating of Carbon Steel Parts. *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*. 2018. Vol. 54. No. 1. P. 12–19.
8. Майзеліс А.О., Артеменко В.М. Спосіб електролітичного вилучення іонів цинку: пат. 123738 Україна: МПК C25D3/22, C25D3/56, C02F1/46. № u20170833; заявл. 11.08.2017; опубл. 12.03.2018, Бюл. № 5. /; заявник та патентовласник НТУ «ХПІ». № 4. 4 с.

**УДК 628.164**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-4**

# РОЗРОБЛЕННЯ ІНГІБІТОРІВ КОРОЗІЇ МЕТАЛІВ У ВОДНИХ СЕРЕДОВИЩАХ ІЗ РІЗНИМ РІВНЕМ МІНЕРАЛІЗАЦІЇ

**Гомеля М.Д.[1], Степова О.В.[2], Камаєв В.С.[1]**
[1]Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
пр. Перемоги, 37, 03056, м. Київ
alenastepovaja@gmail.com
[2]Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка
пр. Першотравневий, 24, 36011, м. Полтава

Актуальність теми дослідження зумовлена гостротою проблеми захисту трубопроводів та обладнання від корозії під час контакту з природними та стічними водами, включно з високомінералізованими шахтними та пластовими водами.

Сьогодні застосування високоефективних інгібіторів для захисту трубопроводів та обладнання від корозії і відкладень в енергетиці, промисловості, видобувній галузі є економічно вигідним і доцільним у плані захисту довкілля від шкідливих впливів під час виливу або скиду забруднених вод із високою мінералізацією. Досліджено застосування пасиваційних інгібіторів, таких як оксиетилендефосфонова кислота. Цей реагент забезпечував високу стабільність води щодо осадковідкладень. Високу ефективність під час боротьби з корозією забезпечували й інші композиції на основі фосфонових кислот. Ефективні інгібітори є досить дорогими, а сировина для їх виготовлення є важкодоступною в Україні. Створюються ефективні інгібітори корозії на основі похідних фосфористої та диметилолфосфінової кислот, перспективних стабілізаторів накипоутворення. Було розроблено новий метод синтезу диметилсульфонатфосфінату натрію із гіпофосфіту натрію, параформу та сульфіту натрію, а також створено новий інгібітор – нітрилоксиетиледиметилфосфонову кислоту шляхом конденсації фосфористої кислоти з етанол аміном у присутності формальдегіду. Отримані реагенти використовували як інгібітори корозії металів у водних середовищах. Показано, що вони не поступаються за ефективністю іншім інгібіторам пасиваційного типу у прісних водах. У мінералізованих водах ефективними були інгібітори адсорбційного типу. Створено нові методи синтезу диметилсульфонатфосфінату натрію та нітрилоксиетиледиметилфосфонової кислоти із доступних реагентів. Досліджено інгібітори корозії металів на основі диметилсульфонатфосфінату натрію та нітрилоксиетилдиметилфосфонової кислоти. Показано, що вони поряд з іншими фосфонатами є ефективними інгібіторами корозії металів у прісних водах. Їхня ефективність зростає в присутності іонів цинку. Показано, що інгібітори пасиваційного типу неефективні під час захисту від корозії металів у високомінералізованих водах. Захист металів від корозії забезпечують інгібітори адсорбційного типу.
*Ключові слова:* корозія, коефіцієнт гальмування, ступінь захисту від корозії, фосфонові кислоти, інгібітори корозії.

**Development of metal corrosion inhibitors in water environments with different mineralization level. Gomelya M., Stepova O., Kamaev V.** The relevance of the topic of the study is due to the severity of the problem of protection of pipelines and equipment from corrosion in contact with natural and waste water, including highly mineralized mine and formation water. Today, the use of highly effective inhibitors for the protection of pipelines and equipment from corrosion and sediment in the energy, industry, extractive industries is economically viable and appropriate in terms of protecting the environment from the harmful effects of the discharge or discharge of contaminated waters with high mineralization. The use of passive inhibitors such as oxyethylene dephosphonic acid has been investigated. This reagent provided high stability of water against sediment. Other phosphonic acid-based compositions have also been highly effective in combating corrosion. Effective inhibitors are quite expensive and raw materials for their production are difficult to access in Ukraine. Creation of effective corrosion inhibitors based on derivatives of phosphorous and dimethylolphosphinic acids, perspective stabilizers of scale formation. Determining efficacy as a corrosion inhibitor of known substances in highly corrosive aqueous media, developing affordable, inexpensive new reagents that reliably protect metals from corrosion are areas of research that address many of the problems associated with corrosion. A new method for the synthesis of sodium dimethyl sulfonate phosphonate from sodium hypophosphite, steam form and sodium sulfite was developed, and a new inhibitor, nitriloxyethyldimethylphosphonic acid, was created by condensation of phosphorous acid with ethanol amine in the presence of formaldehyde. The obtained reagents were used as inhibitors of metal corrosion in aqueous media. They have been shown not to be inferior to the efficacy of other passivation type inhibitors in freshwater. In mineralized waters, adsorption-type inhibitors were effective. New methods for the synthesis of dimethylsulfonate phosphinate of sodium and nitryloxyethyldimethylphosphonic acid from available reagents have been developed. Metal corrosion inhibitors based on sodium dimethylsulfonate phosphinate and nitryloxyethyl dimethylphosphonic acid have been investigated. They, along with other phosphonates, have been shown to be effective inhibitors of metal corrosion in freshwater. Their efficiency increases in the presence of zinc ions. Passivation type inhibitors have been shown to be ineffective in protecting against corrosion of metals in highly mineralized waters. Corrosion protection is provided by adsorption-type inhibitors. *Key words:* corrosion, braking factor, degree of protection against corrosion, phosphonic acids, corrosion inhibitors.

**Постановка проблеми.** Економічні збитки від руйнування обладнання та трубопроводів, спричинені корозією металів, є великими. Особливо значними вони є у видобувній промисловості внаслідок втрат цінних компонентів. Крім того, вони є причиною значних економічних збитків у разі потрапляння в довкілля нафти та нафтопродуктів, токсичних хімічних речовин, високомінералізованих і забруднених вод. Очевидно, що визначення ефективності як інгібіторів корозії відомих речовин у високоагресивних водних середовищах, розроблення доступних дешевих нових реагентів, що надійно захищають метали від корозії, є тими напрямами досліджень, які дають змогу вирішити багато проблем, пов'язаних із корозією.

**Актуальність дослідження.** Проблема створення та забезпечення надійності роботи систем водопостачання та водовідведення у промисловості є досить гострою. Вона є досить гострою не лише в плані раціонального використання водних ресурсів, але і під час вирішення проблеми захисту навколишнього природного середовища від технологічних виливів. Особливо небезпечним сьогодні є забруднення довкілля внаслідок великої кількості аварій і пошкоджень на нафто- та газопроводах, інших продуктопроводах [1], причиною яких є корозійні пошкодження та руйнування. Гостро стоїть проблема захисту трубопроводів та обладнання від корозії та осадковідкладень у промислових водоциркуляційних системах [2]. Вирішення цієї проблеми важливе в аспекті захисту довкілля від шкідливих впливів і забезпечення раціонального використання води у промисловості, яка в Україні споживає понад 60% води, що забирається із природних водойм. Вона скидає більше 65% стічних вод [3]. Головним завданням у промисловому водоспоживанні є зниження об'ємів споживання води шляхом широкого впровадження та забезпечення надійної роботи водооборотних і замкнених (безстічних) систем водопостачання [4].

Переваги від застосування високоефективних реагентів у водоциркуляційних системах досить значні. Під час їх використання можна створювати безстічні водоциркуляційні системи [5]. Застосування пасиваційних інгібіторів у водопровідних мережах, таких як оксиетилендекфосфонова кислота, в присутності іонів цинку дало змогу значно знизити корозійну активність води щодо сталі [6]. Крім того, цей реагент забезпечував високу стабільність води щодо осадковідкладень. Високу ефективність під час боротьби з корозією забезпечували й інші композиції на основі фосфонових кислот [7]. Вони також були ефективними інгібіторами осадковідкладень. Інгібітори-бактерициди [8], крім хімічної корозії, дадуть змогу вирішувати проблеми боротьби з біокорозією та біообростанням у водопровідних мережах.

Проте ефективність інгібіторів залежить від умов використання, хімічного складу води, її аерації [9]. Ефективні інгібітори є досить дорогими, а сировина для їх виготовлення є важкодоступною на Україні.

**Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями.** Тема відповідає актуальним напрямам науково-технічної діяльності в Україні, пов'язаним із вирішенням актуальних проблем екологічної безпеки держави в галузі промислових виробництв. Робота за цим напрямом виконувалась на кафедрі екології та технології рослинних полімерів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» з напряму «Екологічно чиста енергетика та ресурсозберігаючі технології» на замовлення Міністерства освіти і науки України в межах держбюджетної науково-дослідної роботи «Розроблення екологічно чистих інгібіторів корозії металів, накипоутворення та біообростання 0100U000940.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Переваги від застосування високоефективних реагентів у водоциркуляційних системах досить значні. Під час їх використання можна створювати безстічні водоциркуляційні системи [5]. Застосування пасиваційних інгібіторів у водопровідних мережах, таких як оксиетилендекфосфонова кислота, в присутності іонів цинку дало б змогу значно знизити корозійну активність води щодо сталі [6]. Крім того, цей реагент забезпечував високу стабільність води щодо осадковідкладень. Високу ефективність під час боротьби з корозією забезпечували й інші композиції на основі фосфонових кислот [7]. Вони також були ефективними інгібіторами осадковідкладень. Інгібітори-бактерициди [8], крім хімічної корозії, допомагають вирішувати проблеми боротьби з біокорозією та біообростанням у водопровідних мережах.

Проте ефективність інгібіторів залежить від умов використання, хімічного складу води, її аерації [9]. Ефективні інгібітори є досить дорогими, а сировина для їх виготовлення є важкодоступною в Україні.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Сьогодні інгібітори корозії металів пасиваційного типу, значна частина яких (фосфонові кислоти) добре зарекомендувала себе і як стабілізатори накипоутворення, практично не досліджені в корозійних процесах у високомінералізованих водах. Практично не вивчені інгібітори сульфонатного типу. Не досліджені процеси їхнього синтезу. Те саме стосується інгібіторів на основі етанол аміну, що містять фосфонатні групи.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Результати наукової роботи в комплексі з іншими дослідженнями дадуть змогу визначити потенційні загрози від корозії трубопроводів та обладнання під час використання або утилізації шахтних вод, що дасть можливість розробити заходи із запобігання виникненню шкідливих впливів під час руйнування трубопроводів та скиду шахтних вод у довкілля.

**Виклад основного матеріалу.** Метою роботи було визначення впливу рівня мінералізації води на її корозійну активність, на ефективність інгібіторів корозії, створення нових високоефективних інгібіторів корозії та оцінка відомих реагентів як інгібіторів корозії у водних середовищах із різним рівнем мінералізації.

Для досягнення мети було поставлено такі завдання:

– оцінка корозійної активності водних середовищ до різних металів залежно від типу металу та рівня мінералізації води;

– розроблення нового методу синтезу сульфонатно-фосфінатного інгібітора на основі натрієвої солі диметилолфосфінової кислоти та нітрилфосфонатної кислоти на основі етанол аміну та фосфористої кислоти;

– оцінка інгібіторів корозії пасиваційного типу у водах із різними рівнями мінералізації;

– пошук інгібіторів корозії сталі у мінералізованих водних середовищах.

У роботі було використано відомі та синтезовані реагенти. Серед синтезованих реагентів були диметилсульфонатфосфінату натрію (ДМСФН) та нітрилоксиетилендиметилфосфонова кислота. Як відомі реагенти були використані оксиетилидендифосфонова кислота (ОЕДФК), нітрилтриметилфосфонова кислота (НТМФК) та їхні натрієві солі, а також тіокарбамід, 1, 2, 3 бензотриазол, бензімідазол, n-диметиламінобензойна кислота та тіосемінарбазид.

Як середовище використовували модельні розчини, водопровідну та артезіанську води, характеристики яких наведено в табл. 1.

Реагент застосовували в концентраціях від 2 до 50 мг/дм$^3$.

Для вимірювання корозійної активності води як без інгібіторів, так і за їх використання застосовано метод масометрії.

Коефіцієнт гальмування корозії визначали за формулою:

$$J = \frac{V}{V_i}, \qquad (1)$$

де V – швидкість корозії у воді в контрольному досліді; $V_i$ – швидкість корозії в досліді з інгібітором.

Ступінь захисту від корозії розраховували за формулою:

$$Z = (1 - \frac{1}{J})100, \% \qquad (2)$$

Розроблений нами метод отримання диметилсульфонатфосфінату натрію (ДМСФН) заснований на таких нескладних реакціях, які проходять із кількісним виходом:

$$H_2P(O)ONa + 2CH_2O \xrightarrow{HCl} \xrightarrow{HCl} (HOCH_2)_2P(O)ONa \qquad (1)$$

$$(HOCH_2)_2P(O)ONa + 2Na_2SO_3 \rightarrow \rightarrow (NaSO_3CH_2)_2P(O)ONa + 2NaOH \qquad (2)$$

$$2NaOH + \Pi C(O)OH \rightarrow \Pi C(O)ONa^+ + H_2O, \qquad (3)$$

де П – фрагмент матриці катіоніту.

На першій стадії насичений розчин гіпофосфіту натрію у воді підкислювали соляною кислотою до pH=4,0. Після цього за температури розчину 80–900 °С під час перемішування додавали невеликими частинами параформ. Наступну порцію параформу додавали після розчинення попередньої кількості. Після завершення процесу (реакція 1) за температури 70–800 °С під час перемішування розчин натрієвої солі диметилолфосфонової кислоти додавали до розчину сульфіту натрію у воді (реакція 2). Після завершення реакції 2 розчин містить значну кількість розчиненого лугу. Тому до цього розчину під час перемішування додавали слабокислотний катіоніт у кислій формі до досягнення pH=7,5–8,5. Після цього іоніт відділяли на фільтрі, промивали водою.

Таблиця 1

**Характеристики водних середовищ, використаних під час визначення ефективності інгібіторів осадковідкладень і корозії металів**

| Показник | Модельний розчин | | | Водопровідна вода | Артезіанська вода |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | | |
| Каламутність | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,7 | 0,1 |
| pH | 8,3 | 6,5 | 7,3 | 7,6 | 7,5 |
| Жорсткість загальна, мг-екв/дм$^3$ | 39,1 | 241,2 | 318,0 | 4,1 | 5,27 |
| Концентрація $Ca^{2+}$, мг/дм$^3$ | 21,0 | 180,35 | 180,2 | 3,0 | 4,1 |
| Лужність, мг-екв/дм$^3$ | 4,2 | 5,6 | 4,3 | 4,0 | 5,26 |
| Концентрація $Cl^-$, мг/дм$^3$ | 14875,0 | 44310, | 6396,0 | 75,0 | 103,0 |
| Концентрація $SO^{2-}_4$, мг/дм$^3$ | 316,0 | 841,0 | 7969,0 | 37,0 | 6,4 |
| Концентрація $Na^+$+$K^+$ мг/дм$^3$ | 8984,0 | 29809,0 | 28950,0 | 54,0 | 75,0 |
| Концентрація Fe загал., мг/дм$^3$ | 0,15 | 0,1 | 0,15 | 0,26 | 0,2 |
| Мінералізація, мг/дм$^3$ | 25059,0 | 73533,0 | 94585,0 | 410,0 | 435,0 |

Промивні води використовували для розведення сульфіту натрію або гіпофосфіту натрію. Отриманий фільтрат із концентрацією основного продукту 20% використовували для стабілізаційної обробки води. Іоніт регенерували 5%-ю соляною кислотою і надалі використовували для нейтралізації розчину натрієвої солі диметилсульфонатуфосфінату натрію (ДМСФН).

Для синтезу алкіламінофосфонових кислот використали метилолфосфонову кислоту, отриману під час взаємодії фосфористої кислоти, яка отримана під час гідролізу трихлористого фосфору та параформу або формаліну. Для цього до 10%-го розчину формаліну за охолодження його сумішшю льоду та хлориду натрію під час перемішування додавали по краплях розраховану кількість трихлористого фосфору. На першій стадії відбувався гідроліз трихлористого фосфору:

$$PCl_3 + 3H_2O \rightarrow H_3PO_4 + 3HCl \qquad (4)$$

Після цього температуру суміші під час перемішування поступово піднімали до 20–300 °С. За цієї температури суміш витримували 4–5 годин, а потім додавали до неї по краплям моноетаноламін. Після змішування реагентів температуру піднімали до 100–1100 °С і кип'ятили протягом 3-х годин. При цьому були реалізовані дві стадії процесу отримання нітрилооксиетилендиметилфосфонової кислоти (НОЕДМФК). Надлишок соляної кислоти відгоняли, а розчин НОЕДМФК концентрацією 40% використовували як реагент для стабілізаційної обробки води:.

$$H_3PO_4 + CH_2O \rightarrow HOCH_2P(O)(OH)_2 \qquad (5)$$

$$2\,HOCH_2P(O)(OH)_2 + HOCH_2CH_2NH_2 \rightarrow$$
$$\rightarrow HOCH_2CH_2N\left[CH_2P(O)(OH)_2\right]_2 + 2H_2O \qquad (6)$$

Надалі визначили корозійну активність різних водних середовищ.

Мінералізовані середовища мають вищу корозійну активність щодо металів порівняно із прісною водою (табл. 2). При цьому у мінералізованій воді швидкість корозії сталі Ст3 приблизно у 1,5–2,0 рази вища порівняно із прісною водою. Для кольорових металів (мідь, латунь) під час переходу від прісної до мінералізованої води швидкість корозії зростає майже на порядок. Пов'язане це з тим, що пасиваційна дифузійна плівка продуктів корозії на поверхні кольорових металів у прісній воді значно міцніша і надійно захищає метал від контакту з водою. У розчинах із високою електропровідністю анодна і катодна зони на поверхні металу можуть бути досить віддалені через високу електропровідність розчину. Тому анодне розчинення металу можливе з переходом іонів у розчин без утворення дифузного бар'єрного шару. Ці процеси корозії, як

Таблиця 2

**Залежність швидкості корозії металів у водних розчинах від рівня їх мінералізації та типу металу за температури 15 $^0$С**

| № п/п | Середовище | Мінералізація, мг/дм$^3$ | Метал | Швидкість корозії | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | г/м$^2$ год | мм/рік |
| 1 | Водопровідна вода | 410 | Сталь Ст3 | 0,0390 | 0,0435 |
| | | | Мідь М-2 | 0,0053 | 0,0052 |
| | | | Латунь Л62 | 0,0066 | 0,0068 |
| | | | Нержавіюча сталь 12ХІ8Н10Т | 0,0008 | 0,0009 |
| 2 | Артезіанська вода | 435 | Сталь Ст3 | 0,0324 | 0,0360 |
| | | | Мідь М-2 | 0,0092 | 0,0090 |
| | | | Латунь Л62 | 0,0112 | 0,0122 |
| | | | Нержавіюча сталь | 0,0016 | 0,0017 |
| 3 | Модельний розчин №1 | 25029 | Сталь Ст3 | 0,0480 | 0,05328 |
| | | | Мідь М-2 | 0,0374 | 0,0364 |
| | | | Латунь Л62 | 0,0386 | 0,0420 |
| | | | Нержавіюча сталь 12ХІ8Н10Т | 0,0007 | 0,0008 |
| 4 | Модельний розчин №2 | 73533 | Сталь Ст3 | 0,0628 | 0,0760 |
| | | | Мідь М-2 | 0,0241 | 0,0235 |
| | | | Латунь Л62 | 0,0339 | 0,0369 |
| | | | Нержавіюча сталь 12ХІ8Н10Т | 0,0008 | 0,0009 |
| 5 | Модельний розчин №3 | 94585 | Сталь Ст3 | 0,0675 | 0,0817 |
| | | | Мідь М-2 | 0,0301 | 0,0294 |
| | | | Латунь Л62 | 0,0389 | 0,0423 |
| | | | Нержавіюча сталь 12ХІ8Н10Т | 0,0006 | 0,0007 |

правило, зумовлені кисневою деполяризацією. Але в окремих випадках, особливо для металів, які в ряду активності стоять до водню, деполяризатором можуть бути іони водню.

Можливе також окислення металу під час взаємодії з водою. Загалом, якщо врахувати, що присутні у мінералізованій воді хлорид-аніони (можливо, і сульфати) руйнують захисну плівку з продуктів корозії або пасиваційну кисневу плівку, то вибрати надійні інгібітори корозії металів є складною проблемою.

Відомо, що розглянуті вище інгібітори осадковідкладення на основі фосфонових і фосфінових кислот, так само як і поліфосфати та ортофосфати, є ефективними інгібіторами корозії сталі пасиваційного типу [7]. Ці речовини сприяють стабілізації кисневої плівки на поверхні металу. Особливо плівка стабільна, а ефективність інгібіторів висока в присутності іонів цинку за інтенсивної аерації розчину. Розчинність кисню тим вища, чим менший рівень мінералізації води. Тому цей фактор може суттєво впливати на ефективність інгібіторів пасиваційного типу. Як інгібітори пасиваційного типу в цій роботі було використано відомі та розроблені нами інгібітори, такі як ОЕДФК, НТМФК, ДМСФН та НОЕДМФК.

Результати щодо оцінки впливу ОЕДФК в присутності іонів цинку на корозію металів у різних водних середовищах наведено в таблиці 3.

Як видно з таблиці, інгібітор надійно захищає сталь Ст20 та Ст3 у водопровідній та артезіанській воді за 25 $^0$С. Зумовлено це тим, що в цих середовищах у прісних водах концентрація кисню сягає 8–10 мг/дм$^3$ за низької концентрації хлоридів і сульфатів.

Ступінь захисту від корозії в обох випадках перевищує 90%, а швидкість корозії в обох випадках знизилась до значень менших більше як на порядок порівняно з необробленим середовищем. Менш виражений інгібуючий ефект був для міді та латуні. Очевидно, це пов'язано з тим, що швидкість корозії цих металів навіть без інгібіторів корозії була невисокою. В усіх інших середовищах, мінералізація яких була більше 25 г/дм$^3$, ефекту зниження швидкості корозії не було спостережено. Головна причина в тому, що хлориди та сульфати руйнують захисну пасиваційну плівку.

Про ефективність відомих і розроблених інгібіторів корозії у прісних водах (на прикладі артезіанської води) можна судити за результатами, що наведені на рис. 1.

Як видно з рисунку, усі випробувані інгібітори пасиваційного типу в умовах ефективної аерації води забезпечували надійний захист сталі Ст3 від корозії. Ефект посилювався у присутності іонів цинку, що добре погоджується з механізмами, описаними у роботі [9].

Ефективність інших фосфонатних і фосфінатних інгібіторів була оцінена на прикладі корозії сталі Ст20 (табл. 4).

Таблиця 3

**Оцінка ефективності ОЕДФК (Д=10 мг/дм$^3$) в присутності іонів цинку (Д=5 10 мг/дм$^3$) як інгібітора корозії сталі в різних водних середовищах за температури 25 $^0$С**

| Метал | Водне середовище | Швидкість корозії, г/м$^2$год | Коефіцієнт зниження швидкості корозії | Ступінь захисту від корозії, Z, % |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Сталь Ст3 | Водопровідна вода | 0,0031 | 12,5 | 92,0 |
| | Артезіанська вода | 0,0028 | 11,57 | 91,4 |
| | Модельний розчин №1 | 0,0489 | 0,98 | - |
| | Модельний розчин №2 | 0,0632 | 1,00 | - |
| | Модельний розчин №3 | 0,681 | 0,98 | - |
| Сталь Ст20 | Водопровідна вода | 0,0028 | 14,0 | 92,9 |
| | Артезіанська вода | 0,0025 | 14,5 | 93,1 |
| | Модельний розчин №1 | 0,0462 | 0,99 | - |
| | Модельний розчин №2 | 0,0627 | 1,00 | - |
| | Модельний розчин №3 | 0,0674 | 0,98 | - |
| Мідь М-2 | Водопровідна вода | 0,0015 | 3,53 | 71,7 |
| | Артезіанська вода | 0,0017 | 4,41 | 77,3 |
| | Модельний розчин №1 | 0,0375 | 1,00 | - |
| | Модельний розчин №2 | 0,0272 | 0,89 | - |
| | Модельний розчин №3 | 0,0307 | 0,98 | - |
| Латунь Л-62 | Водопровідна вода | 0,0015 | 4,40 | 77,2 |
| | Артезіанська вода | 0,0075 | 1,49 | 32,9 |
| | Модельний розчин №1 | 0,0390 | 0,99 | - |
| | Модельний розчин №2 | 0,0350 | 0,97 | - |
| | Модельний розчин №3 | 0,0392 | 0,99 | - |

Як видно з таблиці у мінералізованому розчині (модельний розчин № 3), жодний із інгібіторів не забезпечив зниження корозії сталі. Очевидно, що за високих концентрацій хлоридів і сульфатів формування пасиваційної кисневої плівки неможливе. При цьому із зростанням мінералізації розчину знижується розчинність кисню у воді.

Відомо, що в мінералізованих водах кращими є інгібітори адсорбційного типу, які здатні тонкою плівкою сорбуватись на поверхні металу, суттєво знижуючи швидкість окислення металу під час взаємодії з водою. Про ефективність використаних нами інгібіторів можна судити з результатів, наведених у таблиці 5.

Насамперед слід зазначити, що будь-який із використаних інгібіторів був ефективним лише за значних концентрацій 25–50 мг/дм$^3$. З переходом від модельного розчину № 1 до розчину № 3 активність води зростала, а ефективність інгібіторів знижувалась.

Із використаних кращими були бензотриазол і бензімідазол. Ступінь захисту за дози 50 мг/дм$^3$ сягав 71–78%.

Очевидно, що ці інгібітори перспективні під час захисту сталі від корозії у мінералізованих водах.

**Висновки.** Створено нові методи синтезу диметилсульфонатфосфінату натрію та нітрилоксиетилендиметилфосфінової кислоти з доступних реагентів.

Досліджено інгібітори корозії металів на основі диметилсульфонатфосфінату натрію та нітрилоксиетилдиметилфосфонової кислоти. Показано, що вони поряд з іншими фосфонатами є ефективними інгібіторами корозії металів у прісних водах. Їхня ефективність зростає у присутності іонів цинку.

Показано, що інгібітори пасиваційного типу неефективні під час захисту від корозії металів у високомінералізованих водах. Захист металів від корозії забезпечують інгібітори адсорбційного типу.

Таблиця 4

**Залежність швидкості корозії та ступеня захисту сталі Ст20 від корозії в модельному розчині № 3 від дози інгібітора пасиваційного типу**

| Інгібітор | Доза, мг/дм$^3$ | Швидкість корозії, г/м$^2$год | Коефіцієнт гальмування корозії | Ступінь захисту від корозії, % |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| ОЄДФК | 2 | 0,0589 | 0,866 | - |
| | 5 | 0,0654 | 0,962 | - |
| | 10 | 0,0636 | 0,935 | - |
| НТМФК | 5 | 0,0602 | 0,885 | - |
| | 10 | 0,0678 | 1,0 | - |
| | 15 | 0,00618 | 0,91 | - |
| ДМСФН | 5 | 0,00635 | 0,94 | - |
| | 10 | 0,00639 | 0,54 | - |
| | 15 | 0,00677 | 1,0 | - |
| НОЄДМФК | 5 | 0,00649 | 0,95 | - |
| | 10 | 0,00651 | 0,96 | - |
| | 15 | 0,00680 | 1,0 | - |

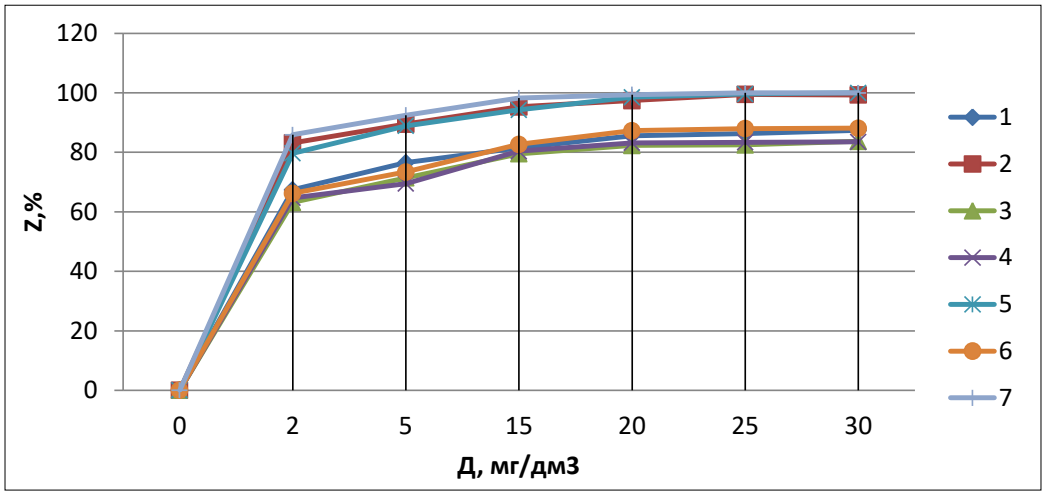



**Рис. 1. Залежність ступеня захисту від корозії сталі Ст3 в артезіанській воді під час використання як інгібіторів ОЕДФК (1); ОЕДФК+$Zn^{2+}$; НТМФК (3); ДМСФН (4); ДМСФН+ $Zn^{2+}$ (5); НОЕДМФК (6); НОЕДМФК + $Zn^{2+}$ (7) за концентрації цинку (2; 4; 6) в концентрації 2 мг/дм$^3$**

Таблиця 5

**Ефективність інгібіторів корозії сталі Ст20 адсорбційного типу в модельному розчині № 2 (I) та № 3 (II)**

| Інгібітор | Доза, мг/дм$^3$ | Швидкість корозії, г/м$^2$год | | Коефіцієнт гальмування корозії | | Ступінь захисту від корозії, % | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Тіокарбамід | 10 | 0,00649 | 0,0651 | 1,047 | 1,037 | 4,5 | 3,85 |
| | 25 | 0,0347 | 0,0322 | 1,960 | 2,096 | 48,98 | 52,38 |
| | 50 | 0,0188 | 0,0211 | 3,598 | 3,199 | 72,22 | 68,75 |
| 1,2,3-бензотріазол | 10 | 0,0490 | 0,0520 | 1,389 | 2,298 | 78,57 | 56,52 |
| | 25 | 0,0361 | 0,0370 | 1,884 | 1,824 | 47,37 | 55,56 |
| | 50 | 0,0148 | 0,0162 | 4,595 | 4,167 | 78,26 | 76,19 |
| n-диметиламінобензойна кислота | 10 | 0,0337 | - | 2,018 | - | - | - |
| | 25 | 0,0225 | - | 3,022 | - | - | - |
| | 50 | 0,0210 | - | 3,238 | - | - | - |
| Бензімідазол | 10 | 0,0540 | 0,0570 | 1,259 | 1,184 | 20,63 | 15,54 |
| | 25 | 0,0330 | 0,0425 | 2,061 | 1,588 | 52,38 | 37,48 |
| | 50 | 0,0162 | 0,0193 | 4,198 | 3,497 | 76,20 | 71,43 |
| Тіосемінарбазид | 10 | 0,0427 | - | 1,607 | - | 37,50 | - |
| | 25 | 0,0423 | - | 1,608 | - | 37,52 | - |
| | 50 | 0,0331 | - | 2,054 | - | 52,38 | - |

**Перспективи використання результатів дослідження.** Оцінка корозійної активності мінералізованих водних середовищ нафтоводних середовищ дає змогу оцінити екологічні загрози від руйнування трубопроводів залежно від складу середовища, що транспортується в трубопроводах. Крім того, під час врахування залежності швидкості корозії металу від складу нафтоводної суміші можна вибирати та оцінювати ефективність інгібіторів корозії металів, що допоможе успішно запобігати цим загрозам за відносно незначних фінансових затрат.

**Література**


1. Биченок М.М., Іванюта С.П., Яковлєв Є.О. Ризики життєдіяльності у природно-техногенному середовищі. Київ : ПІІ, 2008. 160 с.
2. Тыр С.Г., Боботко З.А., Глушко И.Д. Оценка эффективности ингибиторов в средах оборотного водоснабжения. *Защита металлов*. 1993. Т. 29. № 1. С. 158–160.
3. Волошкіна О.С., Яковлєв Є.О., Удод В.М. Питання екологічної безпеки поверхневих водних об'єктів. Київ : ІПНБ, 2007. 139 с.
4. Іванов С.В., Манчук Н.М., Борсук П.С. Загальна хімічна технологія : промислові хіміко-технологічні процеси : навч. посібник. Київ : НАУ, 2010. 280 с.
5. Пуришкевич В.М. Водоподготовка оборотных промышленных вод бессточной системы водообеспечения. *Мир техники и технологий*. 2003. № 6. С. 68–69.
6. Ковальчук А.П. Результат применения ингибитора накипеобразования и коррозии ОЭДФ-цинк в системе теплоснабжения Ростовской ТЕЦ-2. *Промышленная энергетика*. 2004. № 11. С. 34–35.
7. Кузнецов Ю.И. Современное состояние теории ингибирования коррозии металлов. *Защита металлов.* 2002. Т. 38. № 2. С. 122–131.
8. Кущ А.В., Гомеля Н.Д., Ставская С.С. Новый фосфорорганический ингибитор коррозии с бактерицидным действием для водооборотных систем охлаждения. *Химия и технология воды.* 2004. 26, № 1. С. 89–94.
9. Кузнецов Ю.И. Современное состояние теории ингибирования коррозии металлов. *Защита металлов.* 2002. Т. 38. № 2. С. 122–131.
10. Гомеля Н.Д. Новые ингибиторы коррозии и отложений осадков для систем водоциркуляции. *Химия и технология воды*. 2017. Т. 39. № 2 (256). С. 169–177.

УДК 678.023
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-5

# ПРОЦЕС КАСКАДНОЇ ДИСКОВО-ШЕСТЕРЕННОЇ ЕКСТРУЗІЇ ТА ЙОГО АНАЛІЗ

**Швед М.П., Швед Д.М., Новодворський В.В., Ковба А.М.**
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
вул. Політехнічна, 39, 03056, м. Київ
npchved46@gmail.com, qwertyqwerty641@ukr.net,
anastasianikolaevnakovba@gmail.com

Під час дослідження ринку екструзійного обладнання неможливо не помітити, що останнім часом у зв'язку зі зростаючими обсягами виробництва полімерної продукції стають серйознішими і вимоги до екструдерів. Аналіз відомих каскадних схем екструзії показує, що на першій стадії, як правило, застосовується екструдер, який володіє високим пластифікуючим і змішуючим ефектом. На другій стадії для дозування розплаву застосовують черв'ячний екструдер або шестеренний насос. На основі аналізу літературних і патентних матеріалів пропонується схема каскадної дисково-шестеренної екструзії з використанням як генератора розплаву дискового екструдера з дозованим живленням, а для створення тиску та дозування розплаву – шестеренного насоса. Теоретичного та експериментального доведення потребує припущення, що застосування такої каскадної схеми в технологічних лініях для екструзії полімерів дає змогу гнучко керувати процесом екструзії та встановлювати оптимальні режими операцій. Плавлення і гомогенізація в такому екструдері будуть відбуватися за високих швидкостей зсуву й відносно невеликих тисків із можливістю регулювання термомеханічного навантаження на розплав завдяки можливості зміни швидкості обертання черв'ячно-дискової частини. В дисковій зоні буде відбуватися кероване диспергуюче перемішування завдяки можливості зміни величини робочого зазору за сталої продуктивності. Каскадні схеми екструзії дають змогу шляхом оптимізації процесів і можливості перерозподілу потужності між каскадами збільшити продуктивність на 50–100% з одночасним підвищенням якості продукції і покращенням питомих показників на 20–30%. Застосування шестеренного насоса для створення тиску і дозування розплаву дасть змогу шляхом зменшення допусків на геометричні розміри заощаджувати до 4% полімеру та енергії. *Ключові слова:* екструзія, полімер, гомогенізація, екструдер, шестеренний насос, каскадна установка, екологічна безпека.

**The process of cascade disk-gear extrusion and its analysis. Shved M., Shved D., Novodvorskyi V., Kovba A.** When researching the market for extrusion equipment, it is possible not to notice that in the recent years, due to the growing volume of production of polymer products, the requirements for extruders are becoming more serious. Analysis of known cascade extrusion schemes shows that in the first stage, as a rule, an extruder is used which has a high plasticizing and mixing effect. In the second stage, a screw extruder or gear pump is used to dispense the melt. Based on the analysis of the literature and patent materials, a scheme of cascade disk-gear extrusion with the use of a melt generator – a disk extruder, and to create pressure and dosage of the melt – a gear pump is proposed. Theoretical and experimental proofing requires the assumption that the use of such a cascade scheme in the process lines for the extrusion of polymers allows flexible control of the extrusion process and to establish the optimal modes of operation. Melting and homogenization in such an extruder will occur at high shear rates and relatively low pressures, with the ability to adjust the thermomechanical melt load due to the rotational speed of the screw disk. In the disk zone will be controlled dispersive mixing due to the possibility of changing the size of the working gap with constant productivity. Cascade extrusion schemes allow for optimization of processes and the ability to redistribute power between cascades to increase productivity by 50–100%, while improving product quality and improving specific performance by 20–30%. The use of a gear pump for pressure generation and melt dosing will save up to 4% of polymer and energy by reducing tolerances on geometric dimensions. *Key words:* extrusion, polymer, homogenization, extruder, gear pump, cascade installation, environmental safety.

**Постановка проблеми.** Нині вироби з полімерів набули значного поширення, адже заміна металу на полімер значно знижує ціну на виріб, що пояснює актуальність і стрімкий розвиток полімерної галузі, який сприяє розробленню нових і вдосконаленню наявних технологій і машин, що, у свою чергу, допомагають розширити номенклатуру матеріалів, які перероблюються, та виробів, що отримуються в результаті цієї переробки.

**Актуальність дослідження.** До 2100 року прогнозується десятикратний ріст використання полімерних матеріалів у народному господарстві, причому продукція полімерного машинобудування буде рости на 2–3% щорічно [1].

Така динаміка і обсяги виробництва та переробки полімерних матеріалів зумовлюють створення нових економічно обґрунтованих, високопродуктивних, ресурсо-енергоощадних процесів та обладнання для переробки полімерів, завдяки яким можна буде отримувати вироби відомої якості та з'явиться можливість гнучкого керування всім екструзійним процесом загалом.

Аналіз властивостей полімерів, які використовуються в господарстві та промисловості, дає змогу зробити висновок про те, що основним методом переробки полімерів є термомеханічний метод, а одним із основних способів переробки – екструзія, де відбувається безперервний процес переве-

дення матеріалу з твердого у в'язкотекучий стан із наступним продавлюванням розплаву через фільєру, профіль якого визначає конфігурацію та геометричні розміри виробу. При цьому одночасно в екструдері послідовно виконуються операції живлення, стискання, плавлення твердого полімеру, гомогенізація розплаву, створення тиску та дозування розплаву через формуючий інструмент. Сьогодні в процесах екструзії найпоширенішим обладнанням є одночерв'ячні екструдери, на яких базується більшість технологічних ліній. Основна вимога, що може бути висунута до екструзійної машини в зоні живлення, є хороший захват матеріалу, незалежно від того, гранульований чи порошкоподібний матеріал.

У зоні плавлення необхідно, щоб весь термопласт якомога швидше перейшов із твердого стану у в'язкотекучий.

Достатня температурна та механічна гомогенність розплаву по всьому об'єму [2; 3], необхідний тиск та його стабільність, відсутність коливання продуктивності на виході – усе це необхідно, щоб забезпечувати зону гомогенізації.

Більшість вищеперерахованих завдань можна реалізувати як конструкцією екструзійної машини чи окремих її частин (наприклад, завдяки як зміні геометрії черв'яка (шнека), так і схемі переробки).

Аналіз наявних технічних умов, регламентів і стандартів на полімерні вироби (труби, плівка, листи) показав, що допуски на геометричні розміри виробів часто на 10–15% перевищують номінально необхідні [4–6].

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Одним із шляхів заощадження ресурсів та енергії під час екструзії полімерів могло би бути зменшення допусків на геометричні розміри виробів. Дослідження та аналіз процесів одночерв'ячної екструзії показали, що зона дозування екструдера значною мірою чутлива до пульсацій тиску, які виникають через нестабільність процесів у попередніх зонах плавлення та живлення, що призводить до коливання продуктивності, які і є основною причиною встановлення завищених допусків на геометричні розміри виробів. Усунення пульсацій продуктивності дало б змогу зменшити допуски, що сприяло б суттєвій економії полімеру та енергії, а також знизило б навантаження на екологію завдяки зменшенню кількості сировини, яка потребує утилізації.

Іншим шляхом удосконалення процесу екструзії є створення каскадних схем екструзії, коли весь процес розділяється на окремі операції з можливістю автономного керування [7–9]. Такий підхід дає змогу:

– гнучко керувати процесом екструзії;

– розширити номенклатуру перероблюваних матеріалів;

– економити енергію завдяки можливості автономно вибирати раціональні режими для окремих операцій.

**Методологічне значення** полягає у визначенні методики експериментального дослідження гнучко керованого процесу екструзії.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналізуючи наявні схеми каскадних екструдерів та їхнє апаратурне оформлення [1; 7–9], можна зробити висновок, що майже у всіх екструдерах процеси створення тиску та дозування виконуються в'язкісним черв'ячним екструдером, максимальна теоретична енергоефективність якого становить 33,3%, а на практиці вона не перевищує і 10% [1–3; 10]. Тому такі каскадні екструдери не завжди можуть задовольнити вимоги переробників, особливо, в плані гомогенізації, гнучкого безінерційного керування процесом переробки та стабільності продуктивності на виході з екструдера.

**Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями.** Напрям досліджень безпосередньо пов'язаний із визначальною проблемою ресурсоенергозбереження, вирішення якої дає змогу створити якісно новий процес екструзії полімерів, за якого краща якість продукції, відбувається економія енергії та сировини за меншого навантаження на екологію.

**Новизна** роботи полягає в дослідженні та отриманні даних ресурсоенергоощадного процесу екструзії.

**Виклад основного матеріалу.** Теоретичні й експериментальні дослідження з удосконалення процесів екструзії, які проводяться на кафедрі МАХНВ КПІ ім. Ігоря Сікорського, показали, що процеси плавлення та гомогенізації полімерів ефективніше проводити в полі високих швидкостей зсуву за незначних тисків [10], тобто реалізуючи модель дисперсійного плавлення, яка у 4–5 разів ефективніша за класичну пробкову модель плавлення Тадмора і полягає в тому, що частинки твердого полімеру дисперговані в його розплаві [10].

Процеси створення тиску та дозування розплаву ефективніше виконувати не в'язкісним черв'ячним насосом, продуктивність якого є чутливою до коливань тиску, а об'ємним дозуючим насосом із жорсткою напірною характеристикою, наприклад шестеренним насосом, продуктивність якого практично не залежить від таких коливань [11].

З урахуванням вищесказаного було розроблено систему каскадної дисково-шестеренної екструзії, яка передбачає виведення в автономно керуючі таких операцій: на першій стадії – дозованого живлення, плавлення і гомогенізації, а на другій – створення тиску, його стабілізації та дозування розплаву.

Апаратурне оформлення такої системи представлено на рисунку 1.а, де на першій стадії як розплавлювач-гомогенізатор використовується дисковий екструдер, який працює в режимі дозованого живлення, що дає змогу за невисоких тисків реалізувати модель дисперсійного плавлення, завдяки якій інтенсивність плавлення зростає на 200–300%, тем-

пература розплаву більш однорідна і нижча, довжина зони плавлення зменшується в 2–4 рази [10]. До того ж на 30% покращується енергоефективність процесів плавлення і гомогенізації завдяки можливості незалежного гнучкого регулювання термо-механічного навантаження на полімер за незмінної продуктивності. Це можливо в завантажувально-пластикувальній зоні за допомогою регулювання частоти обертання шнека, а в дисковій зоні – величиною робочого зазору.

Шестеренний насос у каскадній схемі екструзії завдяки жорсткій напірній характеристиці вирівнює пульсацію розплаву і стабілізує коливання продуктивності, які здебільшого не більше 1% проти 5–8 % в черв'ячному екструдері, що дає змогу випускати продукцію з меншими допусками на геометричні розміри зі значною економією сировини та енергії, що і є головною економічною підставою використання таких насосів для дозування розплавів полімерів.

Особливістю каскадного дисково-шестеренного екструдера є те, що всі три пристрої: 1 – шнековий дозатор, 2 – дисковий екструдер і 3 – шестеренний насос – оснащені приводами 5, 6, 7 з можливістю безступінчастого регулювання кутової швидкості робочих органів, а також те, що між дисковим екструдером і шестеренним насосом встановлено компенсатор (4), який має зворотний зв'язок із приводом дозатора та узгоджує продуктивність дозатора і шестеренного насоса завдяки стабільності тиску на вході в шестеренний насос.

Перероблюваний полімер шнековим дозатором (1) подається в завантажувальну горловину дискового екструдера (2), де він захоплюється багатозахідною гвинтовою нарізкою завантажувально-пластикувальної зони (9), розігрівається, плавиться завдяки енергії дисипації та у вигляді розплаву надходить у торцевий робочий зазор (8) дискового екструдера, де завершується плавлення полімеру та його гомогенізація. Під дією тиску, який створюється завантажувально-пластикувальною зоною та ефектом Вайсенберга, розплав попадає на вхід шестеренного насоса (3), де заповнює міжзубні западини шестерень, які під час їх обертання забезпечують перенесення розплаву із зони низького тиску в зону високого, створюючи необхідні умови для проходження розплаву через дроселюючий пристрій (10).

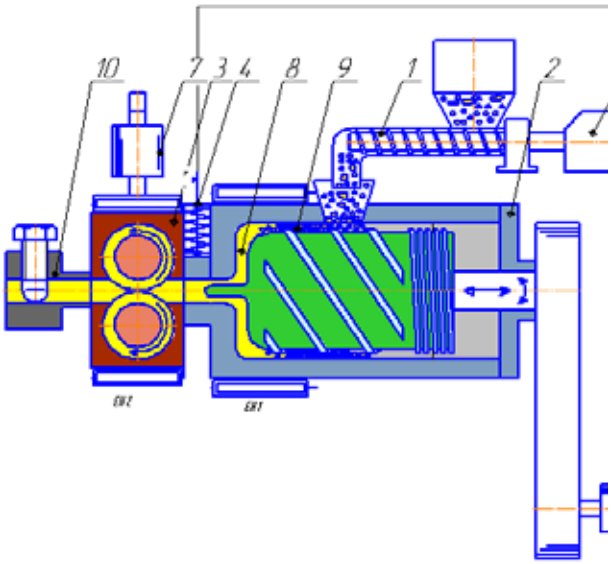
У таблиці 1 надано технічну характеристику експериментального каскадного дисково-шестеренного екструдера [12].

Як модельне середовище під час проведення експериментальних робіт було використано поліетилен низької густини (високого тиску) марки 15803-020 ГОСТ 16337–85 [13].

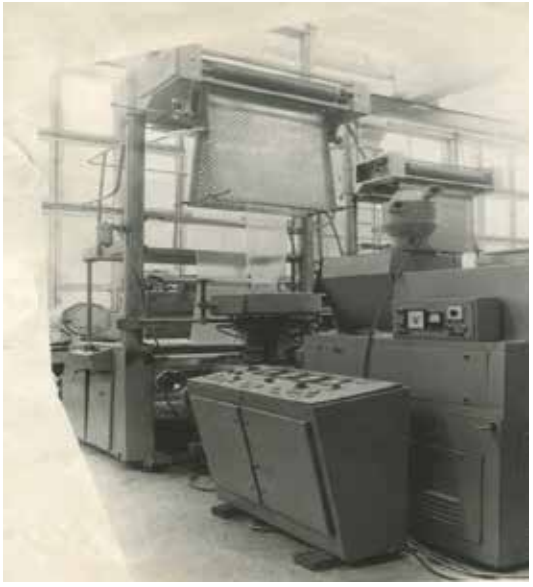
Основні фізико-механічні, теплофізичні і реологічні характеристики поліетилену визначалися за [13; 14] і в лабораторних умовах із використанням капілярного віскозіметра ІІРТ–3.

За результатами досліджень розроблено номограми для визначення узгоджених режимів роботи пристроїв каскадного дисково-шестеренного екструдера, одна з яких для поліетилену низької густини (ПНГ) марки 15803-020 приведена на рисунку 2.*а* [15].

У каскадному екструдері продуктивність та її коливання залежать тільки від обертів дозу-




а



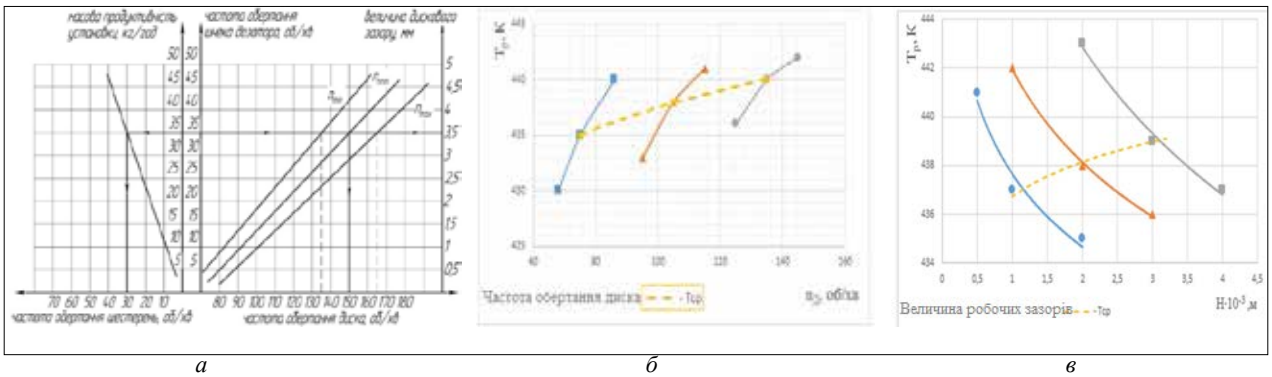
б

*Рис. 1: а) схема каскадного дисково-шестеренного екструдера: 1 – шнековий дозатор; 2 – дисковий екструдер; 3 – шестеренний насос; 4 – компенсатор; 5, 6, 7 – приводи обертових органів каскадного екструдера; 8 – торцевий робочий зазор; 9 – завантажувально-пластикувальна зона; 10 – дроселюючий пристрій; б) загальний вигляд пілотної установки*

Таблиця 1

**Технічна характеристика експериментального каскадного дисково-шестеренного екструдера**

| Найменування параметра | Показник |
|---|---|
| Перероблюваний матеріал | Поліетилен низького тиску марки 15803-020 |
| Максимальна продуктивність лінії, кг/год | 40 |
| Діаметр диска, мм | 150 |
| Частота обертів диска, регульована, об./хв | 20–200 |
| Діапазони регулювання робочого зазору, мм | 0,5–5 |
| Кількість шестеренних коліс | 2 |
| Модуль зачеплення, *m* | 3,5 |
| Кількість зубів, *z* | 16 |
| Ширина зуба, мм | 24 |
| Частота обертів шестерень, регульована, об./хв | 0–40 |
| Опір формуючого інструменту, МПа | 10–30 |
| Встановлена потужність, КВт | |
| – Шнекового дозатора | 0,2 |
| – Дискового екструдера | 7,5 |
| – Шестеренного насоса | 2,5 |
| – Нагрівників | 3,5 |




*а* *б* *в*

*Рис. 2: а – номограма та залежності температури розплаву: б – від частоти обертання диска, в – від величини робочих зазорів*

Матеріал – ПНГ марки 15803-020. $G_p$, кг/год: ■ – 8,38; ▲– 16,81; ● – 25,27.

$T_{ср}$ – середня температура розплаву

ючого шестеренного насоса (лівої частини номограми). Коливання тиску, які вимірюються після шестеренного насоса на вході у формуючу головку, є непрямим параметром, який визначає нестабільність продуктивності. Якщо такі коливання спричинені режимом роботи шестеренного насоса, то з метою їх усунення необхідно плавно зменшити частоту обертів шестеренного насоса до повного зникнення пульсацій тиску.

Якість розплаву, тобто температура, температурна та механічна гомогенність розплаву, залежать від параметрів розплавлювача-гомогенізатора (правої частини номограми),

Використання в такій ролі дискового екструдера, що працює за дозованого живлення, дає можливість оперативно, без зупинки процесу, не змінюючи продуктивність, підвищувати або знижувати температуру розплаву, регулюючи термомеханічне навантаження на перероблюваний матеріал, що рівносильно для звичайного черв'ячного екструдера установленню нового черв'яка. Причому якщо технологічно необхідно змінити температуру чи швидкість зсуву в зонах сухого тертя і напіврозплаву, тобто на периферії диска, то доцільно використовувати можливість зміни частоти обертання дискового екструдера в межах ±30 % від номінального значення. А якщо необхідно змінити навантаження на розплав, наприклад, з метою покращення гомогенізації та диспергування, то ефективніше змінювати величину робочих зазорів у тих же межах.

Отже, температуру та гомогенність розплаву в дисковому екструдері можна регулювати як частотою обертання диска, так і величиною робочого зазору, або ж варіювати ці два параметри (рис. 2).

З рисунку 2.*б* видно, що зміною частоти обертання диска в межах ±30% від номінального зна-

чення за однієї і тієї самої продуктивності температуру можна регулювати в межах ±5 °С, а зміна величини робочого зазору в межах від 2±1 мм може змінювати температуру в межах ±3,5 °С.

**Головні висновки.** Створено ресурсоенергоощадну систему каскадної дисково-шестеренної екструзії для перероблення полімерних матеріалів із використанням як розплавлювача-гомогенізатора дискового екструдера з дозованим живленням, а як дозатора розплаву та генератора тиску – шестеренного насоса.

За результатами експериментальних досліджень розроблено номограму для визначення узгоджених режимів роботи агрегатів каскадного дисково-шестеренного екструдера.

Проведені експериментальні дослідження екструдера показали, що використання запропонованої каскадної схеми екструзії дало можливість регулювати під час екструзії температуру та гомогенність розплаву за незмінної продуктивності, а дозуючий шестеренний насос забезпечує стабілізацію тиску та продуктивність на виході з екструдера.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Результати досліджень можуть бути використані на: кафедрі «Машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв» інженерно-хімічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського; ПАТ «НВП Більшовик»; ООО «Пластмодерн» (Україна); та інших підприємствах, які виготовляють машини для переробки полімерів, за модернізації наявного та проєктування нового обладнання.

## Література


1. Раувендааль К. Экструзия полимеров / пер. с англ., под ред. А.Я. Малкина. Санкт-Петербург : Профессия, 2006. 768 с., ил.
2. Мак-Келви Д.М. Переработка полимеров. Москва : Химия, 1965. 442 с.
3. Ким В.С. Теория и практика экструзии полимеров. Москва : Химия, КолосС, 2005. 568 с.
4. Оборудование для производства ПЭ труб. Москва, 2014–2015. URL: http://www.evropolymer-trading.ru.
5. ГОСТ 10354-82 Плівка поліетиленова. Технічні умови.
6. ДСТУ Б А.1.1-28-94. Вироби полімерні погонажні профільні та оздоблювальні стінові (рулонні і листові). Терміни та визначення.
7. Krauss Maffei. URL: http://www.kraussmaffei.com/ru.
8. URL: http://www.extrudercn.ru.
9. URL: http://www.gmash.ru.
10. (104) Переваги використання каскадних схем та дозуючих шестеренних насосів при екструзії полімерів / І.В. Луценко, Д.М. Швед, М.П. Швед, А.С. Богатир // *Міжнародний науковий журнал «Технологічний аудит та резерви виробництва».* 2013. № ½ (9). С. 21–25. ISSN 2226-3780.
11. (109) Пат. України на корисну модель № 94012, МПК B29C 47/00. Каскадний екструдер / Р.О. Мітусов, Д.М. Швед, М.П. Швед // Заявник та власник Мітусов Р.В. № u201404891; заявл. 07.05.2014; опубл. 27.10.2014. Бюл. №20.
12. Каскадний дисково-шестеренний екструдер для переробки полімерних матеріалів / Н.В. Мурдід, М.П. Швед, І.О. Мікульонок, Д.М. Швед // *Наукові вісті НТУУ «КПІ».* Київ, 2009. № 2. С. 74–77.
13. ГОСТ 16337-85 Полиэтилен высокого давления. Технические условия.
14. Теплофизические и реологические характеристики полимеров : справочник / А.И. Иванченко, В.А. Пахаренко, В.П. Привалко и др. Киев : Наукова думка, 1977. 44 с.
15. Швед Д.М. Процес екструзії полімерів на каскадному дисково-шестеренному екструдері : дис. … канд. тех. Наук : 05.17.08, Київ, 2017. 148 с.

**УДК 37.042:373.51:613.6**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-6**

# ВЛИЯНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ФИЗИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ГОРОДСКИХ И СЕЛЬСКИХ ДЕВОЧЕК В ОДЕССКОМ РЕГИОНЕ

**Пелепчук О.С., Бобро Е.В., Дышель Г.А.**
ГУ «Южноукраинский национальный
педагогический университет
имени К.Д. Ушинского»
ул. Фонтанская дорога, 4, 65039, г. Одесса
olgaspele@gmail.com

Физическое развитие детей и подростков является показателем, свидетельствующим о степени гармоничности развития ребенка, позволяющим определить, соответствует ли его физическое развитие паспортному возрасту, и косвенно свидетельствует о качестве жизни ребенка и его здоровье. Стандарты физического развития не являются константной величиной, они меняются в зависимости от экономических, экологических и социальных факторов и могут колебаться как в сторону акселерации, так и в сторону ретардации. Целью исследования явилось установление закономерностей и особенностей в процессе физического развития девочек школьного возраста в Одесском регионе в начале XXI столетия. Для достижения поставленной цели было проведено исследование антропометрического профиля девочек и девушек, жительниц г. Одессы и сельской местности в Одесской области, в возрасте от 7 до 17 лет по основным показателям роста и развития (ростом, массой тела, объемом грудной клетки и жизненной емкости легких) стандартными методами. Показано, что прирост показателей во всех возрастных группах происходит относительно равномерно и подчиняется законам возрастной физиологии, приводя к выравниванию уровня физического развития городских и сельских девочек. Выявлены признаки продолжающейся в настоящее время акселерации по отдельным параметрам физического развития как у городских, так и у сельских девочек (длине и массе тела, а также жизненной емкости легких в возрасте 13–15 лет). В то же время наблюдаются и некоторые признаки ретардации, наиболее выраженные в показателях длины тела старших школьниц. Однако небольшая выборка не дает возможности делать достоверно значимый анализ и абсолютно объективно судить о состоянии физического развития девочек и девушек в Одесском регионе на современном этапе, что вызывает целесообразность продолжения подобных исследований. *Ключевые слова:* экологическое состояние региона, экологический мониторинг, физическое развитие, возрастные особенности, акселерация.

**Вплив екологічних факторів на фізичний розвиток міських і сільських дівчат в Одеському регіоні. Пелепчук О.С., Бобро О.В., Дишель Г.О.** Фізичний розвиток дітей і підлітків є показником, який свідчить про ступінь гармонійного розвитку дитини і дає змогу визначити, чи відповідає її фізичний розвиток паспортному віку. Це опосередковано свідчить і про якість життя дитини і її здоров'я. Стандарти фізичного розвитку не є константою, вони змінюються залежно від економічних, екологічних і соціальних факторів, а також можуть коливатися як у бік акселерації, так і ретардації, що зумовлює актуальність досліджень цього напряму. Метою дослідження було встановлення закономірностей і особливостей у процесі фізичного розвитку дівчат шкільного віку в Одеському регіоні на початку XXI століття. Для досягнення поставленої мети було проведено дослідження антропометричного профілю дівчаток і дівчат, що мешкають у м. Одеса й сільській місцевості в Одеській області, віком від 7 до 17 років за основними показниками росту й розвитку (довжиною тіла, масою тіла, об'ємом грудної клітки і життєвою ємністю легенів) стандартними методами. Встановлено, що збільшення показників в усіх вікових групах відбувається відносно рівномірно й підпорядковується законам вікової фізіології, що призводить до вирівнювання фізичного розвитку міських і сільських дівчат. Виявлено ознаки триваючої нині акселерації за окремими параметрами фізичного розвитку як у міських, так і в сільських дівчат (довжина і маса тіла, а також життєва ємність легенів у віці 13–15 років). Водночас спостерігаються і деякі ознаки ретардації, що найбільш виражені в показниках довжини тіла старшокласниць. Але невелика вибірка не дає можливості зробити вірогідно достовірний аналіз і абсолютно об'єктивно судити про стан фізичного розвитку дівчаток і дівчат в Одеському регіоні на сучасному етапі, що висуває доцільність продовження подібних досліджень. *Ключові слова:* екологічний стан регіону, екологічний моніторинг, фізичний розвиток, вікові особливості, акселерація.

**Influence of environmental factors on the physical development of urban and rural girls in the Odessa region. Pelepchuk O., Bobro E., Dyshel G.**

Introduction. The physical development of children and teenagers is an indicator testifying to the degree of harmonic development of the child, allowing determining whether its physical development corresponds to the passport age, and indirectly indicates the quality of life of the child and his health. Standards of physical development are not

a constant value; they vary depending on economic, environmental and social factors and can hesitate both towards an acceleration and retardation. Purpose. A search aim was to establish patterns and features in the process of physical development of school-age girls in Odessa region at the beginning of the 21st century. Methods. To achieve the stated goal a study was conducted of the anthropometric profile of girls and ladies, habitants was undertaken Odessa and rural locality in Odessa region, at the age of 7–17 years according to the main indicators of height and development (height, body weight, volume of chest and vital capacity of lungs) by standards methods. Results. It is shown that the increase in indicators in all age groups occurs relatively evenly and obeys the laws of age physiology, leading to equalization the level of physical development of urban and rural girls. The signs of proceeding presently acceleration are educed on the separate parameters of physical development both for urban and at rural girls (length and body weight, as also to the vital capacity of the lungs at the age of 13–15 years). At the same time, there are some signs of retardation, most pronounced in terms of body length of older schoolgirls. However a small sample does not make it possible to make a reliable significant analysis and objectively judge the state of the physical development of girls and ladies in Odessa region at the present stage, which makes it advisable to continue such studies. *Key words:* ecological state of region, ecological monitoring, physical development, age features, acceleration.

**Постановка проблемы.** Гармоничность развития определяется комплексом социально-экономических, этнических, климатических, экологических и других особенностей местности проживания. То есть физическое развитие формируется под влиянием эндогенных и экзогенных факторов, на которые детский организм в силу физиологических особенностей реагирует более остро, чем организм взрослого человека [1].

**Актуальность исследования.** Современные подходы к физическому воспитанию и спортивным тренировкам базируются на фундаментальных исследованиях в различных областях знаний, включая такие разносторонние, как биология, медицина, физика, психология и педагогика. Одним из важнейших аспектов исследований в этом плане являются анатомия и физиология и, в частности, антропометрия.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Физическое развитие детей и подростков в широком смысле этого понятия, т. е. как комплекс морфологических, физиологических и биологических особенностей организма, является показателем, свидетельствующим о степени гармоничности развития ребенка, который позволяет определить, соответствует ли его физическое развитие паспортному возрасту, и косвенно свидетельствует о качестве жизни ребенка и его здоровье. Немаловажную роль в формировании этих особенностей играет и неравномерность протекания акселерации развития в условиях города и сельской местности [1–7].

Известно, что дети, живущие в городах, даже в тех, которые не относятся к зонам повышенного экологического риска, подвергаются огромному негативному влиянию со стороны окружающей среды, вклад которой, по данным ВОЗ, может достигать 30% при возникновении патологических изменений в состоянии здоровья человека. Особенно ярко это проявляется в пубертатном периоде, когда происходит активная трансформация организма ребенка и наблюдается его большая подверженность влиянию различных факторов [8].

Считается, что в крупных городах процессы роста и развития детей стабилизировались на достаточно высоком уровне, а в небольших городах и сельской местности акселерация развития протекает и в настоящее время достаточно активно. В то же время исследования, проведенные в разных регионах России, США и странах Евросоюза, выявили увеличение массы тела и весо-ростовых индексов детей и подростков [2; 5]. Наблюдается снижение удельного веса детей с гармоничным физическим развитием за счет высокой доли детей с избытком или недостатком массы тела [5].

**Связь авторской разработки с практическими задачами.** Стандарты физического развития не являются константной величиной, они меняются в зависимости от экономических, экологических и социальных факторов и могут колебаться как в сторону акселерации, так и в сторону ретардации, и обязательно должны учитываться при разработке методов физического воспитания и спортивных тренировок. В то же время имеющиеся данные по этому вопросу достаточно разрозненны и фрагментарны [9; 10], что и вызвало необходимость работы.

**Выделение не решенных раннее частей общей проблемы, которым посвящена статья.** В Украине можно выделить четыре таких региона: Западный, Центральный, Восточный и Южный, к которому относится Одесская область, характеризующаяся особыми природными условиями [11], не способствующими благоприятной жизнедеятельности человека. В то же время область официально не относится к территориям повышенного экологического риска. Однако определение особенностей протекания процесса физического развития городских и сельских девочек позволяет в дальнейшем прогнозировать состояние репродуктивного потенциала страны.

**Новизна.** Впервые было установлено особенности закономерности процесса физического развития девочек школьного возраста в Одесском регионе.

**Методологическое и общенаучное значение.** Неравномерность протекания акселерации развития в условиях города и сельской местности делает невозможным формирование общих стандартов физического развития детей и подростков и предопределяет

необходимость в определении их региональных особенностей.

**Изложение основного материала.** Антропометрическим исследованиям были подвергнуты девочки, жительницы г. Одессы и сельской местности в Одесской области, в возрасте от 7 до 17 лет (от 1 до 10 класса). В г. Одессе исследования были проведены на территории городских школ. Исследования сельских детей проводилось на представителях трех сел Одесской области:

– 7–8 лет – с. Лиманское Овидиопольского района;

– 8–13 лет – с. Степное Раздельнянского района;

– 13–15 лет – с. Александровка Тарутинского района.

Несмотря на то, что села находятся в разных районах области, их объединяет общее расположение в степной зоне на юге Одесской области, имеющей засушливый климат, крайне незначительное количество осадков и, соответственно, небольшое количество маловодных источников. В то же время эти села находятся в относительно экологически чистой природной зоне.

В возрастной группе 16–17-лет исследования были проведены на ученицах колледжа экономики, права и гостинично-ресторанного бизнеса, в котором обучаются как городские, так и сельские уроженцы Одесской области.

**Методы исследования.** В рамках антропометрических исследований определяли рост стоя в сантиметрах (см), массу тела в килограммах (кг), окружность грудной клетки (ОКГ) в спокойном состоянии в сантиметрах и жизненную емкость легких (ЖЕЛ) в миллилитрах (мл). Все замеры проводили по стандартным методикам, и потому их описание нецелесообразно.

Полученные нами данные сравнивались с табличными показателями комплексных исследований физического развития девочек Одесской области в 1996 г. [12] (табл. 1).

**Результаты исследования**. Анализируя данные изучения длины тела учениц 7–17 лет, можно отметить, что разброс данных позволяет говорить об однородности исследуемых групп, принятой в медико-биологических исследованиях. Исходя из этого, можно также говорить о достоверной разнице в росте городских и сельских девочек в возрастных группах 8–9, 13–14, 14–15 и 16–17 лет. При этом в возрасте 8–9 лет рост городских девочек достоверно меньше роста сельских девочек, а в возрасте 13–14, 14–15 и 16–17 лет – достоверно превышает рост сельских девочек.

Сравнение с данными Н.И. Басалкиной и соавторов [12] показывает, что признаки акселерации наблюдаются в возрасте 13–14 лет в обеих исследуемых группах девочек и сохраняются у городских девочек в возрасте 14–15 лет, в то время как у остальных (14–15-летние сельские и все 16–17-летние) наблюдаются признаки ретардации.

В возрастных категориях с недостоверной разницей в росте между городскими и сельскими девочками отмечается акселерация во всех возрастных группах, кроме 15–16-летних, у которых прослеживаются признаки ретардации. Это позволяет сделать вывод о замедлении роста тела в длину у всех девочек, начиная с возраста 14–15 лет, т. е. у детей, рожденных в 1993–1994 гг., когда страна вступила в сильнейший экономический кризис, сопровождавшийся резким снижением социальных стандартов и качества жизни населения, проявившимся, прежде всего, в ухудшении качества и разнообразия питания.

При рассмотрении динамики массы тела у городских и сельских детей разного возраста обращает на себя внимание следующее. Во-первых – значительное увеличение массы тела детей в сравнении со стандартами 1996 г. Во-вторых – масса тела городских и сельских детей отличается незначительно, о чем свидетельствуют как разброс данных в большинстве случаев, так данные статистической обработки. В то же время прослеживается тенденция наличия более высоких и стройных городских девушек 16–17 лет.

Увеличение массы тела, в общем-то, закономерно. И в городах, и в селах дети физически загружены с каждым годом все меньше – спортивные секции и школы для многих категорий населения стали недоступны и даже уроки физкультуры не дают большой физической нагрузки. Компьютеризация привела к снижению физической активности не только у городских, но и сельских детей, а мода на чрезмерно калорийное фастфудное питание распространилась не только среди городских жителей. Повышенное потребление углеводных продуктов и напитков особенно опасно для несформированного детского организма и является предпосылкой для формирования групп «риска» среди детей младшего школьного возраста [13; 14].

Увеличение массы тела связано и с увеличением окружности грудной клетки. У сельских девочек ОГК достоверно меньше, чем у городских до воз-

Таблица 1

**Физическое развитие девочек 10–16 лет разных регионов Украины (Одесская область)**

| Показатели | 10 лет | 11 лет | 12 лет | 13 лет | 14 лет | 15 лет | 16 лет |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Длина тела, см | 134,43 | 141,12 | 147,60 | 154,02 | 162,78 | 166,12 | 173,97 |
| Масса тела, кг | 33,72 | 35,31 | 42,51 | 46,02 | 52,83 | 56,31 | 61,82 |
| ОГК, см | 65,72 | 68,49 | 70,63 | 73,35 | 75,64 | 78,58 | 82,82 |

раста 10–11 лет, однако вступление в пубертатный возраст эту разницу ликвидирует.

Сравнение с данными Н.И. Басалкиной и соавторов (2000), показывающее превышение абсолютных цифр над стандартами 1996 г., закономерно и безусловно связано с общим увеличением массы тела.

Жизненная емкость легких – показатель, который трудно оценивать объективно. Его величина во многом зависит от сознательности испытуемого, поэтому объяснимы и высокие показатели разброса данных и достоверность результатов, полученных в первом классе начальной школы, когда многие дети соревнуются друг с другом и стараются быть лучшими, и во второй половине подросткового возраста, когда появляется ответственность за произведенные действия. Вероятно, с этим связано и отсутствие стандартных данных прошлых лет.

Достаточно высокие показатели ЖЕЛ у городских школьниц, не испытывающих в массе своей повышенных физических нагрузок, сходны с данными других авторов [15]. Возможно, это связано с высокой степенью загазованности городов и пассивной тренировкой органов дыхания жителями путем непроизвольной задержки дыхания, т. е. больший объем ЖЕЛ может быть результатом адаптации к условиям повышенной загрязненности городской среды обитания.

Рассмотрение всех изученных антропометрических параметров показывает, что прирост показателей во всех возрастных группах происходит относительно равномерно и подчиняется законам возрастной физиологии, приводя к выравниванию уровня физического развития сельских и городских девочек. С некоторыми допущениями можно говорить и о продолжающейся в настоящее время акселерации по отдельным параметрам физического развития как у сельских, так и у городских девочек (длине и массе тела, а также ЖЕЛ в возрасте 13–15 лет). В то же время наблюдаются и некоторые признаки ретардации, наиболее выраженные в показателях длины тела старших школьниц. Однако в то же время анализ достоверностей, полученных в исследовании данных, подтверждает ранее высказанное нами мнение [15] о том, что небольшие выборки не дают возможности делать достоверно значимый анализ и абсолютно объективно судить о состоянии физического развития девочек и девушек в Одесском регионе на современном этапе. Было бы целесообразно продолжить подобные исследования.

**Главные выводы.** Рассмотрение всех изученных антропометрических параметров показывает, что прирост показателей во всех возрастных группах происходит относительно равномерно и подчиняется законам возрастной физиологии. Постепенно это приводит к выравниванию уровня физического развития сельских и городских девочек.

В то же время наблюдаются и некоторые признаки ретардации, наиболее выраженные в показателях роста старших школьниц, что может свидетельствовать об ухудшении рациона питания за счет потребления большого количества углеводной и жирной пищи – мода на быстрое питание, а также уменьшения.

Можно также говорить о том, что и в настоящее время продолжается акселерация по отдельным параметрам физического развития как у сельских, так и у городских девочек. Например, длина и масса тела девочек в возрасте 13–15 лет. Также прослеживаются признаки ретардации в возрастных группах девочек 15–16 лет, что может быть связано с образом жизни и питания матерей в пренатальный период, так как даже при малой выборке данных существуют статистически значимые изменения.

**Перспективы использования результатов исследования.** В связи с ухудшением экологической обстановки в стране и снижением уровня здоровья у подрастающего поколения изменились и подходы к физическому воспитанию и спортивным тренировкам. Необходимо учитывать не только возраст и общую тренированность ребенка, а и предрасположенность к хроническим заболеваниям, и экологическое состояние региона. Таким образом, полученные данные можно использовать в различных областях знаний, включая такие, как экология, медицина, спортивная медицина, санитария, пропедевтика, психология и педагогика.

**Литература**


1. Богатирьова Р.В., Гойда М.В., Полька Н.С., Єременко Г.Н., Цибенко Т.О. Порівняльна характеристика фізичного розвитку міських школярів України. *Фізичний розвиток дітей різних регіонів України* : монография. Тернопіль, 2000. С. 7–30.
2. Максимова Т.М. Физическое развитие детей и подростков 7–15 лет. *Физическое развитие детей и подростков* / под. ред. А.А. Баранова, В.Р. Кучмы. Москва, 2013. С. 180–181.
3. Полька Н.С., Платонова А.Г. До питання оцінки фізичного розвитку школярів за стандартами ВОЗ. *Навколишнє середовище та здоров'я*. 2012. № 1. С. 48–52.
4. Скобелев В.А., Босенко А.И., Пертая А.В., Урсуленко М.Н. Особенности акселерации физического развития девочек 11–12 лет г. Одессы и Одесской области. *Адаптаційні можливості дітей та молоді* : матер. VII Міжнар. наук.-практ. конф., м. Одеса, 14–15 вересня, 2006 р. Одеса, 2006. С. 246–248.
5. Гаврюшин М.Ю. Совершенствование методики разработки региональных нормативов физического развития детей и подростков : автореф. дисс. … канд. мед. наук : 14.02.01 – «Гигиена». Самара, 2017. 23 с.
6. Скоблина Н.А., Платонова А.Г. Результаты изучения физического развития московских и киевских школьников. *Гігієна населених місць*. 2010. № 56. С. 282–287.

7. Самокіш І.І., Босенко А.І., Пелепчук О.С., Дишель Г.О. Порівняльний аналіз фізичного розвитку і фізичної підготовленості міських та сільських дівчаток молодшого шкільного віку. *Адаптаційні можливості дітей та молоді* : матер. V Міжнар. наук.-практ. конф., м. Одеса, 12–13 вересня, 2002 р. Одеса, 2002. С. 78–83.
8. Пелепчук О.С. Анализ экологических особенностей Одесского региона. *Инновационные технологии в образовании* : матер. VII Междунар. науч.-практ. конф., г. Симферополь, 15–16 апреля 2010 г. Симферополь, 2010. С. 191–193.
9. Пелепчук О.С., Долинская Т.В. Изучение взаимосвязи физического развития девочек 10–11 лет и экологических особенностей г. Одессы. *Актуальні проблеми екологічної освіти і виховання* : матер. Міжн. заочної наук.-метод. конф., м. Одеса, 23–24 вересня 2005 р. Одеса, 2005. С. 23–26.
10. Пелепчук О.С. Общий обзор экологических особенностей крупных городов. *Еколого-біологічні питання освіти і виховання* : матер. Міжнар. заоч. наук.-метод. конф., м. Одеса, 16–17 жовтня 2008 р. Одеса, 2018. С. 115–120.
11. Державне управління охорони навколишнього природного середовища в Одеській області. *Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2012 році* : монография. Одеса, 2013. 266 с.
12. Басалкіна Н.І., Калуєва М.В., Меломед Г.М., Тишкул Л.Ф. Фізичний розвиток дітей шкільного віку в містах Одеської області. *Фізичний розвиток дітей з різних регіонів України* : монографія. Тернопіль, 2000. Т. 1. С. 199–204.
13. Коваленко Ю.А. Инновационные подходы к оптимизации уровня физической активности младших школьников. *Вопросы развития Крыма* : матер. Междунар. науч.-практ. конф., г. Симферополь, 14–15 октября 2004 г. Симферополь, 2004. С. 186–190.
14. Лесова Л.Д., Кириллова А.В., Игнатенко Е.А. и др. Новые подходы в исследовании групп «риска» среди учащихся разного возраста. *Вопросы развития Крыма* : матер. Междунар. науч.-практ. конф., г. Симферополь, 14–15 октября 2004 г. Симферополь, 2004. С. 173–175.
15. Пелепчук О.С. Связь качества атмосферного воздуха с развитием детского организма. Адаптаційні можливості дітей та молоді : матер. VIII Міжнар. наук.-практ. конф., м. Одеса, 11–12 вересня 2008 р. Одеса, 2008. С. 362–367.

# ЕКОЛОГІЯ ТА ЕКОНОМІКА ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ

**УДК 502.1/504.61:622**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-7**

# ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТЕХНОЕКОСИСТЕМ НА ПРИКЛАДІ РАЙОНІВ ВУГІЛЬНИХ РОДОВИЩ ДОНБАСУ

**Луньова О.В.**
к. техн. н., доцент
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп. 2, 02000, м. Київ
e-mail: Oksanalunova@gmail.com

Вугільні регіони України характеризуються густонаселенністю та надзвичайно високою насиченістю промисловими об'єктами. На відпрацьованих територіях мешкають 20% місцевого населення України, а обсяги масового житлового будівництва за останні два десятиріччя досягли 30%. Довготривале інтенсивне використання ресурсів надр вугільних басейнів України призвело до істотних екологічних змін навколишнього середовища. Головними чинниками негативного впливу є: надзвичайно висока концентрація гірничовидобувних підприємств та високий рівень виробленості переважної більшості вугільних родовищ. Не дивлячись на зміни екосистем все знаходилось в стані так званої визначеної рівноваги. Але масове закриття вугільних шахт та руйнація об'єктів інфраструктури, яка посилилась за останні п'ять років у зв'язку з військовими діями, суттєво порушило екологічну рівновагу. Це призвело до небезпечних змін стану довкілля на Сході України. На значних територіях Донецької та Луганської областей практично відсутня можливість екологічного оцінювання територій техноекосистем. На прикладі найближчих до лінії розмежування об'єктів техноекоситем вугільних родовищ шахт ДП «Торецьквугілля» та шахт Північного та Південного крила Центрального району Донбасу проаналізовані елементи довкілля, які зазнали негативного впливу (атмосфера, гідросфера та літосфера). В роботі розроблено схему трансформації екосистем в техноекосистеми та модель оцінки екологічних ризиків техноекосистем в межах районів вугільних родовищ. За результатами дослідження з'ясовано, що добувна діяльність зумовлює зміни екологічного стану техноекосистем, де ступінь екологічної небезпеки є високим (16–25 балів). Масштаби забруднення параметрів довкілля, що є складовими техноекосистеми в межах діяльності ДП «Торецьквугілля» досягли значних обсягів: викиди в атмосферне повітря парникових газів $CH_4$ – 1,4 млн. м$^3$ /рік та $CO_2$ – 9,5 тис. м$^3$ /рік; скиди шахтної води в водне середовище з вмістом солі 2,5 т/рік; вилучені земельні ресурси 214,29 га. Виходячи з цього розроблені заходи щодо поліпшення екологічної ситуації за рахунок прийняття управлінських рішень. Надані рекомендації та напрями зниження екологічних ризиків вугільних родовищ з метою мінімізації їх впливу на техноекосистеми. *Ключові слова:* гірничодобувна техноекосистема, збалансоване функціонування, моніторинг, шахта, Донбас.

**Ecological Risks Assessment of Tecno-Ecosystem by the Case of the Mining Fields of Donbas. Lunova O.V.** Substantial changes of environment can be caused by the long-term resources utilization of coal basins of Ukraine. As the main influencers of negative impact are considered the following: high density of mining facilities and the deterioration of equipment. Putting aside the fact that the ecological system got some fundamental changes, this complex was staying in so called state of balance. The massive shutdown of mining enterprises and destruction of infrastructure facilities, which was strengthened last five years due to the combat activity, significantly shifted this balance. It resulted in unsafety changes of environment in the East of Ukraine. Large areas of Donetsk and Lugansk regions almost do not have any practical mechanisms to estimate the ecological situation. Some of the mining facilities of Donetsk region including state enterprise "ToretskVugillya", mining enterprises of Nord and South branches of central Donetsk region, which are situated nearest to the delimitation line and got the most expressive damage, were analyzed in this study. In the current research the authors developed the approach allowing to convert ecosystem to tecno-ecosystem and the corresponding model enabling the assessment of ecological risks at mining regions. The contamination extent of the environment at the surrounding area of enterprise ToretskVugillya reached substantial level: air emission of greenhouse gas $CH_4$ 1.4 million m$^3$ per year, $CO_2$ – 9.5 thousand m$^3$ per year, mining salt-water discharge into the water environment 2.5 tons per year, detached land resources 214.29 hectares. Taking the aforementioned into account the authors developed the measures aiming to improve the ecological statement by means of management decisions; and the recommendations allowing reducing the level of ecological pollution at mining enterprises in order to minimize their influence to tecno-ecosystem. *Key words:* mining tecno- ecosystem, balanced functioning, monitoring, mine, Donbas.

Вугільні регіони України характеризуються надзвичайно високою насиченістю промисловими об'єктами: гірничодобувні та переробні, металургічні, енергетичні, хімічні та інші, які є найбільш густонаселеними. На досліджуваних територіях мешкають 20% місцевого населення України, а обсяги масового житлового будівництва тут за останні два десятиріччя досягли 30%. Довготривале

інтенсивне використання ресурсів надр вугільних басейнів України призвело до істотних екологічних змін навколишнього середовища через негативний вплив надзвичайно високої концентрації гірничовидобувних підприємств з високим рівнем виробленості переважної більшості вугільних родовищ.

Масове закриття вугільних шахт та руйнація об'єктів інфраструктури, які посилились з початком військових дій в Луганській та Донецькій областях суттєво порушує екологічну рівновагу на цих територіях та призводить до небезпечних змін стану навколишнього природного середовища на площі близько 30 тис. км$^2$. До основних технічних та екологічних проблем слід віднести знищення ландшафтів, рослинності внаслідок вибухів та використання військової техніки; затоплення шахт та можливість виходу високомінералізованих шахтних вод на поверхню з утворенням підтоплених територій; забруднення підземних вод; припинення роботи очисних споруд та пошкодження сховищ токсичних та радіоактивних відходів; забруднення атмосферного повітря та ґрунтів хімічними продуктами вибухів боєприпасів. Отже, на значних територіях цих областей практично відсутня можливість екологічного оцінювання територій техноекосистем (techno-ecosystem, TES).

**Актуальність дослідження.** Робота виконана відповідно до цілі 4 «Зниження екологічних ризиків з метою мінімізації їх впливу на екосистеми…» Закону України «Основні засади (стратегія) державної екологічної політики України на період до 2030 року», основним завданням якої є розв'язання екологічних проблем, відновлення та збереження навколишнього природного середовища Донбасу, запровадження управління екологічним ризиком на основі його моделювання в режимі реального часу із залученням новітніх інформаційних технологій з метою захисту природних екосистем.

***Мета роботи*** – розроблення науково-методологічних основ оцінки екологічних ризиків для мінімізації їх впливу на TES та підвищення рівня екологічної безпеки порушених вугледобувними підприємствами територій.

***Об'єкт досліджень*** – процеси формування екологічних ризиків техноекосистем Донбасу з урахуванням впливу неконтрольованих владою небезпечних підприємств у сучасних умовах.

Екологічний стан більшості вуглевидобувних підприємств є критичним, а розширення масштабів порушення навколишнього середовища надалі випереджає ріст об'ємів та підвищення ефективності природоохоронних робіт. Негативні наслідки результатів гірничої діяльності безпосередньо пов'язані зі складним технологічним процесом видобутку корисної копалини. Вивчення та прогнозування небезпечних геологічних процесів та явищ є важливою складовою забезпечення екологічної безпеки території, зокрема, оцінка напружено-деформованого стану порід у місцях розвитку геомеханічних та інженерно-геологічних порушень і аналізу геохімічних змін у місцях накопичення гірничих відходів [3, 4].

*Техноекосистеми* є функціональними територіальними одиницями нообіогеоценозів, які включають підсистеми нооценозу (засоби праці, суспільство, предмети праці), біоценозу (зоо-, фіто-, мікробіоценоз) і екотопу (атмосфера, ґрунти, надра, гідросфера). *TES гірничовидобувного виробництва* є складною природно-техногенною системою, що містить ряд джерел антропогенного впливу на навколишнє середовище. Цей вплив є об'єктом кількох видів моніторингу: земля, ґрунти, атмосфера, поверхневі та підземні водні об'єкти тощо. Важливим параметром техногенного впливу є його часова протяжність (для шахт – розвідка, проектування, будівництво, експлуатація, ліквідація тощо).

В рамках НДР «Моніторинг виконання природоохоронних робіт та екологічного стану природного довкілля діючих та ліквідованих вугільних підприємств, розроблення пропозицій щодо його поліпшення» проведено ідентифікацію екологічних загроз та їх територіальну структуризацію як підґрунтя формування екологічної небезпеки в умовах збройного конфлікту. Проаналізовано методи оцінки ризиків та загроз природного, техногенного й воєнно-техногенного походження. В формуванні ідентифікації екологічних загроз взяли участь 50 шахт за даними на 2018 рік [1].

На рис. 1 показано шахти північного й південного крила Центрального району Донбасу (ЦРД) на непідконтрольній українській владі території державні підприємства (ДП) вугільних шахт на підконтрольній території поблизу лінії розмежування.

Як приклад, розглянемо на рис. 2 найближчі до лінії розмежування об'єкти техноекоситем вугільних родовищ шахт ДП Торецьквугілля, яке розташовані на відстані 3 км, та шахт ЦРД – шахта Ізотова та шахта Комсомолець – на непідконтрольній території на відстані 1,3 та 4 км відповідно.

Об'єктами техноекосистем є населені пункти, сільськогосподарські угіддя, природні водойми і гідрографічна мережа та система споруд шахтного комплексу, яка включає поверхневі об'єкти (проммайданчик, ставки накопичувачі шахтних вод, терикони) та підземний комплекс шахти (система гірничих виробок з обладнанням та комунікаціями).

Основні елементи довкілля, які зазнали негативного впливу запланованої діяльності (добування) на прикладі ДП «Торецьвугілля» наведено в таблиці 1.

*Літосфера – елемент довкілля, який зазнає негативного впливу.* На рис. 3 наведено розподіл земельного відводу ДП «Торецьквугілля» станом на червень 2019 р. з накопиченням породи в відвалах 60300,63 тис. т. – всього 2 діючих та 9 недіючих породних відвалів.

*Атмосфера – елемент довкілля, який зазнає негативного впливу.* Викиди в атмосферне повітря парникових газів становлять $CH_4$ – 1,4 млн. м$^3$/рік та $CO_2$ – 9,5 тис. м$^3$ /рік. (рис. 4).

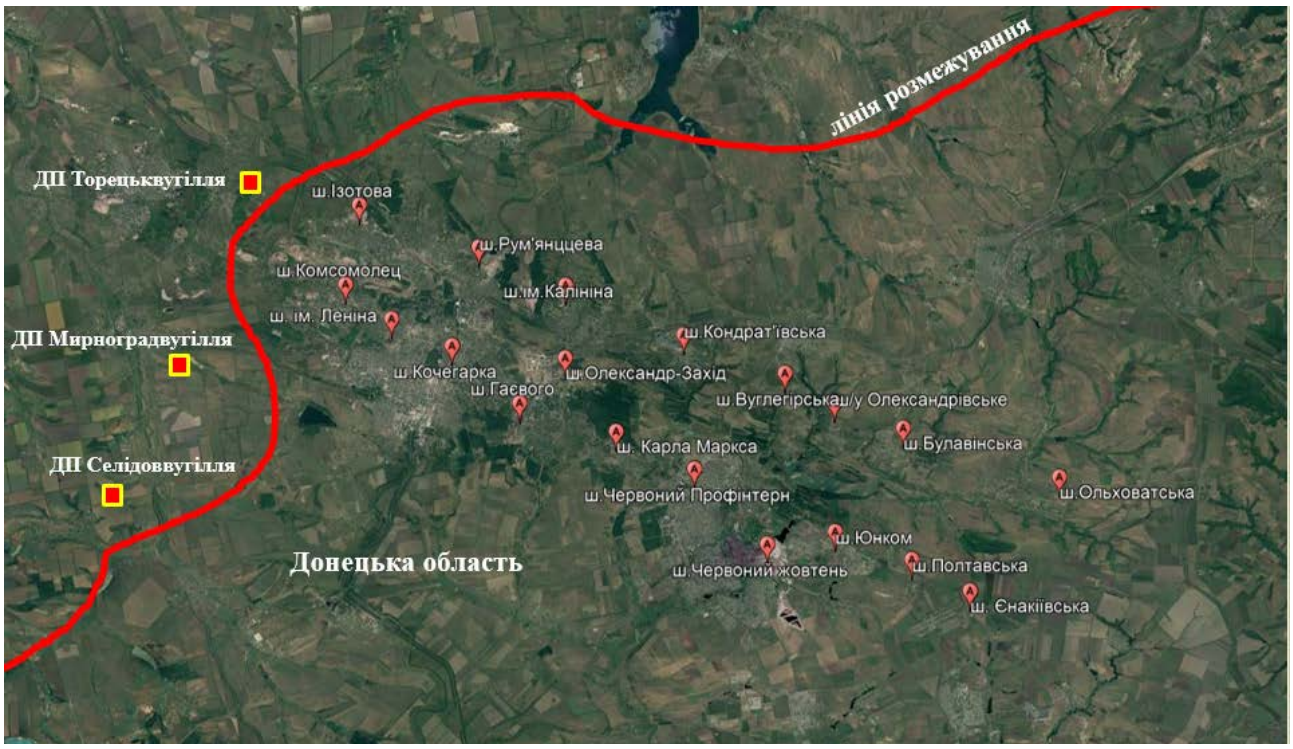



*Рис. 1. Шахти Північного та Південного крила Центрального району Донбасу*

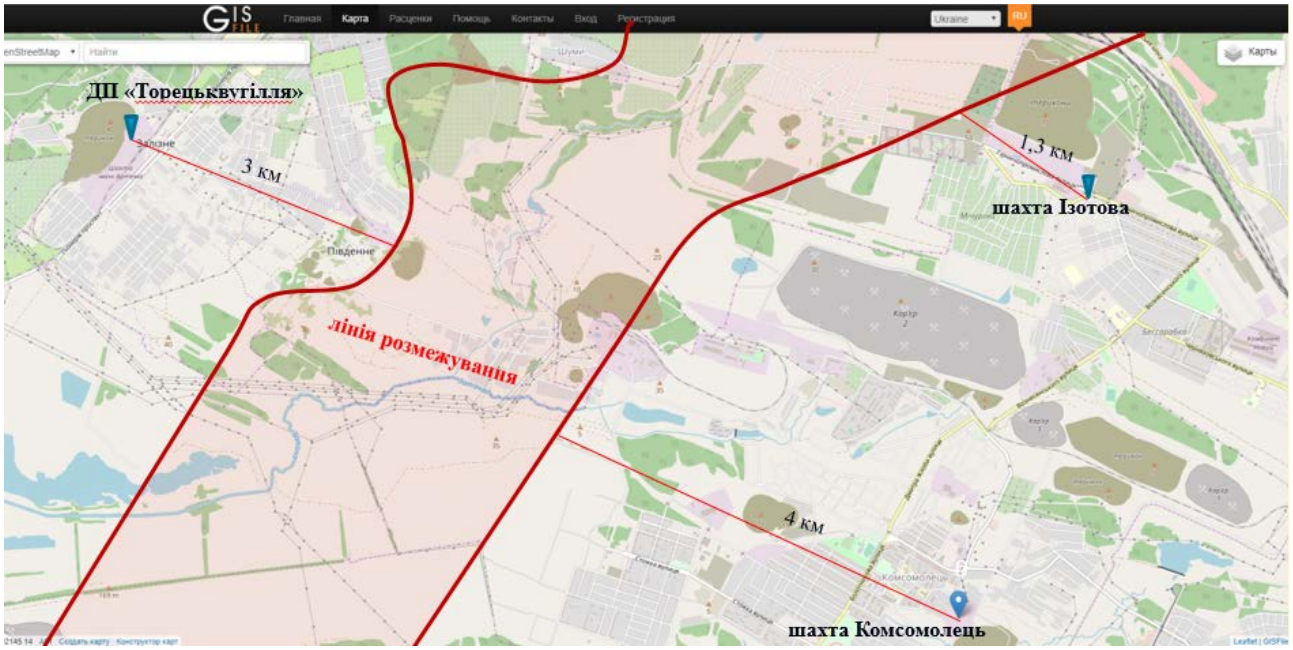



*Рис. 2. Об'єкти техноекосистем вугільних родовищ поблизу лінії розмежування*

Таблиця 1

**Елементи довкілля, які зазнали негативного впливу**

| Виробниче об'єднання | Вугільні шахти | Елементи довкілля, які зазнали негативного впливу |
|---|---|---|
| **ДП «Торецьквугілля»** | **Діючі:**<br>ВП «шахта «Центральна»<br>ВП «шахта «Торецька»<br>**Готуються до ліквідації:**<br>ВП «шахта «Північна»<br>ВП «шахта «Південна» | **Літосфера** (відчуження земель, складування відходів у терикони)<br>**Гідросфера** (скид шахтних вод, санітарні стоки, підтоплення)<br>**Атмосфера** (викиди забруднюючих речовин $SO_2$, $CO_2$, $CH_4$) |

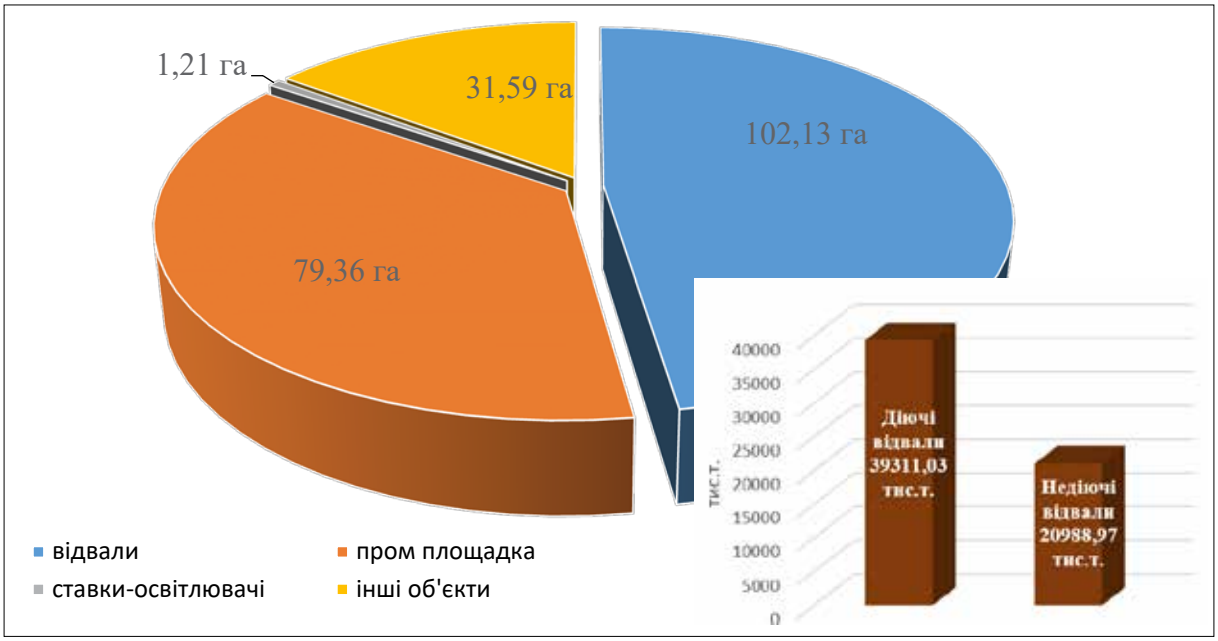



*Рис. 3. Розподіл земельного відводу ДП «Торецьквугілля» (всього 214,29 га)*

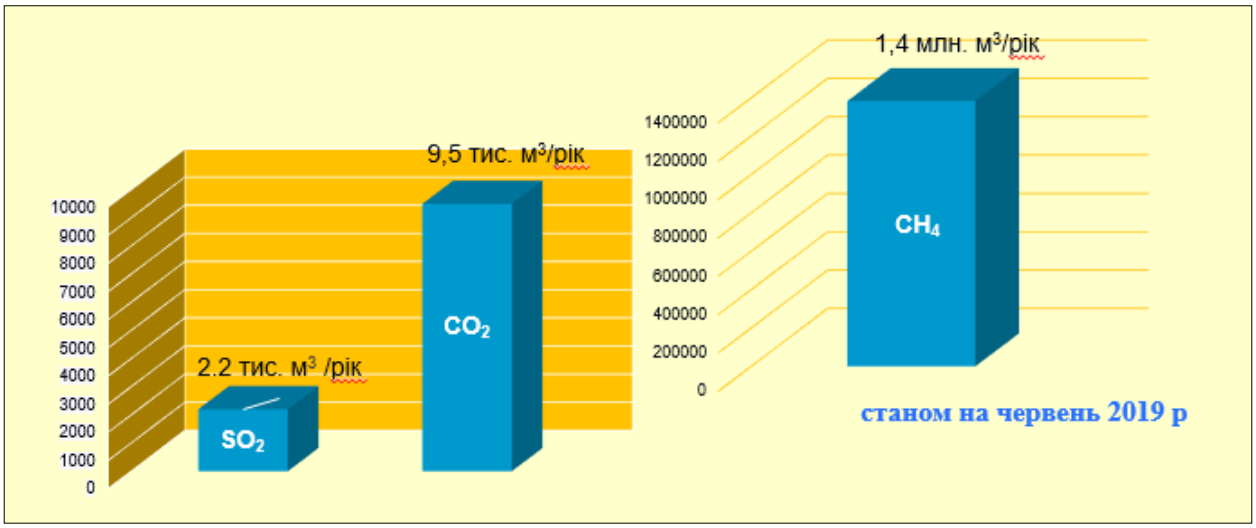



*Рис. 4. Викиди в атмосферне повітря парникових газів ДП «Торецьквугілля»*

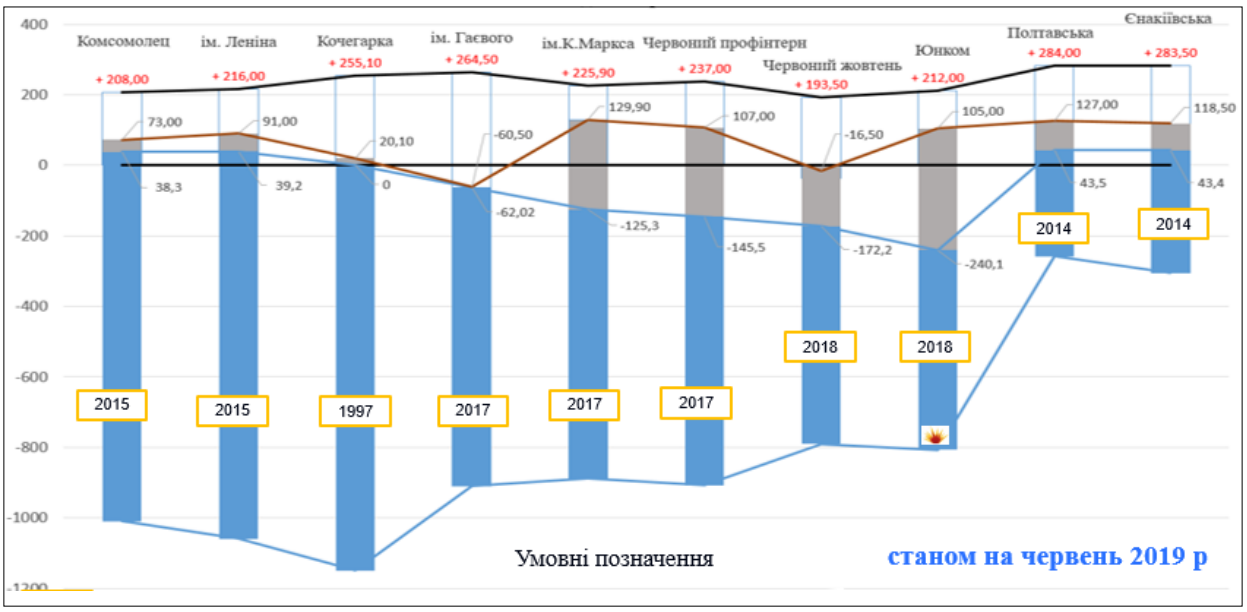
*Гідросфера – елемент довкілля, який зазнає негативного впливу.* На рис. 5 представлена техноекосистема шахт Південного та Піввнічного крила ЦРД на непідконтрольній українській владі території. На водне середовище впливає як експлуатація шахт (дренування підземних вод, відкачування мінералізованих ш.вод) та закриття (забруднення, зміна напрямів потоку та утворення підтоплених територій).

Результати аналізу рівнів шахтних вод у процесі активного затоплення вугільних шахт Центрального району Донбасу станом на червень 2019 року свідчать про стійку тенденцію до їх підвищення, проте з різною швидкістю. З великою ймовірністю можна стверджувати, що продовжуватимуться процеси підтоплення й затоплення, а також водонасичення і зниження міцності нижніх горизонтів поряд із проявом осадів та деформацій земної поверхні.

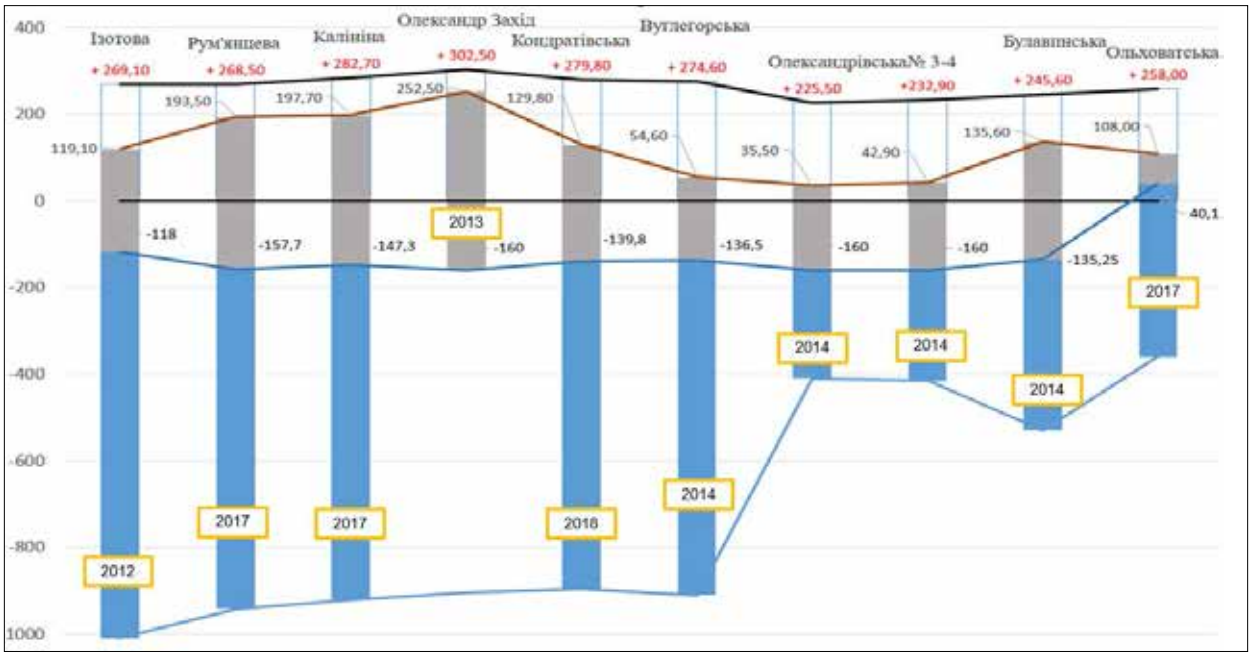
У роботі розроблено модель оцінки екологічних ризиків техноекосистем у межах районів вугільних родовищ (рис. 6).

Екологічний ризик складається з природного і техногенного ризиків, які формують найбільш несприятливі наслідки для функціонування техноекосистеми **«масив – технологія – підземна споруда – навколишнє середовище».**

Оцінка ризику передбачає перелік кроків, що дозволяють враховувати вплив основних чинників небезпеки. Для оцінки ризику *R* використано модель (за Г.В. Лисиченко), яка пов'язує ймовірність виникнення негативних подій *Pi* та можливих збитків *Wi* у результаті цих подій:




а)




б)

*Рис. 5. Техноекосистема шахт а) Південного та б) Північного крила ЦРД станом на червень 2019 р.*

$$R = \Sigma_i PiWi \qquad (1)$$

Якщо $i$=1, то $R$=$PW$, то слід вважати, що треба зауважити, що $0 \leq P \leq 1$.

За формулою можна пояснити невизначеність можливої події, що призводить до небажаних наслідків та результати цих наслідків.

Експертна оцінка рівня загрози екологічній безпеці складовими техноекосистеми по конкретними вугільних підприємствах за даними Міненерговугілля в сучасних умовах. За результатами аналізу отриманих даних можна зробити висновок, що загальне погіршення стану кожної складової TES, тобто підвищення рівня їх еколо-

*Рис. 6. Модель оцінки екологічних ризиків техноекосистем районів вугільних родовищ*

Таблиця 2

**Шкала комплексної оцінки ступеня екологічної небезпеки**

| Діапазон комплексних оцінок, бали | Ступінь екологічної небезпеки |
|---|---|
| 0–7 | Низька (практично безпечна) |
| 8–15 | Середня (помірна) |
| 16–25 | Висока (катастрофічна) |

гічної небезпеки на територіях вугледобувних регіонів, доцільно кількісно оцінювати за середніми балами, що визначаються по окремих конкретних підприємствах. У зв'язку з цим розроблена шкала комплексної оцінки рівня екологічної небезпеки (табл. 2) на основі моделі зниження екологічних ризиків (рис. 7).

Для графічного відображення результатів експертного оцінювання рівня загрози екологічній безпеці техноекосистем вугільних шахт побудована діаграма Парето (рис. 7).

Для складових техноекосистем конкретних вугільних підприємств в сучасних умовах показано стовбчасті гістограми за 5-бальною шкалою, а в цілому для довкілля у вугледобувних регіонах. Графіки з маркерами за 25-бальною шкалою, що одержані як результат сумування відповідних стовбчастих гістограм.

Діаграма Парето (рис. 7) достатньо повно ілюструє високі (катастрофічні) екологічні ризики, які вимагають термінового втручання та допомоги фахівців. Це проведення термінового незалежного комплексного екологічного моніторингу районів як на тимчасово окупованій території окремих районів Донбасу в умовах бойових дій, так і в подібних інших регіонах України – з'ясування причин, джерел і обсягів забруднення НПС, складання екологічних паспортів на найбільш небезпечні об'єкти і території, розробка програм і планів по нейтралізації небезпечних екологічних ситуацій.

У межах виконання НДР «Розробка методики застосування ортотрансформованих космічних знімків для оцінки стану навколишнього середовища» розроблено методику застосування ортофотопланів за матеріалами космічного знімання [2, 5, 6]. Дослідженнями підтверджено актуальність, наукову та практичну цінність використання дистанційних методів вивчення екологічного стану великих територій земної поверхні, зокрема із залученням інформації від радарних та оптичних супутників ДЗЗ.

На основі розробленої методики в рамках роботи з OSCE Project Coordinator in Ukraine було проведено оцінку зміщень земної поверхні та об'єктів за супутниковими радарними даними Донецької області для визначення місць концентрованих деформацій земної поверхні, проведення високоточної оцінки вертикальних зміщень об'єктів і територій з використанням інтерферометричної обробки супутникових радіолокаційних даних за період з 2016 по 2018 рр. [7].

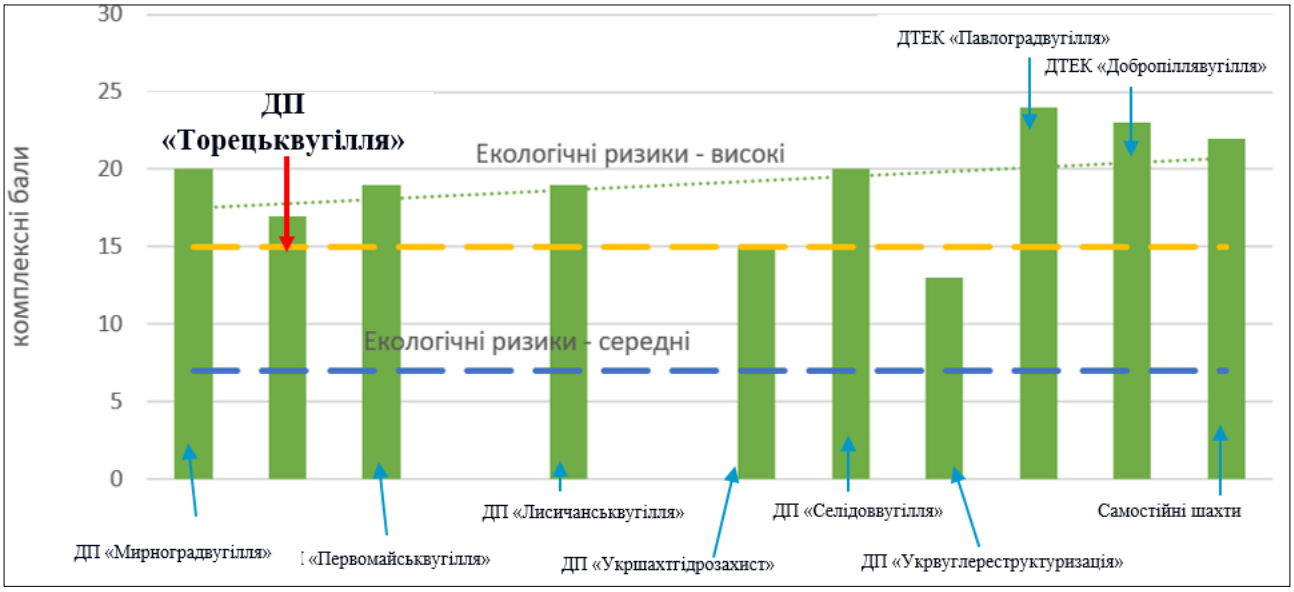



*Рис. 7. Загрози екологічній небезпеці (за Парето)*

Усього виявлено 20 зон просідань та 4 зони підвищення. Виявлено найбільші просідання «критичні» і «аварійні» земної поверхні у зонах з максимальною середньою швидкість осідання 257 мм/рік.

**Висновки.** За результатами виконаних дослідження доведено, що добувна діяльність зумовлює зміни екологічного стану техноекосистем, де ступінь екологічної небезпеки є високим (16 –25 балів).

Масштаби забруднення параметрів довкілля, що є складовими техноекосистеми в межах діяльності ДП «Торецьквугілля», досягли значних обсягів:

- викиди в атмосферне повітря парникових газів $CH_4$ – 1,4 млн. м$^3$ /рік та $CO_2$ – 9,5 тис. м$^3$ /рік;
- скиди шахтної води в водне середовище з умістом солі – 2,5 т/рік;
- вилучені земельні ресурси 214,29 га.

На основі застосування методів експертних оцінок та розрахунків екологічного ризику розроблено рекомендації та напрями впровадження щодо зниження екологічних ризиків TES вугільних родовищ для мінімізації їх впливу на техноекосистеми та переходу техноекосистем вугільних родовищ до еколого-збалансованого функціонування. Рекомендації містять:

- класифікацію джерел за рівнем екологічної безпеки;
- передбачають створення Центру з вирішення проблем еколого-ресурсного відновлення техноекосистем районів вугільних родовищ;
- напрями удосконалення структури екологічного моніторингу Донбасу;
- методику складання екологічних паспортів на небезпечні об’єкти і території;
- систематизацію наявних даних про стан довкілля – підсистема DEIS;
- розробку програм і планів по нейтралізації небезпечних екологічних ситуацій.

## Література


1. Бондар О.І., Єрмаков В.М., Улицький О.А., Луньова О.В. та ін. Звіт про науково-дослідну роботу «Моніторинг виконання природоохоронних робіт та екологічного стану природного довкілля діючих та ліквідованих вугільних підприємств, розроблення пропозицій щодо його поліпшення» № ДР 0116U005852 / Міненерговугілля, м. Київ. 2018. 52 с.
2. Бондар О.І., Мілєхін П.О., Улицький О.А., Єрмаков В.М., Луньова О.В. та ін. Звіт про науково-дослідну роботу «Розробка методики застосування ортотрансформованих космічних знімків для оцінки стану навколишнього середовища» № ДР 0118U005460, м. Київ. 2018. 164 с.
3. Луньова О.В. Моделювання сценаріїв розвитку техноекосистем // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць. Дніпро, 2019. Вип. 142.
4. Луньова О.В. Методологія вибору технологічних рішень оптимізації функціонування техноекосистем // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць. Дніпро, 2018. Вип. 141.
5. Ulytsky O. Environmental risks and assessment of the hydrodynamic situation in the mines of Donetsk and Lugansk regions of Ukraine / O. Ulytsky V. Yermakov, O. Lunova, O. Buglak // Journal of Geology, Geography and Geoecology Vol. 27 (2). Dnipro. 2018. P. 368–376. doi:https://doi.org/10.15421/111861
6. Улицький О.А. Розроблення алгоритму класифікації потенційно небезпечних об’єктів за галузями промисловості та їх впливом на природне середовище / О.А. Улицький, В.М. Єрмаков, О.В. Луньова, П.О. Мілєхін // Екологічні науки: науково-практичний журнал. К.: ДЕА, 2019. № 1 (24) Т. 2. С. 12–19.
7. Review of the main factors influencing the state of surface and underground waters of the Seversky Donets basin in the context of hostilities / Text: N. Denisov with contributions from Alla Yushchuk, Viktor Yermakov, Oleh Ulytskyi, Oksana Lunova, Yurii Nabyvanets... // This publication has been prepared under the project “Assessment of Environmental Damage in Eastern Ukraine,” implemented by the OSCE Project Co-ordinator in Ukraine with financial support from the Governments of Austria and Canada and in cooperation with Zoï Environment Network (Switzerland). Kyiv: VAITE, 2018. 47 p.

УДК 579.66
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-8

# EFFICIENCY OF APPLICATION OF BIOTECHNOLOGICAL PREPARATIONS OF NITROGEN AND PHOSPHORIC NUTRITION OF WHEAT ON INDEXES OF QUALITY OF MACARONI FOODS

**Chabaniyk Ya.V.[1], Brovko I.S.[1], Podhurska I.O.[1], Spataru K.V.[1], Nikiforenko V.M.[2]**
[1]LLC "Institute Agrobiology"
03067, Kyiv, Vaclav Havel boulevard, building 4/45
agrobiology@gmail.com
[2]LLC "Port Format"
04073, Kyiv, Moskovskyi avenue, building 24-Ye
office@portformat.com

The importance of cereals as a whole is outlined, the importance and benefits of spring durum wheat for the world economy and industry are highlighted. The reason for the unpopularity of growing durum wheat in Ukraine is given. The disadvantages of the application of mineral fertilizers in the cultivation of crops, affecting the ecological condition, quality of production, human health, were evaluated. An alternative to the use of mineral fertilizers – biological fertilizers – has been proposed. The main producer countries of durum wheat and Ukraine's place on the world market are indicated. The effect of microorganisms-diazotrophs and microorganisms-phosphate-mobilizers on the growth, development and yield of plants is briefly described. The biotechnology of nitrogen and phosphorus nutrition of plants is characterized. The microbial composition of the biological products has been investigated. Influence of biological preparations of nitrogen and phosphorus nutrition on quality of grain and pasta from spring wheat of Izolda and Spadshchyna was studied. The basic parameters of the experimental field are determined: precipitation distribution, the amount of productive moisture and other weather factors. The economic characteristics of the varieties involved in the study are given. The main indicators of quality of durum wheat grain and their standardized values are described. The influence of the content of grain components on the quality of final products is investigated. The description of the quality of pasta and the division into groups in accordance with the current regulatory and technical documentation. The effectiveness is analyzed and the application of biological and mineral fertilizers is compared. The use of new environmentally safe elements of technology for cultivation of spring durum wheat is proposed. *Key words:* spring wheat durum, pasta, nitrogen nutrition, phosphorus nutrition, Nitrogen, Phosphorus, variety Spadshchyna, variety Izolda, crop, quality of macaroni foods, grain quality indicators, biotechnology, *Azotobacter chroococcum*, *Azotobacter vinelandii*, *Azospirillum brasilense*, *Azospirillum lipoferum*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Trichoderma harzianum*.

**Ефективність застосування препаратів азотного та фосфорного живлення пшениці за показниками якості макаронних виробів**. **Чабанюк Я.В., Бровко І.С., Подгурська І.О., Спатару К.В., Нікіфоренко В.М.** Окреслено значення зернових культур загалом, виділено значення та переваги пшениці ярої твердої для світового господарства та промисловості. Наведено причину непопулярності вирощування твердої пшениці в Україні. Оцінено недоліки застосування мінеральних добрив під час вирощування сільськогосподарських культур, що впливають на екологічний стан, якість продукції, здоров'я людини. Запропоновано альтернативу застосування мінеральних добрив – біологічні добрива. Зазначено основні країни-виробники твердої пшениці та місце України на світовому ринку. Коротко охарактеризовано дію мікроорганізмів-діазотрофів і мікроорганізмів-фосфатмобілізаторів на ріст, розвиток і врожайність рослин. Охарактеризовано біотехнології азотного та фосфорного живлення рослин. Наведено мікробний склад біопрепаратів, що застосовувалися в дослідженні. Вивчено вплив біопрепаратів азотного та фосфорного живлення на якість зерна та макаронних виробів із пшениці ярої сортів Ізольда та Спадщина. Вказано основні параметри дослідного поля: розподіл опадів, кількість продуктивної вологи та інші погодні фактори. Наведено господарські ознаки сортів, які задіяні в дослідженні. Описано основні показники якості зерна твердої пшениці та їхні стандартизовані значення. Досліджено вплив вмісту компонентів зерна на показники якості кінцевої продукції. Наведено характеристику показників якості макаронних виробів і поділ на групи згідно з чинною нормативно-технічною документацією. Проаналізовано ефективність і здійснено порівняння застосування біологічних та мінеральних добрив. Запропоновано використання нових екологічно-безпечних елементів технології вирощування сортів ярої твердої пшениці. *Ключові слова:* пшениця яра тверда, макаронні вироби, азотне живлення, фосфорне живлення, Азот, Фосфор, сорт Спадщина, сорт Ізольда, урожай, якість макаронних виробів, показники якості зерна, біотехнологія, *Azotobacter chroococcum*, *Azotobacter vinelandii*, *Azospirillum brasilense*, *Azospirillum lipoferum*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Trichoderma harzianum*.

**Introduction.** Wheat is one of the most important crops in the whole world. The main value of cereals is that they are not only indispensable and indispensable food for humans (bread, cereals, pasta, confectionery and other products), but also the most important factor in providing people with high-calorie food of animal origin – meat, milk, eggs and other products, because cereals provide livestock with green fodder, silage [1].

Spring wheat grain has high baking and cereals quality, contains a lot of protein. The grain of soft and firm spring wheat has a high protein content (14–16% soft, 15–18% durum) and gluten – 28–40%. Soft flour is used for baking bread. Durum wheat grain is used to produce the best varieties of pasta, vermicelli, semolina [2].

Ukraine is one of the major suppliers of grain to the world market. A significant factor in the development of agricultural

production in Ukraine is the natural potential: large areas of high quality land, favorable climate and so on. Grain production directly forms the basis of the agrarian economy of Ukraine with a significant contribution to GDP (UAH 63.4 billion or 3.2% of GDP) [3].

However, in recent years durum wheat has hardly been grown on the territory of Ukraine, but in almost every region there are pasta factories that operate only on imported raw materials. In addition, the lack of own raw materials leads to a deterioration of finished products, since pasta is made with the addition of soft wheat flour.

**Problem statement and relevance of the research.** Durum wheat has many advantages over soft (almost no shedding, less affected by disease and pests, more resistant to lodging), but yields less fertileharveston medium fertile land. This is one of the main reasons for the unpopularity of durum in Ukraine and leads to the production of pasta mainly from flour of soft wheat and imported durum wheat.

In order to improve the quality, productivity and yield of wheat, it is necessary to enrich the soil with macro and microelements contained in various fertilizers. The use of mineral fertilizers can cause undesirable effects on the environment. This type of fertilizer may contain impurities in the form of heavy metal salts, radioactive isotopes or organic compounds. Toxic elements may include arsenic, cadmium, lead, fluorine, strontium, which should be considered as potential sources of environmental pollution and strictly taken into account when mineral fertilizers are introduced into the soil. Dangerous fertilizers in mineral fertilizers lead to environmental degradation, agricultural production, and human health. The harmful effect of mineral fertilizers occurs when they penetrate into water sources, accumulation in the above norms in plants, phytotoxic action and violation of the natural cycle of elements [4].

To improve the quality of wheat grain, it is advisable to use biological products, which significantly reduces the negative impact of humans on the environment. It is possible to investigate the efficiency of application of biological products for durum spring wheat by the quality of the grain itself, as well as by the quality of the products made from it, namely – pasta.

**Literature review.** Over the last 15 years, world agriculture has seen an increase in the sown area for durum wheat from 15.5 to 18.3 million hectares, which is about 5–7 percent of the world's total wheat wedge.

The leading producers of durum wheat are the EU countries, which account for 28–36% of world production of durum, the main production is concentrated in Italy – 4,0 million tons. In addition, durum is still grown in Spain – 1,8, France – 1,5 and Greece – 1.5 million tons. Canada accounts for 4.4 million tons of gross production; Turkey – 3.0 million tons; Syria – 2.6 million tons; US – 2.4 million tons; Mexico – 1.4 million tons; North African countries (Egypt, Libya, Morocco and Tunisia – 4.4 million tonnes; Australia – 0.5 million tons) [5].

Spring hard grain and its processing products are a source of protein, vital amino acids, carbohydrates, minerals and vitamins extremely beneficial to humans.

The pasta includes (in %): carbohydrates – 70–79, proteins – 9–13, fats – about 1,0, minerals – 0,5–0,9, cellulose – 0,1–0,6, humidity – up to 13. Energy value is on average 1.5 * 10-3 kJ per 100 g. Nutritional value depends on the type of flour and enrichment additives [6].

In Ukraine, the actual total harvested area occupied by durum wheat varied within 500,000 hectares with a gross production of 1.5–2.3 million tons.

In Ukraine, the genetic potential of spring wheat varieties can potentially yield a crop with a protein content of 16–19%. However, due to various reasons, which can be attributed to unfavorable natural and climatic conditions (drought in recent years), the high cost of purchasing mineral fertilizers, lack of agricultural soil so far, the protein content of grain is about 10–12%. This is the main reason for the decrease in the price of Ukrainian wheat and leads to a decrease in the profitability of the grain industry [5].

An integral part of improving the efficiency of export activities of grain producers is to improve their competitiveness, first of all, in quality. For this purpose it is necessary to use modern technologies of cultivation of grades of firm spring wheat. One such option is the use of biotechnology for nitrogen and phosphorus plant nutrition.

Microorganisms-diazotrophs as the basis of biological products are a significant factor in improving plant nitrogen nutrition and replenishing the soil nitrogen background. In addition, the activities of diazotrophs make it possible to substitute a portion of nitrogen for mineral fertilizers with cheap and environmentally friendly, biological nitrogen. But a thorough study of their effect on the microbial coenosis of the rhizosphere of inoculated plants will allow a fuller understanding of the patterns of interaction of native microflora with the bioagents of microbials.

The introduction of phosphate microorganisms into the rhizosphere contributes to the conversion of soluble mineral and organic phosphorus compounds into doses. The plants are dull in shape, and therefore their productivity increases.

It should be noted that the positive effect of phosphate-mobilizing microorganisms on the growth, development and yield of plants is associated not only with the increase of their mineral (in particular phosphorus) nutrition. A number of experiments observed an increase in plant yields without a simultaneous increase in their phosphorus content. This is due to the ability of phosphate-mobilizing microorganisms to produce vitamins and phytohormones.

**General scientific importance.** The conducted research is the basis for the development of effective biological products aimed at improving the macaroni properties of wheat grain, as well as solving the problem of contamination of fields with mineral fertilizers.

**Materials and Methods.** The research was conducted on the basis of the research field of the Department of Agroecology and Biosafety of the Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS. The study area is characterized by unstable and uneven distribution of rainfall during the growing season. Years with early spring drought often change with enough moisture. The average annual rainfall is 520–590 mm, the average annual rainfall during the growing season is 284 mm. The lowest humidity is in May, the highest in August.

Snow cover ranges from 15–25 cm. Stocks of productive moisture in the soil at the beginning of active vegetation in the zone averages 90–120 mm, or 60–70% of the lowest field moisture capacity, which means insufficient moisture reserves. Stocks of productive moisture in the autumn range from 50 to 60 mm. The negative impact is not only a deficit of moisture, but also its excess. In particular, it causes the lodging of plants, the germination of grain at the roots. Losses from them reach 25–60% of a crop. Other external weather factors that negatively affect spring wheat plants include rainfall, hail, rainfall in the summer.

Therefore, under these conditions, varieties that combine high yields, disease resistance and drought resistance are preferred, and they must be fairly ripe.

We have selected Izolda and Spadshchyna varieties for research. Isolda – the originator of the The V.M. Remeslo Myronivka institute of wheatNAAS Crafts. Economic and biological characteristics: Plant height 95–115 cm. Sortotype: medium-grown, semi-intensive. Grain quality: weight of 1000 grains 45–50 g, grain nature 800 g / l, gluten content 36,0–39,0%, protein 16,6%. Location areas: Forest-steppe and Steppe of Ukraine [7].

Variety Spadshchyna originatorThe Plant Production Institute nd. a. V.Ya. Yuryev of NAAS. Medium-ripe, drought-resistant variety with high productivity potential. The height of the plant is from 95 to 100 centimeters. Vegetation period 110 days.

Practical signs. The gluten content is 34–36%, the protein is 14.5–16.5%. Spadshchyna variety has good pasta qualities. It has exceptional environmental plasticity. Variety is the standard of the national public service for the protection of plant variety rights in all zones of Ukraine [7].

Biologicals used:

BioNorma PHOSPHORUS is intended for providing full phosphorus nutrition of crops, increasing the degree of absorption of phosphorus from both soil and mineral fertilizers. Bacteria – the active agents of the drug have a record high ability to synthesize organic and mineral acids, as well as enzymes-phosphatases, which contribute to the conversion of poorly soluble phosphorus compounds into soil solution available for absorption by the plant root system.

The functioning of the drug is provided by the complex action of the spore bacteria *Bacillus megaterium* and *Bacillus amyloliquefaciens* and micromycetes *Trichoderma harzianum*.

BioNormaNITROGEN is a preparation of free-living and associative nitrogen-fixing bacteria for improving the nitrogen supply of a wide range of crops. Free-living nitrogen-fixing bacteria: *Azotobacter chroococcum*, *Azotobacter vinelandii*, associative nitrogen-fixing bacteria *Azospirillum brasilense*, *Azospirillum lipoferum*. The composition of nitrogen-fixing bacteria is characterized by a complex effect on plants.

Determination of the nature of the grain was made according to Interstate Standard 10840-64 [8], vitreousness – according to Interstate Standard10987-76[9]. Protein content Measurements of total protein content were carried out in series by two modern conventional approaches, the infrared spectrometry (NIR) method [10] and the Kjeldahl method [11]. Determination of gluten content was carried out by the manual method according to Interstate Standard13586.1-6 [12], determination of quality indicators of pasta according to Interstate Standard 14849-69 [13].

**The main material (Results and Discussion).** Due to the high content of gluten in wheat in spring durum wheat, pasta made from such raw material retains its shape during cooking, does not slip and has a nice lemon-yellow or amber color.

Depending on flour, which is used in accordance with the valid specifications and technical documentation made pasta products of three groups:

- with flour from durum wheat (durum) and flour of higher grade increased dispersion of hard wheat ( under special technical conditions ) – Group A;
- soft glass wheat flour – Group B;
- Group B wheat flour and cereals made from soft wheat (cereals) according to special technical conditions [9].

The vitreousness was largely influenced by the weather conditions during the ripening period. The maximum glassiness of the grain is noted in the variety Spadshchyna *Table 4*.

Nature determines the grain's fullness. High-precious grain gives greater yield of semolina. High-grade wheat grains contain less ash than fine-grained wheat [10; 11].

Table 1

**Durum wheat grain quality indicators according to State Standard 3768: 2010 "Wheat. Specifications" [8]**

| Indicator | Characteristics and norm for durum wheat by grade | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Hectolitre weight, g / l, not less than | 750 | 750 | 730 | 710 | Not limited |
| Vitreousness, %, not less than | 70 | 60 | 50 | 40 | Not limited |
| Protein mass fraction, in terms of dry matter, %, not less than | 15.0 | 13,0 | 12,0 | 11,0 | Not limited |
| The number of falls, s, is not less than | 220 | 200 | 150 | 100 | Not limited |

Table 2

**Effect of fertilizer on the nature and vitreousness of spring wheat grain**

| Version | | Hectolitre weight, g / l, not less than | Vitreousness, %, not less than |
|---|---|---|---|
| **Izolda variety** | | | |
| 1 | Control | 765 | 54 |
| 2 | Phosphorus | 774 | 54 |
| 3 | Nitrogen | 776 | 57 |
| 4 | Phosphorus + Nitrogen | 783 | 58 |
| 5 | $N_{30}P_{30}K_{30}$ | 769 | 56 |
| 6 | $N_{60}P_{60}K_{60}$ | 792 | 61 |
| **Variety Spadshchyna** | | | |
| 7 | Control | 772 | 71 |
| 8 | Phosphorus | 779 | 69 |
| 9 | Nitrogen | 798 | 73 |
| 10 | Phosphorus + Nitrogen | 801 | 79 |
| 11 | $N_{30}P_{30}K_{30}$ | 783 | 74 |
| 12 | $N_{60}P_{60}K_{60}$ | 794 | 77 |

Pasta properties of wheat depend not only on the amount and quality of protein and gluten. The structural features of the endosperm and its hardness play an important role. In the endosperm of high quality durum wheat, unlike the soft, starch grains, the protein particles and the walls of the cells are firmly connected, forming a solid mass without air inclusions and voids. Durum wheat grains are crushed into large particles with sharp edges as a whole, solid body while grinding, whereas in soft wheat the cell walls break down and the starch grains fall out, creating pores and micro-cracks [12].

Spring durum wheat is characterized by a very firm and dense vitreous endosperm and is therefore particularly suitable for the production of semolina. Its main advantage is that it requires less water to form dough. Since any amount of added water must then be removed in the drying process of the finished product, it is clear that the smaller the water dough, the easier the drying process. For the production of pasta, it is desirable to have high protein content in the grain. To obtain semolin with a protein content of at least 13%, wheat must contain at least 14.0–14.5% protein. At low protein content in semolin, water absorption proceeds slowly, therefore a longer period of water absorption and a longer mixing period are required [12].

Color is an important quality feature in the pasta industry. Amber-yellow or cream without gray is the preferred color for pasta. Absolutely unusable pasta in gray. The color of the pasta is due to the carotenoid pigment xanthophyll. The concentration of these pigments in endosperm of durum wheat is almost twice that of baking wheat. Too pale, whitish endosperm

Table 3

**Influence of fertilizer on spring wheat grain quality indicators**

| Version | | Protein, % | Gluten, % | Gluten quality, group |
|---|---|---|---|---|
| **Izolda variety** | | | | |
| 1 | Control | 14,0 | 28,4 | 1 |
| 2 | Phosphorus | 13,8 | 28.5 | 1 |
| 3 | Nitrogen | 15.6 | 30.6 | 1 |
| 4 | Phosphorus + Nitrogen | 16,2 | 32.3 | 1 |
| 5 | $N_{30}P_{30}K_{30}$ | 14,8 | 31.1 | 1 |
| 6 | $N_{60}P_{60}K_{60}$ | 15.1 | 33,0 | 1 |
| **Variety Spadshchyna** | | | | |
| 7 | Control | 14.3 | 29.2 | 1 |
| 8 | Phosphorus | 14.5 | 28,9 | 1 |
| 9 | Nitrogen | 15.7 | 30,8 | 1 |
| 10 | Phosphorus + Nitrogen | 16.6 | 33.1 | 1 |
| 11 | $N_{30}P_{30}K_{30}$ | 15.5 | 32,7 | 1 |
| 12 | $N_{60}P_{60}K_{60}$ | 16.4 | 33.6 | 1 |

Table 4

**Impact of fertilizer on quality of pasta**

| Version | | Strength of pasta, g | Color pasta, ball | Color boiled pasta, ball |
|---|---|---|---|---|
| **Izolda variety** | | | | |
| 1 | Control | 1402 | 6 , 5 | 5.5 |
| 2 | Phosphorus | 1381 | 6 , 5 | 5.5 |
| 3 | Nitrogen | 1434 | 6 , 5 | 5.5 |
| 4 | Phosphorus + Nitrogen | 1459 | 6 , 5 | 5.5 |
| 5 | $N_{30}P_{30}K_{30}$ | 1415 | 6 , 5 | 5.5 |
| 6 | $N_{60}P_{60}K_{60}$ | 1496 | 6 , 5 | 5.5 |
| | **Variety Spadshchyna** | | | |
| 7 | Control | 1525 | 7 | 6.5 |
| 8 | Phosphorus | 1512 | 7 | 6.5 |
| 9 | Nitrogen | 1548 | 7.5 | 7 |
| 10 | Phosphorus + Nitrogen | 1597 | 8.5 | 8 |
| 11 | $N_{30}P_{30}K_{30}$ | 1536 | 7.5 | 7 |
| 12 | $N_{60}P_{60}K_{60}$ | 1584 | 7.5 | 7 |

and colorless gluten cause white pasta, and with a dark brown shade of endosperm they turn dark. The enzyme lipoxidase in the process of making pasta destroys part of the yellow pigment. With high lipoxidase activity, especially with a low content of yellow pigment, the pasta turns pale, grayish-white [11] .

**Conclusions and prospects of the research.** Based on the studies of the influence of the use of biotechnological preparations of nitrogen and phosphorus nutrition on the quality of pasta, it was found that pasta made from wheat of the heritage variety for the use of biological products have quality indicators that exceed those of pasta grown with mineral fertilizers and without fertilizers at all. Thus, durum wheat Izolda and Spadshchyna have high adaptability and high productivity potential that can be realized in production conditions. Provided they are grown on leguminous precursors using biological products, they are not inferior in yield to mineral fertilizer technologies.

It should be noted that as a result of the conducted researches new ecologically safe elements of technology of cultivation of spring durum wheat with high level of productivity, with excellent quality of grain and macaroni have been proposed.

## References


1. Roslynnytstvo : pidruchnyk / O.I. Zinchenko, V.N. Salatenko, M.A. Bilonozhko. Kyiv : Ahrarna osvita, 2001. 591 p.
2. Birta H.O., Burhu Yu.H. Osnovy roslynnytstva i tvarynnytstva : navch. posib. Kyiv : Tsentr uchbovoi literatury, 2014. 304 p.
3. Chornyi V.M. Torhovelna pozytsiia ukrainskykh pidpryiemstv na svitovomu rynku zerna. *Efektyvna ekonomika.* 2017. № 2.
4. Mozhlyvosti ekolohichno bezpechnoho vykorystannia mineralnykh dobryv/ M.S. Malovanyi, M.Ia. Havryliak, Nedal Khussein Musalam Al Khasanat. m. Lviv : *Ekolohichna bezpeka.* 3/2009(7).
5. Franchenko L.O. Vyroshchuvannia tverdoi pshenytsi v Ukraini – krok do polipshennia yii konkurentospromozhnosti na svitovomu rynku. *Efektyvna ekonomika.* 2013. № 7.
6. Visnyk studentskoho naukovoho tovarystva "VATRA" Vinnytskoho torhovelno-ekonomichnoho instytutu KNTEU. Vinnytsia : Redaktsiino-vydavnychyi viddil VTEI KNTEU, 2019. Vyp. 79. 390 p.
7. Derzhavnyi reiestr sortiv roslyn, prydatnykh dlia poshyrennia v Ukraini u 2009 rotsi / holovnyi redaktor V.A. Khadzhymatov. Kyiv : TOV "Alefa", 2009. 243 p.
8. Interstate Standard 10840-64. Grain. Method for determination of hectolitre weight. Moscow, 2009. P. 2.
9. Interstate Standard10987-76. Grain. Methods for determination of vitreousness. Moscow, 2009. 5 p.
10. Interstate Standard 10846-91 Grain and products of its processing. Method for determination of protein. Moscow, 2009. P. 8.
11. State Standard 4117:2007 Grain. And product of its processing. Determination of index of quality by Spectroscopy in Near Infrared Field / Derzhspozhyvstandart Ukrainy. Kyiv, 2007. P. 8.
12. Interstate Standard13586.1-6Grain. Methods for determination of quantity and quality of gluten in wheat. Moscow, 2009. P. 3.
13. Interstate Standard 14849-69Macaroni foods. Acceptance rules and methods of quality determination. Moscow, 2002. 14 p.
14. State Standard 3768:2010Wheat. Specifications / Derzhspozhyvstandart Ukrainy. Kyiv, 2010. 14 p.
15. NazarenkoV.O., Yudicheva O.P., Zhuk V.A. Formuvannia yakosti tovariv : navch. posibnyk. Ch. 1. Kyiv : Tsentr uchbovoi literatury, 2012. 386 p. ISBN 978-611-01-0295-7.
16. Metodicheskiye ukazaniya Instituta zernovogo khozyaystva. Dnepropetrovsk, 1995. 22 p.
17. Dmitriyev V.E. Intensivnaya agrotekhnologiya yarovoy pshenitsy v sredney Sibiri. *Zemledeliye.* 2005. № 1. P. 14–16.
18. Volochkov. A., Osipova G. Proizvodstvo makaronnykh izdeliy s ispolzovaniyem alternativnogo syria. *Khleboprodukty*. 2008. № 2. P. 38–39.

# ЗАГАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

**УДК 654.924.5**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-9**

## МОРСКИЕ МИНИ-ОГНЕТУШИТЕЛИ

**Захматов В.Д.[1], Щербак Н.В.[1], Вентцель Аллан[2]**
[1]Государственная экологическая академия
последипломного образования и управления
ул. Митрополита Василия Липковского, 35, 03035, г. Киев
vladimir@hektolan.ee, zet.pulse@gmail.com;
[2]"PulsTECH" LLC
ул. Вииге, 1, Таллинн, Эстония
allan@hektolan.ee

Современные огнетушители на кораблях, судах в порту не могут осаждать дым, не способны тушить горящую одежду на человеке и спасти от ожогов 2–3 степеней, низко эффективны для тушения частых возгораний на судах, кораблях, катерах и на яхтах. Часто причиной морских трагедий является отсутствие огнетушителей – эффективных, надёжных, простых в использовании, компактных. Описан огнетушитель компактный, за 1–2 сек впервые осаждающий густой, токсичный дым, тушащий одежду на человеке. Дан анализ экспериментов, рекомендации по применению огнетушителя, дальнейшей модернизации, созданию промышленного производства модификаций в Санкт-Петербурге, Таллинне и Киеве. Показана необходимость нового огнетушителя для яхт, катеров, шлюпок, баркасов, кают, коридоров и отсеков судов, кораблей, морских нефтедобывающих платформ, подводных лодок. Также эти огнетушители могут использоваться эффективно в общественных зданиях – морских, железнодорожных вокзалах, метро, аэропортах, торгово-развлекательных центрах, театрах, домах, квартирах, офисах, цехах, автомобилях, вагонах, локомотивах и других. Обосновано ежегодное ожидаемое количество производства: мини-огнетушители вплоть до миллионов штук, возимых вручную огнетушителей до 20 000 штук. Представленный диапазон огнетушителей может иметь самое широкое применение на море – для пожаровзрывозащиты кораблей, судов, нефтедобывающих платформ. Например, мини-огнетушители ёмкостью 0,15–0,35 л поясного или карманного ношения для самозащиты моряков, развешанные в каютах, коридорах для пассажиров; мини-огнетушители ёмкостью 0,35–0,75 л для тушения возгораний и малых пожаров на судах, кораблях, платформах, причалах, портовых сооружениях и складах; профессиональные многоствольные, револьверного типа огнетушители контейнерного перезаряжания или возимые огнетушители для тушения в коридорах, машинных отделениях, салонах, палубах. Они могут заменить современные 5–10 л водяные и порошковые огнетушители, и возимые вручную огнетушители, применяемые на транспорте и в цехах, складах. Их преимущества МмОРВ по сравнению с традиционными огнетушителями: меньший в 2–3 раза вес, дальность тушения выше в 3–5 раз, а площадь тушения выше до 10 раз. *Ключевые слова:* возгорания на море, суда, корабли, катера, яхты, огнетушитель, надежность, безотказность, высокая эффективность, тушение возгораний, осаждение, дезактивация, токсичный дым.

**Морські мінівогнегасники. Захматов В., Щербак М., Вентцель Аллан.** Сучасні вогнегасники на кораблях, суднах у порту не можуть брати в полон дим, не здатні гасити палаючий одяг на людині і врятувати від опіків 2–3 ступенів, низько ефективні для гасіння частих загорянь на суднах, кораблях, катерах і на яхтах. Частою причиною морських трагедій є відсутність вогнегасників – ефективних, надійних, простих у використанні, компактних. Описано вогнегасник компактний, який за 1–2 сек вперше осаджує густий, токсичний дим, що гасить одяг на людині. Дано аналіз експериментів, рекомендації щодо застосування вогнегасника, подальшої модернізації, створення промислового виробництва модифікацій у Санкт-Петербурзі, Таллінні та Києві. Показано необхідність нового вогнегасника для яхт, катерів, шлюпок, баркасів, кают, коридорів і відсіків суден, кораблів, морських нафтовидобувних платформ, підводних човнів. Також ці вогнегасники можуть використовуватися ефективно в громадських будівлях – морських, залізничних вокзалах, метро, аеропортах, торгово-розважальних центрах, театрах, будинках, квартирах, офісах, цехах, автомобілях, вагонах, локомотивах та інших. Обґрунтовано щорічну очікувану кількість виробництва: мінівогнегасників аж до мільйона штук, тих вогнегасників, що возяться вручну, до 20 000 штук. Представлений діапазон вогнегасників може мати найширше застосування на морі – для пожежовибухозахисту кораблів, суден, нафтовидобувних платформ. Наприклад, мінівогнегасники ємністю 0,15–0,35 л поясного або кишенькового носіння для самозахисту моряків, розвішані в каютах, коридорах для пасажирів; мінівогнегасники ємністю 0,35–0,75 л для гасіння загорянь і малих пожеж на суднах, кораблях, платформах, причалах, портових спорудах і складах; професійні багатостовбурні, револьверного типу вогнегасники контейнерного перезарядження або вогнегасники, які возяться для гасіння в коридорах, машинних відділеннях, салонах, палубах. Вони можуть замінити сучасні 5–10 л водяні і порошкові вогнегасники та вогнегасники, що возяться вручну, застосовуються на транспорті і в цехах, складах. Їхні переваги МмОРВ порівняно з традиційними вогнегасниками: менша в 2–3 рази вага, дальність гасіння вища в 3–5 разів, а площа гасіння вища до 10 разів. *Ключові слова:* загоряння на морі, судна, кораблі, катери, яхти, вогнегасник, надійність, безвідмовність, висока ефективність, гасіння загорянь, осадження, дезактивація, токсичний дим.

**Marine mini-extinguishers. Zahmatov V., Sherback M., Ventsel Allan.** Modern fire extinguishers on ships and vessels in the port cannot precipitate smoke, are not able to extinguish burning clothes on a person and save 2–3 degrees from burns, are low effective for extinguishing frequent fires on ships, ships, boats and yachts. Often the cause of sea tragedies is the lack of fire extinguishers – efficient, reliable, easy to use, compact. A compact fire extinguisher for 1–2 seconds is described for the first time besieging thick, toxic smoke that extinguishes clothes on a person. An analysis of experiments, recommendations on the use of a fire extinguisher, further modernization, and the creation of industrial production of modifications in St. Petersburg and Tallinn are given. The necessity of a new fire extinguisher for yachts, boats, boats, launch boats, cabins, corridors and compartments of ships, ships, offshore oil production platforms, submarines is shown. Also, these fire extinguishers can be used effectively in public buildings – sea, railway stations, subways, airports, shopping and entertainment centers, theaters, houses, apartments, offices, workshops, cars, cars, locomotives, etc. The annual expected production amount is justified: mini-fire extinguishers up to millions of pieces, hand-held fire extinguishers up to 20,000 pieces. The presented range of fire extinguishers can have the widest application at sea – for fire and explosion protection of ships, vessels, oil production platforms. For example, mini-fire extinguishers with a capacity of 0.15–0.35 liters waist or pocket carry for self-defense of sailors, hung in cabins, corridors for passengers. Mini-fire extinguishers with a capacity of 0.35–0.75 l for extinguishing fires and small fires on ships, ships, platforms, moorings, port facilities and warehouses. Professional multi-barrel, revolving type container-loading fire extinguishers or portable fire extinguishers for extinguishing in corridors, engine rooms, salons, decks. They can replace modern 5–10 liters water and powder fire extinguishers and hand-held fire extinguishers used in transport and in workshops, warehouses. Their advantages are MmORV compared to traditional fire extinguishers: less weight 2–3 times, the extinction range is 3–5 times higher, and the extinguishing area is up to 10 times. *Key words:* inflammation at sea, vessels, ships, scatters, yachts, extinguisher, reliability, high effectively, extinguishing of inflammation, precipitate, decontamination, toxically smoke.

Большое количество происшествий на море, наиболее часто пожаров на частных маломерных прогулочных яхтах, судах – объясняется ростом их числа, отсутствием или малым числом профессионалов-моряков на борту, пьянством, нарушением техники безопасности, неосторожностью пассажиров и наличием легковоспламеняющихся тканей, обивки мебели, стен, горючего в больших количествах. Как показывает история и анализ происшествий на море, во все времена пожар на морском судне, тем более малых катерах, яхтах, означал высокую вероятность гибели экипажа в открытом море. В настоящее время у фирм-производителей морских и речных яхт, катеров, судов, кораблей, подводных лодок (далее – ПЛ) в связи с большим количеством происшествий и тенденцией прогрессирующего увеличения их количества на море возникла необходимость качественного повышения уровня обеспечения пожаровзрывобезопасности плавающих средств [1; 2].

В настоящее время отсутствуют достаточно надёжные и эффективные средства тушения возгораний и пожаров на морских судах, особенно маломерных частных яхтах, где нет или мало квалифицированных, профессиональных матросов, моряков. Многочисленные совещания и конференции показывают, что при отсутствии надёжных и эффективных огнетушителей остаётся реально единственный путь – применение негорючих или трудногорючих материалов при строительстве яхт, прогулочных маломерных судов. Однако практически нет материалов, способных остановить высокотемпературный, быстро распространяющийся фронт пламени по судну, насыщенному большим количеством моторного топлива и смазочных масел, их взрывоопасными парами, окрашенными поверхностями, горючими отделочными материалами-тканью, мебелью, одеждой. Особенно если это небольшое судно катер, яхта с мощным пожаровзрывоопасным двигателем или подводная лодка. Как правило, мощность двигателя, быстроходность и комфортабельность яхты, судна, прямо пропорциональны запасам горючего, пожаровзрывоопасности двигателя, трубопроводов, легковоспламеняемости отделочных материалов, мебели, широко применяющихся при строительстве прогулочных яхт [3; 4].

**Задача разработок.** Чтобы не допустить гибели людей в море, необходимо иметь качественно новые – прежде всего простые, надёжные, компактные огнетушители и автоматические системы пожаротушения (далее – АСП), способные быстро и эффективно защитить экипаж и пассажиров судна от комплекса поражающих воздействий пожара: пламя, теплового и светового излучения, вспышки, токсичного густого дыма, отсутствия видимости – и обеспечить эвакуацию матросов, пассажиров сквозь труднодоступные участки, образовавшиеся в каютах; трюмных, бортовых, штормовых коридорах, трапах, отсеках, трюмах, машинном отделении, на палубах нижних и верхней [5; 6].

**Комплекс поражающих воздействий** при пожарах на катерах, яхтах, судах, паромах, кораблях формируется разными сочетаниями ряда факторов:

1) тепловое воздействие пламени – радиационное дистанционное и непосредственное контактное;

2) внезапные вспышки и взрывы, преимущественно паров легко воспламеняющихся жидкостей и аэрозолей от возгонки горючих твёрдых, декоративных материалов;

3) отсутствие видимости и потеря ориентировки от густого дыма;

4) образование токсичного дыма и паров при сгорании и тлении отделочных материалов кают, салонов, коридоров и трапов, личных вещей, одежды и багажа;

5) токсичное действие пены и её паров, образовавшихся при контакте с пламенем, аналогичное воздействие облаков распылённого огнетушащего порошка – оптически плотных, запрещающих види-

мость и сильно раздражающих органы зрения, обоняния, дыхания – ограничивающие или останавливающие эвакуацию людей, что является в ряде случаев причиной их гибели.

Современные АСП имеют достаточно совершенные датчики, но громоздкие, сложные, исполнительные системы, состоящие из больших цистерн, трубопроводов, спринклеров, дренчеров, баллонов высокого давления или мощных, громоздких насосов, компрессоров. Это позволяет защитить лишь отдельные небольшие участки до 40–100 м$^2$ на ПЛ, АПЛ, корабле, судне и исключает применение АСП на катерах, яхтах.

*Современные огнетушители* могут заряжаться только одним огнетушащим составом (далее – ОС): 1, 2, 3, 5, 10-литровые с огнетушащим порошком (далее – ОП); 5, 10 л пенные (далее – ОПе); 9 л жидкостные (далее – ОЖ) с водой, раствором размещаются во внутренних палубах, на переборках отсеков, коридоров, салонов, но не обеспечивают эффективного спасения людей и тушения пожара по ряду причин:

1) громоздкость, большой вес, высокая стоимость огнетушителя и его перезарядки, малый срок хранения без перезарядки – ограничивают количество огнетушителей и мест их возможного размещения на малых и больших судах;

2) сложность быстрого приведения в действие и обеспечения эффективного управления огнетушащей струёй даже большинством пожарных, как правило, не имеющих достаточных навыков работы с огнетушителями, матросами, пассажирами, не имеющими этих навыков тем более;

3) невозможность эффективного, масштабного осаждения дыма, нейтрализации его токсичного действия и обеспечения видимости;

4) эвакуации сильно препятствуют слой пены, газопорошковые облака, обладающие токсичными и сильными раздражающими эффектами;

5) низкая надёжность срабатывания даже при нормальной температуре – через месяц после зарядки вероятность эффективного срабатывания огнетушителя не превышает 50%.

Практика показывает, что *пассажиры и матросы практически не могут с помощью существующих огнетушителей потушить даже малые возгорания* и пожары в начальной стадии развития. Основная причина – сложность приведения огнетушителей в действие и управления огнетушащей струёй из-за того, что площадь фронта струи в 10–10$^2$ раз меньше площади малого пожара, особенно при его быстром распространении. Эффективно тушить огнетушителями способны реально только испытатели и спортсмены-пожарные. Большинство пожарных не применяет на пожарах традиционные огнетушители из-за их вышеупомянутых недостатков, предпочитая водяные стволы со шлангами и топоры. Фактически на яхтах, катерах, кораблях, судах, плавучих платформах, портовых объектах – традиционные огнетушители находятся только благодаря существующим правилам, отнюдь не гарантируя эффективную и своевременную защиту от пожаров и поджогов на море и в порту.

Традиционные огнетушители сложны в обслуживании и применении, они требуют регулярного, ежедневного тренинга, иначе они практически бесполезны, что и получается на практике тушения пожаров. Очевидно, что новый морской огнетушитель должен конструктивно и по способу применения быть близким к привычным для моряка аварийным устройствам, например сигнальным ракетам или личному оружию командного состава. Для моряков и пассажиров, имеющих элементарные навыки в обращении с сигнальными ракетами и новогодними хлопушками, фейерверками, оптимальным решением является разработка огнетушителя, близкого по конструкции, весу, размерам, обслуживанию и применению к сигнальным ракетам, большим хлопушкам – простым, надёжным, компактным, лёгким. Конструктивная близость огнетушителей к сигнальным ракетам облегчит их сертификацию по морским стандартам. Новые огнетушители должны иметь размер и массу, позволяющие переносить их вручную, не стесняя движений человека, быть надежными, простыми, удобными в применении.

Известны образцы импульсных, пневматических, ранцевых огнетушителей, производимых промышленно: в Германии «IFEX – 3012») фирмой «IFEX – 3000», 19,5 кг; в Австрии-США «TSIS», 20 кг; в России фирма при МВТУ «Игла», 5–6 кг, Москва; «ГИРС», 25 кг, Екатеринбург; «Тайфун», 23 кг, Белоруссия. Эти огнетушители без перезаряжания обеспечивают 3–10 распылений по 1 л тонкодисперсной, только очищенной воды, с высокой огнетушащей эффективностью. Однако пневмоимпульсные огнетушители обладают рядом серьёзных недостатков:

1) малый радиус эффективного тушения – нахождение оператора в опасной зоне, высока вероятность разрыва баллонов и шлангов высокого давления, особенно в зоне теплового излучения и вспышек пламени; интенсивный выброс перегретого пара от контакта тонкораспылённой воды с пламенем, раскалённой поверхностью, что заставляет работать только в тяжелом защитном костюме типа скафандра,

2) громоздкость, большой вес, исключающие возможность их размещения на всех потенциально опасных участках, в каютах, коридорах, близ трапов на яхте, катере, судне, корабле в достаточном количестве, не загромождая традиционной обстановки, путей эвакуации, требующие оборудования специальных мест хранения, непригодные для постоянного ношения;

3) сложность конструкции и работы с ней, низкая надёжность и нестабильность работы, что предполагает необходимость высококвалифицированного оператора;

4) использование только очищенной воды и перезаряжание баллонов только на специальной станции, что требует сосредоточения на пожаре множества заряженных огнетушителей;

5) высокая стоимость 3 000–10 000 $ и сложность технического обслуживания [6–10].

Эти недостатки и практическая невозможность их устранения в пневмоимпульсном распылителе делают нереальным создание компактного, простого, легкого, надёжного распылителя. Эти огнетушители являются вершиной развития пневматической техники и на сегодня встал вопрос – какой источник энергии предпочтительнее для дальнейшего развития техники импульсного пожаротушения – пневматические, сложные, громоздкие системы высокого давления или простые, компактные пороховые системы, за которыми стоит громадный опыт и промышленные мощности производства оружия и боеприпасов. В XIX веке подобный вопрос стоял для стрелкового оружия. Тогда были весьма совершенные пневматические, пружинные ружья, пистолеты, арбалеты успешно конкурирующие с пороховыми. Этот многовековой, нелёгкий спор быстро и окончательно решило изобретение унитарного патрона и последующее создание простых и надёжных технических узлов быстрого и затем автоматического перезаряжания. Сегодня системы, использующие заряды пороха и низкоимпульсных ВВ, имеют гораздо большие преимущества по сравнению с пневмоимпульсными, чем 150 лет назад.

**Современный уровень разработок.** Автором создан ряд импульсных мини-огнетушителей: бытовые и профессиональные огнетушители, распыляющие выстрелами (далее – мОРВ) от 0,15 кг до 0,75 кг порошка и от 0,1 л до 0.5 л жидкости, геля, пенообразователя. ОРВ имеют низкую себестоимость производства от 3 до 15 $, достаточно высокие величины площади тушения до 1,5 м$^2$ одного распылении и дальность тушения до 3 м. ОРВ эффективны для тушения возгораний, поджогов и пожаров малого размера: ткани, мебель, телевизоры, компьютеры, оборудования на яхтах, катерах, судах, кораблях, нефтедобывающих платформах. Кроме того, данные мини-ОРВ пригодны для самообороны от пиратов, бандитов – способны их обезвредить, не нанося вреда себе, в отличие от газовых баллончиков и пистолетов.

**История создания мОРВ.** В период 1979–1980 гг. по заказу МВД СССР в ПО «Сигнал», г. Челябинск создан и спроектирован мОРВ, на базе сигнальной ракеты. МОРВ предназначен для сотрудников в штатском без пиджаков и в рубашках с короткими рукавами. После успешных испытаний опытной партии – изготовлена партия в 10 000 мОРВ и сдана Заказчику. По отзывам представителей Заказчика с помощью мОРВ удалось предотвратить 3 попытки самосожжения, потушить несколько десятков локальных возгораний и прекратить несколько мелких драк.

В период 1986–1990 гг. по заказу Главного Бронетанкового Управления Министерства Обороны СССР в Институте проблем материаловедения АН УССР и Челябинском институте транспортных машин МО СССР разработали и успешно испытали на заводском полигоне и в Афганистане опытные образцы АСП для обитаемого отделения и двигательного отсека танков Т-62 и Т-72. Исполнительная часть системы для обитаемого отделения состояла из 3-х водяных распылителей (далее – ИЧРВВ) ёмкостью по 0,15 л. Фактически распылители идентичны мОРВ – отличие в инициировании срабатывания – в распылителях применялись электровоспламенители. При срабатывании датчиков пламени за 5 мсек, распылители срабатывали на 10–12 мсек, на 20–25 мсек осуществлялось распыление всей массы ОС. В результате ИЧВВ обеспечивала эффективное тушение мощных возгораний, включая струю плазмы от кумулятивной боеголовки боеприпаса, во всем объеме обитаемого отделения за время от 55 до 90 мсек, комиссия приняла среднее время $T_{ср.}$~70 мсек. При распылении воды и некоторых ОЖ зафиксировано не только эффективное тушение, но и отсутствие поражающих и раздражающих эффектов на членов экипажа танка, а также наличие антишокового воздействия, способствующего быстрой эвакуации экипажа из машины. Сравнительное испытание распылителей огнетушащего порошка позволило обеспечить высокую огнетушащую эффективность ИЧ, при сопутствующем сильном раздражающем воздействие и отсутствии видимости, препятствующих пребыванию экипажа в танке и его эвакуации. Представители Заказчика по результатам испытаний выбрали вариант ИЧ с распылителями воды.

Аналогичные успешные испытания мОРВ и АСП с ИЧРВ воды, ОЖ и пенообразователей – удачно испытаны на фрагментах атомных подводных лодках (далее – АПЛ) на учебной базе военно-морского училища, расположенного в бухте «Голландия», г. Севастополя. Показано, что в АПЛ применимы исключительно РВ жидкости, геля, но исключается использование порошка, создающего большие, стойкие, трудно и долго ликвидируемые облака, исключающие видимость и обладающие сильным раздражающим воздействием на органы зрения, дыхания, обоняния – сильно затрудняющие эвакуацию, работу и жизнь экипажа в АПЛ.

Полученные результаты полигонных и реальных испытаний убедительно показывают, что для внедрения мОРВ и АСП с ИЧРВ в практику защиты яхт, катеров, судов, кораблей и прочего нет необходимости в проведении больших, дополнительных исследований. Целесообразно внедрить то, что отработано и не имеет близких аналогов по комплексу ТТХ. Только затем можно разрабатывать дальнейшие модернизации огнетушителей мини, одноразовых – для пассажиров и членов экипажа и дальнобойных профессиональных – для пожарных и спасателей.

Исследования ряда авторов и многолетний практический опыт массового применения огнетушителей убедительно демонстрируют, что для решения выше упомянутого комплекса задач, наилучшим средством является тонкораспыленная вода или её слабовязкие растворы, например Pyrocool (США), Pyrocoom (Чехия), Firesorb (Германия). Распыленная вода не имеет альтернативы по эффективности и быстроте осаждения дыма и токсичных газов. Тонкораспылённая вода в Европе и США с середины 90-х гг. XX века успешно вытесняет порошок и пену из практики тушения пожаров различных классов. Основным недостатком огнетушащих растворов, высокоэффективных в огнетушащем отношении, является их токсичность. Этот недостаток может быть компенсирован только качеством распыления раствора – тонкодисперсно и быстро – сразу по всей горящей поверхности или объёму каюты, отсека, где произошло возгорание. Другой способ минимальная инертность огнетушителя – приведение его в действие сразу после обнаружения возгорания, до его развития в пожар, который трудно будет остановить.

Поэтому создание безотказного в широком диапазоне климатических условий и температур дешёвого, простого, компактного, лёгкого огнетушителя, создающего дальний, импульсный выброс тонкораспылённой воды, сможет обеспечить качественное улучшение операций спасения и обеспечения эвакуации жителей и пассажиров, а также намного повысить вероятность своевременного тушения возгораний, локальных пожаров и, как следствие, сохранения жилых помещений и транспортных средств в ремонтно-пригодном состоянии. Наиболее целесообразно изготавливать набор мини-огнетушителей, снаряженных различными ОС – вода, гель («Pyrocool», «Pyrocoom»), пенообразователь, порошок – в единой упаковке. Данные огнетушители могут иметь широкий рынок сбыта – для комплектации кают, коридоров, трапов, палуб, машинных отделений, а также квартир, особняков, офисов, цехов, вагонов метро, поездов и пригородных электропоездов, трамваев, троллейбусов, автобусов и легковых автомобилей.

**Научно обоснованные требования к эффективному морскому огнетушителю.** Следовательно, идеальным с точки зрения особенностей применения на яхтах, катерах, судах, кораблях является постоянно висящий на переборках в удобных местах кают, коридоров, трапов – компактный, лёгкий, недорогой, высоконадёжный при -50$^0$С – +50$^0$С, всепогодный, не ограниченный по применению в различных климатических зонах мОРВ различных ОС. МОРВ должен дистанционно тушить возгорание, малый пожар в каюте через открытый люк, дверь, не входя через комингс, чтобы пожарный подвергался минимальным по уровню поражающим воздействиям: тепловому излучению от пламени, токсичному от дыма, выбросу перегретого пара от интенсивного контакта большой поверхности массы капель тонкораспылённой воды с пламенем и нагретыми поверхностями. Уровни поражающего воздействия различаются в 2–3 раза за комингсом в каюте и до комингса. Поэтому огнетушитель должен эффективно тушить с дистанции не менее 2 м.

По эксплуатации мОРВ должен быть предельно простым и его применение должно укладываться в формулу: взять за корпус одной рукой – другой рукой снять предохранитель – взять в руку шнур инициатора – прицелиться – дернуть шнур. Аналогичные требования можно предъявить к исполнительному устройству для АСП – компактность, надежность в широком диапазоне температур, автономность, отсутствие трубопроводов громоздких источников энергии, больших цистерн с огнетушащими составами (ОС).

Для облегчения установленной процедуры внедрения, желательно чтобы этот огнетушитель имел прототип, широко применяющийся на различных плавательных средствах и не обязательно имеющий пожарное назначение. Наиболее подходящим прототипом является *морская сигнальная ракета*, применяющаяся в большом количестве на флоте и входящая в обязательный комплект шлюпок, баркасов, яхт, катеров, судов, паромов, кораблей, танкеров, морских нефтедобывающих платформ.

***«Карманный» мОРВ*** может постоянно храниться в кармане или на поясе матроса, офицера, а также для пассажиров храниться в специальных держателях в каютах, коридорах, у трапов, в трюмах и эффективно применяться для самозащиты, обеспечения эвакуации сквозь пламя или задымленный участок. Полигонные исследования показали высокую эффективность мОРВ для самозащиты пожарных, полицейских, спасателей, солдат, рабочих и инженеров на опасных производствах. жителей. МОРВ может использоваться полицейскими как постоянно носимый «огнетушитель-самоспасатель» для немедленного тушения вспышек, возгораний, с которыми полицейский сталкивается при выполнении служебных обязанностей, например горящий автомобиль с пассажирами без сознания. Как правило, полиция на такие ситуации попадает первая гораздо раньше пожарных. Наиболее критична и смертельно опасна ситуация, когда просто необходим и незаменим личный мОРВ – это полицейский в горящей форме от прямого попадания бутылки с «коктейлем Молотова». Потушить такой пожар и спасти человека в интенсивно горящей одежде, возможно лишь личным распылителем и именно распылителем выстрелом. В такой сверхкритической ситуации гарантировать спасение человека от тяжёлых ожогов, опасных смертью или увечьем, можно только за 2–5 сек при наличии немедленно доступного огнетушителя у горящего полицейского или более эффективно наличие таких мОРВ у его рядом находящихся коллег. Похожая ситуация возможна на яхте, катере при аварийном разрыве трубопровода и последующей вспышке распылённого горючего.

Возможно эффективное использование мОРВ для быстрой постановки светотеплозащитных завес с целью обеспечения эвакуации. Другое актуальное для современной обстановки применение мОРВ может быть эффективно для защиты от нападения, обезвреживания диверсанта, бунтаря и террориста без физического контакта с ним. Все эти виды применения мОРВ опробованы успешно на практике и полигонных испытаниях. мОРВ может носиться на поясе (рис. 1в) или в кармане (рис. 1а) формы моряка, матроса, стюарда; комбинезона пожарного, спасателя, пожарного-десантника, полицейского, солдата, моряка, лётчика, служебном костюме инженера, рабочего, водителя, машиниста и других.

1 2

*Рис. 1. Прототип морского порошкового мини-огнетушителя (МмОРВ) (1) и образцы новых мини-огнетушителей жидкостно-гелевых – впервые объём 0,35 л (2), размещаемые в специальных держателях в каютах, коридорах, палубах, трюмах плавающих средствах и в купе легковых автомобилей*

Реально достижимые ***тактико-технические характеристики мОРВ*:**

1) калибр 30–50 мм, длина 100–200 мм, вес в снаряжённом состоянии 0,3–0,5 кг;

2) дальность эффективного тушения 1–2 м, а площадь тушения одним распылительным выстрелом 0,25–0,75 м$^2$;

3) материал корпуса – металл, пластмасса, картон;

4) варианты исполнения: одноразовый и многоразовый, пригодный для снаряжения после выстрела;

5) производство наиболее целесообразно осуществить путём снаряжения корпуса в форме удлинённого стакана или трубы с заглушкой с одного конца, используя технологическую линию снаряжения сигнальных ракет и, соответственно, ряд готовых комплектующих, например натяжной пусковой узел.

Этот путь целесообразен, по крайней мере в начальной стадии производства мини-огнетушителя, так как способен быстро обеспечить сертификацию по морскому стандарту, надёжность, стабильность работы и длительное хранение на протяжении 5–10 лет с последующей безотказной работой. Сочетание в конструкциях мОРВ стандартных деталей и конструктивных узлов: массивной ручки с ударно-пусковым устройством, гнездом с обоймой, усиливающей корпус по крайней мере в месте удержания его рукой для стандартных, полиэтиленовых бутылок, пакет с несколькими контейнерами, узла инициирования натяжного от сигнальной ракеты и холостых патронов с зарядом для распыления. МОРВ заряжается стандартными огнетушащими составами (далее – ОС) – порошковыми (далее – ОПС), жидкими, пенообразующими, гелеобразными.

МмОРВ включает массивную ручку с ударно-пусковым устройством, гнездом с обоймой и набор (2–10 шт.) быстро сменяемых контейнеров, снаряжаемых различными ОС, что впервые создаёт эффект комбинированного тушения с помощью только одного огнетушителя. Казённую часть корпуса МмОРВ – ручку-держатель целесообразно проектировать и изготавливать на базе деталей и узлов ракетницы, револьвера или пистолета. Ручка имеет гнездо резьбовое или байонетное для контейнера. Могут быть два варианта контейнеров: 1) многоразовые – прочные, относительно тяжёлые до 30–40% от веса ОС, содержащегося внутри контейнера. Тяжёлый контейнер уменьшает вес переносимого ОС до 25–35% от общего веса огнетушителя; 2) лёгкие контейнеры из полиэтиленовых бутылок, вес которых составляет не более 5–10% от веса ОС, содержащегося в контейнерах. При этом ручка содержит ствол массой не более тяжёлого контейнера в варианте 1, в результате вес ОС в каждом контейнере увеличивается на 40–65% от общего веса огнетушителя, что увеличивает его площадь тушения до 30–40% по сравнению с тяжёлым многоразовым контейнером.

Реально достижимы тактико-технические параметры МмОРВ:

1) калибр 50–80 мм, длина 150–300 мм, вес в снаряжённом состоянии 0,5-1кг;

2) дальность эффективного тушения 1–2,5 м, а площадь тушения одним распылительным выстрелом 0,75–1,5 м$^2$, в зависимости от вида пожара;

3) материал контейнера – металл-жесть, пластмасса, картон, вариант исполнения – одноразовый и многоразовый, пригодный для многократного переснаряжения после выстрела-распыления. Материал ручки – металл или металл с пластмассой;

4) производство: ручка изготавливается на базе револьвера или ракетницы с изменением угла наклона ручки по отношению к патроннику, покрытием ручки амортизирующей оболочкой, использованием стандартного ударного устройства с предохранителем, со спусковым курком изменённой формы, расточкой патронника под горловину контейнера, заменой ствола на трубу калибром 50–80 мм. Наиболее целесообразно осуществить

снаряжение контейнера, используя технологическую линию заполнения полиэтиленовых бутылок водой, ОЖ с герметизацией горлышка бутылки распылительным патроном, фиксируемым на клею, а затем закрытия горловины бутылки стандартной крышкой. Эта крышка предохраняет патрон от повреждений, дополнительно фиксируя его положение в горловине бутылочного контейнера, а также крышка играет роль предохранительной пломбы. Этот путь обеспечивает надёжность, стабильность работы и длительное хранение контейнера на протяжении 5–10 лет с последующей безотказной работой. Данный контейнер заряжается стандартными ОС – жидкими, пенообразующими, гелеобразными и ОПС.

***Многоствольный огнетушитель (МстОРВ)-профессиональный*** для моряков, способных тушить быстро распространяющиеся пожары на яхтах, катерах, судах, кораблях, ПЛ, АПЛ путем многократных воздействий одним тонкораспылённым ОС или комбинированного различными ОС с минимальными интервалами между распылениями-выстрелами. Конструктивно это можно осуществить лишь ручкой револьверного типа с числом 3–6 стволов (рис. 1д). Стволы перезаряжаются контейнерами лёгкими, бутылочными, цилиндрическими или сменными барабанами, снаряженными различными ОС. МстОРВ могут быть пригодны для пожарной защиты членами экипажа больших яхт, катеров, судов, кораблей, ПЛ, АПЛ, а также лимузинов, грузовых автомобилей, автобусов, локомотивов на железной дороге и в метро, а также на опасных производствах. Они должны храниться в держателях на постоянных местах или в удобных нишах для быстрой выемки и приведения в действие. МмОРВ могут заменить современные 5–10 л водяные и порошковые огнетушители, применяемые на транспорте и в цехах, складах. Преимущества МмОРВ по сравнению с традиционными огнетушителями: меньший в 2–3 раза вес, дальность тушения выше в 3–5 раз, а площадь тушения выше до 10 раз.

Реально достижимые ***тактико-технические характеристики МмОРВ***:

1) калибр 60–100 мм, длина стволов 100–400 мм, вес в снаряжённом состоянии 3,3–7,5 кг, ёмкость контейнера 0,35–0,75 л;

2) дальность эффективного тушения 5–10 м, а площадь тушения одним распылительным выстрелом 1–3 м$^2$ в зависимости от вида и массы распыляемого состава. Возможен вариант МмОРВ с електроинициированием, в котором допускается залп из 2–3-х стволов при этом дальность эффективного тушения увеличивается до 15–17 м, а площадь тушения одним распылительным выстрелом до 8–12 м$^2$;

3) материал корпуса – металл, пластмасса, пригодный для многократного перезаряжения после выстрела.

4) производство: МмОРВ могут проектироваться и производиться на базе деталей и узлов от

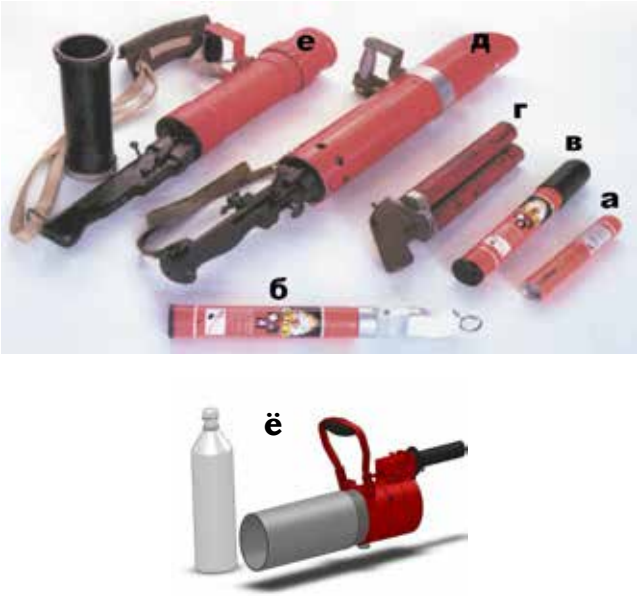



*Рис. 2. Импульсные огнетушители, распыляющие выстрелом: а – карманный мОРВ ёмкостью 0,15 л и радиусом тушения до 2 м; б, в – автомобильные мОРВ ёмкостью 0,33 л и радиусом тушения до 4 м: б–с черной ручкой-многоразовый-перезаряжаемый фирмой-изготовителем; и в – со светлой ручкой перезаряжаемый оператором в процессе тушения путём смены контейнеров (тяжёлых); г –трёхствольный со стволами емкостью 0,33 л каждый; д – профессиональный пОРВ емкостью 2 л и радиусом тушения 6–17 м – с косым срезом ствола, заряжаемого грунтом, песком, грязью, пылью, водой, снегом; е –профессиональный пОРВк контейнерного заряжания, тяжёлый, многоразовый, цилиндрический, металлический контейнер ёмкостью 1 л, со сменными мембранами; ё- профессиональный пОРВк контейнерного заряжания, лёгкий, одноразовый, пластиковый, бутылочный контейнер ёмкостью 0,75 л*

*Рис. 3. Двухствольный огнетушитель образца 1930, Чехия. Профессиональный огнетушитель универсального распыления контейнерного перезаряжания (Швейцария, 2009 г.)*

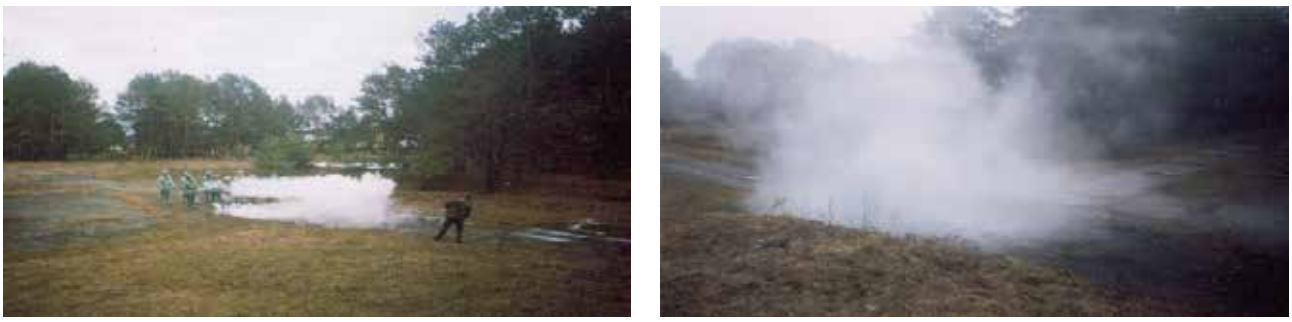


*Рис. 4. Остановка группы террористов 10 человек на открытой площади с дистанции 15 м одним выстрелом-распылением 2 кг огнетушащего порошка*

Таблица 1

**Сравнительные параметры лучших современных огнетушителей: 1 – традиционных, 2 – новых промышленно выпускаемых и продаваемых, 3 – перспективных**

| Параметры | ОП10 УкРФ | ОВ-9 УкРФ | IFEX-3012Герм | TSIS США | Гирс РФ | ЗУРО РФ | Игла РФ | АКм РФ | ПРИВ Укр Z-pulse Tech |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $V_{расп}$.кг/с | 0,3 | 0,35 | 1 | 1 | 1 | 0,3 | 1 | 0,5 | 1 |
| $M_{общ}$,кг | 17,5 | 16 | 19,5 | 18 | 24 | 8,5 | 23 | 25 | 5,5+6конт. |
| $L_{расп}$, м | 5–6 | 4–7 | 3–5 | 5–7 | 12 | 4–5 | 10 | 8 | 16 |
| $L_{туш}$. м | 2 | 3 | 1–1,5 | 1.5–2 | 3 | 2–3 | 4–5 | 3 | 10–12 |
| $V_{туш}$ м$^2$/с | 0,2 | 0,25 | 1 | 1 | 0,8 | 0,4 | 0,8 | 0,4 | 2–6 |
| $S_{туш}$.м$^2$ | 3–5 | 4–6 | 10–12 | 8–10 | 9–11 | 3–5 | 10 | 8–12 | 12–30 |
| $F_{отдач}$кг м | 0,9 | 1,3 | 3,8 | 4 | 4,1 | 1,7 | 4 | 2,3 | 1,7 |
| $M_{ОС}$, кг | 10 | 9 | 12 | 10 | 15 | 4,2 | 10 | 12 | 6 контейнеров 1л |
| Распыляемый ОС | Порошок | Вода очищенная | | | | | | | Вода, раствор гели порошки песок, грязь, |
| Источник энергии | Сжат. возду | Сжат. воздух | Сжат. воздух | Сжат. возд. | Сжат. возд. | Сжат. возд. | **Сжатвозд** | **Патрон холостой** | |
| **$V_{перезар}$сек** | **600** | **240** | **3–5** | **3–5** | **3–5** | **3–5** | **3–5** | **3–5** | **5–10** |
| **Цена $** | **110** | **90** | **13.900** | **12.000** | **3.500** | **1.200** | **4.500** | **2500** | **500** |
| **Тактико-технические характеристики** | Не применяют пожарные, тяжелы, неудобны, малоэффективны сложны в управлении, не тушат штатские люди. | | Очень дороги и сложны в работе. Ремонтируются только специальными высококвалифицированными специалистами от Фирмы-изготовителя. Опасны в работе: 1) малая дальность в сочетании с мгновенным образованием перегретого пара; 2) опасность разрыва шлангов и баллонов высокого давления. Тяжелы и неудобны при переноске и при тушении работе. | | | | | **Дороги, Тяжелы** | Легки, Удобны Надёжны на уровне не стрелкового оружия. Безопасны |

Сокращения: ОС – огнетушащий состав, М – масса, V, L, S – скорость, дальность, площадь тушения, F – сила отдачи

переносных гранатомётов с подствольным магазином револьверного типа. Заряжать МмОРВ наиболее целесообразно лёгкими, бутылкообразными контейнерами, снаряжённые одинаковыми или различными ОС, что позволит без перезарядки осуществить наиболее эффективное, комбинированное тушение. Возможно сочетать перезаряжание многоствольного барабана контейнерами с ОС или иметь в запасе готовые снаряжённые контейнерами барабаны для замены отстрелянных, что является наиболее быстрым вариантом перезаряжания. При изготовлении барабана из пластмассы, снаряжённого лёгкими, бутылкообразными контейнерами, суммарный вес ОС может составить не менее 80–90% от общего веса снаряжённого барабана.

Ожидаемое количество производства МмОРВ до десятков тысяч ежегодно. Сбыт возможен по всему миру, если будет достигнуто высокое качество производства МмОРВ. Для этого целесообразно проекты МмОРВ и технологической, производственной линии, а также производство первой партии МмОРВ и первой технологической линии выполнить в Чехии на базе оборонных конструкторских бюро и заводов, производящих оружие по европейским стандартам. Команда чешских специалистов обеспечит сборку и пуско-наладку технологической линии в стране производители массовой партии. Хуже, дороже и неопределённо дольше это будет сделать в России. В Украине нет реальных возможностей качественно изготовить партию МмОРВ и технологической линию.

Ожидаемое количество производства вплоть до миллионов мОРВ, десятков тысяч МмОРВк ежегодно. Представленный диапазон огнетушителей может иметь самое широкое применение на море – для пожаровзрывозащиты кораблей, судов, нефтедобывающих платформ. Например, мини-огнетушители ёмкостью 0,15–0,35 л поясного или карманного ношения для самозащиты моряков, развешанные в каютах, коридорах для пассажиров; мини-огнетушители ёмкостью 0,35–0,75 л для тушения возгораний и малых пожаров на судах, кораблях, платформах, причалах, портовых сооружениях и складах; профессиональные многоствольные, револьверного типа огнетушители контейнерного перезаряжания. Организация промышленного выпуска комплекса этих огнетушителей или хотя бы одного из них может принести значительные доходы фирме или государству, которое организует это производство.

**Литература**


1. Современные проблемы тушения лесных пожаров в Чернобыльской Зоне. *F+S: технологии безопасности и противопожарной защиты.* 2015. № № 3–4 (75–76). С.48–52.
2. Torud, pommid ja labidad – plahvatuslik tuletorjetehnoloogia. *Inseneeria*. Tallinn, Estonia, 2014. P. 14–20.
3. Захматов В., Сильников М., Чернышов М. Инновационная импульсная техника для тушения лесных пожаров. *Защита и безопасность*. 2013. № 1 (64). С. 35–37.
4. Для тушения лесных пожаров эффективны импульсные огнетушители. *F+S: технологии безопасности и противопожарной защиты.* 2012. № 6 (60). С. 62–65.
5. Захматов В. Сравнительный анализ возможностей применения различных огнетушителей для тушения лесных пожаров. *Пожаровзрывобезопасность*. 2012. № 10. С. 85–88. СССР «Порошковый огнетушитель» Патент (а.с) СССР, А62С, № 1151245, 1985.
6. Захматов В. Ручное огнетушащее импульсное устройство. Патент России № 2.055.767, А62С 27/00, приор.24.06. 1993. RU2055767 (C1) – HAND PULSED FIRE EXTINGUISHING DEVICE.
7. Захматов В., Щербак Н. Імпульсний вогнегасний ручний пристрій. Патент Украины № 13852А, 26.05.1993., 25.04.1997. Бюл. № 2.
8. Захматов В., Щербак Н. Імпульсний розпилювач. Патент Украины № 75944 UA. А62С, 13/20., приор.03.03.2004.
9. Захматов В. Імпульсний розпилювач сорбентив». Патент Украины № 104.027 UA, заявник Захматов В., приоритет 11.06.2010. UA104027 (C2) .
10. Pulse Sprayer for Fire-Extinguishing & multi-purpose Protection. Патент Китая № 95.730, приоритет 2015 г., Захматов В.

УДК 631.95
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-10

# ПРОЦЕСИ АКУМУЛЯЦІЇ ТА МІГРАЦІЇ МІДІ В ТЕМНО-СІРОМУ ОПІДЗОЛЕНОМУ ҐРУНТІ

**Тогачинська О.В., Семенова О.І., Котинський А.В., Ничик О.В., Кравченко І.Й.**
Національний університет харчових технологій
вул. Володимирська, 68, 01601, м. Київ
tytyn29@ukr.net

Поглиблено вивчено негативні наслідки взаємовпливу систем удобрення і захисту рослин на екотоксикологічний стан ґрунту. Висвітлено результати пресів акумуляції і міграції міді в генетичних горизонтах ґрунту під час впливу різних елементів технологій вирощування пшениці озимої. Показано накопичення міді у вегетативних і генеративних органах ґрунту та транслокацію їх переходу в зерно пшениці. Було проведено екологічну експертизу технологій вирощування озимої пшениці за впливом на процеси міграції важких металів у генетичних горизонтах ґрунту. Дослідження вмісту міді дали змогу виявити, що внесення мінеральних добрив та інтенсивне використання засобів захисту можуть бути причиною нагромадження потенційно небезпечних шкідливих речовин у верхніх горизонтах ґрунту, а також сприяти їхній міграції вниз за ґрунтовим профілем і створювати потенційну загрозу забруднення ґрунтових вод. Було визначено коефіцієнт концентрації, який характеризує ступінь накопичення елементів (важких металів) у ґрунті щодо контролю, тобто накопичення концентрацій міді у верхніх горизонтах ґрунту, що свідчить про активність процесів вилуговування і накопичення катіонів міді у генетичних горизонтах ґрунту. Встановлено, що під впливом мінеральних добрив на фоні інтенсивного захисту відбувалося більш активне накопичення потенційно небезпечних речовин вегетативними (стебло, листя) органами пшениці. Застосування побічної продукції сприяло зниженню активності цих процесів. Системи удобрення та, особливо, захисту рослин мали істотний вплив на перерозподіл шкідливих речовин між вегетативними та генеративними органами пшениці. Кількість їх у зерні озимої пшениці за інтенсивного захисту рослин значно зростала. *Ключові слова:* якість, безпечність, екологічна оцінка, пшениця озима, ґрунт, темно-сірий опідзолений ґрунт, мідь.

**Processes of accumulation and migration of copper in the dark-gray controlled soil. Tohachynska O., Semenova O., Kotynskyi A., Nychyk O., Kravchenko I.** The accumulation and migration of copper in the genetic horizons of dark gray podzolized soil was conducted and studied, with further study of the content of winter wheat's vegetative and generative organs. The negative effects of the mutual influence of fertilizer and plant protection systems on the ecotoxicological state of the soil have been thoroughly studied. The results of the presses of the accumulation and migration of copper in the genetic horizons of the soil under the influence of different elements of winter wheat growing technologies are highlighted. Studies of copper content have revealed that the introduction of mineral fertilizers and the intensive use of remedies can cause the accumulation of potentially dangerous harmful substances in the upper horizons of the soil, as well as facilitate their migration downstream of the soil profile and create a potential threat of pollution. A concentration coefficient was determined to characterize the degree of accumulation of elements (heavy metals) in the soil relative to the control, the accumulation of copper concentrations in the upper soil horizons, indicating the activity of leaching and accumulation of copper cations in the genetic horizons. It was established that under the influence of mineral fertilizers on the background of intensive protection there was a more active accumulation of potentially dangerous substances by vegetative (stem, leaves) organs of wheat. The use of by-products contributed to the decrease of the activity of these processes. Fertilization systems and, in particular, plant protection have had a significant impact on the redistribution of harmful substances between the vegetative and generative organs of wheat. *Key words:* quality, safety, environmental assessment, winter wheat, sanitary and hygienic indicators, dark gray podzolized soil, copper.

**Постановка проблеми.** Забруднення навколишнього середовища відбувається не тільки від промислових викидів і скидів, від використання пестицидів, але й від надмірного застосування мінеральних добрив, до складу яких можуть входити важкі метали (далі – ВМ), які потенційно здатні забруднювати ґрунт, рослини та ґрунтові води, а також можуть змінювати агрохімічні і мікробіологічні властивості ґрунту та впливати на міграцію важких металів у ньому з подальшим їх надходженням у генеративних органах рослин [6].

**Актуальність дослідження.** У зв'язку з цим було проведено та вивчено акумуляцію і міграцію міді в генетичних горизонтах темно-сірого опідзоленого ґрунту з подальшим дослідженням вмісту у вегетативних і генеративних органах пшениці озимої.

**Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями.** Дослідження проводились на базі Інституту агроекології і природокористування НААН та ННЦ «Інститут землеробства УААН». Сорт пшениці озимої – Лада одеська. Ґрунт дослідного поля – темно-сірий опідзолений легкосуглинковий на лесовидному суглинку з наступною характеристикою основних агрохімічних показників: $pH_{сол}$ – 5,2, гідролітична кислотність – 39 мг-екв кг ґрунту, вміст гумусу – 2,0% (за Тюріним), рухомого фосфору – 160 мг/кг ґрунту (за Чириковим), обмінного калію – 140 мг/кг ґрунту (за Масловою).

У досліді вивчали 2 системи захисту рослин: інтенсивну – з використанням пестицидів Амістар, Карате-Зеон, Альто-Супер, Лінтур; мінімальну – з використанням протруювача насіння Максім-Стар.

Схема досліду передбачала вивчення варіантів удобрення на фоні мінімальної та інтенсивної системи захисту рослин: контроль (без добрив), $N_{60}N_{30}$, $P_{135}K_{135}+N_{80}+N_{55}$, побічна продукція, $P_{90}K_{90}+N_{60}+N_{30}$.

Вміст важких металів визначали в ґрунті та рослинних зразках. Ґрунт відбирали з орного шару 0–20 см одночасно з рослинними зразками. Рухомі форми важких металів із ґрунту вилучали за допомогою екстракції 1 н $HNO_3$, а їхнє кількісне визначення проводили на атомно-адсорбційному спектрофотометрі [3].

Статистичну обробку результатів проводили за допомогою дисперсійного і регресійного аналізів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням процесів акумуляції і міграції важких металів у генетичних горизонтах ґрунту під час внесення різних доз добрив займалися провідні вчені в галузі екології: Н.А. Макаренко, І.В. Паращенко, В.І. Бондарь, Т.Л. Жегарьова, Р.М. Алєксахін та інші [1; 5–7].

Тому ці дослідження були спрямовані на вивчення міграції міді в генетичних горизонтах темно-сірого опідзоленого ґрунту під час використання різних норм мінеральних добрив із використанням інтенсивного захисту та накопичення концентрацій міді в генеративних органах озимої пшениці.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Різні форми добрив і способи їх внесення істотно впливають на надходження рухливості ВМ, синергізм і антагонізм іонів. Результати досліджень показують, що в умовах техногенного забруднення мінеральні добрива часто не дають сподіваної надбавки урожаю та підвищення його якості, тобто їхня ефективність знижується. Одна з причин цього – фізіологічне підкислення ґрунтового розчину, що зумовлює збільшення рухливості важких металів і їхньої токсичної дії [5–7]. З цією метою наші дослідження були спрямовані на вивчення процесів акумуляції і міграції важких металів у генетичних горизонтах ґрунту під час внесення комплексних мінеральних добрив та інтенсивного використання засобів захисту рослин від хвороб, шкідників, бур'янів, накопичення концентрацій міді і транслокації переходу катіонів міді в рослини пшениці озимої.

**Новизна.** Поглиблено вивчено негативні наслідки взаємовпливу систем удобрення і захисту рослин на екотоксикологічний стан ґрунту та санітарно-гігієнічні показники якості зерна пшениці.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Результати наукової роботи в комплексі з іншими дослідженнями дадуть змогу виявити, що мінеральна система удобрення та інтенсивний захист рослин можуть бути причиною нагромадження потенційно небезпечних шкідливих речовин у верхніх горизонтах ґрунту, а також сприяти їхній міграції вниз за ґрунтовим профілем і створювати потенційну загрозу забруднення ґрунтових вод.

**Виклад основного матеріалу.** Було проведено екологічну експертизу технологій вирощування озимої пшениці за впливом на процеси міграції важких металів у генетичних горизонтах ґрунту.

Екологічну експертизу технологій вирощування озимої пшениці проводили відповідно до методичних рекомендацій «Екологічна експертиза технологій вирощування сільськогосподарських культур» [4]. Технології оцінювали за впливом на стан агроекосистеми:

| Екологічний стан | **Відхилення від оптимуму в бік погіршення** | **Бал** |
|---|---|---|
| незадовільний | перевищує 25% | 0 |
| задовільний | понад 10%, але не перевищує 25% | 1 |
| нормальний | не перевищує 10% | 2 |
| оптимальний | не спостерігається | 3 |

Розподіл важких металів за генетичними горизонтами залежить від процесу ґрунтоутворення, мінералогічного складу материнських порід, гранулометричного складу і вмісту органічної речовини в ґрунті [5; 7].

Екологічну експертизу проводили за коефіцієнтом концентрації у різних генетичних горизонтах ґрунту, який характеризує ступінь накопичення елементів (важких металів) у ґрунті щодо контролю [4]:

$$Кс = k_i / Кi, \quad (1)$$

$k_i$ – вміст, i – хімічного елемента у n – компоненті, Кі – вміст і – хімічного елемента в еталоні (контролі).

Величина коефіцієнта концентрації свідчить про активність процесів вилуговування (Кс<1) і накопичення (Кс>1) катіонів у генетичних горизонтах ґрунту. За величиною коефіцієнта концентрації є наступна градація (табл. 1).

Таблиця 1

**Оцінка технології за коефіцієнтами концентрації [1]**

| Екологічний стан | Перевищення коефіцієнта концентрації | Оцінка, бали |
|---|---|---|
| незадовільний | ≥ 5,0 | 0 |
| задовільний | 3,0–5,0 | 1 |
| нормальний | 1,0–2,9 | 2 |
| оптимальний | ≤ 1,0 | 3 |

Нами було проведено екологічне оцінювання темно-сірого опідзоленого ґрунту за коефіцієнтом концентрації під час застосування різних технологічних операцій (табл. 2).

Екологічне оцінювання темно-сірого опідзоленого ґрунту за коефіцієнтом концентрації міді показало, що $N_{60}N_{30}$, $P_{135}K_{135}+N_{80}+N_{55}$ на фоні інтенсивного захисту і $P_{135}K_{135}+N_{80}+N_{55}$ на фоні мінімального захисту відповідали нормальному та оптимальному екологічним станам (коефіцієнти концентрації коливалися в межах 1,1–1,5). Це свідчить про незначне накопичення міді в генетичних горизонтах темно-сірого опідзоленого ґрунту (табл. 2).

Дослідження впливу мінеральних і органічних добрив за мінімального і інтенсивного захисту рослин показали, що внесення добрив протягом тривалого часу не приводило до значного зростанням міді у ґрунті (рис. 1 – 2).

Під час вирощування озимої пшениці вміст важких металів у шарах ґрунту був нерівномірним.

Таблиця 2

**Коефіцієнти концентрації міді під час застосування різних технологій вирощування пшениці**

| Варіанти досліду | Генетичний горизонт | | | | | Екологічний стан | Оцінка, бали |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | He | Hi | IHgi | Pigl | Pkgl | | |
| | коефіцієнт концентрації міді | | | | | | |
| $N_{60}N_{30}$ | *1,1/**1,1 | 1,2/0,9 | 1,2/1,0 | 1,3/1,0 | 1,2/1,0 | нормальний / оптимальний | 2/3 |
| $P_{135}K_{135}+N_{80}+N_{55}$ | 1,2/1,1 | 1,4/1,0 | 1,3/1,1 | 1,2/1,1 | 1,2/1,0 | нормальний / нормальний | 2/3 |
| $P_{90}K_{90}+N_{60}+N_{30}$ | 1,1/1,1 | 1,1/1,0 | 1,0/1,0 | 1,0/1,0 | 1,0/1,0 | оптимальний / оптимальний | 3/3 |
| побічна продукція | 1,1/0,9 | 1,0/1,0 | 0,9/0,9 | 1,0/1,0 | 0,9/0,9 | оптимальний / оптимальний | 2/3 |

*інтенсивний захист; **мінімальний захист

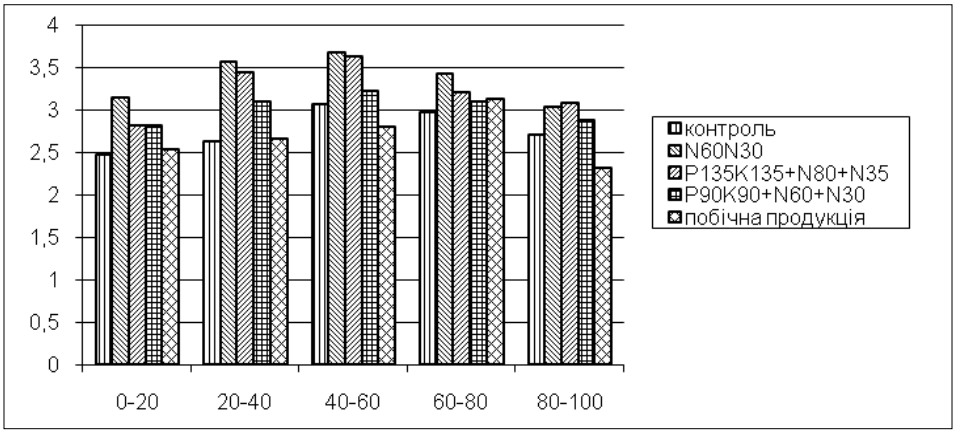



*Рис. 1. Розподіл міді за профілем темно-сірого опідзоленого ґрунту за інтенсивного захисту*

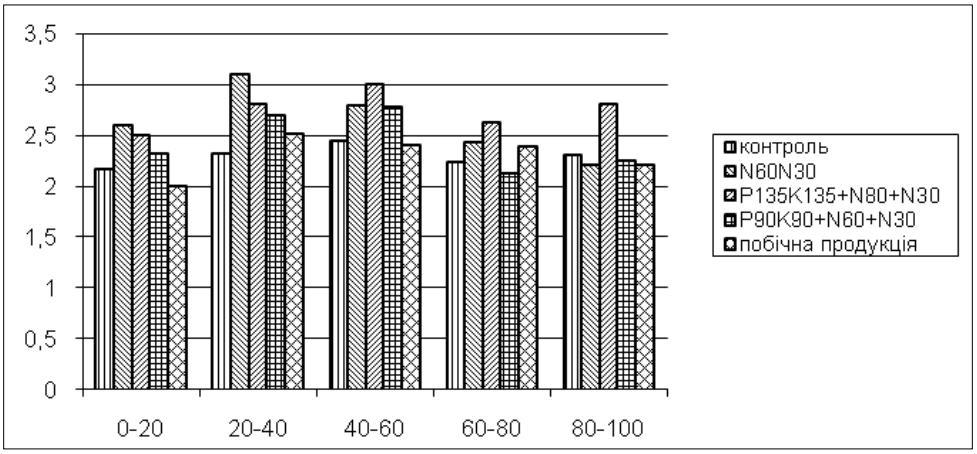



*Рис. 2. Розподіл міді за профілем темно-сірого опідзоленого ґрунту за мінімального захисту*

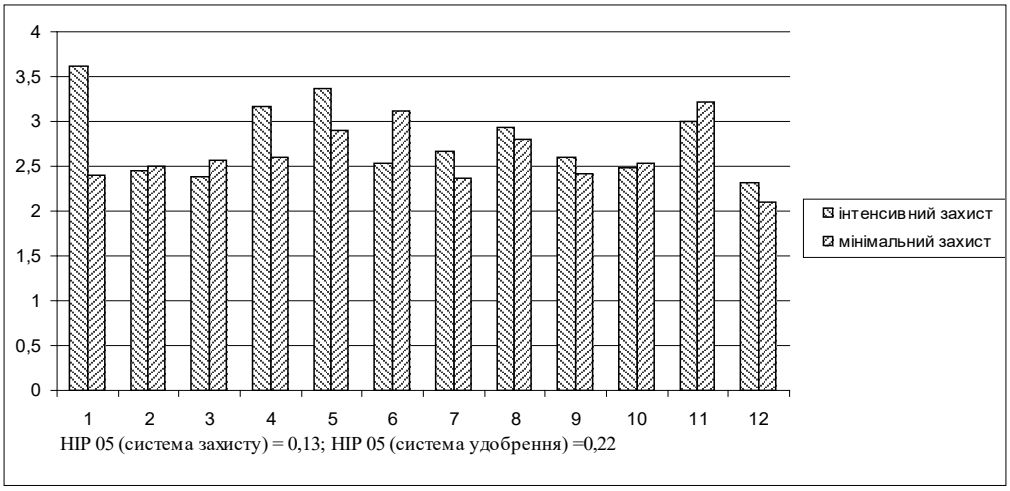



*Рис. 3. Вплив технологій вирощування на вміст міді в зерні пшениці озимої (у – вміст міді, мг/кг; х – варіанти досліду)*

У нижніх шарах ґрунту кількість їх зменшувалась, порівняно з верхніми шарами. Під час застосування $P_{135}K_{135}+N_{80}+N_{55,}$ $N_{60}N_{30}$ відбулося збільшення міді в шарах 20–40, 40–60 см на фоні інтенсивного захисту. На інших варіантах на фоні інтенсивного і мінімального захисту по всьому профілю ґрунту значного збільшення не помітно.

Було встановлено, що максимальне накопичення міді в зерні відбувалося за інтенсивного захисту у варіантах із внесенням мінеральних добрив ($P_{135}K_{135}+N_{80}+N_{55,}$ $P_{90}K_{90}N_{60}+N_{30}$, $N_{45}P_{45}K_{45}$), її вміст становив 3,62, 3,87, 3,00 мг/кг відповідно. Зокрема, на інших варіантах вміст міді порівняно з контролем знизився і становив у зерні пшениці < 2,39 мг/кг. За мінімального захисту рослин вміст міді в зерні не перевищував 3,12 мг/кг (рис. 3).

Найбільші коефіцієнти біологічного поглинання міді генеративними органами спостерігалися за інтенсивного захисту рослин, вони становили 1,67–1,90. Коефіцієнти біологічного поглинання міді генеративними органами коливалися в межах 0,82–1,13.

**Головні висновки.** Було встановлено, що під впливом мінеральних добрив ($P_{135}K_{135}+N_{80}+N_{55}$, $P_{90}K_{90}N_{60}+N_{30}$, $N_{45}P_{45}K_{45}$) на фоні інтенсивного захисту відбувалося більш активне накопичення потенційно небезпечних речовин вегетативними (стебло, листя) органами пшениці. Застосування побічної продукції призводило до зниження активності цих процесів. Системи удобрення та, особливо, захисту рослин мали істотний вплив на перерозподіл шкідливих речовин між вегетативними та генеративними органами пшениці. Кількість їх у зерні озимої пшениці за інтенсивного захисту рослин значно зростала.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Перспективи нашої наукової роботи надалі будуть спрямовані на вивчення впливу транслокації переходу нікелю, цинку, свинцю з ґрунту у вегетативні і генеративні органи сільськогосподарських культур та проведення екологічної оцінки технологій вирощування сільськогосподарських культур за токсикологічними показниками.

## Література

1. Жигарева Т.Л., Алексахин Р.М., Свириденко Д.Г. Влияние природных мелиорантов и тяжелых металлов на урожайность зерновых культур и микрофлору дерново-подзолистой почвы. *Агрохимия*. 2005. № 11. С. 60–65.
2. Кринвіч Н.Я., Білявський Ю.А.,. Мандзик Я.П. Вміст важких металів у ґрунті під озимою пшеницею та її продуктивність залежно від систем удобрення та способів основного обробітку. *Вісник ДАУ*. 2004. № 1. С. 61–68.
3. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства. Москва : ЦИНАО, 1992. 61 с.
4. Методичні рекомендації «Екологічна експертиза технологій вирощування сільськогосподарських культур» / за ред. д-ра. с.-г. наук Н.А. Макаренко, канд. с.-г. наук В.В. Макаренка. Київ, 2008. 84 с.
5. Паращенко І.В. Екотоксикологічна оцінка небезпечності свинцю в компонентах агроекосистеми : автореф. дис. … канд. с.-г. наук : 03.00.16 / Інститут агроекології. Київ, 2009. 19 с.
6. Популан М.І., Величко В.А., Соловей В.Б. Родючість ґрунту як природно-антропогенна його властивість, її види та параметрична оцінка. *Вісник аграрної науки*. 2009. № 2. С. 17–24.
7. Makarenko N.A., Bondar V.I. Technology of crops cultivation: environmental standardization by the degree of impact over agro-ecosystem's condition. *Annals of Agrarian Science*. 2013. P. 56–61.

# ТЕОРЕТИКО-МЕТОЛОГІЧНІ ПИТАННЯ В ГАЛУЗІ ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

**УДК 504:7**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-11**

## РОЗВИТОК ТЕОРІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СТІЙКОСТІ ЕКОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ, ЯК СТІЙКОСТІ ФУНКЦІОНАЛА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

**Машков О.А.[1], Жукаускас С.В.[1], Нігородова С.А.[1], Міхеєв В.С.[2]**
[1]Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
м. Київ, 02000, вул. Митрополита Василя Липківського 35
mashkov_oleg_52@mail.ru
[2]Дежавне космічне агентство України
м. Київ, 02000, вул. Московська, 8
yd@nkau.gov.ua

Наукові дослідження присвячені розвитку теорії функціональної стійкості екологічних систем, як стійкості функціонала екологічної безпеки. Запропоновано концептуальні, теоретичні та технологічні основи теорії функціональної стійкості екологічних систем. У концептуальних основах зосереджена система поглядів забезпечення функціональної стійкості екологічної системи. В теоретичних основах дана ідея всебічно досліджується за допомогою науково-обгрунтованих підходів, методів, методик, алгоритмів і математичних моделей. У результаті з'являється комплекс теоретичних розробок щодо аналізу і синтезу функціональної стійкої екологічної системи. Технологічні основи відображають практичну сторону використання основних ідей і теоретичних результатів на всьому життєвому циклі екологічної системи. Запропоновано конкретні практичні рекомендації щодо забезпечення функціональної стійкості на етапах проектування, створення та функціонування екологічних систем. Визначено, що ознакою функціональної стійкості системи екологічногог моніторингу є вирішення задачі екологічного спорстереження в повному обсязі з заданою точністю. При цьому показником функціональної стійкості системи екологічногог моніторингу є ймовірність знаходження в цьому стані, що характеризує наявність надмірності і можливість реалізувати поновлююче керування з метою парирування наслідків нештатних ситуацій. Встановлено, що стратегія забезпечення функціональної стійкості системи екологічногог моніторингу являє собою комплекс заходів, поєднаних загальною метою, спрямованих на вирішення відповідних задач на всіх етапах життєвого циклу системи для формування і підтримки властивості функціональної стійкості. Загальна ідея стратегії забезпечення функціональної стійкості полягає у створенні необхідної надмірності і можливості використовувати її для подальшого функціонування, а також і парирування наслідків нештатних (аварійних, катастрофічних) ситуацій. Для цього розв'язуються задачі оптимізації надмірності в системі та парирування наслідків нештатних ситуацій за рахунок введеної надмірності; забезпечення відновлення системи та збереження екологічної безпеки. *Ключові слова:* антропогенний і техногенний вплив, екологічна безпека, екологічна система, живучість, запас екологічної стійкості, навколишнє середовище, надійність, техногенно небезпечні обєкти, функціональна стійкість.

The development of the theory of functional sustainability of ecological systems as the stability of the functional environmental safety. Mashkov O.A., Zhukauskas S.V., Nigorodova S.A., Mikheev V.S. Scientific researches are devoted to the development of the theory of functional stability of ecological systems, as stability of functional of ecological safety. The conceptual, theoretical and technological foundations of the theory of functional stability of ecological systems are offered. The conceptual framework focuses on a system of views to ensure the functional sustainability of the ecological system. In theory, this idea is comprehensively explored through scientifically sound approaches, methods, techniques, algorithms and mathematical models. As a result, a complex of theoretical developments on the analysis and synthesis of a functional sustainable ecological system appears. The technological foundations reflect the practical side of using basic ideas and theoretical results throughout the life cycle of an ecological system. Specific practical recommendations are offered to ensure functional stability at the stages of design, creation and operation of ecological systems. It is determined that the sign of functional stability of the ecological monitoring system is the solution of the problem of ecological observation in full with the given accuracy. The indicator of the functional stability of the environmental monitoring system is the probability of being in this state, which characterizes the existence of redundancy and the ability to implement a remanufacturing control to counteract the consequences of emergency situations. It is established that the strategy of ensuring the functional stability of the environmental monitoring system is a set of measures, combined with a common goal, aimed at solving the relevant problems at all stages of the system life cycle to form and maintain the property of functional stability. The general idea of a strategy for ensuring functional stability is to create the necessary redundancy and the ability to use it for further operation, as well as parrying the consequences of emergency (emergency, catastrophic) situations. For this purpose the tasks of optimization of redundancy in the system and parrying of consequences of emergency situations due to the introduced redundancy are solved; ensuring system restoration and maintaining environmental safety. *Key words:* anthropogenic and technogenic impact, ecological safety, ecological system, survivability, ecological sustainability reserve, environment, reliability, technologically dangerous objects, functional stability.

**Постановка проблеми**

Активізація господарсько-виробничої діяльності людини в сучасних умовах природокористування та глобальні масштаби її антропогенного впливу на головні складові біосфери створюють гостру екологічну кризу, зумовлену деградацією об'єктів навколишнього середовища. У зв'язку з цим для ефективної взаємодії людини з природою потрібні всебічний аналіз навколишнього природного середовища, головними завданнями якого є комплексна оцінка екологічного резерву біосфери і її потенційних можливостей до самовідновлення і самоочищення, різних типів впливу на природні екосистеми і вивчення специфічних особливостей цих впливів. Лише деякі екосистеми на Землі виявляються сьогодні непорушеними активною господарською діяльністю людини. Інтенсивний розвиток науково-технічного прогресу і безконрольне використання природних ресурсів призвели до того, що безліч природних екосистем у світі опинилося на межі катастрофи. Під впливом людини тут відбувається скорочення біорізноманіття тварин і рослин. І тому уряди країн змушені щорічно витрачати мільярди доларів на відновлення природних ресурсів, які постраждали від антропогенного втручання [1, 2].

На сьогодні вирішення проблеми стійкості екосистем вимагає співвіднесення характеристик стабільної життєдіяльності екосистем з величиною антропогенного впливу (або ж негативного природного). При цьому властивістю екосистем, як регенерації є їх здатність до відновлення деформованих структур і функцій. Ця властивість проявляється через процес самоорганізації (самокоординація, саморегуляція, самовідновлення, самоочищення) екологічного потенціалу. Властивість регенерації може бути реалізована повною мірою лише в екосистемах, що мають певні структури і особливості матеріально-енергетичних взаємозв'язків із зовнішнім середовищем. Це складна взаємопов'язана структура каналів розподілу біогенної енергії, потоків інформації, її координуючих і регулюючих процесів, яка може бути порушена при експлуатації екосистем, що виходить за межі їх несучої ємності і зберігаює життєздатність, продуктивність і властивості самовідновлення [14–16].

Визначення меж стійкості екосистем – найважливіша і одночсно дуже складна наукова задача, вирішення якої дає можливість встановити допустиму міру антропогенного втручання в природні системи і виробити імперативні обмеження цього втручання. Для біосфери в цілому суть проблеми стійкості полягає у визначенні допустимого співвідношення антропогенно освоєних експлуатованих територій і природних екосистем, здатних здійснювати функції стабілізації параметрів її відносного гомеостазу.

Антропогенний і техногенний вплив на екосистему може викликати деградацію її компонентів або їх сполук (руйнування або істотне порушення природних екологічних зв'язків, що зумовлюють обмін речовин та енергії у межах геоекосистеми). Деградація структури системи загалом – це крайній ступінь зміни, що виявляється у суцільній втраті здатності відповідної території виконувати відновні функції. Суцільна деградація починається з деградації одного компонента і поступово охоплює всі інші. Так, найчастіше негативні зміни ландшафту починаються з деградації ґрунтів унаслідок забруднення, потім за ланцюговою реакцією зазнає змін фітоценоз і залежні від нього консументи тощо. Саме тому, що все пов'язано з усім, зміни компонентів екосистеми внаслідок антропогенного впливу необхідно розглядати комплексно.

**Аналіз публікацій за проблематикою та визначення невирішених раніше частин загальної проблеми**

В «Екологічному енциклопедичному словнику» стійкість визначається як здатність екосистеми і її окремих частин протистояти коливанням зовнішніх факторів і зберігати свою структуру і функціональні особливості. В іншому поширеному формулюванні під стійкістю розуміється допустима міра (без ризику порушення системи) відхилень заданих властивостей екосистеми від норми, викликана певним обуренням зовнішніх чинників (Федоров, Левич). Р. Риклефс (1979) констатує, що вона являє собою кульмінаційну точку всіх екологічних взаємозв'язків, суму всіх компонентів і взаємодій, синтез всіх властивостей, що виявляються на різних рівнях спільноти. У зв'язку з цим більшість авторів, що розглядають проблему стійкості систем, у тому числі й природних, сходяться на думці, що «стійкість» – надзвичайно широко трактуються, що використовується в багатьох значеннях і сильно переобтяжене в смисловому плані поняття (Ешбі, Федоров, Соколова, Вільямсон, Левич, Крапівін, Арманд, Гродзинський, Бігон, Миркин і ін.). У зв'язку з цим пропонується використовувати ряд фрагментарних визначень, що стосуються лише деяких аспектів активних форм стійкості екосистем. Існує необхідність визначити загальні форми, в яких стійкість може проявлятися в екосистемі. В роботі М.Д. Гродзинського (1987) виділяються чотири основні загальні форми стійкості природної системи: 1) інертність – здатність системи при зовнішньому впливі зберігати незмінним свій стан протягом заданого тимчасового інтервалу; 2) відновлюваність – здатність системи набувати після обурення свій початковий стан; 3) пластичність – наявність у системи декількох станів і її здатність переходити в разі необхідності з одного стану в інший, зберігаючи за рахунок цього інваріантні риси структури; 4) зміна інваріантної

структури – стійкість розвитку, обумовлена трендом станів системи в певному напрямку [1]. Оскільки стійкість в екосистемах реалізується в різних формах, то оцінка по одній з цих форм може виявитися занадто малоінформативною і привести до одностороннього розуміння стану екосистеми. Для формування більш-менш об'єктивного судження необхідна комплексна оцінка стійкості системи у всіх її формах. Крім того, активні форми стійкості носять в основному структурний характер і в зв'язку з цим її аналіз повинен бути спрямований не тільки на розгляд окремих компонентів системи, але і зв'язків між ними (Флейшман). Змінні природних екосистем не залишаються всередині однієї області стійкості, змінюючись безперервно. Зсуваються і змінюються не тільки змінні, але й кордони між областями стійкості. Тому межі стійкості повинні періодично уточнюватися [10–12].

**Мета статті –** формалізація поніття «функціональної стійкості» екологічної системи як стійкості функціонала екологічної безпеки.

**Результати дослідження.**

Стійкість екосистем – це здатність зберігати структуру і нормальне функціонування при змінах екологічних факторів. Адаптації організмів до змін чинників довкілля певною мірою забезпечують стійкість екосистем, до складу яких вони входять, до зміни екологічних факторів середовища. Однак, як і будь-яка більш складна система, екосистема порівняно з окремими видами організмів має більш високу ступінь надійності функціонування в мінливому середовищі, оскільки на системному рівні формуються і розвиваються нові системні механізми забезпечення стійкості й живучості екосистем, які були відсутні у окремих видів.

Розвиток теорії «функціональної стійкості» екологічної системи предбачає нові підходи до екологічної безпеки і розробки сукупності логічно пов'язаних між собою концептуальних, теоретичних і технологічних основ. Для забезпечення «функціональної стійкості» необхідні розробка та використання системи екологічного моніторингу та прогнозування екологічних ризиків та загроз.

У концептуальних основах зосереджена система поглядів забезпечення функціональної стійкості екологічної системи. В теоретичних основах ця ідея всебічно досліджується за допомогою науково-обгрунтованих підходів, методів, методик, алгоритмів і математичних моделей. У результаті з'являється комплекс теоретичних розробок щодо аналізу і синтезу функціональної стійкої екологічної системи. Технологічні основи відображають практичну сторону використання основних ідей і теоретичних результатів на всьому життєвому циклі екологічної системи. Тому необхідні конкретні практичні рекомендації щодо забезпечення функціональної стійкості на етапах проектування, створення та функціонування екологічної системи.

Концептуальні основи забезпечення функціональної стійкості екологічної системи включають поняття функціональної стійкості, стратегію її забезпечення, ознаки, показники, критерії, межі, область і запас стійкості. Функціональна стійкість екосистем забезпечується при антропогенно-техногенному впливу на екосистему.

За обсягом викидів в екосистему одне з перших місць посідають автотранспорт і теплоенергетика, які постачають в атмосферу продукти згоряння викопного палива (вугілля, нафти, газу) і їх похідних (мазуту, бензину та ін.). Основні забруднювачі – оксиди вуглецю й азоту, сірчистий ангідрид, пил, нафтопродукти, токсичні важкі метали (свинець, кадмій, ртуть, цинк та ін.) і поліциклічні ароматичні вуглеводні. Особливо високими є концентрації важких металів у викидах та осадах очисних споруд гальванічних виробництв, де концентрація кадмію, вісмуту, олова і срібла в тисячі, а свинцю, міді, хрому, цинку і нікелю – в сотні разів вища за кларки літосфери. Високими показниками концентрації характеризуються також підприємства з переробки кольорових металів, машинобудівні та металообробні заводи, інструментальні цехи, пил яких вирізняється найширшою асоціацією забруднювачів. До них належать вольфрам, сурма, кадмій, ртуть, свинець, вісмут, олово, мідь, срібло, цинк і миш'як. Окремі виробництва мають свої специфічні забруднювачі (зварювання і виплавлення спецсплавів – марганець; переробка брухту кольорових металів – миш'як; металообробка – ванадій; виробництво нікелевого концентрату – нікель, хром, кобальт; алюмінію – алюміній, берилій, фтор та ін.).

Нафтопереробна і нафтохімічна галузі промисловості викидають у довкілля переважно газоподібні сполуки (оксиди азоту, вуглецю, діоксид сірки, вуглеводні, сірководень, хлористі й фтористі сполуки, феноли та ін.), вміст яких іноді в десятки і сотні разів перевищує їх гранично допустимі концентрації (ГДК) в атмосфері. Деякі хімічні виробництва, крім газів, викидають у довкілля багато мікроелементів.

Будіндустрія відрізняється меншими концентраціями хімічних елементів у відходах. Серед підприємств будівельних матеріалів великим техногенним навантаженням на середовище вирізняються цементна промисловість, виробництво вогнетривкої цегли і теплоізоляційних виробів, у пилу яких є сурма, свинець, срібло, іноді ртуть.

За ступенем концентрації і комплексом хімічних елементів-забруднювачів комунально-побутові відходи (побутове сміття, каналізаційні осади, мули міських очисних споруд) не поступаються промисловим відходам.

Звалища також є вторинними джерелами забруднення довкілля. На деяких із них за багато років накопичуються великі маси різноманітних побутових, а іноді й промислових відходів. Ґрунти звалищ і фільтрати у десятки і сотні разів порівняно з фоновими ґрунтами збагачені цинком, міддю, оловом, сріблом, свинцем, хромом та іншими елементами. Розвіювання матеріалу звалищ і просочування стоків призводять до забруднення навколишніх ґрунтів, поверхневих і підземних вод. За законами техногенної міграції забруднення одного з компонентів ландшафту впливає на хімічний стан усіх інших, зумовлюючи їх забруднення [3, 13–16].

Стійкість екосистеми до антропогенно-техногенного впливу визначається її здатністю протистояти цьому впливу та зберігати нормальне функціонування (здатність до відновлення після припинення техногенного впливу та повернення зі зміненого стану до нормального режиму функціонування). Відновлення та самоочищення компонентів екосистем – початкова фаза відновлення біогенезу і природних ресурсів. Актуальність питань відновлення та самоочищення екосистем пов'язана із глобалізацією антропогенно-техногенного впливу на довкілля та потребою побудови науково обґрунтованих відносин з довкіллям. Це усвідомлення антропогенно-техногенної стійкості ландшафту порушує питання про її оптимізацію. Оптимізація цих процесів базується на результатах моніторингу та геоекологічному прогнозуванні стану довкілля.

Завдання ландшафтно-екологічного прогнозування – це узагальнення інформації про рівень стійкості геосистем, умови та динаміку процесів самоочищення. Однак отримання саме цієї інформації є найскладнішою і недостатньо розробленою частиною прогнозування та оцінки ризиків.

Поняття стійкості екологічної системи до антропогенно-техногенного навантаження будь-якого виду господарської діяльності стикається з визначенням межі екологічного ризику екологічної системи. Існує мінімальна величина зовнішнього впливу, що зумовлює відмову екосистеми. Це потенціал саморегуляції природно-територіального комплексу або ландшафту.

Екосистема – це сукупність живих організмів, що постійно обмінюються енергією, речовиною й інформацією один з одним і з навколишнім середовищем. Сучасні глобальні зміни є наслідком руйнування компенсаційних механізмів біоти, а не прямого впливу людини, яка забруднює довкілля. Руйнування компенсаційних механізмів відбувається внаслідок перевищення допустимих меж збурення біоти господарською діяльністю людини. Практика свідчить, що межу допустимого впливу людство вже перевищило, а біосферна концепція стійкого розвитку передбачає поліпшення життя людей при збереженні природного середовища в такому обсязі, який забезпечує її стабільність, враховуючи і господарські системи.

**Антропогенний вплив на природні екосистеми** у взаємодії суспільства і природи розрізняють три види екосистем: природні, соціоприродні і антропогенні. Природні екосистеми, – це природні екосистеми, при вивченні яких не враховується антропогенний вплив. До антропогенних екосистем належать штучні екосистеми, які безпосередньо і цілеспрямовано створені людиною для задоволення своїх потреб. Їх поділяють на техногенні і агроекосистеми. Техногенні екосистеми, цілеспрямовано створені для вирішення певних завдань охорони навколишнього середовища і природокористування, наприклад, складні очисні споруди і комплекси біологічного очищення стічних вод в багатьох великих містах світу. Агроекосистеми створюються практично у всіх країнах і призначені для різкого підвищення родючості земель і збільшення врожайності сільськогосподарських культур на основі хімізації та застосування нових технологій сільськогосподарського виробництва [14–16].

Під соціоприродніми розуміють екосистеми, які формуються не в результаті цілеспрямованої діяльності людини, а виникають опосередковано внаслідок взаємодії людського суспільства з природним середовищем. Неусвідомлена діяльність людини, яка пов'язана із задоволенням його постійно зростаючих потреб, призводить до того, що природні екосистеми в навколишньому середовищі трансформуються (перетворюються) в соціоприродні екосистеми, що складаються з живої і неживої природи і неприроди, тобто культури [3].

Особливістю розгляду соціоприродних екосистем є включення до складу екосистеми людини. Необхідність такого соціоприродного підходу до розгляду екосистем в сучасній екології обумовлена тим, що людина в сучасних умовах стала геологічною перетворюючою силою, без урахування якої неможливо розробляти стратегії сталого розвитку цивілізції і раціонального природокористування.

Сучасний вплив людини на природні екосистеми незрівнянно більший, ніж раніше. Сумарна потужність антропогенних викидів і скидів у багатьох випадках є близькою, а часто і більшою ніж потужність природних джерел. Наприклад, антропогенні джерела викидають свинцю в десять разів більше ніж природні, оксидів азоту приблизно однакову кількість, а сірчастих газів промисловість викидає 30 млн. т проти 150 млн. т природних викидів. Гірничовидобувне виробництво вилучає за рік із земних надр близько 10 млрд. т корисних копалин і 100 млрд. т супутньої породи, а вулкани за той же час викидають на поверхню лише 3 млрд. т речовини. Нині майже 30 % суходолу

планети перетворено на пустелі і напівпустелі, 2 млрд. га ораних земель через нераціональну діяльність людей втратили родючість, щороку із використання вилучається 200-300 тис. га зрошувальних земель внаслідок підтоплення, засолення, виснаження та спустошення. Джерела антропогенного впливу розташовані локально і їх вплив деформує, перш за все, локальні природні екосистеми. Завдяки природним колообіговим процесам ця деформація поступово охоплює екосистеми вищого рівня до біосфери включно [15, 16].

Антропогенний вплив має різноманітний характер і, зазвичай, є наслідком споживацького ставлення людей до природи. Відповідь у вигляді бумерангової реакції стає все відчутнішою:

– по-перше, якість середовища існування людини погіршується;

– по-друге, повернення раніше переможених хвороб (віспа, туберкульоз тощо), а появу нових (СНІД та ін.) слід вважати захисною реакцією біосфери на агресивну поведінку одного з біологічних видів.

Люди починають розуміти нераціональність свого ставлення до природи. В останні роки все більше поширюється природозахисний напрямок людської діяльності шляхом створення заповідних територій і акваторій. У зв'язку з тим що агроценози утворені невеликим числом видів, то саморегуляція в них здійснюється повільно. Це потребує активної турботи про них з боку людини. Для боротьби з бур'янами і шкідниками використовують хімічні засоби захисту (гербіциди, інсектициди). Проте хімікати впливають не лише на бур'яни і шкідників, а й на інші, корисні рослини і тварин. Не байдужі вони і для здоров'я людини. Інтенсивний обробіток ґрунту спричиняє руйнування його структури. В біогеоценозах відмерлі організми руйнуються на місці, а мінеральні та органічні речовини, що входять до їх складу, повертаються в грунт. В агроценозах урожай збирають, а грунт при цьому збіднюється. Для його збагачення використовують добрива, що не завжди безпечно для навколишнього середовища. Наприклад, добрива вимиваються атмосферними опадами, потрапляють у відкриті водойми і спричиняють інтенсивний розвиток синьо-зелених водоростей. Масове відмирання і руйнування (гниття) останніх робить воду отруйною, непридатною для існування в ній інших організмів.

У природних екологічних системах наявність людини чи об'єктів антропогенного походження (транспортний засіб, людське житло тощо) допустима лише короткочасно і тому в структурній схемі системи не враховується. Аналіз такої системи полягає в розгляді постійних зв'язків між природними складовими з урахуванням тимчасового впливу антропогенних факторів, які приймаються за зовнішні. Отже, до природних екологічних систем належать не лише безлюдні ізольовані території (болота, гірські вершини, заповідні території тощо), а й ділянки суші та вод, на яких безпосередній людський вплив відчувається короткочасно (місця немасового тимчасового відпочинку, дослідні ділянки природних об'єктів тощо) [2].

Не останню роль у виникненні екологічних проблем, крім об'єктивних, відіграють суб'єктивні фактори. До них передусім слід віднести варварське ставлення людини до довкілля, нераціональне природокористування, безсистемні рубки лісу та грубе порушення технології лісозаготівель, відсутність спеціалістів достатньої кваліфікації та відповідної техніки для проведення лісозаготівель, недостатній догляд за станом дамб і берегових укріплень, захаращення гірських потоків, русел водотоків, особливо в населених пунктах. До суб'єктивних причин слід віднести вкрай вражаючу екологічну неосвіченість як пересічних громадян, так і відповідальних осіб.

**Поняття функціональної стійкості екологічної системи.**

Особливістю розвитку сучасних складних техногенних систем є оптимізація їх характеристик за критерієм ефективності, якій відображає ефект від створення і використання техногенної системи. Цей критерій повинен дозволяти оцінити і порівняти всі наслідки створення і використання техногенної системи, які виявляються в її еколого-техніко-економічних характеристиках. Вибір критерію оцінки оптимальності набуває особливої актуальності при дослідженні техногенних систем управління, оцінюванні їх ефективності. Техногенна система повинна оптимізуватися в цілому за єдиним критерієм або комплексом критеріїв, що характеризують і показують якість функціонування через виконання основних поставлених перед системою задач (екологічних, техніко-економічних, експлуатаційних вимог до неї). У процесі проектування складних технічних систем під час приймаються компромісні рішення, коли окремі її частини, елементи можуть бути і неоптимальними, а система в цілому оптимальною відповідно до встановлених вимог [4–9].

Показниками ефективності можуть служити розрізнені за характером величини. Вибір показника визначається пріоритетом цілей створення техногенної системи. При створенні такої системи потрібно враховувати за можливістю всі критерії ефективності.

Різновидність критеріїв може привести до суперечності їх один одному. У цьому випадку рішення, що задовольняє всім критеріям, є компромісним варіантом.

Для складних техногенних систем, чиє функціонування пов'язано з певним ризиком для життя

людей, найбільш значними є показники критерію «максимальна безпека для життя людей». Наприклад, ймовірність функціонування техногенної системи без аварій і катастроф та ін. Це перша група показників.

До другої групи віднесено показники, які безпосередньо характеризують якість функціонування техногенної системи без урахування можливих нештатних ситуацій. Наприклад, забрудненння атмосфери, грунтів, водного середовища, стан хвостосховищ, кількість відходів, енергетичні витрати тощо. Це так звані «еколого-технічні характерристики системи». Для екологічних систем – це і показники екологічної безпеки.

У третій групі виділено показники, що характеризують систему у процесі експлуатації під впливом потоку відмов. Йдеться про показники надійності. Заходи щодо покращення надійності системи зменшують кількість відмов, підвищують довговічність і оновлюваність системи.

Бажання зберегти техногенну систему функціонуючою, навіть з погіршенням деяких характеристик у результаті «локальних» відмов, призвело до формування четвертої групи показників – показників відмовостійкості.

Показники третьої і четвертої груп орієнтовані на відмови техногенної системи, які викликані конструктивно-виробничими недоліками, старінням і виходом за межі експлуатаційних режимів. Тобто причинами які не пов'язані з антропогенним впливом або іншими випадковими пошкодженнями системи. Щоб оцінити здатність складної системи функціонувати, навіть і з гіршою якістю в результаті пошкоджень, використовують показники живучості, які умовно віднесено до п'ятої групи.

До шостої групи показників ефективності відносять показники, що характеризують властивість функціональної стійкості системи.

Поняття функціональної стійкості динамічної системи розглядається «як властивості системи, що полягає у здатності виконувати хоча б встановлений мінімальний об'єм своїх функцій при відмовах в інформаційній, обчислювальній і енергетичній частинах системи, а також впливів зовнішнього середовища, які передбачені умовами». При цьому функціональна стійкість математично розглядається як стійкість математичного функціоналу якості функціонування складної системи, а не фазових координат системи. Це принципова відмова функціональної стійкості від динамічної стійкості по Ляпунову. Тому фактично функціональна стійкість техногенної системи, як її властивість, доповнює (об'єднує) властивості як надійності, відмовостійкості і живучості, так й динамічної стійкості [7–9].

– Фізично функціональна стійкість техногенної системи розглядається, як властивість системи екологічно безпечно виконувати завдання при виникненні аварій та пошкоджень у самій системі та дії зовнішніх збурень. Реалізація функціональної стійкості досягається введенням в техногенну систему різних форм надмірності (апаратної та програмної) і формуванням алгоритмів використання надмірних ресурсів з метою парирування наслідків нештатних (аварійних, катастрофічних) ситуацій.

– Парирування (усунення) наслідків нештатних ситуацій функціонально-стійкою техногенною системою здійснюється за 4 етапи:

– виявлення порушення нормального функціонування системи або факту появи нештатної аварійної ситуації;

– ідентифікація (пізнання) причини появи порушення нормального функціонівання;

– відключення в системі функціонального елемента (апаратного або програмного), який є причиною появи нештатної ситуації;

– перерозподіл апаратних та/або програмних ресурсів у системі з метою збереження основних функційних можливлостей системи.

– Виявлення екологічної загрози залежить в основному від ступеня вираженості так званого «привертаючого ефекту». При добре вираженому «привертаючому ефекті» ситуація відразу звертає на себе увагу (наприклад, перевищення нормативних екологічних показників).

Відмови зі середнім привертаючим ефектом виявляються, зазвичай, шляхом порівняння заданих параметрів (фазових координат), що характеризують динаміку техногенної системи у фазовому просторі, і поточних.

Відмови з низьким «привертаючим ефектом» можуть виявлятися, наприклад, шляхом моделювання та прогнозування фазового стану обєкта керування, оцінки екологічних ризиків.

Процес ідентифікації екологічних нештатніх ситуацій визначається наявністю або відсутністю конкретної інформації про їх виникнення.

Етап парирування наслідків екологічних нештатних ситуацій полягає у формуванні та впливі на систему так званого «відновлюючого» керуванні. Під відновлюючим екологічним керуванням розуміється керування, що парирує екологічні наслідки відмов, збоїв, руйнувань, а також впливів інших зовнішніх впливів, що дестабілізують роботу техногенної системи з метою збереження, хоча й з деяким погіршенням екологічних показників техногенної функцій системи. Парирування екологічних наслідків нештатних ситуацій техногенної системи пропонується здійснювати шляхом перерозподілу надмірності техногенної системи.

Функціональна стійкість як властивість техногенної системи забезпечується шляхом введення (використання існуючої) деякої надмірності з метою парирування наслідків нештатних ситуацій.

Заходи, що спрямовані на забезпечення або підвищення функціональної стійкості, в першу чергу, забезпечують покращення характеристик відмовостійкості і живучості, але не обов'язково показників надійності окремих комплектуючих елементів і виробів техногенної системи, а також еколого-технічних характеристик системи [9].

Загалом під стійкістю функціонування мають на увазі збереження деякої властивості процесу функціонування відносно до збурення або невизначеності деяких параметрів системи або її математичної моделі. При цьому обов'язково повинен бути обумовлений допустимий клас збурень. На наш погляд, існує відмінність між функціональною стійкістю і стійкістю функціонування техногенної системи. Відмінність стійкості функціонування від функціональної стійкості полягає в тому, що стійкість функціонування техногенної системи характеризує поведінку координат незбуреного і збуреного руху системи:

$$\forall\theta > 0 \Rightarrow \delta > 0, \rho(z_0, z_0') < \delta \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \rho\left[z(t, z_0), z(t, z_0')\right] < \theta, \ \forall t \in [0,\infty), \quad (1)$$

де $z_0 = z(0)$ – початкові умови – координати фазового простору $z_0$ при незбуреному русі; $z_0' = z'(0)$ – координати фазового простору при збуреному русі; $\rho$ – метрика простору Z; $\varepsilon, \theta$ – задані числа, що характеризують відхилення збуреного руху від незбуреного.

Функціональна стійкість техногенної системи характеризує відхилення основних функцій від координат при збуреному і незбуреному русі

$$\forall\theta > 0 \Rightarrow \delta > 0, \rho(f(z_0), f(z_0')) < \delta \Rightarrow$$
$$\Rightarrow \rho\left[f(z(t, z_0)), f(z(t, z_0'))\right] < \theta, \ \forall t \in [0,\infty), \quad (2)$$

де $f(z)$ – функція від фазових координат техногенної системи, що характеризує основні екологічні вимоги, які висуваються до техногенної системи.

Важлива особливість стійкості полягає в тому, що це поняття відноситься не до даного фізичного об'єкту, як такому, а тільки до якої-небудь його властивості. Так, техногенна система може бути стійкою відносно деяких збурень у значенні одного екологічного показника і нестійка в значенні іншого. При цьому процедура дослідження стійкості може розглядатися з позицій системного підходу.

Якщо внутрішній стан z техногенної системи є елементом множини *Z*, (фазового простору) то процес функціонування визначається законом зміни внутрішнього стану в часі. Вважатимемо, що функціонування техногенної системи визначається деяким набором параметрів $\alpha$. Відповідно до цього скажемо, що $\alpha$ – елемент множини *A*, що називається у подальшому множиною або простором параметрів. Таким чином, зміна внутрішнього стану в часі $z(t, \alpha)$ залежить від $\alpha$. При цьому $t \in I$, де *I* – сукупність даних моментів часу, що розглядаються (інтервал функціонування системи).

Загалом функція часу $z(t, a)$ є реалізацією деякого випадкового процесу. Якість роботи будь-якої системи оцінюється за допомогою функціоналів. Тому вважатимемо, що на реалізаціях $z(t,a)$ при будь-кому $a \in A$ задано однопараметричне сімейство дійсних функціоналів $F_\tau = F_\tau \{z(t, a), t \le \tau, t, \tau \in I, a \in A\}$. Значення функціонала $F_\tau$ при фіксованому $\tau$ оцінює роботу системи до цього моменту. При фіксованому *a* і фіксованій реалізації $z(t, a)$ функціонал $F_\tau$ є дійсною функцією часу $\tau \in I$.

Розглянемо більшість *D* можливих дійсних функцій з областю визначення *I*. Нехай $\beta$ – сукупність деяких підмножин цієї множини. Аналогічно, для кожної множини $\beta \in B$ визначимо сукупність $\beta\gamma(B)$ деяких підмножин *B*, що визначається параметром γ. Нехай *B* – деяка множина функцій. Позначатимемо через $B^t$ множину значень всіх функцій з *B*, що розглядаються в точці *t*. Для подальшого зручно вважати, що в інтервал *I* входить фіктивна точка ∞. Тоді, якщо деяка реалізація $\{F_\tau, \tau \in I\}$ є елементом попередньо вибраної більшості *B*, тобто $\{F_\tau, \tau \in I\} \in B$, то припустимо за визначенням $F_\infty \in B^\infty$. Якщо ж $\{F_\tau, \tau \in I\} \notin B$, то $F_\infty \notin B^\infty$. Отже, можна стверджувати, що $\{F_\tau, \tau \in I\} \in B$ тоді і тільки тоді, коли $F_\infty \in B^\infty$.

**Визначення.** Система функціонує стійко відносно $(\beta, \{\beta_\gamma\}, \Lambda, \{\Lambda_\gamma\}, \varepsilon_0, F_\tau, T)$, де – $0 \le \varepsilon \le I$ – деяке число, $F_\tau$ – вибране однопараметричне сімейство функціоналів, *T* – деяка підмножина інтервалу функціонування *I*, якщо для будь-кого $\varepsilon > \varepsilon_0$ і будь-якої множини $B \in \beta$ можна знайти множину $A \in \Lambda$ таку, що для кожного $A_1 \in \Lambda_B(A)$ існує $B_1 \in \beta_{A1}(B)$ і задовольняє при всіх $t \in T$ і $a \in A_1$ нерівності:

$$P\left\{ F_\tau\left[z(t, \alpha), t \le \tau\right] \in B^\tau_{A_1} \right\} \ge 1 - \varepsilon. \quad (3)$$

Тут як параметр для набору сукупностей $\{\Lambda_\gamma\}$ виступають множини *B* із $\beta$, а параметрами для $\{\beta_\gamma\}$ є множини з $\Lambda_B$. Це визначення вимагає, щоб деяка властивість системи зберігалася в тому або іншому ймовірному значенні на попередньо вибраному інтервалі часу.

Множини з сукупності $\Lambda$ вказують на характер допустимих збурень. Якщо ж параметри змінюються в одній із множин сукупності $\Lambda_B(A)$, то у поставленій задачі поведінка системи повинна змінюватися незначно. Підмножина *T*, що характеризує інтервал часу, на якому досліджується стійкість, і сімейство функціоналів $F_\tau$, є неодмінними «атрибутами» будь-якого окремого визначення.

Аналіз показав, що проблема визначення стійкості складних систем на сьогодні залишається відкритою. Тому актуальним є визначення стійкості функціонування (функціональної стійкості), розробка ознак і критеріїв функціональної стійкості даного класу систем, розробка понять запасу і областей функціональної стійкості.

**Функціональна екологічна стійкість як властивість екологічної безпеки екологічної системи.**

Залежно від ступеня складності екологічної системи і рівня аналізу властивість функціональної екологічної стійкості може виявлятися (кількісно оцінюватися) як стійкість до помилок, надійність, живучість, відмовостійкість, адаптивність, перешкодостійкість і т.д.

До теперішнього часу для різних систем і різних визначень розроблено досить багато методів аналізу стійкості. До основних з них можна віднести: методи Ляпунова, Вишнеградського, Гурвіца, Рауса, Михайлова, Найквіста, Ципкіна, Попова та ін. В класичній теорії стійкості розроблено критерії і ознаки, за якими можна встановити факт стійкості динамічної системи.

При вирішенні задач структурного і параметричного синтезу також широко використовується поняття стійкості. При цьому, окрім встановлення факту стійкості, визначається запас стійкості відповідно до конкретної ознаки, а також області стійкості у фазовому просторі параметрів системи. Однак аналіз різних понять стійкості, методів визначення стійкості показав, що класична теорія стійкості оперує в основному з динамічними системами, які описуються системою диференціальних рівнянь в різних математичних модифікаціях: лінійні, нелінійні, цифрові, стохастичні, адаптивні, оптимальні та інші системи. Однак проблема визначення стійкості складних організаційних систем на сьогодні залишається відкритою.

Відомо, що під надійністю системи йдеться про здатність зберігати в часі у встановлених межах значення ознак і параметрів, що характеризують ті властивості, які визначають її здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах.

Поняття надійності і стійкості внаслідок того, що вони виражають і характеризують якісну визначеність системи, співпадають у певному відношенні, і в той же час вони є різними рівнями абстракції (виражають різні критерії) у поясненні внутрішніх механізмів активності кібернетичних систем. Так, для біологічних систем із зростанням їх складності не спостерігається тенденція зниження «надійності», для існуючих технічних (штучних) систем картина зворотна, що пов'язано з недосконалістю їх організації.

Основним проектним методом підвищення функціональної стійкості є використання різних видів надмірності – функціональної, алгоритмічної, технічної (апаратної і програмної), топологічної, часової – і організація її у вигляді дублюючих або мажоритарних структур з голосуванням. Одним із напрямів теорії функціональної стійкості складних систем є резервування окремих частин і систем, боротьба з певними класами відмов.

А.Авіжієніс визначає властивість «відмовостійкості» як унікальну спроможність саме технічної системи, яка забезпечує їй як системі можливість продовжувати виконання заданих дій і після виникнення несправностей. Можна сказати, що відмовостійкість забезпечує життєздатність технічної системи, оскільки її задачею є повернення з помилкових станів до заданої поведінки, забезпечуючи можливість правильного функціонування. Задача відмовостійкості – реагувати на виникнення несправностей і захищати технічну систему від впливу відмов Тому забезпечення функціональної стійкості вимагає надмірного апаратного і програмного забезпечення в системі.

Зазвичай, виділяють три типи відмов, стійкість до яких повинна бути забезпечена в складних системах – фізичні, проектні та інтерактивні. До фізичних причин виникнення відмов належать старіння елементів, невиявлені окремі дефекти, пошкодження, що викликаються діями людей. Причини проектних відмов пов'язані з помилками при розробці програмного і апаратного забезпечення. Інтерактивні відмови обумовлюються неправильними діями людини при взаємодії з системою.

Під «живучістю» системи розуміється властивість системи зберігати обмежену працездатність в умовах зовнішніх впливів, які призводять до відмов її складових частин. Тому живучість характеризує здатність системи протистояти розвитку критичних відмов за будь-яких умов експлуатації, зокрема попередньо не передбачених.

Ще однією суттєвою властивістю системи є «адаптивність», тобто можливість пристосовуватися до зовнішніх умов для оптимального досягнення загальної мети системи. Для організаційних (зокрема, і біологічних, соціальних) систем це означає здатність реагувати на навколишнє середовище так, щоб отримати в результаті сприятливі (в деякому розумінні) наслідки для діяльності системи. Системи подібного типу мають як би завчасно запланований «кінцевий стан» і поведінка систем така, що вони досягають цього стану, не дивлячись на несприятливі умови навколишнього середовища. Такий «кінцевий стан» може бути простим виживанням із втратою решти функцій. Еволюційна теорія заснована значною мірою на понятті адаптації до навколишнього середовища.

Адаптивні техногенні системи визначають як системи, які автоматично пристосовуються до непередбачених змін параметрів зовнішнього середовища і самої системи. Ці системи поділяють

на види: самонастроювальні, в яких адаптація забезпечується автоматичною зміною параметрів настройки або автоматичним пошуком настройки, оптимальної до будь-якого критерію; самонавчальні, в яких алгоритм функціонування створюється і удосконалюється у процесі роботи в результаті оцінки спроб і помилок; системи, що самоорганізовуються, в яких адаптація здійснюється зміною їх структури.

Отже, розглянуті властивості характеризують поведінку техногенної системи в умовах дії деяких чинників зовнішнього середовища, здатних порушити задане функціонування системи:

– надійність системи характеризує її здатність до нормального функціонування в заданих режимах і умовах;

– стійкість – продовження того ж функціонування при дії збурень;

– живучість – здатність системи протидіяти зовнішнім впливам;

– адаптивність – збереження якоїсь частини системи при зміні більшості параметрів, що дозволяє оптимальним, в деякому розумінні, образом досягти тієї мети, яка була передбачена.

Одночасно окремо жодна з цих властивостей не відображає того, що розуміється під «функціональною стійкістю» системи, і у комплексі вони також не можуть її характеризувати, оскільки не відображають одночасно активний характер властивості функціональної стійкості при дії навіть невідомих збурень, «осмислений» відбір тих якостей, які повинні бути збережені і за рахунок чого це збереження може бути одержано (таблиця). Термін «функціональна стійкість» вимагає точного семантичного і математичного визначення, без якого ця властивість багатьма авторами постійно зводиться до однієї з перерахованих вище властивостей.

Здатність складної (екологічної, техногенної, соціальної) системи виконувати встановлений мінімальний об'єм своїх функцій при зовнішніх і внутрішніх впливах, не передбачених умовами нормальної експлуатації, здійснювати вибір оптимального режиму функціонування за рахунок власних внутрішніх ресурсів, перебудови структури. Зміни функцій окремих підсистем та їх поведінки характеризується властивістю функціональної стійкості, яка властива не тільки біологічним, але і складним технічним та соціальним системам.

Залежно від типу і призначення системи функціональна стійкість забезпечується різними засобами і видами надмірності, які закладаються в систему при проектуванні і використовуються у процесі експлуатації.

З погляду якісного виконання функцій системою функціональна стійкість складної системи характеризує її здатність виконувати задані функції з деяким допустимим зниженням якості. Причому впливи на систему можуть мати як природний, так і навмисний характер.

Основною особливістю функціонально-стійких систем є їх здатність деградувати на структурному рівні до повної відмови системи, тобто виключати із структури елементи, що відмовили, перебудовувати структуру, настроювати параметри системи для пристосування (адаптації) до нових умов експлуатації.

Властивість функціональної стійкості доцільно застосовувати завдяки спостереженням за поведінкою біологічних систем, організмів з властивою їм властивістю виконувати задані цілі при фізичних пошкодженнях за рахунок біологічної надмірності: безлічі органів почуття, нервових волокон, пристосовуваності мозку як системи управління і переробки інформації, а також симетричності організму. Аналогічно слід синтезувати техногенні екологічні системи.

Отже, теорія функціональної стійкості висуває такі основні напрями досліджень: математична формалізація критериальних визначень (функціональна стійкість, критерії стійкості, запаси стійкості), розробка методів підвищення функціональної стійкості; визначення найефективніших засобів підвищення їх функціональної стійкості.

Запропонований підхід доцільно використовувати при виборі напрямків розвитку, удосконалення існуючих, побудови перспективних складних систем. Це дозволить підвищити ефективність функціонування, відшукати найкращий компроміс між суперечливими показниками якості функціонування системи, обрати та обґрунтувати пріоритетні напрямки розвитку складних систем.

**Забезпечення функціональної стійкості екологічної системи**

Системне забезпечення функціональної стійкості екологічної системи являє собою комплекс заходів поєднаних загальною метою, спрямованих на вирішення відповідних задач на всіх етапах життєвого циклу системи для формування і підтримання властивості функціональної стійкості. Системне забезпечення функціональної стійкості екологічної системи предбачає створення необхідної надмірності і забезпечення можливості її використання для подальшої в процесі експлуатації локалізації і парирування наслідків нештатних (аврійних, катастрофічних) ситуацій. Для цього необхідно вирішити основні групи задач: оптимізувати надмірність в системі; парирувати наслідки нештатних ситуацій за рахунок введеної надмірності; забезпечити відновлення екологічної системи.

Функціональна стійкість як властивість екологічної системи закладається на етапі створення (проектування) і забезпечується своєчасним відновленням системи.

Таблиця

**Властивості складних (екологічних, техногенних, соціальних) систем**

| Властивості | Сутність | Впливи | За рахунок чого забезпечується |
|---|---|---|---|
| Надійність (безвідмовність) | Збереження параметрів функціонування в заданих межах | Експлуатаційні відмови, обумовлені фізичним старінням і конструктивно-виробничими недоліками | Застосування високонадійної елементної бази і системи технічного обслуговування |
| Відмовостійкість | Збереження працездатності із заданою якістю при відмовах в елементах системи | Експлуатаційні відмови і збої елементів системи | Застосування усіх видів резерву, можливість деградації системи до заданого рівня |
| Живучість | Здатність протистояти зовнішнім впливам, зберігаючи обмежувальну працездатність | Пошкодження і впливи зовнішнього середовища | Захист від вогневого впливу противника і зовнішнього середовища; відновлювальний ремонт |
| Стійкість | Збереження координат руху під дією збурень | Збурення, що надходять на вхід системи | Нечутливість до збурень, реалізація принципів управління по відхиленню |
| Функціональна стійкість | Збереження виконання основних функцій (можливо з погіршенням якості) в умовах внутрішніх і зовнішніх впливів | Експлуатаційні відмови, збої, пошкодження, зовнішні впливи, помилки обслуговуючого персоналу | Застосування інформаційної, обчислювальної, енергетичної надмірності |

На етапі створення (проектування) функціонально стійкої екологічної системи необхідно:

– обрати необхідний вид або види надмірності (структурна, апаратна, програмна);

– розробити і закласти алгоритм формування поновлюючого управління, що парирує наслідки нештатних (аварійних, катастрофічних) ситуацій. Для цього, в свою чергу, необхідно реалізувати можливість виявлення нештатної ситуації, ідентифікувати нештатної ситуації, локалізувати дію нештатної ситуації на систему, парирувати наслідки нештатной ситуации шляхом перерозподілу ресурсів.

На етапі функціонування екологічної системи стратегія забезпечення функціональної стійкості вимагає забезпечення своєчасного відновлення системи.

Отже, принцип забезпечення функціональної стійкості системи зводиться до цілеспрямованого управління надмірністю для парирування наслідків нештатних ситуацій в процесі функціонування системи. Для забезпечення функціональної стійкості екологічної системи потрібно застосування системи екологічного моніторингу та прогнозування екологічних ризиків та загроз. При цьому слід враховувати, що система екологічного моніторингу навколишнього середовища та техногенне небезпечних об'єктів є багатопозиційною складною системою.

Звідси витікають основні вимоги до забезпечення функціональної стійкості екологічної системи.

1. Забезпечити достатню кількість наземних і повітряних (космічніх) систем екологічного спостереження (СЕС) за екологічною системою^

$$N^{X}_{vid(p)} > N^{X}_{vid(p)min};$$

$$N^{Y}_{vid(p)} > N^{Y}_{vid(p)min},$$

де $N^{X}_{vid(p)}$ – кількість наземних СЕС за екологічною системою;

$N^{X}_{vid(p)min}$ – мінімальна кількість наземних СЕС за екологічною системою;

$N^{Y}_{vid(p)}$ – кількість повітряних (космічних) СЕС за екологічною системою;

$N^{Y}_{vid(p)min}$ – мінімальна кількість повітряних (космічних) СЕС за екологічною системою.

2. Забезпечити працездатність всіх СЕС

$$\forall x_{vid(i)} \in X_{vid} \Leftarrow \omega_i(\tau) = 1, \tau \in \left]0, t\right[;$$

$$\forall y_{vid(j)} \in X_{vid} \Leftarrow \vartheta j(\tau) = 1, \tau \in \left]0, t\right[;$$

де $X_{vid} = \{x_i\}$ – безліч працездатних наземних СЕС за екологічною системою;

$Y_{vid} = \{y_j\}$ – безліч працездатних повітряних (космічних) СЕС за екологічною системою;

$\omega_i(\tau)$ – булева функція, що набуває значення 1, якщо наземна СЕС перебуває в працездатному стані і 0 – у непрацездатному стані;

$\vartheta_i(t)$ – булева функція, що набуває значення 1, якщо повітряна (космічна) СЕС перебуває у працездатному стані і 0 – у непрацездатному стані;

τ, t – поточний час функціонування екологічної системи.

3. Забезпечити розміщення СЕС, що виключає перешкоди телекомунікаційним звязкам (вплив радіозавад, рельєфу та ін.)

$$\forall x^r_{vid(i)} \in X^r_{vid} \Leftarrow \omega^r_{i(\tau)} = 1, \quad \tau \in [0,t[;$$

$$\forall y^r_{vid(j)} \in X^r_{vid} \Leftarrow \vartheta^r_{j(\tau)} = 1, \quad \tau \in [0,t[;$$

де $X^r_{vid} = \{x^r_i\}$ – безліч працездатних телекомунікаційних мереж наземних СЕС за екологічною системою;

$Y_{vid} = \{y_j\}$ – безліч працездатних телекомунікаційних мереж СЕС за екологічною системою;

$\omega^r_i(\tau)$ – булева функція, що набуває значення 1, якщо телекомунікаційна мережа СЕС перебуває в працездатному стані і 0 – у непрацездатному стані;

$\vartheta^r_i(\tau)$ – булева функція, що набуває значення 1, якщо телекомунікаційна мережа СЕС перебуває в працездатному стані і 0 – у непрацездатному стані.

4. Забезпечити працездатність апаратури спостереження за екологічною системою

$$\forall z_k \in Z \Leftarrow \mu_k(\tau) = 1, \tau \in [0, t[,$$

де $Z = \{z_k\}$ – безліч апаратури спостереження;

$\mu_k(t)$ – булева функція, що набуває значення 1, якщо навігаційна апаратура перебуває в працездатному стані і 0 – у непрацездатному стані.

5. Забезпечити оптимальну геометрію СЕС з метою підвищення точності визначення місцеположення обєкта спостереження

$$\forall x_{vid(i)} \in X_{vid} \Leftarrow \chi_i(\tau) = 1, \tau \in [0,t[;$$

$$\forall y_{vid(j)} \in X_{vid} \Leftarrow \delta_j(\tau) = 1, \tau \in [0,t[;$$

де $\chi_i(\tau)$ – булева функція, що набуває значення 1, якщо наземна СЕС має оптимальну геометрію і 0 – в іншому випадку;

$\delta_j(t)$ – булева функція, що набуває значення 1, якщо повітряна (космічна) СЕС має оптимальну геометрію і 0 – в іншому випадку;

Ефективність функціонування системи екологічного моніторингу кількісно оцінюється точносними характеристиками приладів спостереження.

Виходячи з умов задачі, яку вирішує система екологічного моніторингу, висуваються вимоги до точності приладів спостереження.

Висувається вимога до значення ймовірністі вирішення задачі екологічного моніторингу:

$$P_н > P_н^{\min}. \qquad (4)$$

Умова (4) є необхідною, але недостатньою для функціональної стійкості системи екологічного моніторингу і є ознакою функціональної стійкості.

Дійсно, цілком можливий такий стан системи, за якого дотримання цієї умови задовольнятиме споживача за обсягом екологічної інформації, але лише до появи нештатної ситуації, оскільки не буде можливості парирувати її наслідки, тобто система буде функціонально працездатною, але не функціонально стійкою.

Отже, для кількісної оцінки функціональної стійкості екологічної системи ще необхідні показники, які характеризують здатність парирувати наслідки нештатних ситуацій, що, в свою чергу, визначається наявністю надмірності і можливістю нею управляти.

В умовах невизначеності це можна описати так.

Нехай А – подія, що полягає в тому, що СЕС має властивість парирувати наслідки нештатних ситуацій. Тоді ймовірність цієї події P(A)= $P_{пар}$.

Виходячи із попередніх міркувань можна записати, що

$$A = A_И \cap A_{упр};\ A \cap (\overline{A_И} \cup \overline{A_{упр}}) = \varnothing, \qquad (5)$$

де $A_И$ – подія, яка полягає в наявності надмірності; а $A_{упр}$ – подія, яка полягає в тому, що є можливість керувати надмірністю. Тоді, $P(A_И) = P_И$ – ймовірність наявності надмірності або резерву у системі; $P(A_{упр}/A_И) = P_{упр}$ – ймовірність того, що є можливість керувати надмірністю, або ймовірність керувати надмірністю.

Наявність надмірності в системі залежить від багатьох факторів. Зупинимося на структурній надмірності, суть якої – додаткові (резервні) комплекси моніторингу, що знаходяться в «гарячому» або «холодному» резерві. Враховуємо, що

$$P_И = P_И(N^X_{vid(\rho)}, N^Y_{vid(\rho)}, P^X_i, P^Y_j, F_k), \quad i = \overline{1, N^X_{vid(\rho)}},\ j = \overline{1, N^Y_{vid(\rho)}}, \qquad (6)$$

де $N^X_{vid(\rho)}$ – кількість наземних СЕС за екологічною системою; $N^Y_{vid(\rho)}$ – кількість повітряних СЕС за екологічною системою; $P^X_i$ – ймовірність знаходження і-ої наземної СЕС у робочому стані; $P^Y_j$ – ймовірність знаходження *j*-ої повітряної СЕС у робочому стані; $F_k$ – інші чинники, що впливають на надмірність.

$$P^X_i = P^X_i(P_i, P^{ж}_i), \qquad (7)$$

де $P_i$ – ймовірність безвідмовної роботи *i*-ої наземної СЕС протягом часу *t*; $P^{ж}_i$ – ймовірність

знаходження і-ої наземної СЕС у живучому (функціональному) стані протягом часу *t*.

$$P_j^Y = P_j^Y(P_j, P_j^{ж}), \quad (8)$$

де $P_i$ – ймовірність безвідмовної роботи j-ої повітряної СЕС протягом часу *t*; $P_i^{ж}$ – імовірність знаходження j-ої повітряної СЕС у живучому (функціональному) стані протягом часу *t*.

Модель (6–8) враховує вплив на надмірність різних чинників: проходження радіосигналів, інші перешкоди, надійність комплектуючих виробів спостереження, їх живучість, відмовостійкість та ін.

$P_{упр}$ – характеризує здатність системи скористатися надмірністю з метою парирування наслідків нештатних ситуацій.

Алгоритм формування поновлюючого управління повинен враховувати не тільки інтереси забезпечення функціональної стійкості екологічної системи, але й вплив виконання додаткових телекомунікаційних функцій на якість рішення основних задач, безпосередньо пов'язаних з екологічним моніторингом.

У загальному вигляді

$$P_{упр} = P_{упр}(F_l), \quad (9)$$

де $F_l$ – чинники, що впливають на поновлююче керування.

Отже, ймовірність парирування нештатної ситуації

$$P_{пар} = P_H P_{упр}. \quad (10)$$

При забезпеченні властивості функціональної стійкості висувається вимога

$$P_{пар} > P_{пар}^{\min}. \quad (11)$$

де $P_{пар}^{\min}$ – мінімально допустиме для забезпечення функціональної стійкості значення ймовірності парирування наслідків нештатних екологічних ситуацій.

Характерно, що система, яка здатна парирувати наслідки нештатних екологічних ситуацій, але не забезпечує необхідні показники екологічної безпеки, не є функціонально стійкою. Отже, одночасне виконання (4) і (11) є необхідною і достатньою умовою функціональної стійкості екологічної системи.

Ймовірність знаходження екологічної системи в стані функціональної стійкості $P_{ФУ}$ або ймовірність функціональної стійкості екологічної системи як показника функціональної стійкості запишемо:

$$P_{ФУ} = P_H P_{пар}. \quad (12)$$

Критерієм функціональної стійкості СЕС є виконання нерівності:

$$\forall \Theta \in Q^{\Theta} \quad P_{фу} > P_{фу}^{зад}, \quad (13)$$

де $P_{фу}^{зад}$ – межа функціональної стійкості екологічної системи.

Задача екологічного моніторингу може бути вирішена тільки за наявності в полі зору спостереження не менше $m=m^{min}$ працездатних СЕС. Ймовірність вирішення задачі екологічного моніторингу можна представити як імовірність події, що перебуває в одночасній видимості *m* спостерегачів із *n* можливих. Але із всієї більшості можливих комбінацій виявляємо тільки ті, в яких із *n* видимих псевдосупутників не менше ніж *m* знаходяться у працездатному стані. У такому випадку ймовірність вирішення задачі екологічного моніторингу дорівнюватиме:

$$R_{m,n(\rho)} \sum_{r=m}^{n} P_{r,n(\rho)}, \quad \rho = \overline{1, N^E}, \quad (14)$$

де $P_{r\,n(\rho)} = \sum_k P_k(\rho)$ – ймовірність одночасного функціонування *r* систем спостереження із *n* можливих, дорівнює сумі ймовірностей відповідних комбінацій.

При цьому помилка екологічного спостереження може бути як менше деякого встановленого значення $\sigma^{max}$, так і більше цього значення.

Сума ймовірностей комбінацій, в яких $\sigma_i \le \sigma^{max}$, $i = \overline{1, v}$ де $v = \sum_{r=m}^{n} C_r^n$ – кількість комбінацій, є ймовірністю навігації споживача із заданою точністю $\sigma^{max}$.

Показник функціональної стійкості екологічної системи може бути обчислений за формулою:

$$P(\Theta) = \sum_{i \in I} P_{k(i)},$$

$$I = \left\{ i \left| \begin{array}{l} \sigma_{\rho,i} < \sigma^{max} \forall \rho \in \overline{1, N^E}, \\ N^E > 4, \quad \overline{i = 1, v} \end{array} \right. \right\}. \quad (15)$$

Ймовірність перебування окремих елементів структури СЕС у певному стані є визначальною для обчислення показника функціональній стійкості екологічної системи.

Оскільки стан системи екололгічного моніторингу визначається зовнішніми (середовище, завади) і внутрішніми (технічний стан апаратури спостереження) умовами, то логічно припустити, що ймовірність працездатного стану *ij*-го елементу $\rho_{ii}$, де *i, j* – тип та порядковий номер екологічного комплексу, у спрощеному вигляді може бути записана як добуток:

$$\rho_{ij} = \rho_{ij}^{ж} \rho_{ij}^{н} \xi_{ij}, \quad (16)$$

де $\rho_{ii}^{ж}$ – ймовірність збереження екологічно безпечного стану при зовнішніх завадах та перешкодах; $\rho_{ij}^{н}$ – ймовірність безвідмовної роботи

апаратури спостереження; $\xi_{ii}$ - булева функція, що набуває значення 1, якщо алгоритм формування поновлюючого керування включив СЕС структуру, 0 – в іншому випадку.

Для наземних комплексів екологічного спостереження за умови їх включення в структуру величина $\rho_{ij}$ визначається добутком показників живучості і надійності СЕС (16). Для повітряних комплексів спостереження за тих же умов ці ймовірності повинні бути помножені також на аналогічні показники живучості і надійності носія (літак або космічний апарат), а також на ймовірність вирішення задачі екологічного моніторингу повітряним (космічним) комплексом

$$\rho_{Yj} = \rho_{Yj}^{ж}\rho_{Yj}^{н}\rho_{Yj}^{жп}\rho_{Yj}^{нп}P_{(Yj)}^{нав}, \qquad (17)$$

де $\rho_{Yj}^{жп}$, $\rho_{Yj}^{нп}$ – живучість і надійність рухомого обєкта (космічний апарат, літак, аеростат, дрон тощо); $\rho_{(Yj)}^{нав}$ – ймовірність виконання задачі спостереження.

Функціональна стійкість як властивість екологічної системи, визначає її здатність забезпечувати екологічну безпеку при функціональному пошкодженні (відмові) деякої допустимої кількості елементів, що реалізуються шляхом резервування складових елементів структури. Якщо застосовується «гарячий» резерв (для усіх СЕС $\xi_{ii} = 1$), то резервні елементи постійно включені в роботу і надають системі можливість продовжувати функціонування у разі нештатних ситуацій. Тобто, при необхідних для моніторингу $т^{min}$ комплексах, система проектується так, що в полі спостереження обєкту моніторингу одночасно знаходитиметься $m^{vid} = m^{min} + \Delta m$ (де Δm- деякий надлишок екологічних комплексів).

Фазовий простір СЕС (рисунок) містить фазові координати: параметричний простор $\Pi^{\Theta}$, вихідні характеристики системи $\sigma$ і множини моментів часу функціонування системи *T*.

Стан системи в параметричному просторі $\Pi^{\Theta}$ описується вектором стану мереж $\Theta$. Між параметричним простором $\Pi^{\Theta}$ і множиною $\sigma$ існує функціональний зв'язок $\sigma = \sigma(\Theta)$. Фазові траєкторії системи $\Theta(t,\Theta_0)$ є монотонними неубуваючими (відносно $\sigma$) випадковими функціями часу *t* і початкового стану системи $\Theta_0$.

У межах параметричного простору $\Pi^{\Theta}$ зафіксуємо деяку область $D^{\Theta} = \left\{\Theta \middle| \sigma(\Theta) \le \sigma^{max}\right\}$, а в межах $D^{\Theta}$ – деяку область $Q^{\Theta} \subset D^{\Theta}$ і задамо деяке значення $\beta \in (0,1)$.

Екологічна система називається функціонально стійкою щодо трійки $(Q^{\Theta}, D^{\Theta}, \beta)$ в тому лише випадку, якщо при $\Theta_0 \in Q^{\Theta}$ виконується умова

$$P\left[\Theta(t,\Theta_0) \in D^{\Theta} \forall t \in T\right] \ge \beta . \qquad (18)$$

Відповідно до наданого визначення $Q^{\Theta}$ є областю функціональної стійкості екологічної системи, яка визначається характером випадкової функції $\Theta_0 \in Q^{\Theta}$ і заданим значенням $\beta$. У свою чергу, $D^{\Theta}$ – це область допустимих значень параметрів екологічної системи, яка обмежується значеннями $\sigma^{max}$.

Твердження про монотонність випадкових функцій $\Theta(t,\Theta_0)$ базується на припущеннях щодо невідновлюваності втрачених елементів системи. Дійсно, що після того, як система починає втрачати свої елементи і, оскільки вони не відновлюються, то точність екологічного моніторингу може тільки погіршуватися.

Отже, задача забезпечення функціональної стійкості функціональної стійкості екологічної системи полягає у виборі такої точки $\Theta_0 \in Q^{\Theta}$, яка забезпечить попадання стохастичної фазової траєкторії системи в область $D^{\Theta}$ з ймовірністю не меншою, ніж $\beta$. Відмінність варіантів вибіру найкращої фазової траекторії в області функціональної стійкості $\Theta_0 \in Q^{\Theta}$ один від одного полягає лише в їх вартості, оскільки однакових значень функціональної стійкості просторової структури екологічної системи можна досягти вибором різного числа утворюючих елементів з різними значеннями показників живучості і надійності.

**Запас функціональної стійкості екологічної системи**

У науковій літературі в даний час вводиться поняття екологічної техноемкому територій, під якою розуміється узагальнена характеристика території, кількісно відповідна максимальної техногенного навантаження, яке може витримати і переносити протягом тривалого часу сукупність екологічних систем і реципієнтів території без порушення їх структурних і функціональних властивостей [1]. Екологічна техноемкому території відображає самовосстановітельний потенціал природної системи і залежить як від властивостей самої природного середовища, так і від виду та інтенсивності техногенних навантажень. Сукупна техногенне навантаження не повинна перевищувати потенціал самовідновлення екосистем. У цьому виражається прояв принципу екологічного імперативу, який вимагає порівняння антропогенного пресингу з витривалістю природних систем.

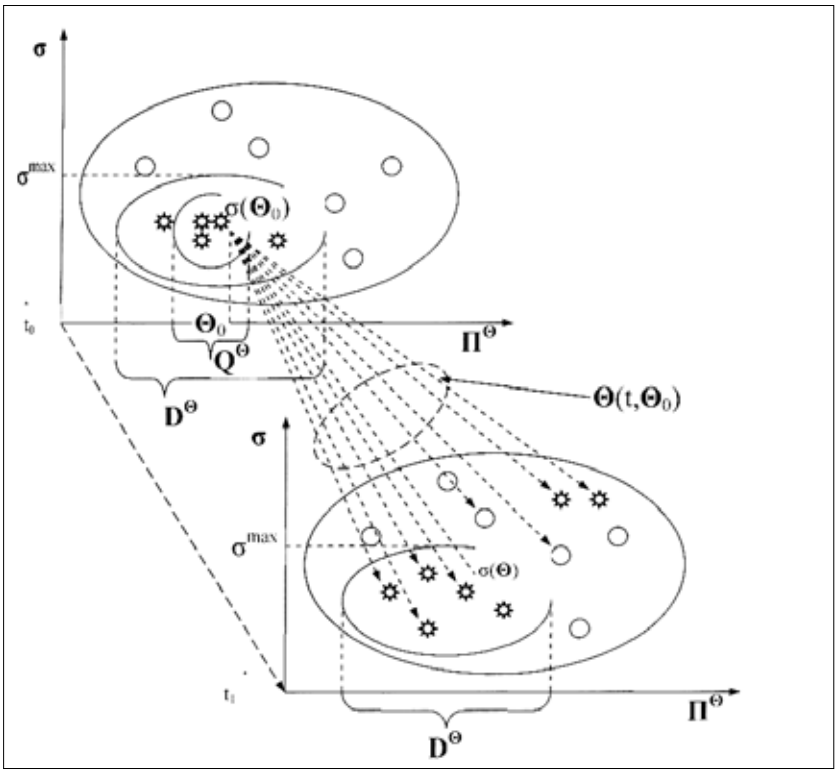



*Рис. 1. Фазовий простор екологічної системи*

Під запасом функціональної стійкості може розглядатися узагальнена характеристика, що кількісно відповідає максимальному техногенному навантаженню, яке можуть витримати і переносити протягом відповідного часу елементи екологічних систем без порушення їх структурних і функціональних властивостей. Запас функціональної стійкості відображає потенціал відновлення екологічної системи і залежить як від властивостей самого природного середовища, так і від виду та інтенсивності техногенних навантажень. Запас функціональної стійкості характеризує співвідношення сукупного техногенного навантаження та потенціалу самовідновлення екосистем. У цьому проявляється принцип екологічного імперативу, який вимагає порівняння антропогенного пресингу з витривалістю природних систем. Наявність науково обгрунтованих запасів функціональної стійкості екосистем є необхідною умовою для визначення екологічних ризиків та загроз.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.**

Розроблені концептуальні основи забезпечення функціональної стійкості системи екологічногог моніторингу, що включають поняття, стратегію забезпечення, показник, критерій, область, межу і запас функціональної стійкості, виражають основну ідею створення високоефективної системи екологічного моніторингу та погнозування екологічних ризиків та загроз. Визначено, що функціональна стійкість системи екологічногог моніторингу – це її властивість, що полягає в здатності виконувати хоча б установлений нормативними вимогами мінімальний об'єм своїх функцій по моніторингу навколишнього середовища в нештатних ситуаціях (при відмовах, збоях, руйнуваннях та інших пошкодженнях), передбачених умовами.

Ознакою функціональної стійкості системи екологічного моніторингу є вирішення задачі екологічного спорстереження в повному обсязі з заданою точністю. При цьому показником функціональної стійкості системи екологічногог моніторингу є ймовірність перебування в цьому стані, що характеризує наявність надмірності і можливість реалізувати поновлююче керування з метою парирування наслідків нештатних ситуацій.

Стратегія забезпечення функціональної стійкості системи екологічного моніторингу являє собою комплекс заходів, поєднаних загальною метою і спрямованих на вирішення відповідних задач на всіх етапах життєвого циклу системи для формування і підтримки властивості функціональної стійкості. Загальна ідея стратегії забезпечення функціональної стійкості полягає у створенні необхідної надмірності і можливості використовувати її для подальшого функціонування, а також і парирування наслідків нештатних (аварійних, катастрофічних) ситуацій. Для цього розв'язуються задачі оптимізації надмірності в системі та парирування наслідків нештатних ситуацій за рахунок введеної надмірності; забезпечення відновлення системи та збереження екологічної безпеки.

**Література**


1. Гродзинський М. Д. Ландшафтна екологія / *М. Д. Гродзинський*. Київ: Знання, 2014. 550 с.
2. Данилов-Данильян В.И. Об устойчивости экосистем / Экосистемы: экология и динамика, 2017, т. 2., № 1, С. 5–12.
3. Держстандарт 17.4.1.02-83 «Охорона природи. Ґрунти. Класифікація хімічних речовин для контролю забруднення».
4. Машков О.А., Баранов Г.Л., Косенко В.Р. Критерії діагностування в функціонально стійких системах управління / Збірка наукових праць / Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту ISDMCI'2013 , – Євпаторія, 2013, С. 61–65.
5. Машков О.А., Косенко В.Р. Задача синтезу оновлюючого керування при побудові функціонально-стійких бортових інформаційно-керуючих комплексів / Моделювання та інформаційні технології /Збірник наукових праць, Інститут проблем моделювання в енергетиці, вип. 61, Київ, 2011, С. 202–229.
6. Машков О.А., Косенко В.Р. Прийняття управлінських рішень в складних організаційних системах з погляду системного підходу (частина 1) / Збірник наукових праць / Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України, Вип. 55, 2010., С. 131–148.
7. Машков О.А., Косенко В.Р. Проблеми створення функціонально стійкої автоматизованої системи управління рухомих об'єктів / Збірка наукових праць / Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту ISDMCI'2012 , – Євпаторія, 2012, С. 497–508.
8. Машков О.А., Косенко В.Р. Розробка алгоритмів синтезу оновлюючого керування для інформаційно-керуючих комплексів рухомих об'єктів / Моделювання та інформаційні технології /Збірник наукових праць, Інститут проблем моделювання в енергетиці, вип. 62, Київ, 2011, С. 208–225.
9. Машков О.А., Косенко В.Р. Синтез функціонально-стійкої системи керування рухомим об'єктом із заданими динамічними властивостями / Збірник наукових праць / Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України, вип. 60, Київ, 2011, С. 186–214.
10. Остроумов С. А. Новые варианты определений понятий и терминов «экосистема» и «биогеоценоз» // ДАН. – 2002. Т. 383 № 4. С. 571–573.
11. Федоров В.Д. Устойчивость экологических систем и ее измерение // Изв. АН СССР. Сер. биол. 1974. № 3. С. 402–415.
12. Холинг К.С., Базыкин А.Д., Бруннелл П., Кларк У.К., Галлопин Ж.К., Гросс Дж., Хилборн Р., Джонс Д.Д., Питерман Р.М., Рабинович Дж.Е., Стил Дж.Г., Уолтерс К.Дж. Экологические системы. Адаптивная оценка и управление. М.: Мир, 1981. 397 с.
13. Экологический энциклопедический словарь. Кишинев: Гл. ред. Молд. сов. энцикл., 1990. 408 с.
14. https://pidruchniki.com/91278/ekologiya/stiykist_stabilnist_samoochischennya_ekosistem
15. http://www.desn.gov.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=17936%3A2016-10-12-10-45-50&catid=350%3A2012-03-22-08-11-41&Itemid=3172&lang=ua
16. https://studopedia.info/1-120101.html

УДК 633.11:631.524.85
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-12

# СКРИНІНГ СОРТІВ ПШЕНИЦІ (*TRITICUM AESTIVUM* L.) РІЗНОГО ЕКОЛОГО-ГЕОГРАФІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ НА ПОСУХОСТІЙКІСТЬ

**Пикало С.В., Юрченко Т.В., Харченко М.В.**
Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла
Національної академії аграрних наук України
вул. Центральна, 68, 08853, с. Центральне, Миронівський р-н, Київська обл.
pykserg@ukr.net

Проведено скринінг сортів пшениці м'якої озимої, створених у різних екологічних зонах, на посухостійкість за здатністю проростати на високоосмотичних розчинах із манітом. Стійкість до водного дефіциту 15 сортів пшениці вивчали за схожістю та морфометричними показниками проростків і головних зародкових коренів. Встановлено, що концентрація маніту 16 атм дає змогу диференціювати сорти пшениці м'якої озимої за стійкістю до водного дефіциту. Генотипова реакція пшениці на осмотичний стрес проявлялася різним відсотком проростання насіння та неоднаковою довжиною проростків і довжиною головних зародкових корінців за дії стресового чинника. Серед проаналізованих генотипів найбільш посухостійким виявився сорт миронівської селекції Балада миронівська, у якого відсоток проростання насіння на розчинах маніту концентраціями 16 атм і 18 атм достовірно перевищував стандарт Подолянку. Морфометричні показники пагонів і головних зародкових коренів у пророслого насіння цього сорту на розчині маніту з осмотичним тиском 16 атм серед решти генотипів були найвищими. Відносно високою посухостійкістю також характеризувалися сорти Грація миронівська, Естафета миронівська і Горлиця миронівська. Сорти Чародійка білоцерківська, Овідій і Wenzell виявилися найчутливішими до осмотичного стресу, оскільки за селективних умов вони мали найнижчий відсоток пророслих насінин і найнижчі морфометричні показники зародкових коренів і пагонів. Показано можливість використання осмотичного розчину з манітом як тест-системи для проведення скринінгу генотипів пшениці на стійкість до водного дефіциту. Створено новий спосіб оцінки посухостійкості сортів пшениці, який захищено патентом на корисну модель. Представлені результати досліджень сприятимуть ефективнішому використанню протестованих сортів як у рослинництві, так і в селекційній практиці. *Ключові слова: Triticum aestivum* L., посухостійкість, насіння, маніт, осмотичний стрес, зародкові корінці, проростки.

Screening of wheat (***Triticum aestivum*** L.) varieties of different ecological and geographical for drought tolerance. Pykalo S., Yurchenko T., Kharchenko M. The screening of the winter bread wheat varieties of different ecological and geographical for drought tolerance by the ability to germinate in highly osmotic solutions with mannitol was conducted. Tolerance to water deficit of 15 wheat varieties was studied by germination and morphometric indicators of seedlings and germinal roots. Established that the concentration of 16 atm mannitol to differentiate winter bread wheat varieties for water deficit. Genotypic response of wheat to osmotic stress was expressed by different percentage of seed germination and unequal length of seedlings and germinal roots on exposure to a stress factor. Among the genotypes analyzed the most drought resistant was variety of Myronivka breeding Balada Myronivska, in which the percentage of seed germination in mannitol solutions with concentrations of 16 atm and 18 atm significantly exceeded the standard variety Podolianka. Morphometric indicators of shoots and germinal roots in the germinated seeds of this variety on mannitol solution with osmotic pressure of 16 atm among the other genotypes were highest. The varieties Graziya Myronivska, Estafeta Myronivska and Gorlytsia Myronivska also differed in relatively high drought tolerance. The varieties Charodiika bilotserkivska, Ovidii and Wenzell turned out to be the most sensitive to osmotic stress, because under selective conditions they had a lowest percentage of germinated seeds and low morphometric indicators of germinal roots and shoots. The possibility of using an osmotic solution with mannitol as a test system for screening wheat genotypes for tolerance to water deficit was shown. A new method for assessing the drought tolerance of wheat varieties is created, which was protected by a utility model patent. The presented research results will contribute to a more efficient use of the tested varieties both in crop production and in breeding practice. *Key words: Triticum aestivum* L., drought tolerance, seeds, mannitol, osmotic stress, germinal roots, seedlings.

**Постановка проблеми.** Пшениця є важливою продовольчою культурою і основним продуктом харчування у 43 країнах світу з населенням понад 1 млрд осіб [1]. Поширеність пшениці зумовлена її високою біологічною пластичністю та поживністю зерна, з якого виготовляють багато харчових продуктів [2].

Серед усіх природних чинників, які найбільш негативно впливають на фізіологічні процеси росту і розвитку рослин пшениці та призводять до зниження урожаю, є водний дефіцит, спричинений посухою [3]. Шкідлива дія посухи полягає, насамперед, у зневодненні та порушенні метаболічних процесів у рослинах, що призводить до розпаду білків, зміни колоїдно-хімічного стану цитоплазми клітини і, як наслідок, до зниження кількості накопиченої рослинами органічної речовини [4]. Очікується, що з прогресуючим глобальним потеплінням клімату періодичність повторення посух із роками буде тільки посилюватися.

**Актуальність дослідження.** Одним із пріоритетних напрямів селекції пшениці є створення сортів, толерантних до несприятливих екологічних чинників довкілля. Ефективна селекційна робота в цьому напрямі можлива на основі знання і використання

фізіологічних механізмів, що забезпечують рослину стійкістю до несприятливих факторів зовнішнього середовища. Для прискорення селекційного процесу необхідні надійні методи оцінки зразків за конкретними ознаками стійкості до абіотичних факторів. Загалом, для тестування перспективних зразків є величезне різноманіття технологій, які мають схожі принципи роботи. Проте, на нашу думку, жодна з них не є сьогодні оптимальною, внаслідок чого актуальним залишається завдання створення нових і вдосконалення вже наявних методів оцінки селекційного матеріалу.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Представлені матеріали – частина науково-дослідної роботи «Вивчити генетичні та фізіологічні складники формування адаптивного потенціалу зернових і виділити на цій основі донори морозостійкості та посухостійкості для використання в селекції озимої м'якої пшениці» («Біотехнологія і генетика в рослинництві»), номер держреєстрації № 0116U004005.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Як відомо, оцінка посухостійкості рослин у польових умовах передбачає застосування значних матеріальних ресурсів, займає досить тривалий час і потребує відповідних умов середовища для ефективного фенотипового прояву бажаної ознаки. В останні роки для оцінки стрес-толерантності матеріалу до дії водного дефіциту поряд із прямими методами застосовують і непрямі. Вони полягають у використанні не самої стійкості до нестачі вологи, а будь-якої іншої біологічної властивості, що зумовлює високу посухостійкість, або базуються на порівнянні морфолого-фізіологічних характеристик і біохімічних показників рослин під час перенесення їх у стресові умови [5]. Сьогодні є ціла низка непрямих методів оцінки посухостійкості рослин пшениці. Наприклад, проводять реєстрацію товщини листя і визначення в них відносного вмісту води [6], гідроліз статолітного крохмалю [7], визначення інтенсивності транспірації проростків і виносу з транспіраційною вологою мінеральних іонів [8]. Крім перерахованих вище методів, також проводять вимір електроопору у верхній частині проростків за допомогою голчастих електродів [9], реєстрацію температури і електропровідності листя [10], а також оцінку ступеня виходу електролітів із тканин листя [11]. Одним із способів оцінки посухостійкості сільськогосподарських культур, зокрема пшениці, є лабораторне тестування насіння на розчинах осмотичних речовин, що імітують нестачу вологи [12; 13].

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** З урахуванням вищезазначеного нині найефективнішими є методи ранньої діагностики на насінні і проростках, оскільки вони дають змогу проводити оцінку впродовж року й аналізувати велику кількість селекційного матеріалу. Метод заснований на використанні спадкової властивості насіння проростати за малої кількості вологи, а також здатності проростків розвивати сисну силу на розчинах із підвищеним осмотичним тиском. Встановлено, що висока частка пророслого насіння на субстраті з осмотиком характеризує його здатність проростати в ґрунті за дуже малих запасів вологи [14]. Тому визначення кількості пророслого насіння на розчинах із високим осмотичним тиском, які імітують умови фізіологічної посухи, дає можливість на ранніх етапах онтогенезу оцінити відносну посухостійкість рослин. У ролі осмотика, як правило, використовують високомолекулярний поліетиленгліколь або дисахарид сахарозу, однак подібними властивостями характеризується і такий шестиатомний спирт, як низькомолекулярний маніт. Слід зауважити, що порівняно з непроникаючим поліетиленгліколем маніт проникає у рослинну клітину та знижує нормальний водний потенціал, чим спричиняє зневоднення та гальмування багатьох фізіологічних і метаболічних процесів [15]. Показано [16], що поряд із сахарозою маніт має аналогічну спроможність до моделювання водного стресу, що робить його перспективним для ранньої діагностики посухостійкості сортів пшениці.

**Метою** роботи є скринінг сортів пшениці м'якої озимої різного еколого-географічного походження на посухостійкість на ранніх етапах онтогенезу шляхом пророщування насіння в розчинах маніту.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Результати роботи сприятимуть ефективнішому використанню досліджуваних сортів як у рослинництві, так і в селекційній практиці. Представлені дослідження спрямовані на розв'язання проблеми посухостійкості пшениці, а також орієнтовані на розвиток розуміння реакцій рослин на водний стрес і впровадження нових методів для вирішення прикладних завдань селекції пшениці. Розроблений спосіб оцінки стійкості генотипів пшениці м'якої озимої до дії водного дефіциту (патент на корисну модель № 132899 від 11 березня 2019 р. [17]) доповнить методологію та сприятиме створенню нових сортів із цінними практичними властивостями.

**Виклад основного матеріалу.** Матеріалом досліджень були 15 сортів пшениці м'якої озимої вітчизняної та зарубіжної селекції, серед яких сорти Миронівського інституту пшениці імені В.М. Ремесла НААН України (МІП НААН) (Балада миронівська, МІП Вишиванка, Грація миронівська, Трудівниця миронівська, Естафета миронівська, Вежа миронівська, МІП Дніпрянка, МІП Ассоль, Горлиця миронівська, Берегиня миронівська, Світанок миронівський), спільної селекції Інституту фізіології рослин і генетики НАН України (ІФРГ НАН) та МІП НААН (Подолянка), Білоцерківської дослідно-селекційної станції Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН (БДСС ІБКЦБ НААН) (Чародійка білоцерківська), Інституту зрошуваного землеробства НААН (ІЗЗ НААН) (Овідій) і сорт австралійської селекції (Wenzell). У дослідах використовували

насіння однієї репродукції та однакової фракції. Як стандарт використовували сорт Подолянку.

З кожного селекційного зразка відбирали насіння по 100 шт. та поміщали в підготовлені чашки Петрі з двома шарами фільтрувального паперу, які попередньо стерилізували в сушильній шафі протягом 2 год за температури 160 °С. На дно кожної чашки поміщали насіння і знезаражували шляхом обприскування розчином гіпохлориту натрію у співвідношенні 1:3. Через 30 хв заливали 10 мл розчину низькомолекулярного маніту різної молярної концентрації, що відповідала 16 і 18 атм осмотичного тиску, і пророщували в термостаті протягом 7 днів за температури 20–21 °С. Селективний розчин готували з використанням дистильованої води і маніту заданої концентрації з подальшим автоклавуванням тривалістю 15 хв. Контроль – дистильована вода. На 7-у добу визначали такі показники: схожість, довжину головних зародкових коренів, довжину проростків. Вимірювання проводили за допомогою лінійки з точністю до 1 мм (рис. 1). Дослід проводили в триразовій повторності. Статистичну обробку отриманих даних проводили за Доспєховим [18] та за допомогою програми MS Excel.

Відсоток пророслого насіння на розчині маніту одного і того ж сорту змінювався залежно від концентрації розчину. Зі збільшенням концентрації маніту у всіх сортів спостерігалося пригнічення процесу проростання, що свідчить про токсичний вплив стресового агента. Найліпше диференціація поміж досліджуваними зразками проявлялась за осмотичного тиску 16 атм (табл. 1).

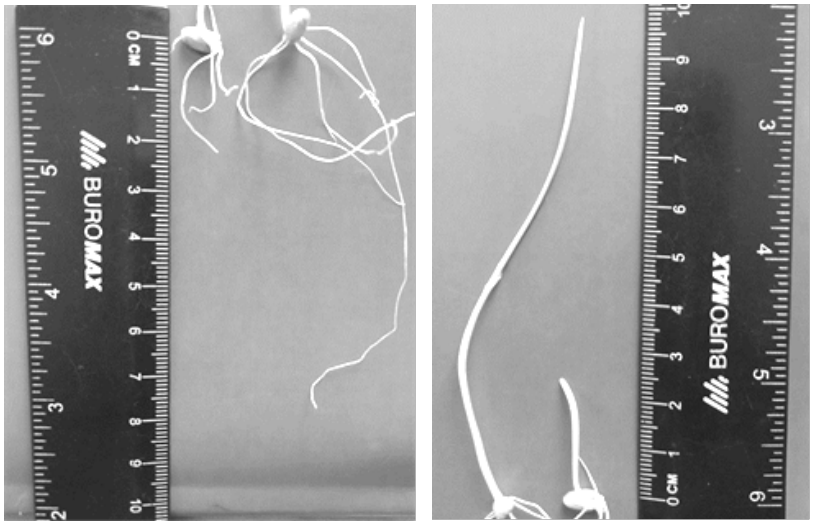



*Рис. 1. Вимірювання довжини головних зародкових корінців і проростків*

Таблиця 1

**Частка пророслого насіння пшениці на сьому добу за різного осмотичного тиску**

| Сорт | Установа-оригінатор, країна | Пророслого насіння, % до контролю | |
|---|---|---|---|
| | | **Р = 16 атм** | **Р = 18 атм** |
| Балада миронівська | МІП НААН, Україна | 97,9±1,4* | 45,4±5,1* |
| МІП Вишиванка | МІП НААН, Україна | 64,0±4,8* | 33,0±4,7 |
| Грація миронівська | МІП НААН, Україна | 85,7±3,5 | 29,6±4,7* |
| Трудівниця миронівська | МІП НААН, Україна | 64,3±4,9* | 22,4±4,2* |
| Естафета миронівська | МІП НААН, Україна | 88,7±3,2 | 43,3±5,1* |
| Вежа миронівська | МІП НААН, Україна | 68,0±4,8* | 23,7±4,4* |
| МІП Дніпрянка | МІП НААН, Україна | 61,5±5,0* | 28,1±4,6* |
| МІП Ассоль | МІП НААН, Україна | 63,5±4,9* | 19,8±4,1* |
| Горлиця миронівська | МІП НААН, Україна | 89,0±3,1 | 37,0±4,9 |
| Берегиня миронівська | МІП НААН, Україна | 69,1±4,8* | 14,9±3,7* |
| Світанок миронівський | МІП НААН, Україна | 78,7±4,2* | 22,3±4,3* |
| Чародійка білоцерківська | БДСС ІБКЦБ НААН, Україна | 59,8±5,0* | 17,5±3,9* |
| Овідій | ІЗЗ НААН, Україна | 54,1±5,1* | 20,4±4,1* |
| Wenzell | Австралія | 61,0±4,9* | 24,0±4,3* |
| Подолянка | ІФРГ НАН, МІП НААН, Україна | **85,9±3,5** | **34,3±4,8** |

Примітка:* – за критерієм Фішера різниця між стандартом Подолянка достовірна за $p \leq 0,05$

У цьому варіанті досліду використовували такий розподіл за групами: високостійкі – віднесено зразки, в яких проросло понад 70% насіння, середньостійкі – від 20 до 70%, слабостійкі – менше 20%. У результаті проведеного оцінювання сортів пшениці м'якої озимої методом пророщування насіння в розчинах маніту за осмотичного тиску 16 атм виявлено, що до групи високостійких можна віднести 40 % вивчених сортів, а решта – середньостійкі. Сортів, які можна було б віднести до слабостійких, серед досліджуваних не виявлено.

У результаті аналізу виділено сорт Балада миронівська, який за досліджуваним показником достовірно перевищував стандарт. За проростання насіння на розчині маніту 16 атм частина сортів була на рівні стандарту (Грація миронівська, Естафета миронівська, Горлиця миронівська). Решта генотипів показала нижчий відсоток пророслих насінин порівняно зі стандартом. Згідно з отриманими даними можна зробити попередній висновок, що сорт Балада миронівська є найменш осмочутливим, оскільки за селективних умов цей генотип мав найвищу частку пророслого насіння.

Концентрація маніту 18 атм виявилася значно токсичнішою, оскільки за її дії відсоток проростання насіння в досліджуваних сортів становив лише 24,0–45,4%. Найбільша частка пророслого насіння виявлена в сортів Балада миронівська (45,4%) і Естафета миронівська (43,3%), у яких цей показник достовірно перевищував сорт-стандарт. За критерієм толерантності до осмотичного стресу найгіршими виявилися сорти Овідій і Wenzell, у яких відсоток пророслого насіння на обох варіантах досліду був найнижчим.

Вважається, що швидкість проростання та схожість насіння за селективних умов залежать не лише від посухостійкості, але і значною мірою від стану зародка і насіннєвих оболонок [19]. Тому, як наслідок, відбір генотипів в умовах водного дефіциту лише за схожістю насіння не завжди може давати об'єктивний результат. О.В. Бичкова та Л.П. Хлєбова [20] досліджували особливості проростання насіння пшениці на розчинах сахарози з високим осмотичним тиском і виявили, що такі ознаки, як довжина головних зародкових коренів і довжина проростка, можуть вказувати на посухостійкість конкретного генотипу. Тому стійкість до водного дефіциту досліджуваних сортозразків пшениці на розчинах із манітом ми оцінювали також за вищевказаними морфометричними показниками пророслих насінин. Слід підкреслити, що за концентрації маніту 18 атм зародкові корені і пагони в досліджуваних формах майже не утворювалися, тому їх вимір проводили лише на варіантах з осмотичним тиском селективного агента 16 атм.

Як відомо, зневоднення тканин, яке виникає під час посухи, змінює хід фізіолого-біохімічних процесів, що, у свою чергу, відбивається на росто-

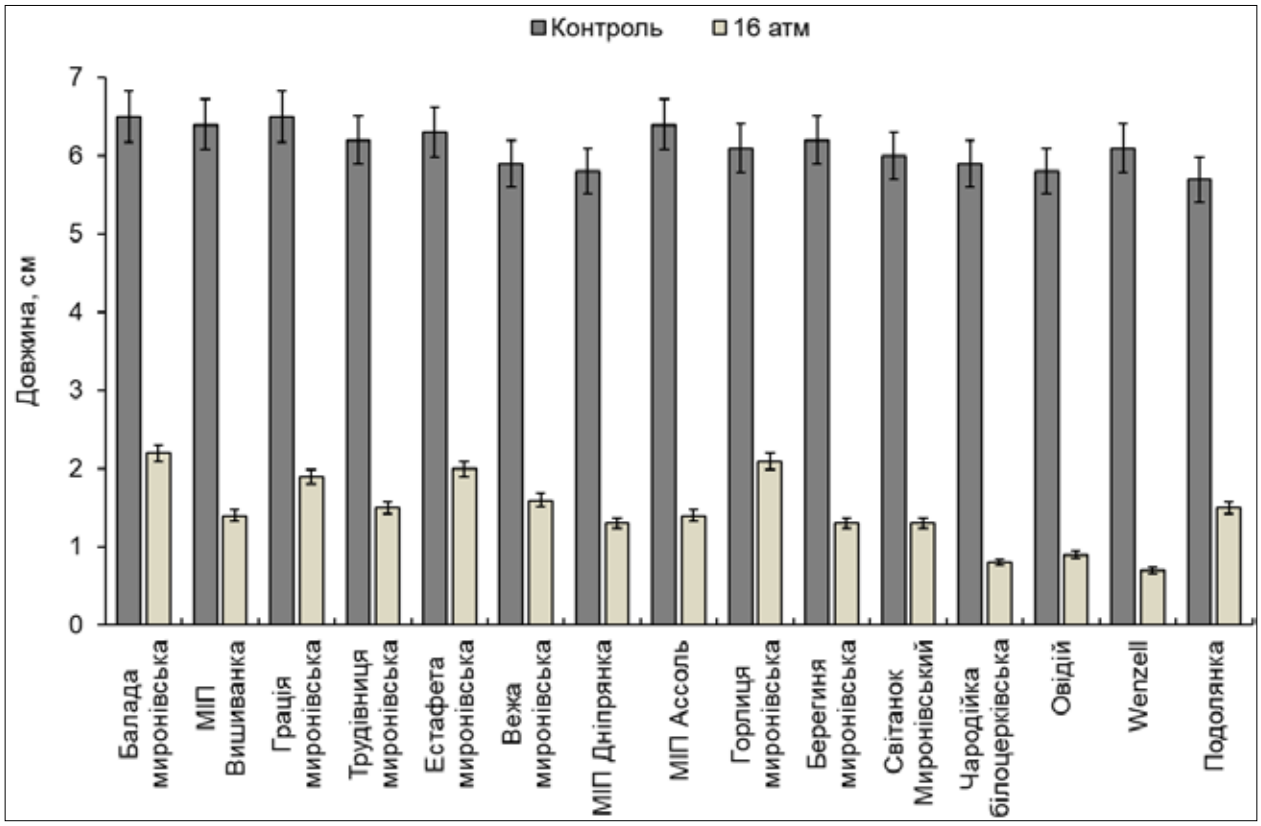



*Рис. 2. Довжина головних зародкових коренів пшениці за умов осмотичного тиску 16 атм, см*

вих процесах рослини [20]. В умовах осмотичного стресу довжина зародкових коренів достовірно знижувалася порівняно з контролем у всіх сортів і була у 3–8 разів нижчою залежно від сорту (рис. 2).

При цьому слід виділити сорти Балада миронівська, Грація миронівська, Естафета миронівська та Горлиця миронівська, показники довжини коренів у яких були найбільшими (2,0–2,2 см) і достовірно відрізнялися від сорту-стандарту Подолянка (1,5 см). Сорти Чародійка білоцерківська, Овідій і Wenzell, що мали найнижчий відсоток пророслого насіння, сформували зародкові корені найменшої довжини (0,7–0,9 см).

Головною причиною уповільнення росту рослин в умовах осмотичного стресу вважається ослаблення здатності коренів постачати до пагонів необхідні для їхнього росту продукти метаболізму, тобто уповільнення надходження поживних елементів із субстрату, пригнічення їх засвоєння в коренях [3]. Зокрема, підкреслюється, що пригнічення росту рослин на початку онтогенезу є наслідком гальмування надходження і перетворення окремих елементів мінерального живлення [4].

Відомо, що дія екстремальних факторів на рослини, зокрема і дефіцит вологи, суттєво знижує інтенсивність ростових процесів не лише підземної, а й надземної частини рослини [21]. Під час роботи було виявлено інгібуючу дію маніту на проростки всіх досліджуваних генотипів, оскільки їхні морфометричні показники за умов стресу і в контролі істотно відрізнялися один від одного. Лінійні розміри проростків у контролі варіювали від 8,6 до 9,7 см (рис. 3).

Під час пророщування форм на розчині маніту максимальними лінійними розмірами проростка володіли сорти Балада миронівська (4,2 см), Естафета миронівська (4,0 см) і Горлиця миронівська (4,1 см). Незважаючи на відносно високі показники довжини проростків у контролі (8,7–8,9 см), в умовах осмотичного стресу сорти Овідій і Wenzell показали найнижчі результати (2,1 і 1,8 см відповідно).

Отже, показано, що морфометричні показники пророслого насіння за стресових умов поряд з його схожістю є також інформативними для аналізу посухостійкості досліджуваних сортів.

**Головні висновки.** Проведено скринінг сортів пшениці м'якої озимої, створених у різних екологічних зонах, на посухостійкість за здатністю проростати на високоосмотичних розчинах із манітом. Виявлено, що найбільш посухостійким серед проаналізованих виявився сорт миронівської селекції Балада миронівська, у якого відсоток проростання насіння на розчинах маніту концентраціями 16 і 18 атм достовірно перевищував стандарт Подолянку. Морфометричні показники пагонів і зародкових коренів у пророслого насіння цього сорту на розчині маніту з осмотичним

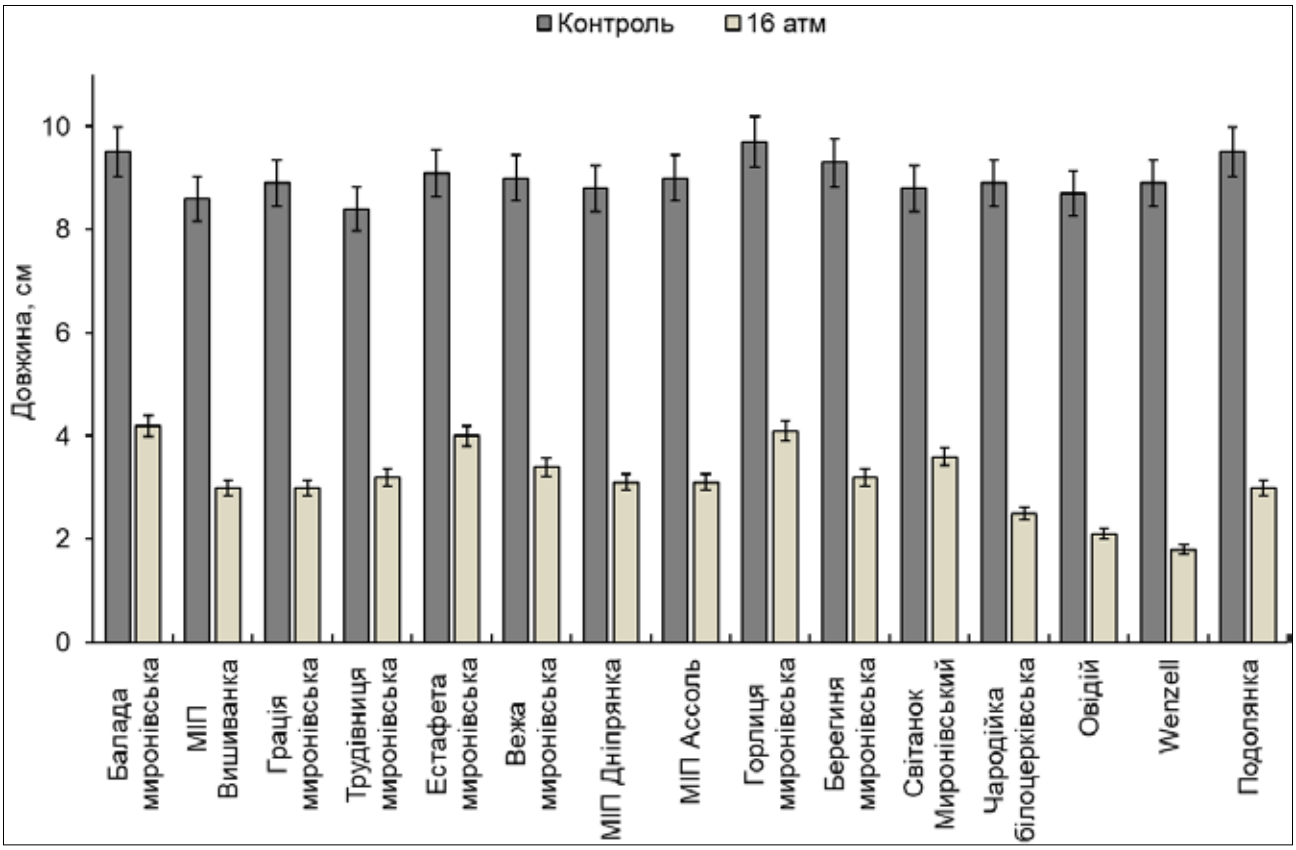



*Рис. 3. Довжина проростків пшениці за умов осмотичного тиску 16 атм, см*

тиском 16 атм серед решти генотипів були найвищими. Результати роботи сприятимуть ефективнішому використанню досліджуваних сортів як у рослинництві, так і в селекційній практиці. Розроблено та запатентовано новий спосіб оцінки стійкості генотипів пшениці до водного дефіциту, використання якого сприятиме прискоренню процесу створення посухостійких сортів цієї культури.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Отримані результати є певним внеском у вивчення як теоретичних, так і практичних аспектів посухостійкості пшениці та можуть застосовуватися як елементи селекційних програм. Використання розробленого методу в селекції пшениці сприятиме створенню нових сортів, що мають цінні практичні властивості.

**Література**


1. Черенков А.В., Гасанова І.І., Солодушко М.М. Пшениця озима – розвиток та селекція культури в історичному аспекті. *Бюлетень Інституту сільського господарства степової зони*. 2014. № 6. С. 3–6.
2. Жемела Г.П., Кузнецова О.А. Вплив сортових властивостей на продуктивність та якість зерна пшениці м'якої озимої. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2012. № 3. С. 23–25.
3. 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. № 11. P. 1159–1168.
4. Bartels D., Sunkar R. Drought and salt tolerance in plants. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2005. Vol. 24. № 1. P. 23–58.
5. Терек О.І., Яворська Н.В., Величко О.І., Ткаченко В.П. Ростові параметри та вміст індолілоцтової та абсцизової кислот у проростків сої за умов гіпо- і гіпертермії в разі дії регуляторів росту івіну та емістиму. *Вісник Львівського університету. Серія : Біологічна*. 2005. Вип. 40. С. 148–153.
6. Haley S.D., Quick J.S., Morgan J.A. Excised-leaf water stress evolution and association in field-grown winter wheat. *Canadian Journal of Plant Science*. 1993. Vol. 73. № 1. P. 55–63.
7. Генкель П.А., Баданова К.А., Левина В.В. О новом лабораторном способе диагностики жаро- и засухоустойчивости для селекции. *Физиология растений*. 1970. Т. 17. № 2. С. 431–437.
8. Тарасюк О.І., Починок В.М. Фотосинтетична активність прапорцевих листків ліній озимої м'якої пшениці, які містять рідкісні *Glu*-алелі. *Вісник Харківського національного аграрного університету. Серія : Біологія*. 2014. Вип. 3. С. 29–34.
9. Ляшок А.К., Мусич В.Н. Способы отбора устойчивых озимых и яровых растений из ярово-озимых гибридов в фитотроне. *Системы интенсивного культивирования растений* : сб. науч. тр. Ленинград, 1987. С. 125–129.
10. Никитин В.А. Быстрый способ определения электропроводности растительной ткани. *Физиология растений*. 1964. Т. 13. № 2. С. 373–376.
11. Кожушко Н.Н. Выход электролитов как критерий оценки засухоустойчивости и особенности его использования для зерновых культур. *Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды* / под ред. Г.В. Удовенко. Ленинград : Колос, 1976. С. 32–42.
12. Дорофеев В.Ф., Руденко М.И., Удачин Р.А. Засухоустойчивые пшеницы (методические указания) / под ред. В.Ф. Дорофеева. Ленинград : ВИР, 1974. 186 с.
13. Олейникова Т.В., Осипов Ю.Ф. Определение засухоустойчивости сортов пшеницы и ячменя, линий и гибридов кукурузы по прорастанию семян на растворах сахарозы с высоким осмотическим давлением. *Методы оценки устойчивости растений к неблагоприятным условиям среды* / под ред. Г.В. Удовенко. Ленинград : Колос, 1976. С. 23–32.
14. Варавкин В.А., Таран Н.Ю. Диагностика засухоустойчивости сортов пшеницы разной селекции по осморегуляторным свойствам семян. *Scientific Journal "ScienceRise"*. 2014. Т. 3. № 1(3). С. 18–22.
15. Генерозова И.П., Маевская С.Н., Шугаев А.Г. Ингибирование метаболической активности митохондрий этиолированных проростков гороха, подвергнутых водному стрессу. *Физиология растений*. 2009. Т. 56. № 1. С. 45–52.
16. Прокопік Н.І., Чугункова Т.В., Хоменко С.О. Оцінка посухостійкості сортів пшениці м'якої озимої різного еколого-географічного походження за умов осмотичного стресу. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2019. № 3 (79). URL: http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/12692.
17. Спосіб оцінки генотипів пшениці м'якої озимої до дії водного дефіциту: пат. 132899 Україна: МПК A01H 1/04. No 201811089; заявл. 09.11.2018; опубл. 11.03.2019, Бюл. № 5. 4 с.
18. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд, доп. и перераб. Москва : Агропромиздат, 1985. 351 с.
19. Cakmak T., Dumlupinar R., Erdal S. Acceleration of germination and early growth of wheat and bean seedlings grown under various magnetic field and osmotic conditions. *Bioelectromagnetics*. 2010. Vol. 31. № 2. P. 120–129.
20. Бычкова О.В., Хлебова Л.П. Физиологическая оценка засухоустойчивости яровой твердой пшеницы. *Acta Biologica Sibirica*. 2015. Т. 1. № 1–2. С. 107–116.
21. Жук О.И., Григорюк И.П. Ростовая реакция проростков озимой пшеницы на температурный стресс и обработку препаратом «Димекс». *Физиология и биохимия культурных растений*. 2001. Т. 33. № 6. С. 485–489.

**УДК 631.41,631.42**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-13**

# ДОСЛІДЖЕННЯ З ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ПОГЛИНАННЯ ВАЛОВОГО ВМІСТУ ХІМІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ІЗ ҐРУНТУ НЕЗЕРНОВОЮ І ЗЕРНОВОЮ ЧАСТИНАМИ УРОЖАЮ ДЕЯКИМИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИМИ КУЛЬТУРАМИ В ПІВДЕННОМУ СТЕПУ І ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

**Адамчук В.В.[1], Литвинюк Л.К.[1], Дем'янюк О.С.[2], Кураєва І.В.[3], Войтюк Ю.Ю.[3]**
[1]Навчально-науковий центр
«Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»
Національної академії аграрних наук України
вул. Вокзальна, 11, 08631, смт. Глеваха, Київська обл.
vvadamchuk@gmail.com, nnc-imesg@ukr.net
[2]Інститут агроекології та природокористування
Національної академії аграрних наук України
вул. Метрологічна, 12, 03143, м. Київ
demolena@ukr.net
[3]Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка
Національної академії наук України
пр. Акад. Палладіна, 34, 03680, м. Київ
office.igmr@gmail.com, voitiuk_yulia@ukr.net

Проведено дослідження з визначення коефіцієнта поглинання валового вмісту хімічних елементів із ґрунту незерновою і зерновою частинами урожаю деяких сільськогосподарських культур в Південному степу і Лісостепу України. Установлено, що коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів із ґрунту незерновою і зерновою частинами урожаю залежить від валового вмісту хімічних елементів у ґрунті, виду культур, технології вирощування і ґрунтово-кліматичної зони. В середньому в Південному Степу коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів із ґрунту незерновою і зерновою частинами урожаю відповідно знаходяться в межах: 0,01–4,00 і 0,01–5,00 за виключенням фосфору, а в Лісостепу відповідно в межах; 0,01–3,00 і 0,02–4,00 за виключенням фосфору. Причому не виявлено ні одної сільськогосподарської культури, які досліджено, щоб в незерновій і зерновій частинах урожаю не було перевищення ГДК по Ni, Cr, Cu, Co, Zn, тобто незернова і зернова частини урожаю не є екологічно чистими. Однозначної переваги серед приведених технологій органічного землеробства немає, але є перевищення ГДК по Ni, Cu, Pb, а кінцева продукція вирощена за цими технологіями не є екологічно чистою; Значення коефіцієнтів поглинання незерновою і зерновою частинами майже одинакові за виключенням технології ЕНЗІМ (верхнє значення коефіцієнта поглинання незерновою частиною 11,88). Перевищення ГДК по Ni кращі результати по ЕНЗІМ і БТУ-центр. Перевищення ГДК по Cu кращі результати по центру ефективних технологій. Перевищення ГДК по Pb є тільки по технології БТУ-центр. Установлено що валововий вміст хімічних елементів в біогумусі, мікродобриві ЕВРО, біопрепараті AEG group, МАР – 12-52 (Білорусія) і CalsiFert, (Туреччина) перевищує в них ГДК по Ni, Cu і Zn, тому вони не є екологічно чистими і при їх використанні буде забруднення ґрунту та вирощених сільськогосподарських продуктів. Установлено також що, концентрація (%) валового вмісту хімічних елементів в чечевиці, гороху, гречці і пшениці, вирощених по органічній технології, перевищує ГДК по Ni, Cu і Zn , тому вони не є органічними. Залежно від визначеної загальної кількості валового вмісту хімічних елементів у ґрунті і виду досліджених культур, незернова і зернова частини і коріння відповідно поглинають долю від визначеної загальної кількості хімічних елементів в наступних межах: стебло 45,83–87,50,%, зерно 45,83–83,30% і корінням 91,30–95,65%.
*Ключові слова:* дослідження, ґрунт, валовий вміст, хімічні елементи, спектр, коефіцієнт, сільськогосподарські культури, поглинання, незернова, зернова, концентрація, екологія.

**Research of determination coefficients absorbed the whole of maintenance chemical elements out of soil by stalk and grain of some agricultural cultures in different soil-climatic zones of Ukraine. Adamchuk V., Lytvyniuk L., Demianiuk O., Kuraieva I., Voitiuk Yu.** Carried research of determination absorbed the whole of maintenance chemical elements out of soil by stalk and grain of same agricultural cultures in different soil – climatic zones of Ukraine in South steppe and Forest – steppe of Ukraine. It is established that coefficients absorbed the whole of maintenance chemical elements out of soil by stalk and grain depend from whole of maintenance chemical elements in ground, type view of cultures, technology of growing and soil – climatic zone. In average in South steppe coefficients absorbed the whole of maintenance chemical elements out of soil by stalk and grain in accordance be found in boundary: 0.01–4.00 and 0.01–5.00, at the exclude phosphorus, and in Forest – steppe in boundary: 0.01–3.00 and 0.02–4.00, at the exclude phosphorus. What have to it no find no one agricultural cultures, which researched, that in stalk and grain not have exceed maximum allowed concentrations (MAC) by Ni, Cr, Cu, Co, Zn, therefore stalk and grain

is not ecological clean. The advantage between implement organic agricultural there are no but there are have exceed MAC on following chemical elements – Ni, Cu, Pb and final productions growed by this technologys are not ecological clean. Significance coefficience of absorbed by stalk and grain almost equally beyond exclude technology of ENZIM ( top significanc coefficience of absorbed by stalk and grain11.88). Exceeding MAC by Ni better results by ENZIM end BTU-centre. Exceeding MAC by Cu better results by centre of effective technology. Exceeding MAC by Pb makeonly by echnology BTU- centre. Common quantity whole of maintenance chemical elements in biohumus, microfertilization EVRO, biopreparation AEG group, MAP – 12-52 (Byelorussia), and CalsiFert (Turkey) and exceeding in them MAC by Ni, Cu and Zn determined thet they not ecological clean and in case them into use thet'll make dirty soil and growing agricultural products. It is determined that concentration (%) whole of maintenance chemical elements in lenti, pea, poligonum and wheat, groving by organic technologys exceeding MAC by Ni, Cu and Zn therefore they are not organic. In dependence from determination common quantity whole of maintenance chemical elements in ground and view researched cultures, the stalk, grain and roots accordingly absorbing part of determination quantity in the next boundary: stalk 45.0–83.0%, grain 50–80% and roots up to 95.0%. *Key words:* research, ground, whole of maintenance, chemical elements, spectrum, coefficient, agricultural cultures, absorb, stalk, grain, concentration, ecology.

**Стан проблеми.** Організм людини складається майже із всіх хімічних елементів таблиці Д.І. Менделєєва в певній долі, причому кожний орган вміщає різні хімічні елементи і в різних кількостях. Перевищення або нестача того чи іншого хімічного елемента може визивати різні захворювання людини. Хімічні елементи надходять в організм людини в результаті споживання кінцевої продукції рослинництва, а хімічний склад продуктів рослинництва залежить від валового (валова форма включає і рухому форму) вмісту хімічних елементів в ґрунті. В тому разі коли у ґрунті валовий вміст хімічних елементів перевищує гранично допустиму концентрацію (ГДК), спостерігається перевищення концентрації хімічних елементів у незерновій і зерновій частинах урожаю, що в свою чергу впливає на здоров'я людини і на екологію навколишнього середовища. Ця проблема висвітлена в наступних наукових працях [1–11]. Коефіцієнтів поглинання валового вмісту хімічних елементів із ґрунтів (зокрема Південного Степу і Лісостепу) різними культурами незерновою і зерновою частинами врожаю з одночасним визначенням перевищення концентрації важких металів не приведено в цих наукових працях, тому матеріали статті доповнюють цю проблему і є актуальними.

**Мета досліджень** – дослідити коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів із ґрунтів незерновою і зерновою частинами врожаю у Південному Степу і Лісостепу України деякими сільськогосподарськими культурами.

**Об'єкт досліджень** – верхній 0–5 см шар різних ґрунтів Південного Степу і Лісостепу України.

**Методика досліджень** – дослідження із визначення коефіцієнтів поглинання валового вмісту хімічних елементів із ґрунту проводили наступним способом. В Південному Степу і Лісостепу України – зонах, де проводились стаціонарні дослідження з вирощування різних сільськогосподарських культур, відбирали зразки із верхнього шару ґрунту 0–5 см, незернову і зернову частини урожаю та проводили спектральний аналіз із валового вмісту хімічних елементів у ґрунті, незерновій і зерновій частинах урожаю. Коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів із ґрунту в незерновій і зерновій частини урожаю визначали як співвідношення валового вмісту хімічних елементів у незерновій і зерновій частини врожаю до валового вмісту хімічних елементів у ґрунті. Валовий вміст хімічних елементів у ґрунті, в незерновій і зерновій частини урожаю визначали за допомогою спектрометрів СТЕА – 1 і СТЕА – 2, налаштованих на визначення 36 хімічних елементів. Одночасно визначали перевищення концентрації хімічних елементів в зерновій і не зерновій частинах урожаю шляхом співвідношення фактичної концентрації (%) хімічних елементів до відомих значень ГДК (причому відомі ГДК обґрунтовано в межах 14 хімічних елементів, а в ґрунтах практично є всі 92 хімічні елементи, тому без значень ГДК ще на 78 хімічних елементів, визначити екологічну чистоту рослинної продукції (в тому числі органічну) абсолютно неможливо.

**Результати досліджень.** У таблиці 1 приведено коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів у незерновій і зерновій частинах урожаю соняшника із темно-каштанового середньосуглинкового ґрунту, Південний Степ.

З таблиці 1 випливає, що коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів, зазначених у таблиці, із ґрунту незерновою частиною соняшника в межах 0,016–2,0 (окрім Р – 500), а зерновою в межах 0,033–1,33 (окрім Р – 1000) в залежності від хімічного елемента. Причому валовий вміст хімічних елементів у ґрунті перевищує ГДК відповідно у незерновій і зерновій частинах по наступним елементам, разів: Ni – 10,0, 1,25 і 1,50; Cr – 6,66, 1,0; Cu – 10,0, 10,0 і 13,33; Pb – 1,56. У ґрунті Zn не визначено, але в незерновій і зерновій частинах валовий вміст відповідно перевищує ГДК в 2,61 і 3,48, тобто це результат застосування засобів захисту і стимуляції росту і розвитку рослин. Зернова частина поглинає Р в два рази більше ніж зернова. В цілому незернова і зернова частини не є екологічно чистими. Із визначених в ґрунті 15 (100%) хімічних елементів незернова частина поглинула 12 (80%) і зернова 11 (73%).

У таблиці 2 приведено коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів незерновою частиною нуту із темно-каштанового середньосуглинкового грунту, Південний Степ.

Таблиця 1

**Коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів незерновою і зерновою частинами урожаю соняшника із темно-каштанового середньосуглинкового ґрунту, Південний Степ**

| Хімічні елементи і порядковий номер в таблиці Д.І. Менделєєва | Херсонська обл.. Шар ґрунту – 0–5 см | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | валовий вміст хімічних елементів у ґрунті, % / перевищення ГДК, раз | валовий вміст хімічних елементів у незерновій частині, % / перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання незерновою частиною | валовий вміст хімічних елементів у зерновій частині, %/ перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання зерновою частиною | коефіцієнт поглинання незерновою і зерновою частинами |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 25Mn | 0,0400 | 0.0350 | 0.8750 | 0,0400 | 1,0 | 1.8750 |
| 28Ni | 0,0040/ 10,0 | 0,0005/ 1,25 | 0.1250 | 0,0006/ 1,50 | 0,1500 | 0,2750 |
| 27Co | 0,0006/ 1,2 | - | | - | - | - |
| 22Ti | 0,3000 | 0.0050 | 0,0160 | 0,0100 | 0,0330 | 0,0490 |
| 23V | 0,0060 | 0,0004 | 0,0660 | 0,0002 | 0,0330 | 0,0990 |
| 24Cr | 0,0040/ 6,66 | 0,0006/ 1,0 | 0,1500 | 0,0005 | 0,1250 | 0,2750 |
| 42Mo | - | 0,0001 | - | 0,0001 | - | |
| 40Zr | 0,0200 | | | 0,0050 | 0.2500 | |
| 41Nb | 0,0003 | | | - | - | |
| 29Cu | 0,0030/10 | 0,0030/10,0 | 1,0000 | 0,0040/ 13,33 | 1,3300 | 2,3300 |
| 82Pb | 0,0050/1,56 | 0,0005 | 0,1000 | 0,0002 | 0,0400 | 0,1400 |
| 83Bi | 0,0002 | 0,0004 | 2,0 | 0,0002 | 1,0 | 3,0 |
| 30Zn | - | 0,0060/2,61 | | 0,0080/ 3,48 | | - |
| 56Ba | 0,0400 | 0,0200 | 0,5000 | 0,0200 | 0,5000 | 1,0 |
| 15P | 0,0020 | 1,0 | 500 | 2,00 | 1000 | 1500 |

Джерело: дослідження авторів

Таблиця 2

**Коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів незерновою частиною нуту (Індія) із темно-каштанового середньосуглинкового ґрунту, Південний Степ**

| Хімічні елементи і порядковий номер в таблиці Д.І. Менделєєва | Херсонська обл. Шар ґрунту 0–5 см | | |
|---|---|---|---|
| | вміст хімічних елементів у ґрунті, % / перевищення ГДК, раз | вміст хімічних елементів у незерновій частині% / перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання незерновою частиною |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 25Mn | 0,0300 | 0,0400 | 1,33 |
| 28Ni | 0,0020/ 5,0 | 0,0006/ 1,50 | 0,30 |
| 27Co | 0,0003 | | - |
| 22Ti | 0,1000 | 0,0030 | 0,03 |
| 23V | 0,0050 | 0,0005 | 0,10 |
| 24Cr | 0,0030/ 5,0 | 0,0010/ 1,66 | 0,33 |
| 42Mo | - | 0,0020 | - |
| 40Zr | 0,0200 | - | |
| 41Nb | 0,0002 | - | |
| 29Cu | 0,0030/ 10,0 | 0,0040/ 13,33 | 1,33 |
| 82Pb | 0,0050/ 1,56 | 0,0006 | 1,20 |
| 51Sb | 0,0400/ 88,88 | - | |
| 83Bi | 0,0001 | 0,0004 | 4,00 |
| 30Zn | - | 0,0050/ 2,17 | - |
| 50Sn | 0,0003 | 0,0003 | 1,00 |
| 31Ga | 0,0004 | 0,0004 | 1,00 |
| 4Be | 0,0001 | - | - |
| 21Sc | 0,0010 | - | - |

Закінчення таблиці 2

| *1* | *2* | *3* | *4* |
|---|---|---|---|
| 57La | 0,0020 | - | - |
| 39Y | 0,0040 | - | - |
| 70Yb | 0,0004 | - | - |
| 56Ba | 0,0200 | 0,0200 | 1,00 |
| 3Li | 0,0020 | 0,0020 | 1,00 |
| 15P | - | 2,0 | |

Джерело: дослідження авторів. Примітка. На час взяття проб зерно нуту було ще не дозріле

Таблиця 3

**Коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів незерновою і зерновою частинами сої із темно-каштанового середньосуглинкового ґрунту, Південний Степ**

| Хімічні елементи і порядковий номер в таблиці Д.І. Менделєєва | Херсонська обл. Шар ґрунту – 0–5 см | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | вміст хімічних елементів у ґрунті, % / перевищення ГДК, раз | вміст хімічних елементів у незерновій частині, % / перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання незерновою частиною | вміст хімічних елементів у зерновій частині, % / перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання зерновою частиною | коефіцієнт поглинання незерновою і зерновою частинами |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 25Mn | 0,0600 | 0,0400 | 0,6600 | 0,0300 | 0,5000 | 1,1600 |
| 28Ni | 0,0050/ 12,5 | 0,0010/ 2,5 | 0,200 | 0,001/2,5 | 0,1660/ 2,5000 | 0,3660 |
| 27Co | 0,0006 | 0,0003 | 0,500 | 0,0003 | 0,5000 | 1,0000 |
| 22Ti | 0,3890 | 0,1000 | 0,110 | 0,06 | 0,1540 | 0,2640 |
| 23V | 0,0080 | 0,0010 | 0,125 | 0,0008 | 0,1000 | 0,2250 |
| 24Cr | 0,0080 | 0,0020 | 0,250 | 0,0001 | 0,0125 | 0,3750 |
| 42Mo | - | 0,0003 | | 0,0002 | | - |
| 40Zr | 0,0480 | 0,0380 | 0,790 | 0,02 | 0,2500 | 1,0400 |
| 41Nb | 0,0004 | 0,0002 | 0,500 | 0,0002 | 0,5000 | 1,0000 |
| 29Cu | 0,0040/ 13,33 | 0,0040/ 13,33 | 1,000 | 0,004 | 1,0000/ 13,33 | 2,0000 |
| 82Pb | 0,0080/ 2,5 | 0,0006 | 0,075 | 0,0006 | 0,0750 | 0,1500 |
| 47Ag | 0,0001 | - | - | - | - | - |
| 51Sb | 0,0406 | - | - | - | - | - |
| 83Bi | 0,0002 | 0,0003 | 1,500 | 0,0004 | 2,0000 | 3,5000 |
| 30Zn | - | 0,0080 | | 0,008 | - | - |
| 50Sn | 0,0003 | - | - | 0,0003 | 1,0000 | 1,0000 |
| 31Ga | 0,0010 | 0,0005 | 0,500 | 0,0002 | 0,2000 | 0,7000 |
| 4Be | 0,0002 | 0,0001 | 0,500 | 0,0001 | 0,50 | 1,0000 |
| 21Sc | 0,0030 | 0,0005 | 0,060 | 0,0006 | 0,2 | 0,2600 |
| 17Cl | 0,0100 | - | - | - | - | - |
| 57La | 0,0050 | - | - | - | - | - |
| 39Y | 0,0060 | 0,0003 | 0,500 | 0,001 | 0,166 | 0,6670 |
| 70Yb | 0,0005 | - | - | 0,0003 | 0,06 | 0,0600 |
| 56Ba | 0,0600 | 0,0100 | 0,166 | 0,02 | 0,33 | 0,4960 |
| 3Li | 0,0030 | 0,0020 | 0,660 | 0,002 | 0,66 | 0,6620 |
| 15P | 0,0500 | 1,0000 | 20,00 | 1,50 | 30,00 | 50,0000 |

Джерело: дослідження авторів

Так, коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів із ґрунту незерновою частиною нуту (Індія) знаходяться в межах – 0,03–4,00 залежно від хімічного елемента. Валовий вміст хімічних елементів у ґрунті і в незерновій частині нуту перевищують ГДК наступні елементи відповідно, раз: Ni – 5,0 і 1,5; Cr – 5,0 і 1,66; Cu – 10,0 і 13,33; Pb – 1,56; Sb – 88,88. Причому Zn у ґрунті не було, а в незерновій частині перевищення ГДК в 2,17 разів, це результат застосування ЗЗР. Незернова частина

нуту не э екологічно чистою. Застосування незернової частини нуту (Індія) для мульчування ґрунту буде забруднювати ґрунт. Із визначених у ґрунті 24 (100%) хімічних елементів поглинуто незерновою частиною 15 (62,50%).

У таблиці 3 приведено коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів незерновою і зерновою частинами сої із темно-каштанового середньосуглинкового ґрунту, Південний Степ.

З даних таблиці 3 випливає, що коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів із ґрунту незерновою частиною сої знаходиться в межах 0,06 – 1,50 (окрім Р – 20,0), а зерновою в межах 0,0125 – 2,0000 (окрім Р – 30,0). Зернова частина поглинає Р більше ніж не зернова в 1,5 разів. Причому валовий вміст хімічних елементів в ґрунті, незерновій і зерновій частинах сої перевищують ГДК наступні елементи відповідно, разів: Ni – 12,5, 2,5 і 2,5; Co – 1,2; Cu – 13,33, 13,33 і 13,33; Pb – 2,50. Окрім того в ґрунті не було Zn, а в незерновій і зерновій частинах і визначено перевищення ГДК в 3,47 разів у результаті застосування ЗЗР. Незернова і зернова частини не є екологічно чистими. Із визначених у ґрунті 26 (100%) хімічних елементів незерновою частиною поглинуто 13 (50%) і зерновою 20 (76,90%). В таблиці 4 приведено коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів незерновою і зерновою частинами та корінням кукурудзи із темно-каштанового середньосуглинкового грунту, Південний Степ.

З аналізу даних таблиці 4 випливає, що коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів незерновою і зерновою частинами із темно-каштанового середньосуглинкового ґрунту і корінням кукурудзи відповідно становлять: 0,0330–1,3300 (окрім Р – 20); 0,0015 – 2,0000 (окрім Р – 60,0);

Таблиця 4

**Коефіцієнти поглинання валових хімічних елементів незерновою і зерновою частинами та корінням кукурудзи із темно-каштанового середньосуглинкового ґрунту, Південний Степ**

| Хімічні елементи і порядковий номер в таблиці Д.І. Менделєєва | Херсонська обл. Шар ґрунту – 0–5 см. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | вміст хімічних елементів у грунті, % / перевищення ГДК, раз | вміст хімічних елементів у незерновій частині, % / перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання не зерновою частиною | вміст хімічних елементів у зерновій частині, % перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання зерновою частиною | вміст хімічних елементів у корінні, % / коефіцієнт поглинання корінням |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 25Mn | 0,0580 | 0,0300 | 0,0517 | 0,0250 | 0,4310 | 0,06/1,034 |
| 28Ni | 0,0040/10 | 0,0005/ 1,25 | 0,1250 | 0,0005/ 1,25 | 0,0125 | 0,006/1,5 |
| 27Co | 0,0005/1,0 | - | | - | - | 0,0006/1,2 |
| 22Ti | 0,2000 | 0,0100 | 0,0500 | 0,0003 | 0,0015 | 0,0350/0,175 |
| 23V | 0,0060 | 0,0006 | 0,1000 | 0,0005 | 0,0025 | 0,0080/1,33 |
| 24Cr | 0,006 | 0,0003 | 0,0500 | 0,0006 | 0,1000 | 0,0100/1,66 |
| 42Mo | -0 | 0,0001 | - | 0,0001 | -1 | 0,0002/- |
| 40Zr | 0,0300 | 0,0010 | 0,0330 | - | - | 0,080/2,66 |
| 41Nb | 0,0003 | - | - | - | - | 0,0005/1,66 |
| 29Cu | 0,0030/10 | 0,0040/ 13,33 | 1,3300 | 0,0060/ 20,00 | 2,0000 | 0,005/1,66 |
| 82Pb | 0,0080/ 2,5 | - | - | - | - | 0,0010/0,125 |
| 47Ag | - | - | - | 0,0001 | - | 0,0001/- |
| 83Bi | 0,0002 | 0,0003 | 0,1500 | 0,0002 | 1,0000 | -0,0002/1,0 |
| 30Zn | - | - | - | 0,0100/ 4,34 | - | 0,0100/- |
| 50Sn | 0,0002 | 0,0002 | 1,0000 | - | - | -/- |
| 31Ga | 0,0010 | - | - | - | - | 0,0010/1,0 |
| 4Be | 0,0002 | - | - | - | - | 0,0001/0,5 |
| 21Sc | 0,0020 | 0,0004 | 0,2000 | 0,0004 | 0,2000 | 0,0010/0,5 |
| 39Y | 0,0050 | - | - | 0,0005 | 0,1000 | 0,0040/0,8 |
| 70Yb | 0,0004 | - | - | - | - | 0,0005/1,25 |
| 56Ba | 0,0500 | 0,0100 | 0,2000 | 0,0100 | 0,2000 | 0,0500/1,0 |
| 3Li | 0,0030 | - | - | - | - | 0,0003/1,0 |
| 15P | 0,0500 | 1,0 | 20 | 3,0 | 60,0000 | 1,0/20 |

Джерело: дослідження авторів

і 0,1250– 2,6600 (окрім Р – 20,0). Окрім того, у ґрунті не визначено Zn, а в зерновій частині визначено Zn із перевищенням ГДК в 4,34 рази. Це результат застосування ЗЗР. Незернова і зернова частини не є екологічно чистими. Із визначених у ґрунті 23 (100%) хімічних елементів стеблом поглинуто 12 (52,20%), зерном 11 (47,50% і корінням 22 (95,65%). Тобто коріння поглинає із ґрунту 95,65% валового вмісту хімічних елементів, але це при налаштуванні спектрометра на 36 хімічних елементів. Для визначення фактичної кількості хімічних елементів у ґрунті необхідно розробити лазерний аналізатор від водню до урану спектрі. Це дасть можливість визначити у ґрунті валовий вміст хімічних елементів від водню до урану і розробити універсальну керовану програму з управління внутрішньоґрунтовим агрохімічним процесом. Валовий вміст хімічних елементів у корінні може бути експрес показником з валового вмісту хімічних елементів у ґрунті.

У таблиці 5 приведено коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів незерновою і зерновою частинами сорго (США) із темно-каштанового середньосуглинкового ґрунту, Південний Степ.

З аналізу даних таблиці 5 випливає, що коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів із темно-каштанового середньосуглинкового ґрунту незерновою і зерновою частинами сорго (США) відповідно наступні – 0,25–3,00 і 0,20–5,00. Причому валовий вміст хімічних елементів в ґрунті, незерновій і зерновій частинах, які перевищують ГДК відповідно наступні, разів: Ni – 12,5, 10,0 і 7,50; Cu – 13,33, 26,66 і 66,66. Окрім того в ґрунті не

Таблиця 5

**Коефіцієнти поглинання валових хімічних елементів незерновою і зерновою частинами сорго (США) із темно-каштанового середньосуглинкового ґрунту, Південний Степ**

| Хімічні елементи і порядковий номер в таблиці Д.І. Менделєєва | Херсонська обл. Шар ґрунту – 0–5 см | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | вміст хімічних елементів у ґрунті, % / перевищення ГДК, раз | вміст хімічних елементів у незерновій частині % / перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання незерновою частиною | вміст хімічних елементів у зерновій частині, %/ перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання зерновою частиною | коефіцієнт поглинання незерновою і зерновою частинами |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 25Mn | 0,0400 | 0,0500 | 1,25 | 0,0500 | 1,25 | 2,50 |
| 28Ni | 0,0050/ 12,5 | 0,0040/ 10,0 | 0,8 | 0,0030/ 7,5 | 0,60 | 1,40 |
| 27Co | 0,0005/ 1,0 | 0,0005/ 1,0 | 1,0 | 0,0004 | 0,80 | 1,80 |
| 22Ti | 0,1500 | 0,2000 | 1,33 | 0,1000 | 0,66 | 1,99 |
| 23V | 0,0060 | 0,0060 | 1,0 | 0,0030 | 0,50 | 1,50 |
| 24Cr | 0,0060 | 0,0060 | 1,0 | 0,0030 | 0,50 | 1,50 |
| 40Zr | 0,0200 | 0,0600 | 3,0 | 0,0500 | 2,50 | 5,50 |
| 41Nb | 0,0003 | 0,0004 | 1,33 | 0,0004 | 1,33 | 2,66 |
| 29Cu | 0,0040/ 13,33 | 0,0080/ 26,66 | 2,0 | 0,0020/ 66,66 | 5,0 | 25,0 |
| 82Pb | 0,0040/ 1,25 | 0,0010 | 0,25 | 0,0008 | 0,20 | 0,45 |
| 47Ag | 0,0001 | 0,0001 | 1,0 | 0,0001 | 1,0 | 2,0 |
| 51Sb | 0,0040/ 8,88 | - | - | - | - | - |
| 83Bi | 0,0002 | 0,0002 | 1,0 | 0,0002 | 1,0 | 2,0 |
| 30Zn | - | 0,0050/ 2,17 | - | 0,100/ 43,47 | - | - |
| 50Sn | 0,0002 | 0,0005 | 2,5 | 0,0003 | 1,5 | 4,0 |
| -31Ga | 0,0010 | 0,0010 | 1,0 | 0,0006 | 0,001 | 1,001 |
| 4Be | 0,0001 | 0,0001 | 1,0 | 0,0001 | 1,5 | 2,5 |
| 21Sc | 0,0030 | 0,0010 | 0,33 | 0,0010 | 0,33 | 0,66 |
| 57La | 0,0040 | - | - | - | - | - |
| 39Y | 0,0050 | 0,0020 | 0,40 | 0,0020 | 0,40 | 0,80 |
| 70Yb | 0,0004 | 0,0003 | 0,75 | 0,0002 | 0,50 | 1,25 |
| 56Ba | 0,0600 | 0,0400 | 0,66 | 0,0300 | 0,50 | 1,16 |
| 3Li | 0,0030 | 0,0020 | 0,66 | 0,0020 | 0,66 | 1,36 |
| 15P | - | | 0,10 | 2 | - | 0,10 |

*Джерело: дослідження авторів*

визначено Zn, а в незерновій і зерновій частинах визначено Zn, вміст якого перевищує ГДК відповідно 2,17 і 43,47 разів, це означає, що імпортне зерно необхідно перевіряти на вміст хімічних елементів і порівняти їх концентрацію з ГДК. Незернова і зернова частини не є екологічно чистими. Із визначених в ґрунті 24 (100%) хімічних елементів не зерновою частиною поглинуто 21 (87,50%) і зерновою 20 (83,30%).

Висновок по Херсонській області (Південний Степ). Коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів незерновою і зерновою частинами в залежності від валового вмісту хімічних елементів в ґрунті і виду вирощуваних культур знаходяться в наступних межах: не зерновою частиною 0,016–3,00 і зерновою 0,033 – 4,00. Причому валовий вміст хімічних елементів в незерновій і зерновій частинами перевищує ГДК в декілька разів по наступним хімічним елементам: Ni, Cr, Cu, Pb, Sr, Co, Zn. Незернова і зернова частини не є екологічно чистими. Із визначеної кількості хімічних елементів в ґрунті (100%) незерновою частиною поглинається, в залежності від виду рослин, в межах 50,00–87,50%, зерновою 47,80–83,30% і корінням 95,65%.

У таблиці 6 приведено коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів незерновою і зерновою частинами сої сорту Білявка із чорнозему середньогумусного потужного середньосуглинкового, Лісостеп.

З аналізу даних таблиці 6 випливає, що коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів незерновою і зерновою частинами сої сорту Білявка із темно-каштанового середньосуглинкового ґрунту відповідно наступні – 0,040–3,000 і 0,024–4,000 залежно від хімічного елемента. Причому валовий вміст хімічних елементів у ґрунті, незерновій і зерновій частинах сої сорту Білявка, які перевищують ГДК відповідно наступні: Ni – 7,5, 2,0 і 5,0; Cu – 10,0, 13,33 і 16,66. Окрім того, у ґрунті не було визначено Zn, а в незерновій і зерновій частинах визначено Zn, вміст якого перевищує ГДК відповідно

Таблиця 6

**Коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів незерновою і зерновою частинами сої сорту Білявка із чорнозему середньогумусного потужного середньосуглинкового, Лісостеп**

| Хімічні елементи і порядковий номер в Таблиці Д.І. Менделєєва | Кропивницька обл. Шар ґрунту – 0–5 см Виробниче поле. Боротьба з бур'янами сапанням | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Вміст хімічних елементів у ґрунті, % / перевищення ГДК, раз | вміст хімічних елементів у незерновій частині, % / перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання незерновою частиною | вміст хімічних елементів у зерновій частині, % / перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання зерновою частиною | коефіцієнт поглинання незерновою і зерновою частинами |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 25Mn | 0,0450 | 0,0450 | 1,0000 | 0,0250 | 0,5550 | 1,5550 |
| 28Ni | 0,0030/ 7,5 | 0,0008/ 2,0 | 0,2660 | 0,0020/ 5,0 | 0,6660 | 0,9320 |
| 27Co | 0,0003 | - | - | 0,0002 | 0,6660 | 0,6660 |
| 22Ti | 0,2500 | 0,0200 | 0,0800 | 0,0006 | 0,0024 | 0,0824 |
| 23V | 0,0050 | 0,0002 | 0,0040 | 0,0003 | 0,0600 | 0,0640 |
| 24Cr | 0,0050 | 0,0005 | 0,1000 | 0,0005 | 1,0000 | 1,1000 |
| 42Mo | - | 0,0001 | - | 0,0001 | - | - |
| 40Zr | 0,0300 | 0,0100 | 0,3300 | - | - | 0,3300 |
| 41Nb | 0,0003 | - | - | - | - | - |
| 29Cu | 0,0030/ 10,0 | 0,0040/ 13,33 | 1,3300 | 0,0050/ 16,66 | 1,6660 | 2,9960 |
| 82Pb | 0,0020 | 0,0005 | 0,2500 | 0,0002 | 0,1000 | 0,3500 |
| 51Sb | 0,0401 | - | - | - | - | - |
| 83Bi | 0,0001 | 0,0003 | 3,000 | 0,0004 | 4,0000 | 7,0000 |
| 30Zn | - | 0,0080/ 3,47 | - | 0,0100/ 3,47 | - | - |
| 31Ga | 0,0005 | - | - | - | - | - |
| 4Be | 0,0001 | 0,0003 | 3,000 | - | - | - |
| 21Sc | 0,0010 | - | - | - | - | - |
| 39Y | 0,0040 | - | - | 0,0003 | 0,075 | 0,075 |
| 70Yb | 0,0003 | - | - | - | - | - |
| 56Ba | 0,0200 | 0,0200 | 1,000 | 0,0200 | 1,0 | 2,0 |
| 15P | - | 0,1000 | - | 3,0 | | 3,0 |

Джерело: дослідження авторів

3,47 і 4,34 рази. Незернова і зернова частини не є екологічно чисті. Із визначених в ґрунті 21 (100%) хімічних елементів незерновою частиною поглинуто 11 (52,38%), зерновою 11 (52,50%).

У таблиці 7 приведено коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів незерновою і зерновою частинами сої сорту Білявка із чорнозему середньогумусного потужного середньосуглинкового, Лісостеп.

З аналізу даних таблиці 7 випливає, що коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів соєю сорту Білявка із чорнозему потужного незерновою і зерновою частинами відповідно наступні: 0,015–4,00 (окрім Р – 16,66) і 0,025–2,000 (окрім Р – 33,33), в залежності від хімічного елемента. Причому валовий вміст хімічних елементів в ґрунті, незерновій і зерновій частинах сої сорту Білявка, які перевищують ГДК відповідно наступні, разів: Ni – 12,50, 1,25 і 1,5; Cu – 13,33, 10,0 і 13,33; Zn – 3,47, 2,61 і 3,47. Незернова і зернова частини не є екологічно чистим, не дивлячись на те, що міжрядний обробіток ґрунту був сапанням. Верхня межа коефіцієнту переходу валового вмісту хімічних елементів у зерно на контролі зменшена в два рази. Слід зазначити, що із визначених у ґрунті 21 хімічного елемента не поглинуто 8 (Co, Sn, Ga, Be, Sc, Y, Yb, і Li). Із визначених у ґрунті 21 (100%) хімічних елементів незерновою частиною поглинуто 11 (52,38%), зерновою 11 (52,38%). В таблиці 8 приведено коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів із чорнозему потужного незерновою і зерновою частинами сої сорту Білявка, за технологією органічного землеробства БТУ- центр, Лісостеп.

З аналізу даних таблиці 8 випливає, що коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів соєю сорту Білявка із чорнозему потужного незерновою і зерновою частинами, за технологією органічного землеробства БТУ-центр, відповідно

Таблиця 7

**Коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів незерновою і зерновою частинами сої сорту Білявка із чорнозему середньогумусного потужного середньосуглинкового, Лісостеп**

| Хімічні елементи і порядковий номер в таблиці Д.І. Менделєєва | Кропивницька обл. Шар ґрунту – 0–5 см Контроль. Обробіток сапанням | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | вміст хімічних елементів у ґрунті, % / перевищення ГДК, раз | вміст хімічних елементів у незерновій частині % / перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання незерновою частиною | вміст хімічних елементів зерновій частині % / перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання зерновою частиною | коефіцієнт поглинання незерновою і зерновою частинами |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 25Mn | 0,0800 | 0,0350 | 0,4375 | 0,0400 | 0,5000 | 0,9375 |
| 28Ni | 0,0050/ 12,50 | 0,0005/ 1,25 | 0,1000 | 0,0006/ 1,50 | 0,1200 | 0,2200 |
| 27Co | 0,0005/1,0 | - | - | - | - | - |
| 22Ti | 0,3280 | 0,0050 | 0,0150 | 0,0100 | 0,3050 | 0,3200 |
| 23V | 0,0060 | 0,0004 | 0,0660 | 0,0002 | 0,0330 | 0,0990 |
| 42Mo | - | 0,0001 | - | 0,0001 | - | - |
| 40Zr | 0,0400 | 0,0020 | 0,0500 | 0,0050 | 0,1250 | 0,1300 |
| 41Nb | 0,0004 | - | - | - | - | - |
| 29Cu | 0,0040/ 13,33 | 0,0030/ 10,00 | 0,7500 | 0,0040/ 13,33 | 1,000 | 1,7500 |
| 82Pb | 0,0080 | 0,0005 | 0,0625 | 0,0002 | 0,0250 | 0,0650 |
| 83Bi | 0,0001 | 0,0004 | 4,000 | 0,0002 | 2,000 | 6,0000 |
| 30Zn | 0,0080/ 3,47 | 0,0060/ 2,61 | 0,7500 | 0,0080/ 3,47 | 1,000 | 1,7500 |
| 50Sn | 0,0001 | - | - | - | - | - |
| 31Ga | 0,0006 | - | - | - | - | - |
| 4Be | 0,0001 | - | - | - | - | - |
| 21Sc | 0,0020 | - | - | - | - | - |
| 39Y | 0,0050 | - | - | - | - | - |
| 70Yb | 0,0004 | - | - | - | - | - |
| 56Ba | 0,0300 | 0,0200 | 0,6600 | 0,0200 | 0,6660 | 1,3260 |
| 3Li | 0,0020 | - | - | - | - | - |
| 15P | 0,0600 | 1,0000 | 16,6600 | 2,0000 | 33,3300 | 49,9900 |

Джерело: дослідження авторів

наступні: 0,032–3,00 і 0,05–3,00. Причому валовий вміст хімічних елементів в ґрунті, незерновою і зерновою частинами сої сорту Білявка, які перевищують ГДК відповідно наступні, разів: Ni – 10,00, 1,25 і 2,5; Cu – 10,00, 10,0 і 13,33; Zn – 2,60, і 3,47. Незернова і зернова частини не є екологічно чистими, не дивлячись на те, що міжрядний обробіток був сапанням. Із визначених у ґрунті 22 (100%) хімічних елементів незерновою частиною поглинуто 12 (54,54%), зерновою 11 (50,00%). Застосування технології органічного виробництва БТУ-центр не призвело до суттєвих змін окрім збільшення вмісту Ni в зерні на 1% і зменшення валового вмісту Ni в ґрунті на 2,50%, що є позитивним.

У таблиці 9 приведено коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів стеблом і зерном сої Сузір'я із чорнозему типового суглинкового, Лісостеп, технологія органічного землеробства БТУ-центр, Київська обл.

З аналізу даних таблиці 9 випливає, що коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів соєю Сузір'я із чорнозему типового середнє суглинкового незерновою і зерновою частинами, за технологією органічного землеробства БТУ-центр, відповідно наступні: 0,10 – 1,50 і 0,05 – 2,00 в залежності від хімічного елемента. Причому валовий вміст хімічних елементів в ґрунті незерновою і зерновою частинами сої сорту Сузір'я, які перевищують ГДК відповідно наступні, разів: Ni – 12,50, 1,50 і 7,5; Cu – 10,00, 10,0 і 20,00; Pb – 1,88, 1,00, 1,00. Незернова і зернова частини не є екологічно чистими. Не поглинуто 10 хімічних елементів (Nb, Ag, Sb, Sn, Ga, Be, La, Y, Yb, Li). Zn визначений у незерновій частині в результаті застосування ЗЗР. Із визначених у ґрунті 24 (100%) хімічних елементів незерновою частиною поглинуто 12 (50,00%), зерновою 11 (45,83%).

Таблиця 8

**Коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів незерновою і зерновою частинами сої сорту Білявка із чорнозему потужного, за технологією органічного землеробства БТУ-центр, Лісостеп**

| Хімічні елементи і порядковий номер в таблиці Д.І. Менделєєва | Кропивницька обл. Шар ґрунту 0–5 см | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Вміст хімічних елементів у ґрунті, % / перевищення ГДК, раз | вміст хімічних елементів у незерновій частині, % / перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання незерновою частиною | вміст хімічних елементів у зерновій частині,% /перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання зерновою частиною | коефіцієнт поглинання незерновою і зерновою частинами |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 25Mn | 0,0800 | 0,0200 | 0,2500 | 0,0400 | 0,5000 | 0,7500 |
| 28Ni | 0,0040/ 10,00 | 0,0006/ 1,50 | 0,1500 | 0,0010/ 2,50 | 0,2500 | 0,4000 |
| 27Co | 0,0005/1,0 | - | - | 0,0002 | 0,4000 | 0,4000 |
| 22Ti | 0,2500 | 0,0080 | 0,0320 | 0,0010 | 0,0040 | 0,0360 |
| 23V | 0,0060 | 0,0004 | 0,0660 | 0,0003 | 0,0500 | 0,1160 |
| 24Cr | 0,0060 | 0,0004 | 0,0660 | 0,0003 | 0,0500 | 0,1160 |
| 42Mo | - | - | - | 0,0005 | - | - |
| -40Zr | 0,0400 | 0,0060 | 0,1500 | - | - | 0,1500 |
| 41Nb | 0,0003 | - | - | - | - | - |
| 29Cu | 0,0030/ 10,00 | 0,0030/ 10,00 | 1,0000 | 0,0040 13,33 | 1,3300 | 2,3300 |
| 82Pb | 0,0040 | 0,0003 | 0,0750 | 0,0002 | 0,0500 | 0,8000 |
| 51Sb | 0,0403 | - | - | - | - | - |
| 83Bi | 0,0001 | 0,0003 | 3,0000 | 0,0003 | 3,0000 | 6,0000 |
| 30Zn | - | 0,0060/ 2,60 | - | 0,0080/ 3,47 | - | - |
| 50Sn | 0,0001 | - | - | - | - | - |
| 31Ga | 0,0005 | - | - | - | - | - |
| 4Be | 0,0001 | 0,0001 | 1,0000 | 0,0002 | 2,0000 | 3,0000 |
| 21Sc | 0,0010 | - | - | - | - | - |
| 39Y | 0,0050 | 0,0002 | 0,0400 | - | - | 0,0400 |
| 56Ba | 0,0200 | 0,0100 | 0,5000 | 0,0200 | 1,0000 | 1,5000 |
| 3Li | 0,0020 | - | - | - | - | - |
| 15P | - | 0,1000 | - | 3,0000 | - | - |

Джерело: дослідження авторів

Таблиця 9

**Коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів із ґрунту незерновою і зерновою частинами сої Сузір'я із чорнозему типового ередньосуглинкового, Лісостеп, технологія органічного землеробства БТУ-центр**

| Хімічні елементи і порядковий номер в таблиці Д.І. Менделєєва | Київська обл. Шар ґрунту 0–5 см | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Вміст хімічних елементів у ґрунті, % / перевищення ГДК, раз | вміст хімічних елементів у незерновій частині, % / перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання незерновою частиною | вміст хімічних елементів у зерновій частині, % /перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання зерновою частиною | коефіцієнт поглинання незерновою і зерновою частинами |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 25Mn | 0,0400 | 0,0100 | 0,2500 | 0,0600 | 1,5000 | 1,7500 |
| 28Ni | 0,0050/ 12,50 | 0,0006/ 1,50 | 0,1200 | 0,0030/ 7,50 | 0,6000 | 0,7200 |
| 27Co | 0,0005/ 1,0 | - | - | 0,0002 | 0,4000 | 0,4000 |
| 22Ti | 0,1500 | 0,0100 | 0,6660 | 0,0200 | 1,3300 | 1,9960 |
| 23V | 0,0060 | 0,0004 | 0,6660 | 0,0005 | 0,0830 | 0,7490 |
| 24Cr | 0,0050 | 0,0005 | 0,1000 | 0,0006 | 0,1200 | 0,2200 |
| 42Mo | - | - | - | 0,0001 | - | - |
| 40Zr | 0,0300 | 0,0050 | 0,1660 | 0,0040 | 0,1330 | 0,2990 |
| 41Nb | 0,0004 | - | - | - | - | - |
| 29Cu | 0,0030/ 10,00 | 0,0030/ 10,00 | 1,0000 | 0,0060/ 20,00 | 2,0000 | 3,0000 |
| 82Pb | 0,0060/ 1,88 | 0,0003/ 1,00 | 0,1000 | 0,0003 1,00 | 0,0500 | 0,1500 |
| 47Ag | 0,0001 | - | - | - | - | - |
| 51Sb | 0,0411 | - | - | - | - | - |
| 83Bi | 0,0002 | 0,0003 | 1,5000 | - | - | 1,5000 |
| 30Zn | - | 0,0060/ 2,61 | - | - | - | - |
| 50Sn | 0,0002 | - | - | - | - | - |
| 31Ga | 0,0010 | - | - | - | - | - |
| 4Be | 0,0001 | - | - | - | - | - |
| 21Sc | 0,0020 | 0,0004 | 0,20000 | 0,0004 | 0,2000 | 0,4000 |
| 57La | 0,0040 | - | - | - | - | - |
| 39Y | 0,0050 | - | - | - | - | - |
| 70Yb | 0,0004 | - | - | - | - | - |
| 56Ba | 0,0500 | 0,0100 | 0,2000 | 0,0100 | 0,2000 | 0,4000 |
| 3Li | 0,0030 | - | - | - | - | - |
| 15P | 0,0500 | 0,4000 | 8,0000 | 0,4000 | - | 8,0000 |

*Джерело: дослідження авторів*

У таблиці 10 приведено коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів незерновою і зерновою частинами сої Сузір'я із чорнозему типового середньосуглинкового, за технологією органічного землеробства ЕНЗІМ, Лісостеп.

З аналізу даних таблиці 10 випливає, що коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів соєю Сузір'я, за технологією органічного землеробства ЕНЗІМ, із чорнозему типового середньосуглинкового незерновою і зерновою частинами відповідно наступні – 0,01–1,50 (окрім Р – 6,000) і 0,025–2,00 (окрім Р – 60,000) в залежності від хімічного елемента. Причому валовий вміст хімічних елементів в ґрунті, незерновою і зерновою частинами сої сорту Сузір'я, які перевищують ГДК відповідно наступні, разів: Ni – 1,50, 1,25 і 2,5; Cu – 16,66, 6,66 і 20,00. Незернова і зернова частини не є екологічно чистими. Із визначених у ґрунті 24 (100%) хімічних елементів незерновою частиною поглинуто 11 (45,83%), зерновою 11 (45,83%).

У таблиці 11 приведено коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів незерновою і зерновою частинами сої Сузір'я із чорнозему типового середньосуглинкового, за центру ефективних технологій органічного землеробства, Лісостеп.

З аналізу даних таблиці 11 випливає, що коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів соєю Сузір'я із чорнозему типового середньосуглин-

Таблиця 10

**Коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів незерновою і зерновою частинами сої Сузір'я із чорнозему типового середньосуглинкового. за технологією органічного землеробства ЕНЗІМ, Лісостеп**

| Хімічні елементи і порядковий номер у таблиці Д.І. Менделєєва | Київська обл. Шар ґрунту 0–5 см | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | вміст хімічних елементів у ґрунті, % /перевищення ГДК, раз | вміст хімічних елементів у незерновій частині, % / перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання незерновою частиною | вміст хімічних елементів у зерновій частині, % перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання зерновою частиною | коефіцієнт поглинання незерновою і зерновою частинами |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 25Mn | 0,0410 | 0,0100 | 0,2440 | 0,0400 | 0,9750 | 1,2190 |
| 28Ni | 0,0060/ 1,50 | 0,0005/ 1,25 | 0,8330 | 0,0010/ 2,50 | 0,1660 | 0,9990 |
| 27Co | 0,0008/ 1,60 | - | - | 0,0002 | 0,2500 | 0,2500 |
| 22Ti | 0,2000 | 0,0100 | 0,0500 | 0,0060 | 0,0300 | 0,0800 |
| 23V | 0,0080 | 0,0004 | 0,0500 | 0,0004 | 0,0500 | 0,1000 |
| 24Cr | 0,0100/ 1,0 | 0,0005 | 0,0500 | 0,0004 | 0,0400 | 0,0900 |
| 42Mo | - | - | - | 0,0004 | - | - |
| 40Zr | 0,0300 | 0,0030 | 0,1000 | 0,0010 | 0,0330 | 0,1330 |
| 41Nb | 0,0004 | - | - | - | - | - |
| 29Cu | 0,0050/ 16,66 | 0,0020/ 6,66 | 0,0100 | 0,0060/ 20,00 | 1,2000 | 1,2100 |
| 82Pb | 0,0080/ 2,50 | 0,0003 | 0,0380 | 0,0002 | 0,0250 | 0,0630 |
| 51Sb | 0,410 | - | - | - | - | - |
| 83Bi | 0,0002 | 0,0003 | 1,5000 | 0,0004 | 2,0000 | 3,5000 |
| 50Sn | 0,0004 | - | - | - | - | - |
| 31Ga | 0,0010 | 0,0002 | 0,2000 | - | - | 0,2000 |
| 4Be | 0,0001 | - | - | - | - | - |
| 21Sc | 0,0030 | - | - | - | - | - |
| 17Cl | 0,0100 | - | - | - | - | - |
| 57La | 0,0050 | - | - | - | - | - |
| 39Y | 0,0050 | - | - | - | - | - |
| 70Yb | 0,0004 | - | - | - | - | - |
| 56Ba | 0,0500 | - | - | - | - | - |
| 3Li | 0,0030 | - | - | - | - | - |
| 15P | 0,0500 | 0,3000 | 6,0000 | 3,0000 | 60,0000 | 66,0000 |

Джерело: дослідження авторів

Таблиця 11

**Коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів незерновою і зерновою частинами сої Сузір'я із чорнозему типового середньосуглинкового, центр ефективних технологій органічного землеробства, Лісостеп**

| Хімічні елементи і порядковий номер у таблиці Д.І. Менделєєва | Київська обл. Шар ґрунту – 0–5 см | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | вміст хімічних елементів у ґрунті, % перевищення ГДК, раз | вміст хімічних елементів у незер-новій частині, % / перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання незерновою частиною | вміст хімічних елементів у зерно вій частині, % / перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання зерновою частиною | коефіцієнт поглинання незерновою і зерновою частинами |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 25Mn | 0,0400 | 0,0200 | 0,5000 | 0,0400 | 1,0000 | 1,5000 |
| 28Ni | 0,0020/ 5,00 | 0,0010/ 2,50 | 0,5000 | 0,0040/ 10,00 | 2,0000 | 2,5000 |
| 27Co | - | 0,0002 | - | 0,0002 | - | - |
| 22Ti | 0,1500 | 0,0050 | 0,3300 | 0,0500 | 0,3300 | 0,66 |
| 23V | 0,0050 | 0,0004 | 0,0800 | 0,0006 | 0,1200 | 0,3000 |

Закінчення таблиці 11

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 24Cr | 0,0040 | 0,0004 | 0,1000 | 0,0010 | 0,2500 | 0,3500 |
| 42Mo | - | - | - | 0,0003 | - | - |
| 40Zr | 0,0300 | 0,0050 | 0,1660 | 0,0100 | 0,3300 | 0,4960 |
| 41Nb | 0,0003 | - | - | 0,0003 | 1,0000 | 1,0000 |
| 29Cu | 0,0020/ 6,66 | 0,0020/ 6,66 | 1,0000 | 0,0060/ 3,00 | 3,0000 | 4,0000 |
| 82Pb | 0,0050/ 1,56 | 0,0003 | 0,0600 | 0,0004 | 0,0800 | 0,1400 |
| 83Bi | 0,0002 | 0,0002 | 1,0000 | 0,0003 | 1,5000 | 2,500 |
| 50Sn | 0,0002 | - | - | - | - | - |
| 31Ga | 0,0006 | 0,0001 | 0,1660 | 0,0003 | 0,5000 | 2,1600 |
| 4Be | 0,0001 | - | - | - | | - |
| 21Sc | 0,0010 | - | - | 0,0004 | 0,4000 | 0,4000 |
| 57La | 0,0020 | - | - | - | - | - |
| 39Y | 0,0040 | - | - | 0,0005 | 0,1200 | 0,1250 |
| 70Yb | 0,0004 | - | - | 0,0001 | 0,2500 | 0,2500 |
| 56Ba | 0,0300 | 0,0100 | 0,3330 | 0,0200 | 0,6660 | 0,9990 |
| 3Li | 0,0020 | - | - | - | - | - |
| 15P | | 1,0000 | - | 3,0000 | - | 3,0000 |

Джерело: дослідження авторів

Таблиця 12

**Коефіцієнти поглинання валових хімічних елементів із ґрунту незерновою і зерновою частинами сої Сузір'я із чорнозему типового середньосуглинкового, органічне землеробство, контроль, Лісостеп**

| Хімічні елементи і порядковий номер у таблиці Д.І. Менделєєва | Київська обл. Шар ґрунту – 0–5 см. Контроль | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Вміст хімічних елементів у ґрунті, % / перевищення ГДК, раз | вміст хімічних елементів у незерновій частині, % / перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання незерновою частиною | вміст хімічних елементів у зерновій частині, % перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання зерновою частиною | коефіцієнт поглинання незерновою і зерновою частинами |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 25Mn | 0,0400 | 0,0200 | 0,5000 | 0,0400 | 1,0000 | 1,5000 |
| 28Ni | 0,0020/ 5,00 | 0,0002 | 0,1000 | 0,0050/ 2,50 | 2,5000 | 2,6000 |
| 27Co | 0,0003 | - | - | 0,0003 | 1,0000 | 1,0000 |
| 22Ti | 0,2000 | 0,0080 | 0,0400 | 0,0006 | 0,0030 | 0,0430 |
| 23V | 0,0060 | 0,0005 | 0,0830 | 0,0005 | 0,1000 | 0,1830 |
| | 0,0050 | 0,0005 | 0,1000 | 0,0005 | 0,1000 | 0,2000 |
| 40Zr | 0,0200 | 0,0040 | 0,2000 | 0,0030 | 0,1500 | 0,3500 |
| 41Nb | 0,0003 | 0,0002 | 0,6660 | 0,0002 | 0,6660 | 1,3320 |
| 29Cu | 0,0030/ 10,00 | 0,0010/ 3,33 | 0,3300 | 0,0080/ 2,66 | 2,6600 | 2,9900 |
| 82Pb | 0,0050/ 1,56 | 0,0003 | 0,0600 | 0,0003 | 0,0600 | 0,1200 |
| 83Bi | 0,0002 | 0,0003 | 1,5000 | 0,0003 | 1,5000 | 3,0000 |
| 30Zn | - | - | - | 0,0100/ 3,13 | - | - |
| 50Sn | 0,0002 | - | - | - | - | - |
| 31Ga | 0,0008 | 0,0002 | 0,2500 | 0,0002 | 0,2500 | 0,5000 |
| 4Be | 0,0001 | 0,0002 | 2,0000 | - | - | 2,0000 |
| 21Sc | 0,0020 | 0,0002 | 0,1000 | 0,0002 | 0,1000 | 0,2000 |
| 57La | 0,0050 | - | - | - | - | - |
| 39Y | 0,0050 | - | - | - | - | - |
| 70Yb | 0,0004 | - | - | - | - | - |
| 56Ba | 0,0500 | 0,0100 | 0,2000 | 0,0500 | 1,0000 | 1,2000 |
| 3Li | 0,0030 | - | - | - | - | - |
| 15P | - | 1,0000 | - | 3,0 | - | 4,0000 |

Джерело: дослідження авторів

кового незерновою і зерновою частинами, за центру ефективних технологій органічного землеробства, відповідно наступні – 0,06–1,00 і 0,08–3,00 залежно від хімічного елемента. Причому валовий вміст хімічних елементів в ґрунті, незерновій і зерновій частинах сої сорту Сузір'я, які перевищують ГДК відповідно наступні, разів: Ni – 5,00, 2,50 і 10,00; Cu – 6,66, 6,66 і 3,00. Незернова і зернова частини не є екологічно чистими. Не поглинуто Sn, Be, La, Li. Із визначених в ґрунті 22 (100%) хімічних елементів незерновою частиною поглинуто 11 (50,00%), зерновою 15 (68,18%). В таблиці 12 приведено коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів із ґрунту незерновою і зерновою частинами сої Сузір'я із чорнозему типового середньосуглинкового, органічне землеробство, контроль, Лісостеп.

З аналізу даних таблиці 12 випливає, що коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів соєю Сузір'я із чорнозему типового середньосуглинкового незерновою і зерновою частинами відповідно наступні – 0,04–2,00 і 0,003–2,66 залежно від хімічного елемента. Причому валовий вміст хімічних елементів у ґрунті, незерновою і зерновою частинами сої сорту Сузір'я, які перевищують ГДК, наступні: Ni – 5,00, 2,50; Cu – 10,00, 3,33 і 2,66. Незернова і зернова частини не є екологічно чистими. Із визначених у ґрунті 22 (100%) хімічних елементів незерновою частиною поглинуто 14 (63,63%), зерновою 14 (63,63%). У таблиці 13 приведено коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів незерновою і зерновою частинами сої ВІОЛА із чорнозему типового середньосуглинкового, дунайські технології органічного землеробства, Лісостеп.

З аналізу даних таблиці 13 випливає, що коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів соєю ВІОЛА, із чорнозему типового середньосуглинкового незерновою і зерновою частинами, за центру ефективних технологій органічного земле-

Таблиця 13

**Коефіцієнти поглинання валових хімічних елементів незерновою і зерновою частинами сої ВІОЛА із чорнозему типового середньосуглинкового, дунайські технології органічного землеробства, Лісостеп**

| Хімічні елементи і порядковий номер у таблиці Д.І. Менделєєва | Київська обл. Шар ґрунту – 0–5 см | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | вміст хімічних елементів у ґрунті, % перевищення ГДК, раз | вміст хімічних елементів у незерновій частині, % перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання незерновою частиною | вміст хімічних елементів у зерновій частині,% перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання зерновою частиною | разом коефіцієнт поглинання незерновою і зерновою частинами |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 25Mn | 0,0500 | 0,0800 | 1,6000 | 0,0300 | 0,6000 | 2,2000 |
| 28Ni | 0,0080/ 20,00 | 0,0010/ 2,50 | 0,1250 | 0,0002 | 0,0250 | 0,1500 |
| 22Ti | 0,3000 | 0,0100 | 0,3330 | 0,0100 | 0,0330 | 0,3660 |
| 23V | 0,0060 | 0,0006 | 0,1000 | 0,0006 | 0,1000 | 0,2000 |
| 24Cr | 0,0050 | 0,0008 | 0,1600 | 0,0006 | 0,1200 | 0,2800 |
| 42Mo | 0,0002 | 0,0001 | 0,5000 | 0,0003 | 1,5000 | 2,0000 |
| 40Zr | 0,0400 | 0,0050 | 0,1250 | 0,0050 | 0,1250 | 0,2500 |
| 41Nb | 0,0005 | 0,0002 | 0,4000 | 0,0002 | 0,4000 | 0,8000 |
| 29Cu | 0,0040/ 13,33 | 0,0040/ 13,33 | 1,0000 | 0,0040/ 13,33 | 1,0000 | 2,0000 |
| 82Pb | 0,0050/ 1,56 | 0,0003 | 0,0600 | 0,0003 | 0,0060 | 0,0660 |
| 83Bi | 0,0002 | 0,0003 | 1,5000 | 0,0003 | 1,5000 | 3,0000 |
| 30Zn | - | 0,0100/ 4,34 | - | - | - | - |
| 50Sn | 0,0003 | - | - | - | - | - |
| 31Ga | 0,0008 | - | - | - | - | - |
| 4Be | 0,0001 | - | - | - | - | - |
| 21Sc | 0,0020 | 0,0002 | 0,1000 | 0,0002 | 0,1000 | 0,2000 |
| 57La | 0,0040 | - | - | - | - | - |
| 39Y | 0,0050 | - | - | - | - | - |
| 70Yb | 0,0005 | - | - | - | - | - |
| 56Ba | 0,0400 | 0,0100 | 0,2500 | 0,0100 | 0,2500 | 0,5000 |
| 3Li | 0,0090 | - | - | - | - | - |
| 15P | - | 2,0000 | - | 2,0000 | - | 2,0000 |

Джерело: дослідження авторів

робства, відповідно наступні: 0,06 – 1,60 і 0,006 – 1,50 залежно від хімічного елемента. Причому валовий вміст хімічних елементів в ґрунті, незерновій і зерновій частинах сої сорту ВІОЛА, які перевищують ГДК відповідно наступні, разів: Ni – 20,00, 2,50, Cu – 13,33, 13,33, 13,33. Незернова і зернова частини не є екологічно чистими. Найбільші коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів із ґрунту незерновою і зерновою частинами по наступним елементам: Mn – 2,20, Cu – 2,00, Mo – 2,00, Bi – 3,00 і P –2,00. Із ґрунту не поглинуті незерновою і зерновою частинами наступні хімічні елементи: Sn, Ga, Be, La, Y, Yb, Li. Із визначених у ґрунті 22 (100%) хімічних елементів незерновою частиною поглинуто 13 (59,09%), зерновою 13 (59,09%).

У таблиці 14 приведено зведені коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів із чорнозему типового суглинкового незерновою і зерновою частинами сої Сузір'я за різними технологіями органічного землеробства в Київській обл., Лісостеп.

З аналізу даних таблиці 14 значень коефіцієнтів поглинання валового вмісту хімічних елементів із чорнозему типового середньосуглинкового за різними технологіями органічного землеробства порівняно з контролем випливає наступне:

Таблиця 14

**Зведені коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів із чорнозему типового середньосуглинкового незерновою і зерновою частинами сої Сузір'я за різними технологіями органічного землеробства, Київська обл., Лісостеп**

| Показники | Органічні технології землеробства | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | контроль | БТУ центр | ЕНЗІМ | центр ефективних технологій | дунайські технології |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Коефіцієнти поглинання незерновою частиною | 0,04–2,00 | 0,10–1,50 | 0,10–11,88 | 0,06–2,00 | 0,06–1,60 |
| Коефіцієнти поглинання зерновою частиною | 0,003–2,66 | 0,05–2,00 | 0,025–2,00 | 0,08–2,00 | 0,006–1,50 |
| Перевищення ГДК по Ni незерновою і зерновою частинами | 5,00, 2,50 | 1,50, 7,50 | 1,25, 2,50 | 2,50, 10,00 | 20,00, 2,50, |
| Перевищення ГДК по Cu незерновою і зерновою частинами | 3,36, 2,66 | 10,00, 20,00 | 16,66, 20,00 | 6,66, 3,00 | 13,33, 13,33 |
| Перевищення ГДК по Pb незерновою і зерновою частинами | – | 1,88, 1,00, | – | – | – |

Джерело: дослідження авторів

Таблиця 15

**Коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів незерновою частиною і корінням сої «Медія» із чорнозему типового середньо суглинкового в Київській обл., Лісостеп**

| Хімічні елементи і порядковий номер у таблиці Д.І. Менделєєва | Київська обл. Шар ґрунту 0–10 см. | | |
|---|---|---|---|
| | вміст хімічних елементів у ґрунті, % перевищення ГДК, раз | вміст хімічних елементів у незерновій частині і корінні, % перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання незерновою частиною і корінням |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 25Mn | 0,0500 | 0,0250 | 0,5000 |
| 28Ni | 0,0080/ 20,00 | 0,0010 /2,50 | 0,1250 |
| 27Co | 0,0006/ 1,20 | 0,0002 | 0,3330 |
| 22Ti | 0,4000 | 0,0500 | 0,1250 |
| 23V | 0,0080 | 0,0030 | 0,3750 |
| 24Cr | 0,0080/13,33 | 0,0010/1,66 | 0,1250 |

Закінчення таблиці 15

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| 42Mo | 0,0001 | 0,0001 | 1,0000 |
| 40Zr | 0,0500 | 0,0100 | 0,2000 |
| 41Nb | 0,0005 | 0,0002 | 0,4000 |
| 29Cu | 0,0060/20,00 | 0,0030/10,00 | 0,5000 |
| 82Pb | 0,0050/1,56 | 0,0005 | 0,1000 |
| 47Ag | 0,0001 | - | - |
| 83Bi | 0,0002 | 0,0004 | 2,0000 |
| 30Zn | - | 0,0080/3,47 | - |
| 50Sn | 0,0003 | 0,0003 | 1,0000 |
| 31Ga | 0,0010 | 0,0003 | 0,0010 |
| 4Be | 0,0001 | 0,0001 | 1,0000 |
| 21Sc | 0,0040 | 0,0005 | 0,1250 |
| 39Y | 0,0060 | 0,0010 | 0,1660 |
| 70Yb | 0,0006 | 0,0002 | 0,3330 |
| 56Ba | 0,0600 | 0,0200 | 0,3330 |
| 3Li | 0,0050 | 0,0020 | 0,4000 |
| 15P | 0,0600 | 0,3000 | 5,0000 |

Джерело: дослідження авторів

− застосування технології БТУ-центр дає можливість зменшити коефіцієнт поглинання незерновою частиною на 0,5 одиниць і зерновою на 0,66 одиниць, зменшує перевищення ГДК незерновою частиною по Ni на 3,5 одиниць, але збільшує перевищення по ГДК зерновою частиною на 5,0 одиниць; збільшує ГДК по Cu незерновою і зерновою частинами відповідно на 7,64 і 17,34 одиниць; спричиняє перевищенню ГДК по Pb незерновою і зерновою частинами на 1,88 і 1,00 одиниць;

− застосування технології ЕНЗІМ збільшує інтервал коефіцієнта поглинання незерновою частиною на 9,88 одиниць; зменшує верхній інтервал коефіцієнта поглинання зерновою частиною на 0,66 одиниці; зменшує значення нижнього інтервалу по ГДК по Ni на 3,75 одиниць; збільшує перевищення ГДК по Cu незерновою і зерновою частинами відповідно на 13,30 і 17,34 одиниць;

− застосування центру ефективних технологій визиває майже одинакові коефіцієнти поглинання незерновою частиною з контролем; зменшу значення верхнього інтервалу коефіцієнта поглинання зерновою частиною на 0,66 одиниці; зменшує значення нижнього інтервалу перевищення ГДК по Ni незерновою частиною на 2,5 одиниці, але збільшує значення верхнього інтервалу на 7,5 одиниць; збільшує перевищення ГДК по Cu незерновою і зерновою частинами відповідно на 3,60 і 4,00 одиниць;

− застосування дунайських технологій зменшує значення коефіцієнта поглинання верхнього інтервалу на 0,40 одиниці незерновою і зерновою частинами, на 0,50 одиниці; збільшує перевищення ГДК незерновою частиною по Ni на 15 одиниць, але зерновою частиною таке ж значення як на контролі; збільшує перевищення ГДК незерновою частиною по Cu на 9,97 одиниць і зерновою частиною на 10,67 одиниць.

Однозначної переваги серед приведених технологій органічного землеробства немає. По коефіцієнтам поглинання незерновою і зерновою частинами значення майже одинакові за виключенням технології ЕНЗІМ (верхнє значення коефіцієнта поглинання незерновою частиною 11,88). Перевищення ГДК по Ni кращі результати по ЕНЗІМ і БТУ-центр. Перевищення ГДК по Cu кращі результати по центру ефективних технологій. Перевищення ГДК по Pb є тільки по технології БТУ-центр

Біопрепарати приведених технологій органічного землеробства необхідно доробляти (змінювати хімічний склад) за умов екологічності, тобто необхідно враховувати валовий вміст хімічних елементів у ґрунті перед застосуванням біопрепаратів, а це означає, що технологія приготування біопрепаратів повинна бути гнучкою стосовно різних типів ґрунтів України, що можливо за налагодження широкомасштабного виробництва біопрепаратів за умов державного контролю.

У таблиці 15 приведено коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів незерновою частиною і корінням сої «Медія» із чорнозему типового середньосуглинкового в Київській обл., Лісостеп.

З аналізу даних таблиці 15 випливає, що коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів незерновою частиною і корінням сої «Медія» із чорнозему типового середньосуглинкового знаходяться в межах 0,001–5,000. Перевищення ГДК хімічних елементів у ґрунті також визиває перевищення ГДК цих елементів у корінні і незерновій частині. Найбільші коефіцієнти поглинання у сої

«Медія» по наступним елементам: Mo – 1,0, Bi – 2.0, Sn – 1.0, Be – 1,0 I P -5,0, але визначити їх шкідливість неможливо із-за відсутності обґрунтованих значень ГДК на ці елементи. Zn у ґрунті не було, а наявність в корінні і незерновій частині, це результат застосування ЗЗР. Незернова частина і коріння не є екологічно чистими. Із визначених у ґрунті 23 (100%) хімічних елементів незерновою частиною і корінням поглинуто 21 (91,30%). Валовий вміст хімічних елементів у корінні може відображати валовий вміст хімічних елементів у ґрунті.

У таблиці 16 приведено коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів із ґрунту чечевицею і горохом із чорнозему типового середньо суглинкового, вирощених за технологією органічного землеробства, Лісостеп.

З аналізу даних таблиці 16 випливає, що коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів чечевицею із чорнозему типового коефіцієнтп поглинкового знаходиться в межах 0,005–2,660, а зерном гороха в межах 0,0005–2,0000 і залежать від валового вмісту хімічних елементів у ґрунті. Поглинання валового вмісту хімічних елементів із ґрунту відбулось зерном чечевиці і гороху відповідно з перевищенням ГДК наступних хімічних елементів: Ni – 2,0 і 1,5; Cu – 26,66 і 13,33 і Zn – 4,34 і 3,47, причому Zn у ґрунті не було визначено. Зерно чечевиці і гороху не є екологічно чистими. Із 23 (100%) хімічних елементів визначених у ґрунті чечевицею і горохом поглинуто 14 (60,86%) елементів і не поглинуто наступні хімічні елементи: Co, Nb, Sn, Ga, Be, La, Y, Ya, Li. Zn і Mo – результат застосування біопрепара-

Таблиця 16

**Коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів чечевицею і горохом із чорнозему типового середньосуглинкового, вирощених за технологією органічного землеробства, Лісостеп**

| Хімічні елементи і порядковий номер у таблиці Д.І. Менделєєва | Київська обл. Шар ґрунту – 0–5 см | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | вміст хімічних елементів у ґрунті, % перевищення ГДК, раз | вміст хімічних елементів у чечевиці, % перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання зерном чечевиці | вміст хімічних елементів у зерні гороха, % перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання зерном гороха |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 25Mn | 0,0400 | 0,0350 | 0,8750 | 0,0350 | 0,8750 |
| 28Ni | 0,0020/5,00 | 0,0008/ 2,00 | 0,4000 | 0,0006/1,50 | 0,3000 |
| 27Co | 0,0003 | - | | - | - |
| 22Ti | 0,2000 | 0,0010 | 0,0050 | 0,0010 | 0,0005 |
| 23V | 0,0060 | 0,0005 | 0,0830 | 0,0005 | 0,0830 |
| 24Cr | 0,0050 | 0,0005 | 0,1000 | 0,0005 | 0,1000 |
| 42Mo | - | 0,0002 | - | - | - |
| 40Zr | 0,0200 | 0,0030 | 0,1500 | 0,0030 | 0,1500 |
| 41Nb | 0,0003 | - | - | - | - |
| 29Cu | 0,0030/10,00 | 0,0080/ 26,66 | 2,6600 | 0,0040/ 13,33 | 1,3300 |
| 82Pb | 0,0050 | 0,0002 | 0,0400 | 0,0003 | 0,0600 |
| 47Ag | - | 0,0001 | - | - | - |
| 83Bi | 0,0002 | 0,0004 | 2,0000 | 0,0003 | 1,5000 |
| 30Zn | - | 0,0100/ 4,34 | - | 0,0080 | - |
| 50Sn | 0,0002 | - | - | - | - |
| 31Ga | 0,0008 | - | - | - | - |
| 4Be | 0,0001 | - | - | - | - |
| 21Sc | 0,0020 | 0,0004 | 0,0080 | 0,0003 | 0,1500 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 57La | 0,0050 | - | - | - | - |
| 39Y | 0,0050 | - | - | - | - |
| 70Yb | 0,0004 | - | - | - | - |
| 56Ba | 0,0500 | 0,0100 | 0,2000 | 0,0100 | 0,2000 |
| 3Li | 0,0030 | - | - | - | - |
| 15P | - | 3,0000 | 3,0000 | 2,000 | 2,0000 |

Джерело: дослідження авторів

тів. В таблиці 17 приведено коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів із чорнозему типового суглинкового гречкою і пшеницею, вирощених за технології органічного землеробства, Лісостеп.

З аналізу даних таблиці 17 випливає, що коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів із чорнозему типового середньосуглинкового гречкою і пшеницею, вирощених за технологією органічного землеробства, відповідно знаходяться в таких межах: 0,005–3,00 і 0,05–12,50 залежно від хімічного елемента. Причому поглинуті хімічні елементи Ni, Cu і Zn із наступним перевищенням ГДК разів: 2,50 і 2,00; 26,66 і 16,66: 3,13 і 3,13. Гречка і пшениця не є органічними. Із визначених у ґрунті 23 (100%) хімічних елементів гречкою поглинуто 12 (52,18%) і пшеницею 11 (47,82%).

У таблиці 18 подано валовий вміст хімічних елементів у біогумусі, (Україна), мікродобриво ЕВРО, біопрепараті AEG group, мінеральному добриві МАР – 12-52 (Білорусія, Гомель) і органічному добриві CalsiFert, (Туреччина).

З даних таблиці 18 випливає, що за результатами досліджень з визначення валового вмісту хімічних елементів у біогумусі, мікродобриві ЕВРО, біопрепараті AEG group, МАР – 12-52 (Білорусія) і CalsiFert, (Туреччина) та перевищення в них ГДК по Ni, Cu і Zn установлено, що вони не є екологічно чистими і при їх використанні буде забруднення ґрунту та вирощених сільськогосподарських продуктів.

Із приведених у таблиці біопрепаратів і добрив немає ні одного біопрепарату або добрива, яке було б екологічно чисте. Зокрема перевищення ГДК наступне, разів:

- біогумус (Україна): Ni – 5, Cu – 16,66;
- мікродобриво ЕВРО: Ni – 1,25, Cu – 33,33, Zn – 26,08;
- мікродобриво AEG group Cu – 3,33;
- МАР 12-52 (Білорусія): Ni –1,0, Cu – 3,33;

Таблиця 17

**Коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів із чорнозему типового суглинкового гречкою і пшеницею, вирощених за технології органічного землеробства, Лісостеп**

| Хімічні елементи і порядковий номер у таблиці Д.І. Менделєєва | Київська обл. Шар ґрунту – 0–5 см | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | вміст хімічних елементів у ґрунті, % перевищення ГДК, раз | вміст хімічних елементів у гречці, % перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання гречкою | вміст хімічних елементів у зерні пшениці, % перевищення ГДК, раз | коефіцієнт поглинання зерном пшениці |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 25Mn | 0,0400 | 0,0400 | 1,000 | 0,5000 | 12,5000 |
| 28Ni | 0,0020/ 5,00 | 0,0010/ 2,50 | 0,5000 | 0,0008/ 2,00 | 0,4000 |
| 27Co | 0,0003 | - | - | - | - |
| 22Ti | 0,2000 | 0,0010 | 0,0050 | 0,0100 | 0,0500 |
| 23V | 0,0060 | 0,0004 | 0,0660 | 0,0005 | 0,0830 |
| 24Cr | 0,0050 | 0,0005 | 0,1000 | 0,0006 | 0,1200 |
| 42Mo | - | - | - | 0,0003 | - |
| -40Zr | 0,0200 | 0,040 | 2,0000 | 0,0040 | 0,2000 |
| 41Nb | 0,0003 | - | - | - | - |
| 29Cu | 0,0030/ 10,00 | 0,0080/ 26,66 | 2,66 | 0,0050 | 1,6660 |
| 82Pb | 0,0050/ 1,66 | 0,0002 | 0,0400 | 0,0003 | 0,0600 |
| 47Ag | - | 0,0001 | - | - | - |
| 83Bi | 0,0002 | 0,0002 | 1,0000 | 0,0002 | 1,0000 |
| 30Zn | - | 0,0100/ 3,13 | - | 0,0100/ 3,13 | - |
| 31Ga | 0,0008 | - | - | - | - |
| 4Be | 0,0001 | - | - | - | - |
| 21Sc | 0,0020 | 0,0002 | 0,1000 | - | - |
| 57La | 0,0050 | - | - | - | - |
| 39Y | 0,0050 | - | - | - | - |
| 70Yb | 0,0004 | - | - | - | - |
| 56Ba | 0,0500 | 0,010 | 0,2000 | 0,0100 | 0,2000 |
| 3Li | 0,0030 | - | - | - | - |
| 15P | - | 3,000 | 3,0000 | 2,0000 | 2,0000 |

*Джерело: дослідження авторів*

Таблиця 18

**Валовий вміст хімічних елементів у біогумусі (Україна), мікродобриві ЕВРО, біопрепараті AEG group, мінеральному добриві МАР – 12 -52 (Білорусія) і органічному добриві CalsiFert (Туреччина)**

| Хімічні елементи і порядковий номер у таблиці Д.І. Менделєєва | Валовий вміст хімічних елементів, % | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | біогумус % перевищення ГДК, раз | мікродобриво ЕВРО, % перевищення ГДК, раз | мікродобиво AEG group, % перевищення ГДК, раз | МАР – 12–52 (Білорусія, Гомель), % перевищення ГДК, раз | CalsiFert, (Туреччина), % перевищення ГДК, раз |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 25Mn | 0,0400 | 0,0800 | 0.0010 | 0,0400 | 0,0200 |
| 28Ni | 0,0020/ 5,00 | 0,0005/ 1,25 | - | 0,0004/ 1,0 | 0,0010/ 2,50 |
| 27Co | 0,0002 | - | - | - | - |
| 22Ti | 0,1500 | 0,3000 | 0.0030 | 0,0800 | 0,1000 |
| 23V | 0,0020 | 0,0060 | 0.0005 | 0,0080 | 0,0008 |
| 24Cr | 0,0010 | 0,0005 | 0.0002 | 0,0010 | 0,0010 |
| -40Zr | 0,0100 | 0,0200 | - | 0,0080 | 0,0080 |
| 72Hf | 0,0003 | - | - | - | - |
| 41Nb | 0,0003 | 0,0003 | - | 0,0010 | - |
| 29Cu | 0,0050/ 13,66 | 0,0100/ 33,33 | 0.0010/ 3,33 | 0,0010/ 3,33 | 0,0320/ 106,61 |
| 82Pb | 0,0010 | 0,0006 | 0.0005 | - | 0,0100 |
| 47Ag | - | - | | - | 0,0005 |
| 83Bi | 0,0002 | 0,0002 | - | 0,0002 | 0,0002 |
| 30Zn | - | 0,0600/ 26,08 | - | - | 0,0500/ 21,73 |
| 50Sn | - | - | - | - | 0,0004 |
| 31Ga | 0,0002 | 0,0003 | - | - | 0,0002 |
| 4Be | 0,0001 | 0,0003 | - | - | - |
| 21Sc | 0,0004 | 0,0006 | - | - | - |
| 17Cl | - | 0,0150 | - | 0,0200 | - |
| 57La | - | 0,0080 | - | 0,0080 | 0,0020 |
| 39Y | 0,0010 | 0,0080 | - | 0,0080 | 0,0030 |
| 70Yb | 0,0010 | 0,0006 | - | 0,0006 | 0,0002 |
| 56Ba | 0,100 | 0,0100 | 0.0100 | - | 0,0200 |
| 3Li | 0,0010 | - | - | 0,0020 | - |
| 15P | 0,5000 | 1,000 | - | 0,1000 | - |

Джерело: дослідження авторів

− органічне добриво CalsiFert (порошок, Туреччина): Ni – 2,50, Cu – 106,6, Zn – 21,73.

Найменше забруднення в мікродобриві AEG group і найбільше в CalsiFert (Туреччина). Всі ці позиції продають на ринках України, а це означає що застосування їх у виробництві призведе до забруднення ґрунту і вирощених на них сільськогосподарських продуктах.

**Головні висновки.** В результаті досліджень з визначення коефіцієнтів поглинання валового вмісту хімічних елементів із ґрунту незерновою і зерновою частинами урожаю залежно від валового вмісту хімічних елементів у ґрунті і видів сільськогосподарських культур установлено, що коефіцієнти поглинання валового вмісту хімічних елементів із ґрунту в ґрунтово-кліматичних зонах в наступних межах:

1. Південний Степ (Херсонська обл.)

− незернова частина 0,016 – 3,00, зернова частина 0,033 – 4,00;

− доля поглинання визначених в ґрунті валових хімічних елементів незерновою частиною в межах 50–87%, зерновою 47,50–83,30%;

− перевищення ГДК в незерновій і зерновій частинах урожаю по Ni, Cr, Cu, Pb, Sb, Zn, тому незернова і зернова частини врожаю не є екологічно чистими.

2. Лісостеп (Кропивницька і Київська обл.).

Кропивницька обл.:

− незернова частина 0,015–4,00, зернова частина 0,024–4,00;

− доля поглинання визначених в ґрунті валових хімічних елементів незерновою частиною в межах 52,38–54,54%, зерновою 50,00–52,83%;

– перевищення ГДК в незерновій і зерновій частинах урожаю по Ni, Cu, Zn, тому незернова і зернова частини урожаю не є екологічно чистими.

Київська обл.:

– незернова частина 0,01–2,00, зернова частина 0,006–3,00;

– доля поглинання визначених у ґрунті валових хімічних елементів незерновою частиною в межах 45,83–63,63%, зерновою 45,83–68,18%; за перевищення ГДК в незерновій і зерновій частинах урожаю по Ni, Cu, Zn, Pb, незернова і зернова частини урожаю не є екологічно чистими;

– однозначної переваги серед приведених технологій органічного землеробства немає, але є перевищення ГДК по Ni, Cu, Pb, а кінцева продукція вирощена за цими технологіями не є екологічно чистою;

– за валововим вмістом хімічних елементів в біогумусі, мікродобриві ЕВРО, біопрепараті AEG group, MAP – 12-52 (Білорусія) і CalsiFert, (Туреччина) та перевищення в них ГДК по Ni, Cu і Zn установлено, що вони не є екологічно чистими і при їх використанні буде забруднення ґрунту та вирощених сільськогосподарських продуктів;

– за концентраціями (%) валового вмісту хімічних елементів в чечевиці, гороху, гречці і пшениці, вирощених по органічній технології установлено що в них є перевищення ГДК по Ni, Cu і Zn, тому вони не є органічними.

Таким чином для повноти досліджень із визначення коефіцієнтів поглинання валового вмісту хімічних елементів із ґрунту і відповідність їх обґрунтованим ГДК необхідно розширити такі дослідження з обґрунтування ГДК ще на 78 хімічних елементів, розробити універсальну керовану програму внутрішньоґрунтового агрохімічного процесу з врахуванням всіх хімічних елементів від водню до урану, їх з'єднань та на основі такої програми розробити універсальний лазерний аналізатор. Це дасть можливість відтворювати родючість ґрунту, одержати чистішу сільськогосподарську продукцію і зменшити навантаження на навколишнє середовище.

**Перспективи використання результатів досліджень**. Викладені результати можуть бути використані в наукових цілях виробниками біопрепаратів і виробниками сільськогосподарської продукції при плануванні сівозміни.

**Література**


1. Адамчук В.В., Литвинюк Л.К., Бойко А.Л., Дем'янюк О.С., Моргунов Е.І., Кураєва І.В., Войтюк Ю.Ю. До проблеми органічного землеробства. // Екологічні науки № 2–25. Київ, 2019. С. 72–89.
2. Авцын А.П., Жаворонков А.А., Риш М.А., Строчкова Л.С. Микроелементозы человека. М. : «Медицина». 1991. С. 26–31, 40–45, 92–337, 437–477.
3. Беспамятов Г.П., Кротов Ю.А. Предельно допустиме концентраци химически веществ в окружающей среде. Л. : «Химия». Ленинградское отделение. 1985, С. 20, 27–40.
4. Гончарук Е.И., Сидоренко Г.И. Гигиеническое нормирование химических веществ в почве. Руководство. М. : Медицина. 1986, С. 21–55.
5. Жовинський Э.Я., Кураева И.В. Геохимия тяжелых металлов в почвах Украины. К. : Наукова думка. 2012. С. 22–62.
6. Дабахов М.В., Дабахова Е.В., Титова В.И. Тяжелые металлы: экотоксикология и проблемы нормирования. / Нижегородскаягос. с.-х. академия. Н. Новгород : Изд-во ВВАГС. 2005. С. 9–153.
7. Балюк С.А. Фатеєв А.І. Наукові та технологічні основи управління мікроелементами живлення сільськогосподарських культур (наукова доповідь). Харків. 2012. С. 4–30.
8. Фатеєв А.І., Самохвалова В.Л. Детоксикація важких металів у ґрунтовій системі. Методичні рекомендації. Харків : КП «Міська друкарня». 2012. С. 4–68.
9. НАНУ. Вибрані наукові праці академіка Вернардського В.В. / Том 7. Праці з геохімії та радіогеології. Книга 2. Київ. 2012. С. 165–220, 486–544.
10. Бент О.И., Иванчиков В.П. Воздействие техногенной среды на здоровье населения в Украине (геохимический аспект) // Минералогический журнал. 1999. № 1, С. 66–71.
11. Вступ до медичної геології. Том 1. За реакцією Рудька Г.І. і Адаменка О.М. Київ, 2010. С. 95.

**УДК 504.064.3:574**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-14**

# ОЦІНКА РІВНЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ МЕТОДОМ ДЕНДРОІНДИКАЦІЇ

**Барабаш О.В.**
Національний транспортний університет
вул. Омеляновича-Павленка, 1, 01010, м. Київ
el_barabash@ukr.net

У статті проведено оцінку стану атмосферного повітря за допомогою дендроіндикації міських територій заснованої на експрес-оцінці забруднення атмосферного повітря. Діяльність промислових підприємств є одним з основних джерел забруднення урбоекосистем і становить суттєву загрозу здоров'ю населення міст в результаті емісії пилу в атмосферу. Зелені насадження, які входять до складу сучасного міста, є важливим елементом, що створює середовище, яке забезпечує сприятливі мікрокліматичні і санітарні умови для проживання людини. Велика роль належить рослинам вулиць міста, які, як правило, зростають біля автодорожнього полотна та на різній відстані від промислових підприємств. За оптимальних умов живі організми реагують на вплив середовища за допомогою складної фізіологічної системи буферних гомеостатичних механізмів, які підтримують оптимальне протікання процесів онтогенезу. Під впливом несприятливих умов механізми підтримання гомеостазу можуть бути порушені, через вплив стресових чинників, що призводить до відхилень під час процесів розвитку аж до появи аномалій різних анатомо-морфологічних структур. Для визначення екологічної небезпеки територій виникає необхідність у створенні інтегральної системи оцінювання, яка поєднає дані щодо якості атмосферного повітря з показниками «реакції-відповіді» живих організмів на ступінь антропогенних змін комплексу екологічних факторів, які впливають на розвиток біоти. Стабільність розвитку організму як здатність до проходження всіх стадій онтогенезу є чутливим індикатором стану природних популяцій, екосистем та дозволяє оцінювати сумарну величину антропогенного навантаження на компоненти біосфери. За класами пошкодження і всихання хвої сосни звичайної (*Pinus sylvestris L.*) визначено «реакцію-відповідь» рослинних організмів на стан навколишнього середовища обраних ділянок м. Києва. На основі проведеного дослідження запропоновано методи для покращення стану атмосферного повітря м. Києва. *Ключові слова*: моніторинг, біоіндикація, дендроіндикація, сосна звичайна (*Pinus sylvestris L.*), пошкодження хвої.

**Assessment of atmospheric air pollution level using dendroindication method. Barabash O.** The article provides the assessment results for the atmospheric air conditions by means of method dendroindication at the urban territories based on rapid assessment of atmospheric air pollution. Industrial activity is one of the major sources of pollution in urban ecosystems and poses a significant threat to the health of urban populations due to dust emissions into the atmosphere. Green plantings, which are a part of the modern city, are an important element creating an environment providing favorable microclimatic and sanitary conditions for human living. Plants of the city streets, which tend to grow near the roadway, play an important role and at different distances from industrial enterprises. Under optimal conditions, living organisms respond to the influence of the environment through a complex physiological system of buffer homeostatic mechanisms supporting the optimal course of ontogeny. Under the influence of adverse conditions, the mechanisms of maintaining homeostasis can be impaired, due to the influence of stress factors, which leads to deviations during development processes until the appearance of anomalies in different anatomic and morphological structures. Therefore, in order to determine the ecological hazard for the territories, there is a need to create an integrated assessment system combining data on the quality of the atmospheric air with the indicators of the "reaction-response" of living organisms to the degree of anthropogenic changes in the complex of environmental factors affecting the biota development. The stability of the organism's development as the ability to undergo all stages of ontogeny is a sensitive indicator of the state of natural populations, ecosystems and allows to estimate the total amount of anthropogenic load on the biosphere components. According to the classes of damage and drying out of pine needles (*Pinus sylvestris L.*), the "response" of plant organisms to the environmental conditions of selected sites in Kyiv is defined. Based on the conducted research, the methods for improvement of the atmospheric air in Kyiv are proposed. *Key words*: monitoring, bioindication, dendroindication, Scotch pine (*Pinus sylvestris L.*), needle damage.

**Постановка проблеми**. У зв'язку із запуском Міністерства екології та природних ресурсів України Проекту Постанови Кабінету Міністрів України «Деякі питання здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» буде затверджено «Порядок здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря» (Порядок) [1], згідно якого набуває особливої актуальності екологічний моніторинг, що визначає оптимальні за кількістю та розміщенням місця, параметри й періодичність спостережень за довкіллям для можливості органам державної влади приймати відповідні рішення на всіх рівнях відомчої й загальнодержавної природоохоронної діяльності [2]. Згідно Порядку вводиться в дію особливий режим отримання інформації від: 1) суб'єктів моніторингу атмосферного повітря, які повинні встановити пункти спостережень і стежити за рівнями забруднюючих речовин та вмістом інгреді-

єнтів та/або показників атмосферних опадів; 2) об'єктів, діяльність яких призводить або може призвести до погіршення стану атмосферного повітря в окремих зонах та агломераціях [1]. Оцінювання рівнів забруднюючих речовин буде здійснюватись відповідно до таких критеріїв: 1) режим фіксованих вимірювань при рівні забруднюючої речовини вище верхнього порогу оцінювання (інструментальні методи); 2) режим комбінованого оцінювання при рівні забруднюючої речовини нижче верхнього порогу оцінювання (інструментальні методи, моделювання та індикаційні вимірювання); 3) режим оцінювання методами моделювання та об'єктивного оцінювання при рівні забруднюючих речовин нижче нижнього порогу оцінювання (комбінація інструментальних методів, моделювання та індикаційних вимірювань) [1].

За допомогою інструментальних методів дослідження (фіксовані вимірювання) визначають узагальнені дані про якість атмосферного повітря, що стосуються певного проміжку часу та/або певної території. На відміну від моніторингу на основі індикаційних вимірювань, який створює умови і можливості на основі реакцій живих організмів оцінити біологічні ефекти від впливу забрудненого повітря, враховуючи його просторовий розподіл та акумулювання на значних територіях. За оптимальних умов організм реагує на вплив середовища за допомогою складної фізіологічної системи буферних гомеостатичних механізмів, які підтримують оптимальне протікання процесів онтогенезу. Під впливом несприятливих умов механізми підтримання гомеостазу можуть бути порушені, через вплив стресових чинників, що призводить до відхилень під час процесів розвитку аж до появи аномалій різних анатомо-морфологічних структур. Тому, для визначення екологічної небезпеки територій виникає необхідність у створенні інтегральної системи оцінювання, яка поєднає інструментальні методи дослідження якості атмосферного повітря з методами біоіндикації, зокрема визначенням «реакції-відповіді» живих організмів на ступінь антропогенних змін комплексу екологічних факторів, які впливають на розвиток біоти.

Таким чином, проведення інтегрального моніторингу стану компонентів біосфери (атмосфера, літосфера, гідросфера) дозволить визначити прояви дестабілізації у розвитку живих організмів, якість навколишнього середовища (хімічне забруднення) та ступінь збереження (або відновлення) екологічних властивостей ґрунтів, вод та атмосферного повітря, порушених в результаті комплексу емісійних, фоново-параметричних та ландшафтно-деструктивних впливів, пов'язаних із формуванням міського ландшафту.

**Актуальність дослідження**. Дендроіндикація як метод оцінки стану і змін навколишнього середовища під впливом екологічних факторів за «реакцією-відповіддю» деревних рослин займає особливе місце серед біоіндикаціонних методів дослідження природних процесів і антропогенних впливів. Метод дендроіндикації поєднує в собі можливості щодо вирішення різнопланових і міждисциплінарних задач від оцінювання впливу викидів промислових підприємств або автомобільного транспорту на стан деревних насаджень до впливу геліофізичних і астрофізичних чинників на стан екосистем.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями**. Тема відповідає актуальним напрямам екологічної політики України в сфері забезпечення збалансованого розвитку та екологічної безпеки, які висвітлено у Постанові ВРУ «Про Концепцію (основи державної політики) національної безпеки України» [3], Законах України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» [4] та «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» [5], які визначають курс розвитку держави на найближче майбутнє.

Дослідження виконані в межах держбюджетної науково-дослідної роботи на кафедрі екології та безпеки життєдіяльності Національного транспортного університету «Вдосконалення та розробка методів екологічної безпеки та безпеки життєдіяльності».

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питаннями застосування методів екологічного моніторингу для оцінки стану екосистем за функціональним станом вищих рослин присвячено праці багатьох учених. Автори А. Запольський, А. Войцицький розглядають екологічний моніторинг як комплексну науково-інформаційну систему спостережень для оцінки й прогнозування змін навколишнього середовища та живих організмів під впливом антропогенних факторів [6]. За І. Герасимовим особливу роль у системі екологічного моніторингу відіграє біоекологічний моніторинг [7]. Головним методом біологічного моніторингу на думку О. Мелехової та Є. Сарапульцевої є біоіндикація як визначення екологічно значущих природних і антропогенних навантажень на основі реакцій живих організмів безпосередньо в місці їх існування [8]. Є. Єгорова вважає, що кумулятивний ефект різноманіття впливів можна оцінити виключно методами біотестування [9]. Біотестування як вступ до детального і всебічного аналізу хімічного складу ґрунтів чи води розглядає у своїй праці І. Тарасенко [10]. Класифікацію методів біотестування пропонує Т. Ашихміна [11]. Питаннями дендроіндикації займались Н. Ловеліус [12], С. Шиятов [13]. Реакції сосни звичайної на техногенне забруднення атмосфери вивчали В. Левкович [14], Д. Ахмерова [15] та інші.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття**. В процесі моніторингу атмосферного повітря недостатньо уваги приділяється використанню зелених насаджень міста для дослідження змін їх морфологічних ознак під впливом антропогенного навантаження.

**Метою роботи** є оцінка стану атмосферного повітря за функціональним станом вищих деревних рослин залежно від ступеня антропогенних змін комплексу екологічних факторів.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Результати даної наукової роботи в комплексі з іншими дослідженнями дозволять визначити характер антропогенних змін, які відіграють вирішальну роль у формуванні специфічних властивостей ґрунтів, вод та атмосферного повітря і впливають на стабільність розвитку деревних насаджень міста.

**Викладення основного матеріалу**. Рослини як продуценти екосистеми, впродовж життєвого циклу знаходяться під впливом трьох середовищ: ґрунтового, водного та повітряного. Вони найбільш повно відображають увесь спектр стресових впливів на систему «рослина-навколишнє середовище». Найбільш чутливими з вищих рослин до атмосферних змін, пов'язаних із впливом антропогенних факторів, вважаються хвойні − ялина, сосна [14].

Метод дендроіндикації базується на виявленні залежності ступеня пошкодження хвої (некрозів і хлорозів) від забруднення повітря в районі розвитку сосни звичайної діоксидом сульфуру. За умов відсутності техногенного впливу в лісових екосистемах основна маса хвої сосни не ушкоджена і лише мала частина хвоїнок має світло-зелені плями й некротичні вкраплення мікроскопічних розмірів, рівномірно розташовані по всій поверхні. В атмосфері забрудненій діоксидом сульфуру з'являються пошкодження і знижується тривалість життя хвої сосни.

Тривалість життя хвої сосни за нормальних умов становить 3−4 роки, але під впливом токсикантів в зонах сильного забруднення вона стає темно-червоною, забарвлення поширюється від основи голки до її вістря, і, проіснувавши всього один рік, відмирає й опадає. Тому за тривалістю життя хвої сосни та за характером некрозів й хлорозів визначають ступінь ураження соснових насаджень діоксидом сульфуру.

Для визначення в атмосферному повітрі діоксиду сульфуру за зміною морфологічних ознак *P. Sylvestris* було обрано Дарницький район м. Києва як один із найбільших за кількістю населення та площею території (16% від загальної площі м. Києва) (табл. 1). Загальна площа району становить близько 134 км$^2$, площа водного басейну – 556,1 га, зелених насаджень – 214 га.

Промисловість району представлена 35 підприємствами різних галузей, серед яких є ті, що можуть прямо або опосередковано чинити негативний вплив на навколишнє природне середовище (табл. 2; рис. 1).

Під час проведення первинного екологічного аналізу діяльності екологічно небезпечних підприємств Дарницького району встановлено, що їх виробничі потужності є найбільшими постачальникам викидів в атмосферне повітря таких забруднюючих речовин як діоксид сульфуру та оксиди азоту.

Згідно статистичних даних [16] викиди вище зазначених речовин в атмосферне повітря Дарницького району у порівнянні з рештою адміністративних районів м. Києва є мінімальними.

Значна частина викидів у атмосферне повітря досліджуваного району пов'язана із діяльністю об'єктів транспортної інфраструктури (табл. 3).

Таблиця 1

**Особливості території Дарницького району м. Києва**

| | | |
|---|---|---|
| Загальна площа району | га | 13363,0 |
| Площа зелених насаджень | га | 344,15 |
| *з них:* | | |
| - парки | га | 304,98 |
| - сквери | га | 16,4 |
| - бульвари, проспекти, площі | га | 22,77 |
| Захисні зони | га | 745,9 |
| Бюветні комплекси | од. | 22 |
| Підземні переходи | од. | 24 |
| Водний басейн району | од. | 67 |
| Дороги з твердим покриттям | км | 249,1 |

Таблиця 2

**Екологічно небезпечні об'єкти Дарницького району**

| | Назва екологічно небезпечного об'єкта | Вид економічної діяльності |
|---|---|---|
| 1 | Філія «Завод «Енергія» | Термічне знешкодження твердих побутових та промислових відходів |
| 2 | ТОВ «Євро-Реконструкція» | Виробництво теплової та електричної енергії для потреб м. Києва |
| 3 | Бортницька станція аерації | Очищення стічних вод Києва від забруднювальних речовин та обробка затриманих механічних решток |

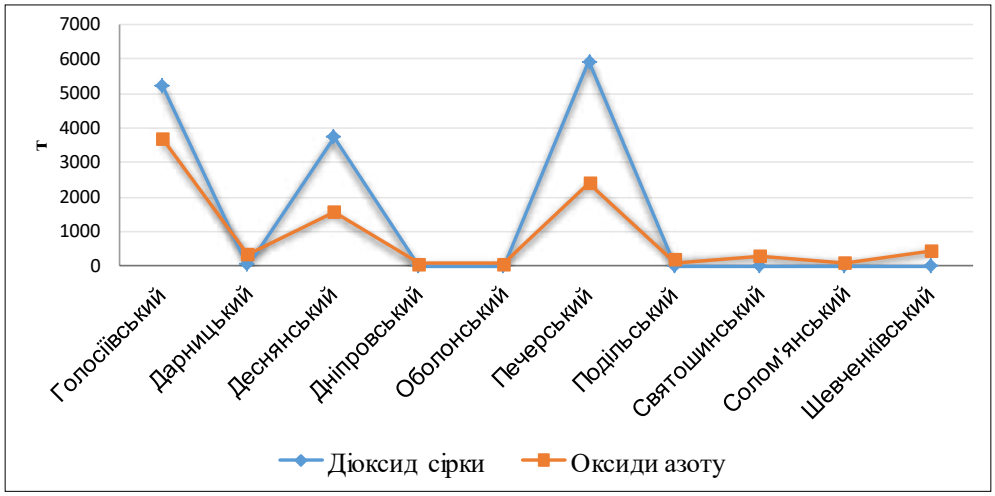



*Рис. 1. Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел*

Встановлена кількість об'єктів транспортно-дорожнього комплексу не може не позначитись на стані навколишнього природного середовища Дарницького району. За узагальненими матеріалами державного соціально-гігієнічного моніторингу стан атмосферного повітря в Дарницькому районі характеризувався наступними даними: з 657 досліджених проб атмосфери було зареєстровано 3 перевищення ГДК по 5-ти забруднюючим речовинам: пил (в 1,12−1,32 рази), оксид вуглецю (в 1,2−1,4 рази), діоксид нітрогену (в 1,1−1,25 рази), формальдегід (в 1,08-1,6 рази), діоксид сульфуру (в 1,12−1,2 рази) [17].

Для визначення стану атмосферного повітря Дарницького району була відібрана хвоя *P. sylvestris* для дослідження ступеня некротичних ушкоджень та хлорозів хвої за бонітетними класами [18].

Загальна площа лісового фонду України становить – 10,4 млн га, хвойні ліси – ялина та сосна займають 41,9% усієї площі, 27,5% − дуб, 8,9% − бук. Сосна звичайна широко поширена в Євразії, утворюючи чисті насадження або у поєднанні з ялиною, березою, осикою та дубом. Вид є маловимогливим до ґрунтових умов, займає часто непридатні для інших видів площі: піски та болота. Сосна зви-

Таблиця 3

**Об'єкти транспортної інфраструктури Дарницького району**

| | | |
|---|---|---|
| Підприємства автомобільного транспорту | од. | 15 |
| Підприємства залізничного транспорту | од. | 7 |
| Трамвайні маршрути | од. | 8 |
| Автобусні маршрути | од. | 15 |
| Таксомоторні маршрути | од. | 23 |
| Станції метрополітену | од. | 7 |
| Залізничні станції | од. | 1 |
| Гаражно-будівельні кооперативи | од. | 31 |
| Стоянки автомобільного транспорту | од. | 28 |
| Автозаправні станції | од. | 19 |
| Станції технічного обслуговування | од. | 4 |
| Наявність автомобільних доріг | км | 118,728 |
| Магістральні вулиці загальноміського значення | км | 12,847 |
| Магістральні вулиці районного значення | км | 61,094 |
| Вулиці місцевого значення | км | 41,150 |
| Місцеві проїзди між кварталами | км | 3,637 |

Таблиця 4

**Шкала бонітетних класів пошкоджень хвої P. sylvestris [18]**

| Некрози | | Хлорози | |
|---|---|---|---|
| 1-клас | плями відсутні | 1-клас | немає сухих ділянок |
| 2-клас | невелика кількість дрібних цяток | 2-клас | кінчик хвоїнки на 2-5 мм всох |
| 3-клас | велика кількість жовтих і чорних плям, деякі на всю ширину хвоїнки | 3-клас | третина хвоїнки суха |
| | | 4-клас | вся хвоїнка жовта або більша половини її суха |

Таблиця 5

**Ступінь пошкодження (некрози) та усихання (хлорози) хвої P. sylvestris**

| | Ділянка 1 (400 шт.) | | Ділянка 2 (400 шт.) | | Ділянка 3 (400 шт.) | | Ділянка 4 (400 шт.) | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Некрози хвої* | Кількість хвої, шт. | Пошкодження, % | Кількість хвої, шт. | Пошкодження, % | Кількість хвої, шт. | Пошкодження, % | Кількість хвої, шт. | Пошкодження, % |
| 1-клас | 130 | 32,50 | 130 | 32,50 | 132 | 33,00 | 160 | 40,00 |
| 2-клас | 80 | 20,00 | 79 | 19,75 | 80 | 20,00 | 110 | 27,50 |
| 3-клас | 190 | 47,50 | 191 | 47,75 | 188 | 47,00 | 130 | 32,50 |
| *Хлорози хвої* | Кількість хвої, шт. | Усихання, % | Кількість хвої, шт. | Усихання, % | Кількість хвої, шт. | Усихання, % | Кількість хвої, шт. | Усихання, % |
| 1-клас | 378 | 94,50 | 304 | 76,00 | 295 | 73,75 | 241 | 60,25 |
| 2-клас | 22 | 5,50 | 96 | 24,00 | 110 | 27,50 | 102 | 25,50 |
| 3-клас | - | - | - | - | - | - | 57 | 14,25 |
| 4-клас | - | - | - | - | - | - | - | - |

чайна – світлолюбна рослина, яка добре відновлюється на лісосіках і згарищах, як основний лісоутворювач широко використовується в лісокультурній практиці у всіх кліматичних зонах.

Для проведення досліджень обрано 4 ділянки з переважанням насаджень *P. sylvestris,* які знаходились на однаковій відстані від автомобільної дороги (20м).

Ділянка 1 – парк «Партизанська слава», який знаходиться поруч із автомобільною дорогою, що проходить вздовж вул. Славгородська з інтенсивним автомобільним рухом.

Ділянка 2 – лісовий масив (1) (мікрорайон Бортничі), знаходиться поблизу вул. Промислова та автотраси Т 1016, яка у ранкові та вечірні години є досить завантаженою через рух великої кількості вантажівок.

Ділянка 3 – лісовий масив (2) (мікрорайон Бортничі). Місце відбору проб розташовується в зоні відпочинку біля вул. Лісової з низьким автотранспортним потоком та вул. Світлої з інтенсивним рухом автотранспорту у ранковий та вечірній періоди доби.

Ділянка 4 – лісовий масив (3) Бориспільського шосе. Магістральна вулиця загальномісцевого значення з посиленим рухом автомобільного транспорту на в'їзд та виїзд з м. Києва. У безпосередній близькості до місця відбору проб розташовуються АЗС «ОККО», «Бром-Нафта» та «Укравто».

Відібрану хвою досліджували шляхом візуальних спостережень за ступенем наявності некрозів (ділянки хвої з відмерлими ділянками мезофілу) та хлорозів (пожовтіння, викликане порушеннями утворення хлорофілу в клітинах фотосинтезуючої тканини). Визначені характеристики надають повне уявлення про стан рослинних організмів на досліджуваних ділянках (табл. 5).

Відповідно до результатів дослідження найпоказовішою є «реакція-відповідь» *P. sylvestris* на забруднення атмосферного повітря діоксидом сульфуру у вигляді хлорозів деревних насаджень на ділянці швидкісної траси з інтенсивним рухом автотранспорту в районі Бориспільського шосе. При відсутності інтенсивного автомобільного руху та впливу підприємств (парк «Партизанська слава») хлорози хвої майже не спостерігаються. Зазначимо, що некротичні пошкодження рослинних організмів були відзначені на всіх, без виключення, дослідних ділянках, що свідчить про високий ступінь антропогенного тиску на комплекс екологічних факторів, які впливають на стабільність розвитку рослинних угруповань.

**Висновки.** Встановлено, що некротичні ушкодження та хлорози хвої *P. sylvestris* є цінним біологічним індикатором, а запропонований метод дендроіндикаційних досліджень, хоча і не дає вимірних показників забруднення атмосферного повітря діоксидом сульфуру, але дозволяє визначити вплив забруднюючих речовин, які входять до складу відпрацьованих газів автомобілів та утворюються в результаті діяльності підприємств району. Тому, розробка нормативів, процедур контролю, технологій для підтримання технічного стану автомобілів на рівні, який гарантує викид шкідливих речовин, не вищий за нормативний, а також впровадження екологічних стандартів й перехід підприємств до збалансованого еколого-економічного розвитку є основою для зменшення негативного впливу на стан атмосферного повітря.

**Література**


1. Проект «Порядок здійснення державного моніторингу в галузі охорони атмосферного повітря». Київ, 2018. URL: https://menr.gov.ua/files/docs/Proekt/28012019/Proekt.pdf (дата звернення: 03.08.2019).
2. Скакальський О. Екологічний моніторинг у системі природоохоронної діяльності регіональної влади. *Державне управління та місцеве самоврядування*. 2015. Вип. 4. С. 152–162.
3. Про Концепцію (основи державної політики) національної безпеки України: Постанова Верховної Ради України від 16 січня 1997 р. № 3/97-ВР. URL: http://zakon5.rada.gov./ua/laws/show/3/97-%D0%B2%DI%80 (дата звернення: 30.07.2019).
4. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року: Закон України від 21 грудня 2010 р. № 2818-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2818-17 (дата звернення: 27.07.2019).
5. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року. Закон України від 28 лютого 2019 року № 2697-VIII). URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2818-17 (дата звернення: 27.07.2019).
6. Запольський А.К. Моніторинг довкілля : підручник. Кам'янець-Подільський : ПП «Медобори», 2006. Том 1. 408 с.
7. Снытко В.А., Собисевич А.В. Система экологического мониторинга в научном наследии академиков И.П. Герасимова, Ю.А. Израэля. *Индикация состояния окружающей среды: теория, практика, образование*: труды V международной научно-практической конференции. М., 2017. С. 393–398
8. Мелехова О.П., Сарапульцева Е.И. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование. М., 2008. 288 с.
9. Егорова Е.И., Белолипецкая В.И. Биотестирование и биоиндикация окружающей среды: учеб. пособие по курсу «Биотестирование». Обнинск, 2000. 78 с.
10. Тарасенко И.Н. К вопросу о биотестировании. *Экология и охрана окружающей среды*. 1999. №и5. С. 56−59.
11. Ашихмина Т.Я. Экологический мониторинг. М., 2005. 416 с.
12. Ловелиус Н.В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий. Л., 1979. 232 с.
13. Шиятов С.Г. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древено-кольцевой информации. Красноярск, 2000. 80 с.
14. Левкович В.О., Муж Г.В. Біоіндикація забруднення атмосферного повітря за станом Pinus sylvestris L. С. 40–42. URL: http://eprints.zu.edu.ua/26937/1/Levkovych.pdf (дата звернення: 25.07.2019).
15. Ахмерова Д.Н., Шахринова Н.В. Биоиндикация загрязнения атмосферного воздуха по состоянию хвои сосны обыкновенной на территории города Бирск. *Достижения науки и образования.* 2018. С. 7−9.
16. Центральна геофізична обсерваторія імені Бориса Срезневського. URL: http://cgo-sreznevskyi.kiev.ua/ (дата звернення 15.07.2019).
17. Екологічний паспорт Дарницького району м. Києва станом на 31 серпня 2018 року (Аналіз екологічного стану Дарницького району міста Києва). URL: https://darn.kyivcity.gov.ua/files/2018/9/13/Pasport_ekologichniy_2018.pdf (дата звернення 10.07.2019).
18. Jager E.J. Indikation von Luftverunrcinigungen durch morphometrisclie Uulcrsucliungen an Hoheren Pflanzen. In: R. Schubert, J. Schuh (llrsg.). Bioindikation, Teil 3, Kongress und Tagungsberichte der Martin-Luther-Universitat Halle-Wittenberg, Wiss. Beitrage. 1980. P. 43−52.

УДК 656.1:504.054
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-15

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ ВОСТОЧНОУКРАИНСКОГО РЕГИОНА НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ТРАНСПОРТА

**Берестовой А.М., Хлестова О.А., Волков Д.В.**
Приазовский государственный технический университет
ул. Университетская, 7, 87555, г. Мариуполь
bamami36@gmail.com, helga26122016@gmail.com,
fullmetalalchemist2016@gmail.com

Показатели работы транспорта являются наиболее зависимыми от климатических условий, особенно зимних. Влияние климатических условий на показатели работы транспорта обуславливается, прежде всего, тем, что под воздействием низких температур изменяются режимы движения, а также физико-механические свойства конструкционных материалов. В статье исследованы вопросы температурных изменений окружающей среды в зимний период и их влияние на работу транспорта. Для исследования выбран Восточноукраинский регион с его температурными характеристиками. Одной из особенностей данного региона является то, что на смену температурных режимов влияет расположенное рядом Азовское море. Для постановки и решения проблемы исследования использовались основные положения инверсии температурных изменений, теории автомобиля, с применением трендового моделирования, а также математических методов транспортной эконометрики. Исследование проводилось на основе сравнения декадных температур г. Мариуполя 2017–2018 гг. Установлены зависимости максимальных и минимальных температур от времени, проанализированы изменения среднедекадного зимней температуры воздуха, которые влияют на конструкции движущихся транспортных средств, пути их движения и показатели работы, особенно экологические. Установлено рост средней зимней температуры, что может вызвать накопление парниковых газов. Исследования свидетельствуют о постепенном потеплении климата, что, в свою очередь, может привести к изменению показателей работы транспорта Восточноукраинского промышленно-аграрного региона. Предложены пути решения экологической проблемы: снижение выбросов углекислого газа и создание экологически устойчивой транспортной системы, а также пути снижения воздействия транспорта на окружающую среду, в том числе применение альтернативных видов топлива и ввод в эксплуатацию электромобилей, создание конструкции движения. *Ключевые слова:* транспорт, температура, температурные изменения окружающей среды, экология транспорта.

**Дослідження впливу температурних змін Східноукраїнського регіону на показники роботи транспорту. Берестовий А.М., Хлєстова О.А., Волков Д.В.** Показники роботи транспорту є найбільш залежними від кліматичних умов, особливо зимових. Вплив кліматичних умов на показники роботи транспорту зумовлюється, перш за все, тим, що під впливом низьких температур змінюються режими руху, а також фізико-механічні властивості конструкційних матеріалів. У статті досліджено питання температурних змін навколишнього середовища в зимовий період і їхній вплив на роботу транспорту. Для дослідження обрано Східноукраїнський регіон з його температурними характеристиками. Однією з особливостей цього регіону є те, що на зміну температурних режимів впливає розташоване поруч Азовське море. Для постановки і вирішення проблеми дослідження використовувалися основні положення інверсії температурних змін, теорії автомобіля, із застосуванням трендового моделювання, а також математичних методів транспортної економетрики. Дослідження проводилося на основі порівняння декадних температур м. Маріуполя 2017–2018 рр. Встановлено залежності максимальних і мінімальних температур від часу, проаналізовано зміни середньодекадної зимової температури повітря, що впливають на конструкції рухомих транспортних засобів, шляхи їхнього руху і показники роботи, особливо екологічні. Встановлено зростання середньої зимової температури, що може викликати накопичення парникових газів. Дослідження свідчать про поступове потепління клімату, що, у свою чергу, може призвести до зміни показників роботи транспорту Східноукраїнського промислово-аграрного регіону. Запропоновано шляхи вирішення екологічної проблеми: зниження викидів вуглекислого газу і створення екологічно стійкої транспортної системи, а також шляхи зниження впливу транспорту на навколишнє середовище, зокрема застосування альтернативних видів палива та впровадження в експлуатацію електромобілів, створення конструкції руху. *Ключові слова*: транспорт, температура, температурні зміни навколишнього середовища, екологія транспорту.

**Study of the influence of temperature changes in the East Ukrainian region on the performance of transport. Berestov A., Khlstova O., Volkov D.** Vehicle performance is most dependent on climatic conditions, especially winter. The influence of climatic conditions on the performance of vehicles is determined, first of all, by the fact that under the influence of low temperatures, the modes of motion change, as well as the physical and mechanical properties of structural materials. The article explores the issues of temperature changes in the environment in winter and their impact on the operation of transport. For the study, the East Ukrainian region was selected, with its temperature characteristics. One of the features of the region under consideration is that the nearby Sea of Azov affects the change in temperature conditions. To formulate and solve the research problem, we used the basic principles of the inversion of temperature changes, automobile theory, using trend modeling, as well as mathematical methods of transport econometrics. The study was conducted on the basis of a comparison of the decade-long temperatures of the city of Mariupol 2017–2018. The dependences of the maximum and minimum temperatures over time are established, changes

in the average ten-day winter air temperature are analyzed that affect the design of mobile vehicles, their paths and performance. An increase in the average winter temperature has been established, which can cause the accumulation of greenhouse gases. Studies indicate a gradual warming of the climate, which in turn can lead to a change in the performance of transport in the East Ukrainian industrial-agricultural region. Ways to solve the environmental problem are proposed: reducing carbon dioxide emissions and creating an environmentally sustainable transport system, as well as ways to reduce the impact of transport on the environment, including the use of alternative fuels and the introduction of electric vehicles, the creation of traffic designs.
*Key words*: transport, temperature, temperature changes in the environment, transport ecology.

**Постановка проблемы.** Показатели работы транспорта являются наиболее зависимыми от климатических условий, особенно зимних. Климатические условия конкретного региона вредно воздействуют на окружающую среду и влияют на надежность транспортных средств, показатели их работы, особенно экологические. Загрязнение атмосферного воздуха токсичными веществами, выделяемыми транспортом, является одной из важнейших проблем, стоящих перед человечеством [1].

Природно-климатические факторы наибольшее влияние оказывают на состояние путей движения. Под воздействием температурных изменений в дорожной конструкции происходят изменения процессов переноса тепла: нагревание, охлаждение, промерзание, оттаивание. Наблюдаются деформации путей движения, особенно автотранспортных, которые представляют собой разрушения пути в виде бугров и трещин [2].

Состояние железнодорожного пути характеризуется отступлениями от равномерного распределения продольных температурных сил (угон отдельных участков рельсовых плетей) и др. [3]. Изменение длины рельсовой плети в зависимости от температуры связано с преодолением погонных и стыковых сопротивлений, особенно это касается так называемого «бархатного пути» – без межрельсовых стыков. Температурные изменения окружающей среды влияют на сопротивление движения транспортных средств.

Влияние климатических условий на показатели работы транспорта обусловливается, прежде всего, тем, что под воздействием низких температур изменяются режимы движения, а также физико-механические свойства сталей, металлических сплавов, пластических масс, резины и других конструкционных материалов. Работоспособность агрегатов транспорта при низких температурах оценивается в основном, например, возможностью начала движения автомобиля и его способностью двигаться на высоких передачах. С понижением температуры воздуха происходит увеличение силы сопротивления движению и уменьшение силы тяги транспортных средств. На преодоление возрастающих сил сопротивления теряется значительная мощность, увеличивается расход топлива. Показатели этих потерь тем выше, чем ниже температурные свойства смазочных масел и топлив [4].

**Актуальность исследования.** Степень влияния изменения температуры на режим и безопасность работы транспорта зависит от интенсивности метеорологических изменений, поэтому изучение колебаний температуры с помощью трендового моделирования важно для комплексного понимания причинно-следственных связей между факторами, оказывающими воздействие на эксплуатацию транспортных средств при пониженных температурах.

Несмотря на определенные достижения в области влияния климатологии на показатели работы транспорта и экологию, следует отметить, что проблема влияния температурных изменений на транспорт изучена недостаточно и представляет интерес для исследования.

**Выделение не решенных ранее частей общей проблемы, которым посвящена статья.** Целью работы является исследование температурных изменений воздуха в период зимних температур, влияния их на показатели работы транспорта.

**Связь авторской доработки с важными научными и практическими задачами.** Работа соответствует приоритетному направлению развития науки и техники «Новые технологии и ресурсосберегающие технологии в энергетике, промышленности и агропромышленном комплексе» (Закон Украины от 11 июля 2001 г., № 2623).

Работа выполнена в соответствии с действующими государственными программами и концепциями «Реформирование транспортного комплекса Украины» (с 1998 г.); «Развитие транспортно-дорожного комплекса Украины на 2000 2004 гг.», утвержденной Кабинетом Министров Украины от 30 декабря 2000 г., работа соответствует основным направлениям реформирования транспортного сектора Украины.

Выполнение работы проводилось в соответствии с положениями Транспортной стратегии Украины на период до 2020 г. (Распоряжение Кабинета Министров Украины от 20 октября 2010 г., № 2174-р).

Выполнение работы связано с планами научно-исследовательских работ Государственного высшего учебного заведения «Приазовский государственный технический университет» (ГВУЗ «ПГТУ»).

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1) исследовать изменения минимальных и максимальных показателей температур во времени. Для исследований приняты изменения температур за период 2017–2018 гг.;

2) определить характер изменений средних декадных температур Восточноукраинского промышленно-аграрного региона за данный период и установить зависимости температурных изменений во времени;

3) выявить способы повышения экологических показателей работы транспорта при снижении его влияния на окружающую среду.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Исследование температурных изменений основывается на трудах в области физической географии и экологии, климатологии. На изучение техногенных влияний на экосистему направлены труды украинских экологов Г.М. Илькуна, В.П. Тарабрина [5], В.А. Кучерявого [6]. Отечественные ученые С.Н. Кравченко и М.В. Костецкий обобщили экологические зависимости [7]. Климатологические исследования проводили Г.Н. Высоцкий, П.К. Погребняк и другие ученые [8]. Изучению температурных характеристик при повышении безопасности движения поездов посвящены труды мариупольского ученого В.В. Чигарева [9]. Вопросам влияния температурных изменений окружающей среды и перевозимых грузов на энергетические и экологические показатели работы транспорта посвящены исследования [10] и другие.

Следует отметить, что вопросы влияния температурных изменений конкретных регионов на показатели работы транспорта ещё не достаточно изучены.

**Новизна.** Впервые исследованы температурные изменения Восточноукраинского региона в зимний период с использованием трендов, смоделирована динамика температурных колебаний.

**Методологическое или общенаучное значение.** Для постановки и решения проблемы исследования по влиянию температурных изменений Восточноукраинского региона на работу транспорта использовались основные положения инверсии температурных изменений, теории автомобиля, с применением трендового моделирования, а также математических методов транспортной эконометрики К.Ю. Рихтера [21].

**Изложение основного материала.** Загрязнение окружающей среды вредными от средств транспорта веществами колеблется во времени и пространстве и зависит от изменения показателей температуры, особенно в зимний период, когда теплый воздух поднимается выше холодного.

Амплитуда колебаний концентрации во времени обусловлена прежде всего метеорологическими факторами (направлением и скоростью ветра, температурной стратификацией атмосферы, влажностью воздуха), высотой расположения источника выбросов от поверхности Земли. При этом следует учитывать, что способность земной поверхности поглощать или излучать теплоту влияет на вертикальное распределение температуры в приземном слое атмосферы и приводит к температурной инверсии (отклонению от адиабатности). В инверсионных условиях ослабляется турбулентный обмен, ухудшаются условия рассеивания вредных выбросов в приземном слое атмосферы [11].

Повышение температуры воздуха с высотой приводит к тому, что вредные выбросы не могут подниматься выше определенного уровня [12].

Наиболее высокие концентрации вредных веществ наблюдаются при низких температурах в период зимних инверсий при высокой влажности воздуха, которой обладают приморские регионы, каким является Восточноукраинский промышленно-аграрный регион.

Климат и погода – составные части природных факторов, которые существенно влияют на эксплуатационные показатели работы транспорта, его дорог, на режим и безопасность движения, т.е. на эффектометрические, в том числе экологические, показатели работы транспорта.

Климатические условия – режим условий погоды за длительный период времени, вносят изменения в атмосферные процессы в определенной местности.

Климат в восточной части Украины умеренно-континентальный с сухим жарким, засушливым летом и холодной малоснежной зимой, с господствующими восточными и юго-восточными ветрами. В зимний период наблюдаются резкие колебания температуры. С приходом холодных воздушных масс отмечается резкое понижение температуры до –22 °С. Теплые воздушные массы приносят повышения температуры до 10°С, которое сопровождаются оттепелями [4].

Зимние климатические условия особенно большое влияние оказывают на физико-химические показатели смазочных масел, топлив, амортизаторной и тормозной жидкости, электролита и другое. Конструкционные материалы проявляют склонность к хрупкому разрушению и к быстрому изменению свойств сварных швов, а также прилегающих к ним участков [13].

С точки зрения экономической географии и регионалистики Восточноукраинский регион представляет собой промышленно и экономически наиболее развитый регион Украины, к которому относят Донецкую, Запорожскую и другие области. В территориальном разделении труда регион выделяется, прежде всего, как важная угольно-металлургическая база с развитым тяжелым машиностроением, тепловой энергетикой, отраслями химической, цементной и стекольной промышленности. На территории региона залегают ценные минерально-сырьевые ресурсы, что стало одной из главных предпосылок формирования мощного промышленного комплекса.

Аграрный сектор связан с легкой и пищевой промышленностью, производственной инфраструктурой (транспортом, хранением, сбытом и другим).

Сельское хозяйство Восточноукраинского региона специализируется на выращивании зерновых: озимая и яровая пшеница, кукуруза на зерно, технических культур, подсолнечника [14]. Животноводство представлено молочно-мясным скотоводством, свиноводством, овцеводством, птицеводством. В регионе развивается рыболовство.

В функционально-отраслевой структуре Восточноукраинского региона преобладает тяжелая промышленность на основе развития угольной промышленности и черной металлургии. Эти отрасли стали предпосылкой развития всех видов транспорта, особенно железнодорожного, автомобильного и водного [15].

Мариупольский промышленный узел многоотраслевой с преобладанием черной металлургии. Ее удельный вес в общегородском объеме промышленного производства составляет 93,45% [16].

Одной из особенностей рассматриваемого региона является то, что на изменение температурных режимов влияет расположенное рядом Азовское море. Транспортно-технологическая работа региона в основном базируется на работе морского порта г. Мариуполя.

Мариупольский морской порт является «морскими воротами Донбасса», связан со 152 портами всех континентов. Через порт осуществляются перевозки по морю угля, металла, продукции машиностроения, руды, зерна из Донецкой, Луганской, Харьковской и соседних областей Украины. Грузооборот порта в 2018 г. составил 5,887 млн тонн (в т.ч., экспортных грузов – 4,929 млн тонн, импортных – 907,45 тыс. тонн, в каботаже – 50,5 тыс. тонн). Удельный вес порта в грузообороте морских портов Украины – 4,4% [17].

Следует отметить, что интенсивная хозяйственная и транспортная деятельность сказывается на климатических условиях и является причиной температурных изменений.

Проанализированы температурные изменения, средняя подекадная зимняя температура (табл. 1), а также минимальная и максимальная температуры (табл. 2 и 3) на примере Мариупольского промышленно-аграрного региона в последние с 2017–2018 гг., по данным Украинского гидрометцентра [18].

Устойчивая закономерность изменения температур, наблюдаемая в течение длительного периода времени в Восточноукраинском регионе, может быть выявлена с использованием трендового моделирования.

С использованием трендового моделирования по исходным данным исследованы тенденции изменения температур и подобраны функциональные зависимости (рис. 1 и 2).

Для формализации зависимости уровней временных рядов от температуры может быть применен

Таблица 1

**Средняя температура по Мариупольскому промышленно-аграрному региону в период зимних температур в 2017–2018 гг.**

| Декада | 2017 г. | | | | | 2018 г. | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | январь | февраль | март | ноябрь | декабрь | январь | февраль | март | ноябрь | декабрь |
| I | –0,4 | –9,9 | 5,2 | 6,8 | 3,2 | 1,9 | 0,9 | 5,1 | 7 | –1,3 |
| II | –1,5 | –3,2 | 5,1 | 5,9 | –0,5 | –3,3 | –5,5 | 6,5 | 5,2 | –2,2 |
| III | –6,2 | 1,9 | 6,9 | 0,2 | 2,7 | –2,9 | –0,4 | 7,5 | –1,2 | 3,4 |

Таблица 2

**Максимальная и минимальная температура по Мариупольскому промышленно-аграрному региону в период зимних температур в 2017 г.**

| Декада | 2017 г. | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | январь | | февраль | | март | | ноябрь | | декабрь | |
| | max | min | max | min | max | min | max | min | max | min |
| I | 4,3 | –11,0 | 4,0 | –14,4 | 11,3 | –1,7 | 13,1 | 0,2 | 9,7 | –2,7 |
| II | 5,0 | –9,6 | 4,5 | –14,0 | 9,2 | 0,3 | 12,6 | –2,4 | 11,4 | –0,8 |
| III | 2,4 | –17,2 | 5,5 | –14,4 | 17,1 | –1,1 | 9,8 | –6,0 | 8,0 | –3,2 |

Таблица 3

**Максимальная и минимальная температура по Мариупольскому промышленно-аграрному региону в период зимних температур в 2018 г.**

| Декада | 2018 г. | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | январь | | февраль | | март | | ноябрь | | декабрь | |
| | max | min | max | min | max | min | max | min | max | min |
| I | 7,3 | –4,5 | 6,2 | –4,4 | 5,6 | –9,3 | 11,7 | 0,0 | 4,7 | –5,2 |
| II | 2,7 | –8,5 | 3,7 | –5,0 | 7,3 | –5,0 | 6,0 | –3,8 | 5,0 | –4,6 |
| III | 4,0 | –10,3 | 0,6 | –14,1 | 12,5 | –4,8 | 4,4 | –7,8 | 7,0 | –5,5 |

полиномиальный тренд, рассматривая трендовое моделирование [21].

Полиномиальный тренд – это степенная функция, которая применяется для описания значений временных рядов, попеременно возрастающих и убывающих для анализа набора данных нестабильной величины [19], в рассматриваемом случае – температурных. Степень полинома определяет количество экстремумов (пиков), т.е. максимальных и минимальных значений температур за анализируемый промежуток времени.

Уравнение полиномиального тренда 4-го порядка имеет формулу (1):

$$y=ax^4+bx^3+cx^2+dx+e \quad (1)$$

где $y$ – показатели температуры; $a$, $b$, $c$, $d$, $e$ – коэффициенты, константы; $x$ – период времени.

Рассмотрены изменения средней температуры (табл. 1) в зимний период наличия отрицательных температур 2017–2018 гг. по Мариупольскому промышленно-аграрному региону (рис. 1 и 2).

В качестве аппроксимирующей функции был использован полином 4-й степени. Тип выбранной функции тренда, т.е. степень многочлена, определен, прежде всего, значениями температур. Величина $R^2$ характеризует достоверность полиномиальной зависимости. Полиномиальная зависимость 4-й степени средней температуры воздуха в 2017–2018 гг. установлена:

$$y_{2017} = 0{,}0115x^4 - 0{,}3983x^3 + 4{,}5018x^2 - 17{,}512x + 14{,}822 \quad (2)$$
$$R2 = 0{,}841$$

$$y_{2018} = 0{,}0117x^4 - 0{,}3933x^3 + 4{,}2857x^2 - 16{,}231x + 15{,}129822 \quad (3)$$
$$R^2 = 0{,}7215$$

Температура воздуха в течение анализируемых лет непрерывно менялась. В феврале 2017 г. минималь-

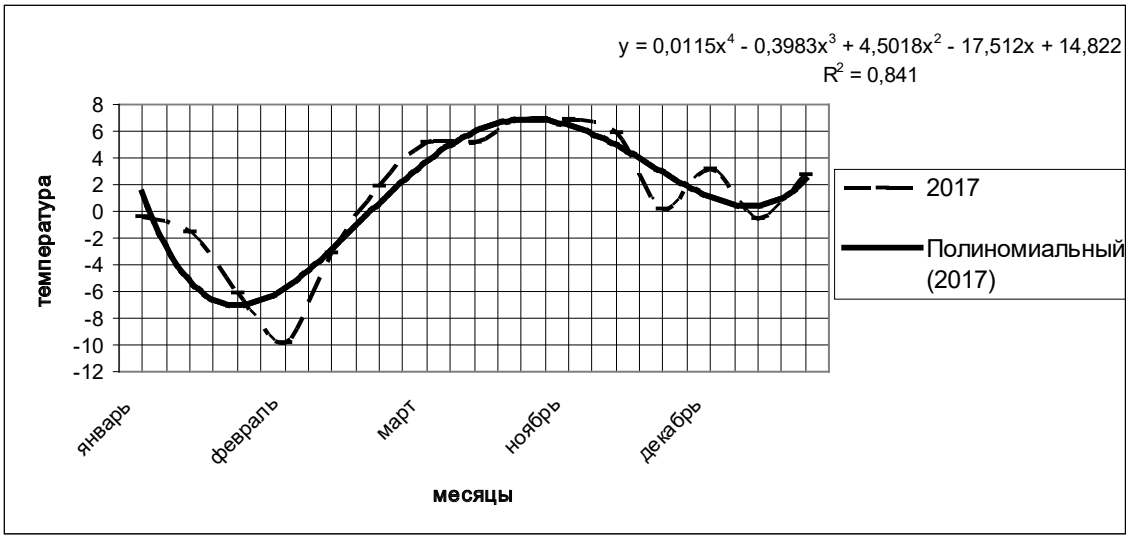



*Рис. 1. Изменения средней температуры в период наличия отрицательных и положительных температур в 2017 г.*

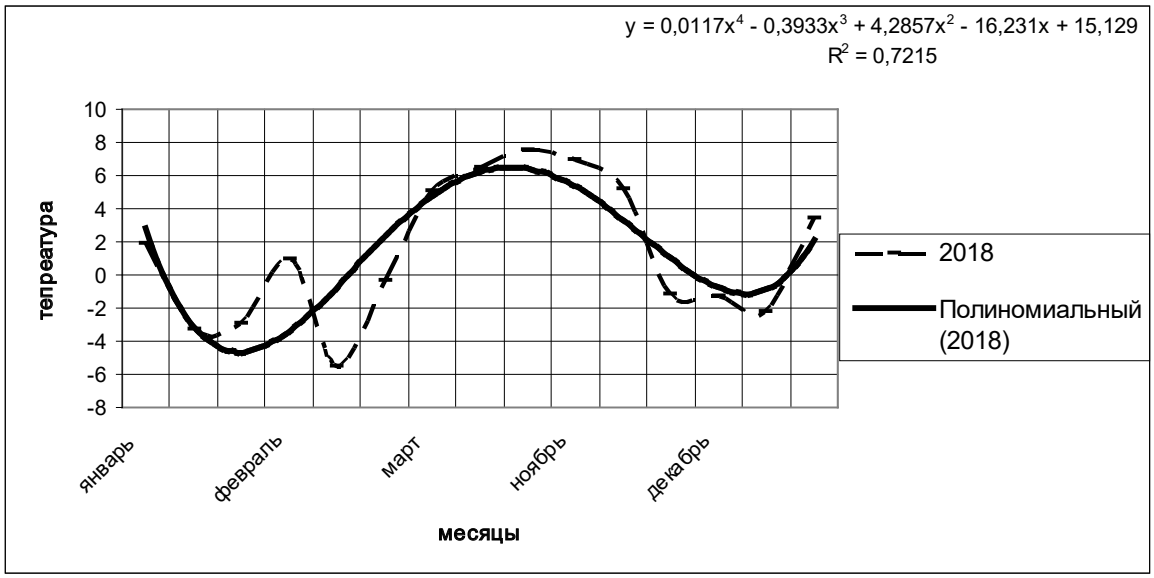



*Рис. 2. Изменения средней температуры в период наличия отрицательных и положительных температур в 2018 г.*

ная средняя температура составила –9,9 °С, а в январе 2018 г. – 3,3 °С, следовательно, Δt = –6,6 °С. Данные исследования демонстрируют тенденцию к росту температуры. В 2018 г. усредненные минимальные показатели температур повысились до –5,5 °С. Средняя максимальная температура в 2017 г. была 6,9 °С, в 2018 г. увеличилась до 7,5 °С, разница составила 9%.

На основании данных (табл. 3) построен график максимальных и минимальных изменений температуры (рис. 3) 2018 г., используя полиномиальную зависимость 4-й степени.

Поле колебания температур (рис. 3) очерчено границами. Нижняя граница с минимальными показателями температур характеризует снижение показателей работы транспорта, в том числе большее загрязнение окружающей среды, обусловленное неблагоприятными климатическими условиями, и поэтому она названа «пессимистической». По аналогии верхняя граница с максимальными, в том числе положительными, температурами названа «оптимистической» [20].

Полиномиальная оптимистическая кривая (граница) может быть описана трендом:

$$y = 0{,}0045x4 - 0{,}1701x^3 + 2{,}0266x^2 - 7{,}6123x + 11{,}288129822 \qquad (4)$$
$$R2 = 0{,}8$$

Полиномиальная пессимистическая граница температур соответственно:

$$y = 0{,}0094x4 - 0{,}3355x^3 + 3{,}919x^2 - 15{,}48x + 3{,}3203 \qquad (5)$$
$$R2 = 0{,}7853$$

Построенная полиномиальная зависимость максимальных температур имеет $R^2$=0,8, уровень соответствия минимальных температур $R^2$=0,7853. Величина достоверности аппроксимации полиномиального тренда $R^2$ <0,7.

Анализ изменений температуры окружающей среды за 2018 г. выявил, что самая низкая *min* температура воздуха наблюдалась в III декаде февраля и составила –14,1 °С, самая высокая *max* температура за период зимних температур в III декаде марта составила 12,5 °С.

На основе анализа значений отдельных коэффициентов функций трендов можно делать выводы о структуре процессов роста температур.

Коэффициенты функции тренда определяются при устремлении к минимуму суммы квадратов отклонений по формуле (6) [21]:

$$Q = \sum_i (y_i - Y_i)^2 \to \min, \qquad (6)$$

где $y_i$ – измеренные значения температур; $У_i$ – значение функции тренда в промежутках времени $x_i$.

Тенденция увеличения температуры воздуха вызывает накопление вредных парниковых газов (метана, углекислого газа, озона, оксидов азота, фреонов и другого), что, в свою очередь, приводит к таким необратимым последствиям, как климатические изменения и глобальное потепление. Опасность глобального потепления состоит в нарушении климата, изменении химического состава воды, распределении атмосферных осадков и многих других неблагоприятных последствиях.

Карбюраторные автомобили являются в мире основным источником выбросов $CO_2$ в атмосферу, поэтому внедрение новых, более чистых с точки зрения экологии транспортных технологий представляется одним из приоритетов развития Украины.

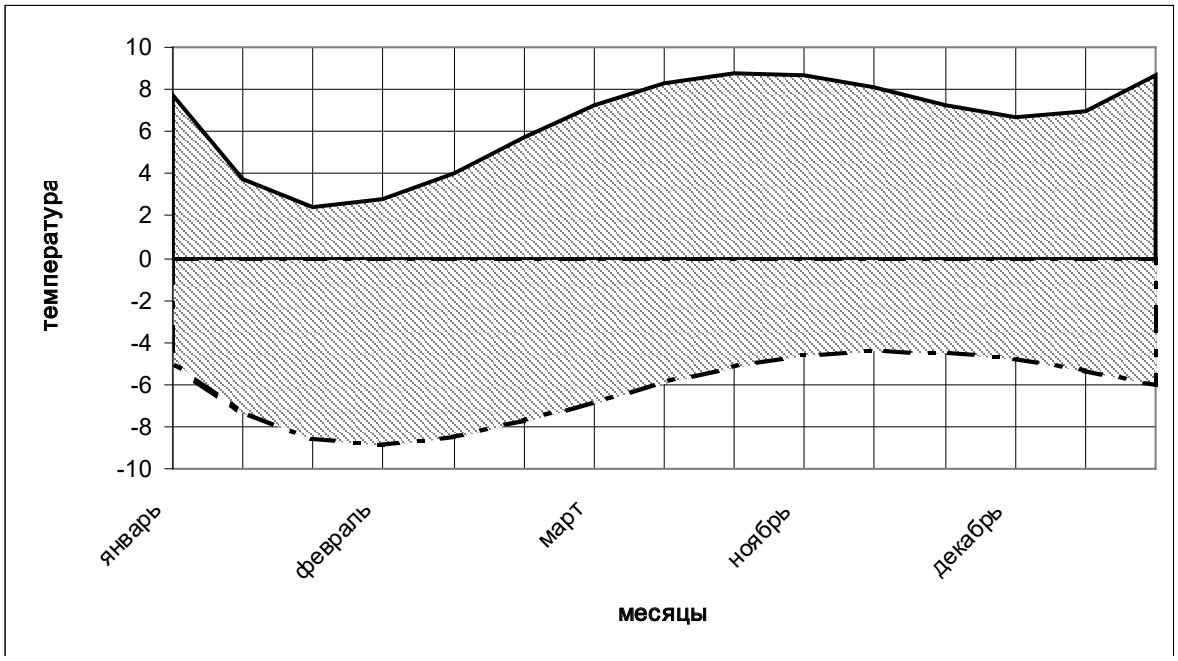



*Рис. 3. Поле колебания отрицательных температур за 2018 г.: – оптимистическая; – пессимистическая граница*

В качестве технологических мероприятий, которые помогут снизить токсичность выхлопных газов, можно выделить следующие [22]:

− регулировка двигателей, совершенствование конструкций двигателей внутреннего сгорания, внедрение электрических двигателей;

− изменение состава топлива, применение альтернативных видов топлива, перевод автомобилей на сжиженный газ;

− изменение конструкции пути движения транспортных средств в направлении влияния температурных изменений на свойства материалов, из которых изготовлены пути движения;

− внедрение в эксплуатацию электромобилей и другое.

Если рассматривать проблему повышения температуры в глобальном масштабе, то следует отметить, что Украина одной из первых поддержала Парижское климатическое соглашение от 2016 г., главная цель которого – не допустить роста глобальной средней температуры более чем на 2 °С [23].

**Главные выводы.** На основе данных минимальных и максимальных отрицательных температур определены зависимости температурных изменений, установлено повышение средней температуры окружающей среды по времени.

Данные исследования свидетельствуют о постепенном потеплении климата, что, в свою очередь, может привести к изменению показателей работы транспорта Восточноукраинского промышленно-аграрного региона.

Предложены пути решения экологической проблемы: снижение выбросов углекислого газа и создание экологически устойчивой транспортной системы, а также пути снижения влияния транспорта на окружающую среду, в том числе применение альтернативных видов топлива и внедрение в эксплуатацию электромобилей, создание конструкции движения.

**Литература**


1. Звонов В.А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. Москва, 1973. 200 с.
2. Воздействие природных факторов на дорогу URL: https://studopedia.ru/12_103683_vozdeystvie-prirodnih-faktorov-na-dorogu.html (дата обращения: 14.08.2019).
3. Температурная работа рельсов URL: https://studfiles.net/preview/2892317/ (дата обращения:10.09. 2019).
4. Климатические условия, влияющие на надежность и долговечность автомобиля URL: http://stroy-technics.ru/article/klimaticheskie-usloviya-vliyayushchie-na-nadezhnost-i-dolgovechnost-avtomobilya/ (дата обращения: 28.08. 2019).
5. Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут : монографія / за заг. ред. А.М. Редзюка. Київ : ДП ДержавтотрансНДІпроект, 2005. 400 с.
6. Кучерявий В.П. Екологія. Львів : Світ, 2001. 500 с.
7. Кравченко С.Н. Социально-психологические аспекты правовой охраны окружающей среды. Львов : Изд-во Львов. ун-та, 1988. 155 с.
8. Высоцкий Г.Н. Избранные труды. Москва, 1960. 435 с.
9. Кассов В.Д. Повышение эффективности защиты металлических поверхностей от набрызгивания при сварке. *Вестник Приазовского государственного технического университета* : сб. науч. тр. Мариуполь, 1998. Вып. 6. С. 155–159.
10. Берестовой А.М. Синтез процессов и объектов в материальных потоках транспорта затвердевающих жидкостей : дисс. … докт. техн. наук : 05.22.12. Луганск : ВУНУ, 2002. 542 с.
11. Инверсия температуры приземная. Экология. Справочник. URL: https://ru-ecology.info/term/27285/ (дата обращения: 22.09.2019).
12. Андронников В.В., Савченко П.Д. Влияние климатических особенностей региона на степень загрязнения атмосферы. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-klimaticheskih-osobennostey-regiona-na-stepen-zagryazneniya-atmosfery/ (дата обращения: 15.09.2019).
13. Уменьшение загрязнения атмосферы от автотранспорта. URL: https://studopedia.ru/4_148079_umenshenie-zagryazneniya-atmosferi-ot-avtotransporta.html (дата обращения: 24.09.2019).
14. Справочник предприятий АПК по областям URL: http://megainfo.com.ua/region/donetsk/apk.html (дата обращения: 24.08.2019).
15. Іщук С.І., Гладкий О.В. Регіональна економіка (теорія, методи, практика) : підручник. Київ, 2013. 447 с.
16. Промышленность Мариупольского узла в настоящее время. URL: https://studfiles.net/preview/5680615/page:23/ (дата обращения: 26.08.2019).
17. Мариупольский морской порт. URL: https://ports.com.ua/spravka/infrastruktura/mariupolskiy-morskoy-port (дата обращения: 28.09.2019).
18. Український гідрометеорологічний центр: Інформаційний сервер погоди. URL: https://meteo.gov.ua/ua/34712 (дата обращения: 15.09.2019).
19. Как рассчитать различные виды тренда в Excel. URL: https://4analytics.ru/rabota-ctrendami/stati/trendi/index.html (дата обращения: 17.08.2019).
20. Хлестова О.А. Повышение эффективности транспортно-технологической схемы доменного производства : дисс. … канд. техн. наук : 05.22.12. Днепропетровск, 2015. 172 с.
21. Рихтер К.Ю. Транспортная эконометрия. Москва, 1983. 318 с.
22. Автомобиль как фактор глобального потепления URL: http://www.zelife.ru/11644-akfgp/ (дата обращения: 02.08. 2019).
23. Парижское климатическое соглашение вступило в силу. URL: https://yaizakon.com.ua/parizhskoe-klimaticheskoe-soglashenie-vstupilo-v-silu/ (дата обращения: 17.08.2019).

**УДК 528.8**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-16**

# РОЗПІЗНАВАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИДОВОГО СПОСТЕРЕЖЕННЯ ОБ'ЄКТА ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

**Руденко М.М., Слонов М.Ю., Хамула С.В.**
Воєнно-дипломатична академія імені Євгенія Березняка
вул. Юрія Ільєнка, 81, 04050, м. Київ
slonovmu@gmail.com

У статті наголошується на те, що одним із раціональних напрямів оцінки екологічного стану об'єкта є аналіз його зовнішнього вигляду за поточними зображеннями. Найбільш звичними джерелами зображень є видові оптико-електронні засоби: фотографічні, відео, тепловізійні, спектрозональні, гіперспектральні. Аналіз зображень здійснюється за результатом дешифрування знімків від видових засобів. Успішність вирішення завдань екологічного моніторингу в цьому разі визначатиметься якістю знімків. Запропоновано комплексний підхід до вибору найбільш раціонального варіанта виконання завдання з дистанційного спостереження об'єкта екологічного моніторингу. Він полягає у реалізації семантичного та апаратного підвищення можливостей щодо виявлення, розпізнавання та інтерпретації об'єкта за його зображенням. Семантичний підхід передбачає залучення додаткових розпізнавальних ознак як в одному інформаційному каналі, так і в разі їх збільшення. Такий підхід поєднує канальний та ознаковий напрями. За канального напряму змінюють кількість інформативних параметрів об'єкта, що вимірюють у різних інформаційних полях. Ознаковий напрям спрямований на визначення на зображенні максимально можливої кількості типових розпізнавальних ознак об'єкта моніторингу: розміру, кольору, структури, наслідків діяльності тощо. За апаратного підходу змінюють значення дискретизації відповідного інформативного параметра під час спостереження, інші апаратні налаштування в усіх інформаційних каналах. У кожному конкретному випадку видового спостереження комплексний підхід дає змогу вибрати найбільш раціональний шлях виконання завдання. Він гарантує дотримання вимог завдання на моніторинг. Крім того, оцінюється можливість і доцільність фізичної та апаратної реалізації обраного шляху. За такого підходу обсяг видової інформації про об'єкт орієнтований на виконання саме поточних завдань на моніторинг. Надлишкова видова інформація буде відсутня. *Ключові слова:* моніторинг, видове спостереження, розпізнавальні ознаки, дискретизація інформативного параметра, імовірність виконання завдання.

**Recognitional possibilities of results of special observation of the environmental monitoring object. Rudenko M., Slonov M., Khamula S.** The article emphasizes that one of the rational ways to evaluate the environmental status of an object is to analyze its appearance by current images. The most common sources of images are the kind of optoelectronic means: photographic, video, thermal imaging, spectral, hyperspectral. The analysis of images is carried out as a result of decryption of images from species. The success of environmental monitoring tasks in this case will be determined by the quality of the images. An integrated approach is proposed to choose the most rational variant of the task of remote monitoring of the object of environmental monitoring. It consists in the implementation of semantic and hardware enhancement of the ability to detect, recognize and interpret an object in its image. The semantic approach involves the attraction of additional distinctive features both in one information channel and as they increase. This approach combines channel and sign directions. The channel direction changes the number of informative parameters of the object, which are measured in different information fields. The marking direction is intended to determine the maximum number of typical distinctive features of the monitoring object in the image: size, color, structure, impact of activities, etc. In the hardware approach, the sampling value of the corresponding informative parameter under observation is changed, other hardware settings in all information channels. In each case of species observation, a comprehensive approach allows you to choose the most rational way of performing the task. It guarantees compliance with the requirements of the monitoring task. In addition, the possibility and feasibility of physical and hardware implementation of the chosen path is evaluated. With this approach, the amount of specific information about the object is focused on the current monitoring tasks. There will be no excess species information. *Key words*: monitoring, types of observation, recognition features, discretization of the information parameter, probability of task completion.

**Постановка проблеми.** Одним із раціональних напрямів оцінки екологічного стану об'єкта є аналіз його зовнішнього вигляду [1–3]. Інформація про об'єкт у цьому випадку (видова інформація) отримується у вигляді його зображень. Зображення є результатом спостереження об'єкта за допомогою, як правило, видових (таких, що будують зображення) електронних систем – оптико-електронних, магнітометричних, радіолокаційних. Найбільш звичними з них є видові оптико-електронні засоби: фотографічні, відео, тепловізійні, спектрозональні, гіперспектральні [4–6].

Видову інформацію про об'єкт за результатами його спостереження отримують під час дешифрування *знімків* (форматованих зображень картин, складовою частиною яких є зображення об'єкта, що спостерігається, чи наслідків його діяльності), які будуються видовими електронними системами. Процедура дешифрування знімків складається з етапів виявлення, розпізнавання та інтерпретації зобра-

жень конкретних об'єктів і ділянок місцевості [7]. Результатом дешифрування зображення на знімку є відомості про об'єкт видового екологічного моніторингу. За змістом такі відомості повинні бути спрямовані на вирішення завдання на моніторинг.

Етапи виявлення, розпізнавання та інтерпретації зображення об'єкта за результатами видового моніторингу здійснюються під час вивчення індивідуальних особливостей його зображення – ознак об'єкта. Сукупність ознак об'єкта, що дають змогу провести всі три етапи дешифрування знімків, називають набором ознак об'єкта: ознак виявлення, розпізнавальних ознак, ознак інтерпретації об'єкта. Всі ці ознаки поєднуються терміном *демаскувальні* ознаки об'єкта.

Необхідною умовою використання демаскувальної ознаки під час дешифрування зображення об'єкта є можливість її виявлення в зображенні, що отримане від конкретного видового засобу [8]. В цьому випадку демаскувальна ознака об'єкта стає *розпізнавальною ознакою* його зображення. Перехід демаскувальної ознаки об'єкта у розпізнавальну ознаку зображення обмежений іконічними (видовими) властивостями самої демаскувальної ознаки, конкретного видового засобу, а також поточних умов спостереження (ракурс, стан атмосфери, час спостереження тощо). Отже, для різних засобів видового моніторингу та поточних умов спостереження для одного й того самого об'єкта набір розпізнавальних ознак його зображення буде різним.

Спостереження об'єкта свідомо доцільне (апріорно обов'язково успішне) за умовою відображення тільки *всіх* демаскувальних ознак об'єкта в розпізнавальних ознаках його зображення (іконічні складники, що визначають результат спостереження об'єкта, максимально високі). Але в цьому випадку виникатиме *протиріччя* між безмежним зростанням обсягу отриманої інформації про об'єкт, а, відповідно, вартістю таких відомостей, часом їх обробки, оперативністю виконання завдання та, з іншого боку, необхідним обсягом таких відомостей, який забезпечить виконання саме конкретного поточного завдання на спостереження. Тому під час з'ясування завдання на спостереження актуальним є визначення достатнього рівня відтворення в зображенні демаскувальних ознак. Їх має бути досить для з'ясування стану об'єкта саме відповідно до завдання на спостереження. На особливості реалізації цієї умови звертається увага в статті.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Результатом видового спостереження об'єкта є отримання його зображення [1; 3; 9; 10]. Для успішного виконання завдання на спостереження об'єкта бажано визначитися з необхідною апріорною та апостеріорною інформацією про об'єкт моніторингу [4; 8]. До апріорної інформації про нього відносять сам об'єкт, що є метою спостереження, його особливості, задану глибину його визначення за зображенням – з точністю до виду (виявлення), до класу (розпізнавання) чи до типу (інтерпретації). Як апостеріорну інформацію важливо передбачити детальність у зображенні, яка забезпечить наявність у ньому розпізнавальних ознак, достатніх для виконання саме цього завдання. Тільки в такому разі спостереження можна вважати раціональним.

Максимізація *апріорної* інформації про об'єкт досягається чіткою постановкою завдання на спостереження та його усвідомлення виконавцем [5]. Вона дає змогу обрати тип апаратури, прийоми, способи та умови спостереження. Це забезпечує *можливість* наявності в зображенні певних розпізнавальних ознак.

Поняття достатності *апостеріорної* інформації вимагає більш ретельного тлумачення. Виявлення та спостерігання демаскувальних ознак об'єкта фізично можна реалізувати на цифрових знімках шляхом контролю (якісного чи кількісного) зображень фізичних полів, які він створює та змінює [8–10]. Такі фізичні поля називають *інформаційними* полями об'єкта, тобто такими, що є носіями інформації про ті чи інші його властивості.

Отже, кожен об'єкт формально можна описати функціоналом існування $L$, який відображає властивості всіх інформаційних полів як функцій спостережуваних змінних – часу, просторових координат, складу довжини хвиль та іншого. Індивідуальні особливості інформаційних полів об'єкта саме і створюють його демаскувальні ознаки у вигляді *розподілів градієнтів параметрів*, які під час спостереження перетворюються в їхні зображення [7; 9].

Такі параметри (наприклад, амплітуда, фаза, інтенсивність поля; для об'єктів, що спостерігаються за допомогою некогерентних видових засобів, як правило, – інтенсивність $I_i$) можна вважати *інформативними*. Якщо інформативні параметри $I_i$ від усіх $m$ інформаційних полів адитивні і спостерігаються у просторі ($x$, $y$, $z$), часі $t$ та за довжиною хвиль $\lambda$, а одночасно спостерігається $n$ об'єктів, то *функціонал $L_j$ існування* картини, що спостерігається, можна записати в такому вигляді:

$$L_j = L_j\left[\Sigma\sum_{i=1}^{i=m} I_i(x,y,z,t,\lambda)\right],$$
$$i=\overline{1,m},$$
$$j=\overline{1,n}, \qquad (1)$$

де $m$ – кількість інформаційних полів;

$n$ – кількість об'єктів у картині, що спостерігається.

Функціонал $L_j$ існування об'єкта надає системні шляхи реалізації її спостереження [1; 5; 6]. Саме такий підхід до організації видового спостереження дає змогу раціонально оцінити об'єкт моніторингу згідно з поточним завданням. Розроблений у статті підхід є продовженням досліджень із раціональної організації видового спостереження об'єкта.

**Виклад основного матеріалу.** Спостереження об'єктів за допомогою засобу видового спостереження зводиться до вимірювання (дискретного, безперервного) поточних значень інформативних параметрів. Результати такого вимірювання у про-

сторі *xyz*, часі *t* та за спектральним складом λ є формалізованим описом *відомостей про об'єкт* (ВО).

Запис їх передбачає урахування фізичних обмежень на точність вимірювання, а також вплив на результати вимірювань низки випадкових факторів. Тому виявлення розпізнавальної ознаки, розпізнавання об'єкта за його зображенням оцінюються ймовірністю *P* розпізнавання [8].

Умовою успішності спостереження об'єкта є досягнення заданого рівня його розпізнавання (заданої імовірності $P_{зад}$) за максимального дотримання сукупності $\{A_k\}$ вимог, які висуваються до здійснення моніторингу. Такі вимоги та ступінь їх задоволення формують поняття *ефективності* проведення моніторингу:

$$\begin{gathered}
\text{ВО}_j = ML_j\left[\sum_{i=1}^{i=m_{вим}} I_i\left(x,y,z,t,\lambda\right)\right],\\
\Delta x,\Delta y,\Delta z,\Delta t,\Delta\lambda \to \text{var},\\
P_{зад} \le P{:}\left(\Delta x,\Delta y,\Delta z,\Delta t,\Delta\lambda\right)_i,\\
\left\{A_k\right\} \to \max,\\
i=\overline{1,m_{вим}},\\
j=\overline{1,n},\\
k=\overline{1,K},
\end{gathered} \tag{2}$$

де $m_{вим}$ – кількість інформаційних полів, що вимірюються під час спостереження;

$(\Delta x, \Delta y, \Delta z, \Delta t, \Delta\lambda)_i$ – дискретизація відповідного інформативного параметра під час спостереження об'єкта в *i*-му інформаційному полі.

Визначимо шляхи досягнення заданого значення розпізнавання об'єкта за його зображенням. Нехай під час спостереження *j*-го об'єкта на зображенні присутній (*j*+1)-й об'єкт. Об'єкт моніторингу буде відрізнений від нього у разі, коли за результатами спостереження відомості $\text{ВО}_j$ про *j*-й об'єкт відрізняються від відомостей $\text{ВО}_{j+1}$ на величину $\Delta\text{ВО}_j$, тобто:

$$\begin{gathered}
\Delta\text{ВО}_j = ML_j\left[\sum_{i=1}^{i=m_{вим}} I_i\left(x,y,z,t,\lambda\right)\right]-\\
-ML_{j+1}\left[\sum_{i=1}^{i=m_{вим}} I_i\left(x,y,z,t,\lambda\right)\right]=\\
=M\left\{\begin{array}{l} L_j\left[\sum_{i=1}^{i=m_{вим}} I_i\left(x,y,z,t,\lambda\right)\right]-\\ -L_{j+1}\left[\sum_{i=1}^{i=m_{вим}} I_i\left(x,y,z,t,\lambda\right)\right]\end{array}\right\}\ge \Delta\text{ВО}_{меж},\\
i=\overline{1,m_{вим}},\\
P_{зад} \le P{:}\Delta x,\Delta y,\Delta z,\Delta t,\Delta\lambda,
\end{gathered} \tag{3}$$

де $\Delta\text{ВО}_{меж}$ – межа для прийняття рішення (наприклад, можлива дискретність) відомості про інформативний параметр (сукупність параметрів).

Аналіз співвідношення (3) показує, що напрямами виявлення об'єкта за результатами його видового спостереження можна вважати такі:

– дотримання правила $\Delta x_м, \Delta y_м, \Delta z_м, \Delta t_м, \Delta\lambda_м \to 0$, тобто зменшення рівня можливої дискретизації інформативних параметрів. У цьому випадку засіб спостереження повинний працювати зі збільшеною точністю вимірювання інформативного параметра інформаційного поля – *інструментальний* чи *апаратний* напрями;

– прагнення до $\Delta\text{ВО}_{меж} \to 0$, тобто зменшення межі виявлення розпізнавальної ознаки. Якщо людина вперше бачить окремо здорову або хвору рослину, обидва об'єкти сприймаються як зразки рослинності. Для неї складно звернути увагу на їхні типові розпізнавальні ознаки: розмір, колір, структуру. Тому дієвим шляхом реалізації такого напряму є цілеспрямоване навчання дешифрувальника розпізнаванню саме цієї розпізнавальної ознаки на зображеннях, що отримані на цьому засобі – *ознаковий* напрям;

– забезпечення правила $m_{вим} \to m$, тобто урізноманітнення вимірювальних інформаційних полів – каналів вимірювання інформативних параметрів. У цьому випадку видові засоби повинні вимірювати інформативні параметри об'єкта у різних інформаційних полях. Спрямоване на збільшення кількості розпізнавальних ознак завдяки виявленню нових семантичних зв'язків між об'єктом та інформативними параметрами різних інформаційних полів, тобто залучення додаткових розпізнавальних ознак об'єкта – *канальний* напрям.

Канальний та ознаковий напрями поєднуються поняттям *семантичного* напряму. Він ураховує особливості змістових зв'язків між окремими складниками зображення об'єкта. Наприклад, якщо це зображення трубопроводу, то у нього повинні спостерігатися поділення на окремі секції, сліди розташування на місцевості. Якщо в ньому транспортується продукція, залишатиметься тепловий слід її пересування, відмінний від оточення.

Інструментальний напрям передбачає виявлення в зображенні об'єкта найменшої необхідної розпізнавальної ознаки, але такої, яка б забезпечувала його розпізнавання за заданою глибиною. Семантичний підхід ураховує комбінації розпізнавальних ознак, які в сукупності наводять до того самого результату. За ознакового підходу комбінуються розпізнавальні ознаки в зображенні від одного видового засобу, за канального – розпізнавальні ознаки від різних видових засобів (каналів).

Апаратне забезпечення виконання умови передбачає перебільшення можливостей видового засобу з дискретизації зображення над необхідним її рівнем із погляду дешифрування зображення об'єкта за заданою глибиною:

$$\Delta x_н, \Delta y_н, \Delta z_н, \Delta t_н, \Delta\lambda_н \geq \Delta x_м, \Delta y_м, \Delta z_м, \Delta t_м, \Delta\lambda_м. \quad (4)$$

Канальне забезпечення, тобто залучення двох і більше незалежних (у загальному випадку $L = m_{вим}$: $P \to P_L$) інформаційних каналів [6], дає змогу оцінювати ймовірність виконання завдання за співвідношенням:

$$P_L = 1 - \prod_{l=1}^{L} \left(1 - P_l\right), \quad (5)$$

де $P_l$ – імовірність виконання завдання під час отримання інформації про об'єкт тільки в $l$-тому каналі, $l = 1, 2, \ldots L$.

На рис. 1 наведено графік залежності ймовірності виконання завдання *PL (P1, L)* в координатах $P_1$, $L$ за умовами $P_1 \in (0\ldots0{,}6)$, $L \in (1\ldots5)$, $P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = 0{,}3$. В цьому випадку за $P_1 = 0{,}5$, $L = 3$ імовірність виконання завдання $P_L$ дорівнюватиме вже 0,755.

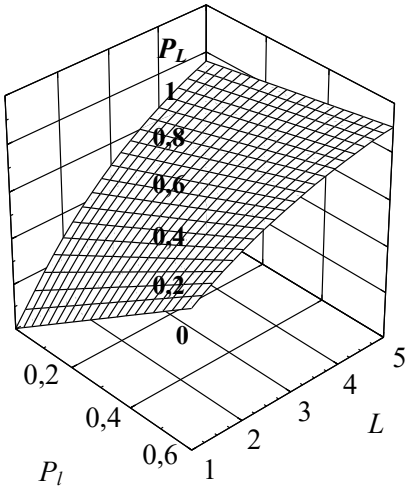



*Рис. 1. Залежність імовірності виконання завдання $P_L$ ($P_l$, L) від кількості інформаційних каналів*

Ознакове забезпечення, тобто використання додаткової незалежної ($G$+1)-ої розпізнавальної ознаки [7], передбачає прогнозування ймовірності виконання завдання $P_{G+1}$ за таким співвідношенням:

$$P_{G+1} = P_G - P_{до}P_G + P_{до} - P_G P_{до} + \\ + P_G P_{до} = P_G + P_{до} - P_G P_{до}, \quad (6)$$

де $P_G$ – імовірність виконання завдання під час отримання інформації про об'єкт за $G$ розпізнавальними ознаками;

$P_{до}$ – імовірність виявлення в зображенні ($G$+1)-ої розпізнавальної ознаки.

На рис. 2 наведено графік залежності ймовірності виконання завдання $P_{G+1}(P_G, P_{до})$ в координатах $P_G$, $P_{до}$ за умовами $P_G \in (0\ldots0{,}6)$, $P_{до} \in (0\ldots0{,}6)$. В цьому випадку за $P_G = 0{,}5$, $P_{до} = 0{,}6$ імовірність виконання завдання $P_{G+1}$ дорівнюватиме вже 0,8.

Необхідно ще раз підкреслити, що реалізація напряму $\Delta ВО_{меж} \to 0$ як у випадку семантичного, так і (чи) апаратного підходів до раціонального вирішення завдання зі спостереження об'єкта за допомогою видових засобів вимагає відпрацювання двох складників. По-перше, це розроблення бази даних демаскувальних ознак типових об'єктів, визначення межових апаратних можливостей із їхньої реєстрації, обґрунтування заданої глибини ідентифікації об'єкта за його зображенням.

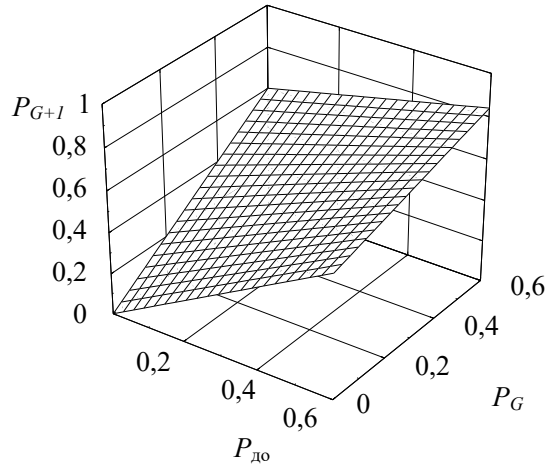



*Рис. 2. Залежність імовірності виконання завдання під час отримання інформації про об'єкт за (G+1) розпізнавальними ознаками PG+1(PG, $P_{до}$)*

Вирішення завдань першого складника є запорукою успішного впровадження завдань другого складника – організації навчання дешифрувальника досвіду розпізнавання зображень тих об'єктів, що є актуальними на поточний час. Важливо при цьому проводити навчання за зображеннями об'єктів, що отримані від тих видових засобів, які застосовуватимуться під час виконання завдання.

**Головні висновки.** Отже, можна виділити *семантичний* (завдяки залученню додаткових розпізнавальних ознак як у одному інформаційному каналі, так і під час їх збільшення) та *апаратний* (завдяки змінам у значеннях дискретизації відповідного інформативного параметра під час спостереження) підходи до підвищення можливостей визначення об'єкта за результатами його спостереження. У кожному конкретному випадку спостереження необхідно обрати найбільш раціональний підхід до виконання завдання з дотриманням нормативних вимог, а також оцінкою можливості та доцільності фізичної й апаратної реалізації. Використання результатів цього дослідження перспективне під час організації та проведення екологічного моніторингу видовим спостереженням об'єкта.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Реалізація семантичного та (чи) апаратного підходів до вирішення завдання з раціонального спостереження об'єкта вимагає розроблення бази даних демаскувальних ознак типових об'єктів, визначення межових апаратних можливостей із деталізації їхніх зображень, обґрунтування заданої глибини ідентифікації об'єкта за його зображенням.

**Література**


1. Багатоспектральні методи дистанційного зондування Землі в задачах природокористування / за ред. В.І. Лялько, М.А. Попова. Київ : Наукова думка, 2006. 357 с.
2. Боголюбов В.М., Клименко М.О. Моніторинг довкілля : підручник / за ред. В.М. Боголюбова, Т.А. Сафранова. Херсон : Грінь, 2016. 530 с.
3. Мацнєв А.І., Проценко С.Б., Саблій Л.А. Моніторинг та інженерні методи охорони довкілля. Рівне : Рівненська друкарня, 2017. 504 с.
4. Станкевич С.А., Козлова А.О. Особливості розрахунку індексу видового різноманіття за результатами статистичної класифікації аерокосмічних знімків. *Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского*. 2006. Т. 19 (58). С. 144–150.
5. Машков О.А., Васильев В.Э., Фролов В.Ф. Методы и технические средства экологического мониторинга. *Екологічні науки*. 2014. № 1 (5). С. 57–67.
6. Кохан С.С., Востоков А.Б. Дистанційне зондування Землі: теоретичні основи. Київ : Вища школа, 2009. 511 с.
7. Словник з дистанційного зондування Землі / за ред. В.І. Лялько, М.А. Попова. Київ : НАН України, 2003. 169 с.
8. Живичин Л.Н., Соколов В.С. Дешифрирование изображений. Москва : Недра, 1980. 253 с.
9. Костюченко Ю.В. та ін. Використання даних супутникових спостережень для оцінки регіональних гідролого-гідрогеологічних ризиків. *Космічна наука і технологія*. 2011. Т. 17. № 6. С. 19–29.
10. Лялько В.И., Сахацкий А.И., Ходоровский А.Я. Применение многозональных космических снимков для оценки экологического состояния лесов (на примере зоны отчуждения ЧАЭС). *Праці Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології управління екологічною безпекою, ресурсами та заходами у надзвичайних ситуаціях»*, Крим, с. Рибаче, 8–11 вересня 2002 р. : тези доп. Київ : НАУ «ХАІ», 2002. С. 75–77.

**УДК 628.1.033**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-17**

# НАУКОВО-МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ АНАЛІЗУ БЕЗПЕКИ ПИТНОЇ ВОДИ

**Туровська Г.І.**
Національний університет водного господарства
та природокористування
вул. Соборна, 11, 33000, м. Рівне
nonna_yan@ukr.net

Узагальнено наукові підходи до аналізу безпеки питного водопостачання, яка включає систему взаємозалежних складників, що забезпечують необхідну безпеку життєдіяльності людини через управління небезпеками, які є наслідком функціонування природних об'єктів, що перебувають під впливом антропогенних чинників. При цьому першочерговою була науково обґрунтована оцінка якості питної води. Для проведення дослідження було використано сучасні науково обґрунтовані методи як на теоретичному, так і на емпіричному рівнях, що є найсуттєвішою умовою для отримання нових знань. Основними методами дослідження були такі: емпірико-теоретичний, бібліометричний аналіз наукової інформації, контент-моніторинг. Використання як критерію впливу хімічного складу питної води на здоров'я населення дало змогу по-новому підійти до гігієнічної оцінки її якості та виявити особливості впливу хімічного складу питної води на здоров'я людини. Результати дослідження базувалися на сучасних підходах до аналізу та оцінки якості питної води та впливу її на здоров'я людини як основи для подальшого розроблення нових та удосконалення наявних заходів для покращання водозабезпечення населення, які мають враховувати як природні особливості якості води, так і наявні екологічні проблеми місцевості, а також санітарно-технічний стан об'єктів водопостачання. Реальна оптимізація якості води можлива лише за комплексного виконання таких завдань: забезпечення санітарно-епідеміологічної безпеки води; еколого-гігієнічного обґрунтування нових рішень щодо забезпечення безпеки та нешкідливості води; моніторингу ефективності заходів, що проводяться. Запропоновані заходи забезпечать відновлення та розвиток водопостачальних підприємств, що позитивно вплине на якість питної води, яка подається населенню, і стане запорукою збереження здоров'я людини та продовження її життя. *Ключові слова:* безпека, питна вода, якість води, питне водопостачання, шкідливі речовини, хімічні елементи, здоров'я людини.

**Scientific and methodological aspects of drinking water safety analysis. Turovska H.** It is summarized scientific approaches to the analysis of drinking water safety which includes a system of interdependent components that provide the necessary safety of human life through the management of hazards that result from the functioning of natural objects that are influenced by anthropogenic factors. At the same time, the first priority was the scientifically substantiated assessment of drinking water quality. In the process of research modern scientific methods were used at both theoretical and empirical levels. This is the most essential condition for obtaining new knowledge. The main methods of research were empirical and theoretical, bibliometric analysis of scientific information, content and monitoring. It was used a criterion of the impact of the chemical composition of drinking water on the health of the population. This allowed a new approach to the hygienic assessment of its quality and identified the specific effects of the chemical composition of drinking water on human health. The results of the study were based on recent approaches to the analysis and evaluation of drinking water quality and its impact on human health. As a background for further development of new and improvement of existing measures for growing the water supply of the population, which should take into account both natural features of water quality, and existing environmental problems and the sanitary condition of the water supply facilities as well. Optimization of water quality is possible only in the case of complex fulfillment of the following tasks: ensuring sanitary and epidemiological safety of water; ecological and hygienic improvement of new solutions for water safety; monitoring the effectiveness of these activities. These measures will provide the restoration and development of water supply companies. This will have a positive impact on the quality of drinking water supplied to the population and guarantee the preservation of human health and the continuation of its life. *Key words:* safety, drinking water, quality of water, drinking water supply, harmful substances, chemical elements, human health.

**Постановка проблеми.** Нині склалася ситуація, що більша частина населення України споживає неякісну питну воду, яка може бути високої жорсткості та мінералізації або мати підвищені концентрації заліза, марганцю, азотовмісних сполук. Усе це здійснює негативний вплив на здоров'я людини та її життя.

Незадовільна ситуація із забезпеченням населення України якісною питною водою продовжує загострюватися. Завдання «забезпечення безпечності питної води» віднесено Всесвітньою організацією охорони здоров'я до важливих проблем, які потребують негайного вирішення в найближчі роки.

**Актуальність дослідження.** Для України питання якості питної води є вкрай актуальним і надзвичайно гострим. Високий рівень техногенного навантаження на водойми та застарілі технології водопідготовки не дають змоги забезпечити населення водою гарантованої якості, що в результаті може бути потенційним джерелом надходження до організму людини шкідливих хімічних речовин, яким властива загальнотоксична, мутагенна, канцерогенна та інші дії. Систематичне вживання води, що містить шкідливі речовини, в кількостях, які перевищують допустимі межі, або корисні хімічні елементи в кількостях, нижчих за фізіологічні норми, прихво-

дить до певних фізіологічних змін і формування патологічних станів. Тому виявлення та усунення несприятливого впливу хімічного складу питної води на організм є важливим чинником збереження здоров'я населення.

**Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями.** Забезпечення прав громадян на достатній життєвий рівень та екологічну безпеку шляхом надання населенню якісної питної води в необхідних обсягах, яка відповідатиме санітарно-гігієнічним і епідеміологічним вимогам, нині є актуальною проблемою, на розв'язання якої спрямована Загальнодержавна цільова програма «Питна вода України» на 2006–2020 роки [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Велика увага як в Україні, так і за кордоном зосереджена на питаннях якості питної води. Негативний вплив на здоров'я населення речовин, які забруднюють воду, знайшов своє підтвердження в результатах значної кількості експериментальних та епідеміологічних досліджень. Вагомими для вирішення проблем питного водопостачання є дослідження таких учених, як А.К. Запольський, В.Й. Мельник, А.М. Тугай, А.В. Яцик, М.А. Сафонов, В.О. Орлов та інші. Інтерес до вивчення проблеми впливу хімічного складу питних вод на здоров'я населення охоплює сьогодні увесь світ, що простежується у працях як вітчизняних (Р.Д. Габовича, М.І. Омельянця, В.О. Прокопова та інших), так і зарубіжних (Ю.А. Рахманінова, Л.І. Ельпінера, І.С. Кандрора, Ф. Донато, С. Монарка та інших) учених. Своїми доробками вони запропонували нові науково-методологічні підходи до оцінки впливу водного чинника на здоров'я людини. Однак є суперечності в результатах їхніх досліджень.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Відкритим залишається питання щодо забезпечення населення якісною питною водою за умов, коли природні джерела зазнали великого впливу антропогенного характеру, що й визначило спрямованість дослідження.

Мета дослідження полягає в узагальненні наукових підходів до аналізу та гігієнічної оцінки якості питної води та впливу її на здоров'я людини як основи для подальшого розроблення нових і вдосконалення наявних заходів для покращання водозабезпечення населення.

Для проведення дослідження було використано сучасні науково обґрунтовані методи як на теоретичному, так і на емпіричному рівнях, а саме: емпірико-теоретичний, бібліометричний аналіз наукової інформації, контент-моніторинг.

**Наукова новизна** одержаних результатів полягає у використанні як критерію впливу хімічного складу питної води на здоров'я населення, що дало змогу по-новому підійти до гігієнічної оцінки її якості та виявити особливості впливу хімічного складу питної води на здоров'я людини. Науково обґрунтовано доцільність застосування ефективних заходів безпеки системи питного водопостачання, що позитивно вплине на якість питної води, яка подається населенню, та продовжить життя людини.

**Виклад основного матеріалу.** Як відомо, для повноцінного існування людини необхідне правильне харчування, активний спосіб життя, належні умови проживання тощо, тобто все те, що визначатиме якість нашого життя. При цьому головним чинником для здоров'я людини є якість води, яку вона споживає. В організмі людини вона відіграє надзвичайно велику роль, без неї неможливі процеси життєдіяльності та власне життя людини. Це – необхідний елемент нашого організму як із фізіологічного, так і з гігієнічного поглядів. Але є інша сторона – питна вода може відігравати провідну роль у поширенні багатьох інфекцій. Це пов'язано з погіршенням стану джерел питного водопостачання внаслідок мікробного, хімічного та радіонуклідного забруднення [2].

За твердженням експертів Всесвітньої організації охорони здоров'я, близько 70–80 % усіх захворювань, які має людина, пов'язані зі споживанням неякісної води. До речі, протягом останнього 10-ліття в нашій країні офіційно зареєстровано 61 спалах гострих кишкових інфекцій, пов'язаних із водним чинником передачі збудника [3]. Тому безпечності питної води належить важливе місце.

Не другорядним сьогодні є споживання води в достатній кількості і відповідної якості. Питна вода повинна бути безпечна в епідеміологічному і радіаційному відношеннях, нешкідлива за хімічним складом і мати сприятливі органолептичні властивості. При цьому вміст домішок у воді, а також мікробіологічні показники не повинні перевищувати чинні санітарні норми. Це є дуже важливим, адже постійне споживання недоброякісної води вкорочує життя людини, як відомо, на 5–10 років. Учені переконують, що людина повинна жити 120–130 років. Це саме той відрізок часу, який закладений у генетичну програму клітини кожного з нас. Українці в середньому живуть 71,76 р. (66,69 р. чоловіки, 76,72 р. жінки) [4], а так зване «здорове життя» становить ще менше – лише 55 років. Основною причиною такої короткої тривалості життя, попри екологію, негативні звички, стреси, є недостатня якість питної води.

Відомо, що під час вживання питної води людина отримує від 8 до 25% добової потреби хімічних речовин [5]. Аналіз досліджень учених свідчить, що між хімічним складом води та рівнем захворюваності населення є тісний зв'язок [5–7]. Це свідчить про те, що питна вода може бути «збагачена» різними хімічними елементами та домішками, які можуть нести загрозу для здоров'я людини та бути причиною порушень життєдіяльності організму загалом.

Найбільшим ризиком, пов'язаним зі станом здоров'я населення, під час споживання питної води є, як свідчать дослідження [8], підвищений вміст заліза, йоду, нітратів, фтору та магнію. Саме ці показники визначають відповідність хімічного складу питної води біологічним потребам організму людини і також є показниками фізіологічної повноцінності питної води.

Питна вода є не тільки одним із важливих ресурсів мінералів, необхідних для нормального функціонування людського організму, а й потенційним джерелом надходження різних токсинів. Численні дослідження вказують на те, що населення страждає як від надлишку хімічних елементів в організмі, так і від їх дефіциту. Тому виявлення та усунення несприятливого впливу хімічного складу питної води на організм людини є важливим чинником збереження її здоров'я. Якісна вода, яка відповідає санітарно-гігієнічним і епідеміологічним вимогам, є однією з основних умов збереження здоров'я людини та продовження її життя. Тому під час розроблення комплексу заходів, спрямованих на запобігання несприятливим змінам у стані здоров'я людини, пов'язаним із водним чинником, важливе місце посідатиме також гігієнічно обґрунтоване водопостачання [6].

Сьогодні основним науковим напрямом під час вирішення водогосподарських проблем є пошук рівноваги між захистом природних водних екосистем, використанням їхніх ресурсів у різних галузях господарювання та здоров'ям населення. При цьому безпека питного водопостачання є одним із основних складників поставлених завдань, для вирішення яких необхідне використання сучасних підходів до оцінки якості джерел питного водопостачання [9; 10].

Як стверджують наукові дослідження [11–14], якість практично всіх поверхневих, ґрунтових і частково підземних вод не відповідає чинним санітарним нормам внаслідок забруднення їх промисловими, побутовими, сільськогосподарськими стоками та потрапляння значної кількості токсичних і канцерогенних хімічних речовин. Як наслідок, якість води більшості природних джерел за станом забруднення класифікується як забруднена і брудна [15], що створює серйозну проблему отримання якісної питної води для населення.

Наявні водопровідні очисні споруди сьогодні не можуть забезпечити відповідні нормативні показники якості та необхідний санітарний захист населення. Причина полягає в тому, що вони розраховані на відносно чисті джерела водопостачання та менш жорсткі вимоги до якості очищеної води [16; 17].

Низька якість вихідної води, насамперед поверхневих водойм, потребує від підприємств питного водопостачання рішень щодо застосування нових або вдосконалення технологічних схем і споруд, які б забезпечували належний рівень очищення природної води для подальшого споживання. Адже технічна база системи централізованого питного водопостачання є застарілою, процес заміни відбувається надто повільно. Відповідно, наявні технології, реагенти і матеріали не здатні перешкоджати потраплянню в питну воду речовин, дія яких на організм людини може негативно вплинути на її здоров'я [2, с. 15]. Тому і продовжує мати місце високий відсоток проб питної води з централізованих систем водопостачання, що не відповідають вимогам Держстандарту: за каламутністю (30–50%), кольоровістю (40–65%), окисленістю (до 40%), марганцем (20–40%) [18; 19].

Особливо обтяжливим, як зазначають фахівці, є забезпечення необхідної якості питної води у споживачів, яким очищена вода подається на значну відстань. У результаті відбувається її повторне забруднення [17].

Єдиним шляхом для вирішення такої актуальної проблеми залишається проведення заходів, які мають враховувати як природні особливості якості води, так і наявні екологічні проблеми місцевості, а також санітарно-технічний стан об'єктів водопостачання. Це в кінцевому результаті дасть можливість зберегти здоров'я, покращити умови діяльності та підвищити рівень життя населення.

Актуальним нині є запровадження планів із безпеки питної води в межах стратегії ООН на 2017–2020 роки «Глобальний аналіз та оцінка санітарії та питної води» (GLAAS) [20]. Але вони будуть чогось варті, якщо їх розроблення буде базуватися на максимально об'єктивній оцінці стану системи водопостачання. Недооцінка проблемних зон системи водопостачання, як свідчать факти, здатна призвести до катастрофічних наслідків.

Проблема забезпечення населення якісною питною водою є комплексною. Отже, забезпечення її вирішення повинно охоплювати низку заходів різноспрямованого характеру. До основних заходів можна віднести такі:

– адаптація водного законодавства до законодавства ЄС;

– розроблення цільових природоохоронних програм;

– проведення заходів зі зменшення наслідків техногенного впливу на джерело водопостачання;

– ведення постійного моніторингу якості води джерела питного водопостачання: чим більше є визначуваних параметрів і достовірнішими є контроль, тим вищою є гарантія якості питної води;

– покращання стану зон санітарної охорони джерела питного водопостачання;

– створення умов для відновлення водних об'єктів;

– здійснення організаційно-технічних заходів щодо інтенсифікації наявних методів очищення;

– впровадження нових високоефективних технологій підготовки питної води та її знезараження;

– підвищення вимог до якості питної води шляхом доведення вмісту забруднюючих речовин до величин, значно нижчих за встановлені норми ГДК;

– забезпечення потрібної якості води у споживачів у системах водопостачання з метою запобігання повторному її забрудненню.

**Головні висновки.**

1. Узагальнення наукових підходів до аналізу безпеки питної води дало змогу по-новому підійти до гігієнічної оцінки її якості.

2. Першочерговим для питного водопостачання повинна стати сучасна науково обґрунтована оцінка якості питної води.

3. Оцінка якості питної води та впливу її на здоров'я людини показує, що за останні роки проблема питного водозабезпечення посіла одне з провідних місць.

4. Дослідженнями встановлено, що для запобігання несприятливим змінам у стані здоров'я людини, пов'язаним із водним чинником, важливе місце посідатиме гігієнічно обґрунтоване водопостачання.

5. Реальна оптимізація якості води можлива лише за комплексного виконання таких завдань:

– забезпечення санітарно-епідеміологічної безпеки води;

– еколого-гігієнічного обґрунтування нових рішень щодо забезпечення безпеки та нешкідливості води;

– моніторингу ефективності заходів, що проводяться.

6. Запропоновані заходи зможуть забезпечити покращання роботи водопостачальних підприємств і підвищити якість питної води, що подається населенню, і, відповідно, сприяти збереженню здоров'я людини та продовженню її життя.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Отримані результати дослідження не вичерпують усіх аспектів досліджуваної проблеми. Тому багато питань все ж таки ще потребуватиме подальшого дослідження та практичного застосування. Результати можуть бути використані під час розроблення рекомендацій щодо перспективних напрямів удосконалення та застосування нових «альтернативних» методів і способів для покращання якості води, що допоможе вирішити завдання забезпечення населення водою, безпечною для здоров'я.

**Література**


1. Про Загальнодержавну програму «Питна вода України» на 2006–2020 роки : Закон України від 3 березня 2015 р. № 2455-IV / Верховна Рада України. *Відомості Верховної Ради України.* 2005. № 15. Ст. 243.
2. Turovska H., Bohdanenko A., Turovska A. Drinking water safeti – one of the main components of ecological safety of the population of Ukraine. *Екологічні науки*. 2017. № 16–17. С. 24–28.
3. Зоріна О.В. Гігієнічна оцінка якості водопровідних питних вод за санітарно-хімічними показниками у маловодних регіонах України. *Scientific Journal "ScienceRise:Biological Science"*. 2018. № 3 (12). С. 33–39.
4. Демографічна ситуація. *Статистичні матеріали Державної служби статистики України.* URL: http://www.ukrstat.gov.ua (дата звернення: 01.10.2019).
5. Андрусишина І.М. Вплив мінерального складу питної води на стан здоров'я населення. *Вода і водоочисні технології*. 2015. № 1 (16). С. 22–31.
6. Шестопалов В.М., Набока М.В., Омельчук С.А., Почекайлова Л.П. Безпечність питної води в Европейському і Українському водному законодавстві. *Довкілля та здоров'я*. 2008. № 4 (47). С. 18–25.
7. Оберлис Д., Харланд Б., Скальный А. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных. Санкт-Петербург : Наука, 2008. С. 544.
8. Паньків Р.П., Кость М.В., Сахнюк І.І., Майкут О.М., Мандзя О.Б., Навроцька І.П., Козак Р.П. Геохімічні особливості ґрунтових вод в межах території Львівського прогину. *Вода і водоочисні технології.* 2016. № 1 (18). С. 23–30.
9. Езловецкая И.С., Лавренчук И.Н. Оценка качества воды Днепра и Десны в местах крупных питьевых водозаборов. *Вода і водоочисні технології.* 2014. № 1 (14). С. 19–27.
10. Directive 2000/60/EC of the European Parlament and the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Commute action in the field of water policy. *Official Journal of the European Communities*. 22.12.2000. EN. L. 327/1.
11. Зоріна О.В. Гігієнічна оцінка якості водопровідних питних вод за санітарно-хімічними показниками у маловодних регіонах України. *Scientific Journal "ScienceRise:Biological Science"*. 2018. № 3 (12). С. 33–39.
12. Лопатин С.А., Нарыков В.И., Раевский К.К. Современные проблемы водоснабжения мегаполисов. *Гигиена и санитария*. 2005. № 4. С. 20–25.
13. Gil F., Hernandes A.F., Marquez C., Femia P., Olmedo P., Lopez-Guarnido O., Pla A. Biomonitorization of cadmium, chromium, magnese, nickel and lead in whole blood, urine, axillary hair and saliva in an occupationally exposed popylation. *Science of the Total Enviroment*. 2011. V. 409. P. 1172–1180.
14. Mickeley N., De Carvalho Fortes L.M., Porto da Silveira C.l., Lima M.B. Elemental anomalies in hair as indicators of endocrinologic pathologies and deficiencies in calcium and bone metabolism. *J. of Trace Elements in Med. and Biol*. 2001. Vol. 15. Iss. 1. P. 46–55.
15. Екологічна ситуація та стан питних вод України : Всеукраїнська екологічна ліга. URL: http://www.ecoleague.net/diialnist/vydannia-vel/ekolohichni-karty/ekolohichna-sytuatsiia-ta-stan-pytnykh-vod-ukrainy (дата звернення: 25.09.2019).
16. Гончарук В.В. Наука о воде. Київ : Наукова думка, 2010. 511 с.
17. Романюк О.М. Забезпечення споживачів питною водою в умовах значного зниження водоспоживання. *Водопостачання і водовідведення*. 2016. № 4. С. 43–47.
18. Офіційний сайт WaterNet. URL: http://waternet.ua/uk/news/newsletter/448 (дата звернення: 01.10.2019).
19. Офіційний сайт Національного Інституту стратегічних досліджень. URL: http://www.niss.gov.ua (дата звернення: 09.02.2019).
20. UN-Water Global Analysis and Assessment of Sanitation and Drinking-Water (GLAAS). Strategy 2017–2020. World Health Organization, 2017. 2 p.

**УДК 504.4.054**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-18**

# МАТЕМАТИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКОЛОГІЧНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

**Шахман І.О.[1], Бистрянцева А.М.[2]**
[1]ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»
вул. Стрітенська, 23, 73000, м. Херсон
shakhman.i.a@gmail.com;
[2]Херсонський державний університет
вул. Університетська, 27, 73000, м. Херсон
anbys@ukr.net

Наукове дослідження екологічної спрямованості, як правило, наголошує на складному характері взаємодії компонентів екосистем, що зумовлює під час їх вивчення необхідність системного підходу. Встановлення значущості, вагомості, унікальності, оригінальності науково-дослідної роботи неможливе без оцінки достовірності отриманих результатів, яку, на жаль, не завжди науковці демонструють у своїх публікаціях. Виникає необхідність забезпечення гармонійного балансу між теоретичною глибиною, методологічною повнотою і строгою ретельністю обробки інформації та оцінки результатів наукового дослідження за допомогою використання математичного апарату. Виконана оцінка демонстрації використання науковцями в публікаціях науково-практичного журналу «Екологічні науки» математичних методів. Виділено шість груп використання математичних методів: найпростіші статистичні методи; лінійна та поліноміальна регресія; багатомірні методи; інтегральне числення; диференційні рівняння; графи. Публікації, в яких продемонстровано використання математичних методів, займають третину від загальної кількості. Зрозуміло, що такі рубрики, як «Система екологічної освіти для сталого розвитку», «Екологічні питання в контексті євроінтеграції України», будуть мати мінімальну кількість публікацій із математичною оцінкою або взагалі жодної. У публікаціях рубрики «Екологія та економіка природокористування» переважно використано I групу методів. Авторам рубрик «Екологія природних ресурсів» і «Зміна клімату» було запропоновано використання математичного апарату (II–V групи). Акцентовано увагу для дослідників екологічної спрямованості на необхідності використання математичних методів аналізу, обробки і оцінки екологічної інформації. *Ключові слова:* математичний апарат, оцінка результатів, екологічні дослідження, публікації.

**Mathematical approach to the assessing of ecological research results. Shakhman I., Bystriantseva A.** A scientific study of the environmental focus, as a rule, notes the complex nature of the interaction of ecosystem components, this necessitates a systematic approach to their study. Establishing the significance, weight, uniqueness, originality of a research work is impossible without assessing the reliability of the results, which, unfortunately, scientists do not always demonstrate in their publications. There is a need to ensure a harmonious balance between theoretical depth, methodological completeness, strict thoroughness of information processing and evaluation of the results of scientific research using the mathematical apparatus. The analysis of the demonstration of the use of mathematical methods by scientists in the publications of the scientific and practical journal "Ecological Sciences" is carried out. Six groups of using mathematical methods are distinguished: the simplest statistical methods; linear and polynomial regression; multidimensional methods; integral calculus; differential equations; graphs. Publications that demonstrate the use of mathematical methods, occupy one third of the total. It is clear that such sections as "Environmental Education System for Sustainable Development", "Environmental Issues in the Context of Ukraine's European Integration" will have a minimum number of publications with a mathematical assessment, or none at all. In publications of the rubric "Ecology and Environmental Management", I group of methods was mainly used. The authors of the sections "Ecology of Natural Resources" and "Climate Change" were proposed to use the mathematical apparatus (II – V groups). The attention of environmental researchers is focused on the need to use mathematical methods of analysis, processing and assessment of environmental information. *Key words:* mathematical apparatus, evaluation of results, environmental studies, publications.

**Постановка проблеми.** Наукове дослідження екологічної спрямованості, як правило, наголошує на складному характері взаємодії компонентів екосистем, що зумовлює під час їх вивчення необхідність системного підходу, який включає широкий інструментарій точних наук (математичні методи, інформаційні технології тощо). Але автори не завжди демонструють системний підхід під час вивчення і вирішення проблеми та/або під час викладення результатів наукових досліджень у публікаціях, що ускладнює або унеможливлює проведення об'єктивного аналізу результатів роботи. Тому виникає необхідність популяризації використання функціонального опису екологічних систем, використання методів математичної обробки, моделювання та оцінки результатів дослідження.

**Актуальність дослідження.** Оцінка результатів науково-дослідних робіт у межах фундаментальних і прикладних досліджень передбачає визначення та систематизацію інструментарію об'єктивного оцінювання результатів наукової діяльності, узагальнення наукової і практичної (соціальної, економічної, екологічної) цінності виконаних наукових досліджень [1]. Встановлення значущості, вагомості, унікальності, оригінальності науково-дослідної роботи неможливе без оцінки достовірності отриманих результатів, яку, на жаль, не завжди науковці демонструють у своїх публікаціях. Тому виникає

необхідність забезпечення гармонійного балансу між теоретичною глибиною, методологічною повнотою і строгою ретельністю обробки інформації та оцінки результатів наукового дослідження за допомогою використання апарату математичного моделювання, багатомірного статичного аналізу, дослідження операцій, розпізнавання образів тощо [2].

**Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями.** Усвідомлюючи складність і масштабність цілей у сфері охорони довкілля, науковці заявляють, що відповідь людства на глобальні загрози природного і техногенного характеру поки не відповідає темпу збільшення екологічних проблем. Ключовим фактором ефективності механізмів розв'язання екологічних проблем є формування у фахівців-екологів не тільки системи екологічних знань, вмінь і навичок, а й належного підґрунтя – природничих і математичних знань щодо побудови та використання математичних моделей для опису і прогнозування екологічних явищ і процесів, застосування математичного апарату для вирішення теоретичних і прикладних завдань. Підходи до організації екологічної освіти закладено в Концепції екологічної освіти в Україні (2001), Стандартах вищої освіти (2018) [3; 4].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Теоретичні та методологічні аспекти математичного обґрунтування та розв'язання складних спеціалізованих завдань і вирішення практичних проблем у сфері екології були закладені такими видатними вченими, як В.І. Вернадський, А.М. Колмогоров, О.Л. Чижевський, О.О. Любищев, В.В. Налімов та інші [5].

Професор В.І. Лаврик у своїх роботах систематично демонструє можливості застосування математичного та імітаційного моделювання під час дослідження та прогнозування стану екосистем в умовах антропогенного впливу. Вчений у багатьох наукових працях розглядає як найпростіші математичні моделі, що будуються за допомогою основних елементарних функцій, так і більш складні моделі, побудовані на основі апарату теорії диференціальних рівнянь [6].

Прикладом практичного використання математичних методів обробки екологічної інформації є досвід співпраці доцентів ДВНЗ «ХДАУ» та ХДУ в напрямі вирішення питань оцінки екологічного стану водних екосистем рідного краю [7–9]. Науковці демонструють практичне використання апарату теорії ймовірності (розподіл «хі-квадрат») та математичної статистики для визначення екологічної надійності річок та оцінки здатності водних екосистем до саморегуляції і самовідновлення [8; 9]. Фахівцями були використані математичні та імітаційні моделі формування якості води у водних об'єктах, які враховують взаємодію основних факторів і процесів, що впливають на динаміку показників якості води, зокрема показників гідрохімічного режиму (концентрації чи іншого інгредієнта) [8–10].

С.П. Цецик і А.Д. Кузик [11; 12] досліджували роль математичної підготовки екологів і математичної компетентності фахівців природоохоронного напряму та наголошували на формуванні у майбутніх спеціалістів не тільки системи екологічних знань, вмінь і навичок, а й належного підґрунтя – природничих і математичних знань.

Нами також неодноразово акцентувалась увага на необхідності розширення математичного складника під час формування компетентності фахівців-екологів, що сприятиме перетворенню системи моніторингу довкілля та управління його складниками на сучасну інформаційну систему, пріоритетами якої є захист життєво важливих екологічних інтересів населення, відтворення і збереження природних екосистем, запобігання кризовим змінам стану навколишнього середовища, запобігання надзвичайним ситуаціям [13; 14].

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Виконано оцінку стану «кількісної» екології, представленої науковцями у своїх публікаціях, у науково-практичному журналі «Екологічні науки» за роки існування журналу.

**Новизна.** Проаналізовано демонстрацію науковцями використання у своїх публікаціях у журналі «Екологічні науки» математичних методів.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Акцентовано увагу для дослідників екологічної спрямованості на необхідності використання математичних методів аналізу, обробки і оцінки екологічної інформації.

**Виклад основного матеріалу.** Дослідження в галузі біології та екології довгі роки обмежувалося якісним описом об'єктів і процесів, кількісні ж оцінки їхніх характеристик зводилися лише до констатації «збільшення» або «зменшення» середніх значень окремих ознак [2]. Для нас було цікавим оцінити стан «кількісної» екології, представленої науковцями у своїх публікаціях, в науково-практичному журналі «Екологічні науки». Матеріалом для аналізу слугували статті журналу за період 2012–2019 років, де підраховувалися індивідуальні і спільні частоти використання в цих публікаціях математичних методів аналізу, обробки та оцінки екологічної інформації.

Нами було проаналізовано 508 статей (24 випуски). Результати аналізу, який ґрунтується на формальних наукометричних методах, за роками та тематичними рубриками журналу наведено в таблицях 1, 2.

Аналіз публікацій дав змогу виділити шість груп (напрямів) використання математичних методів [15]: I – найпростіші статистичні методи; II – лінійна та поліноміальна регресія; III – багатомірні методи; IV – інтегральне числення; V – диференційні рівняння; VI – графи (табл. 3).

I група містить найпростіші статистичні методи, які використовуються для аналізу даних, а саме: ста-

Таблиця 1

**Оцінка частоти використання математичних методів у публікаціях журналу «Екологічні науки» за 2012–2019 рр. (за роками)**

| Рік | Всього | Публікації з демонстрацією використання математичних методів | |
|---|---|---|---|
| | | кількість | % |
| 2012 | 38 | 7 | 18,4 |
| 2013 | 34 | 6 | 17,6 |
| 2014 | 35 | 7 | 20,0 |
| 2015 | 93 | 31 | 33,3 |
| 2016 | 44 | 17 | 38,6 |
| 2017 | 40 | 15 | 37,5 |
| 2018 | 161 | 67 | 41,6 |
| 2019 | 63 | 18 | 28,6 |
| Всього | 508 | 168 | 33,1 |

Таблиця 2

**Оцінка частоти використання математичних методів у публікаціях журналу «Екологічні науки» за 2012–2019 рр. (за рубриками)**

| Рубрики журналу | Загальна кількість публікацій | Публікації з демонстрацією використання математичних методів | |
|---|---|---|---|
| | | кількість | % |
| Теоретична екологія | 40 | 16 | 40,0 |
| Загальні проблеми екологічної безпеки та Біологічна безпека | 109 | 49 | 45,0 |
| Екологічні питання в контексті євроінтеграції України | 7 | 2 | 28,6 |
| Екологія та економіка природокористування | 50 | 15 | 30,0 |
| Екологія природних ресурсів і Зміна клімату | 38 | 19 | 50 |
| Проблеми еколого-збалансованого розвитку | 31 | 8 | 25,8 |
| Екологія і виробництво | 86 | 31 | 36,0 |
| Розвиток природно-заповідного фонду та Збереження біорізноманіття | 51 | 8 | 15,7 |
| Інноваційні аспекти підвищення рівня екологічної безпеки | 29 | 8 | 27,6 |
| Система екологічної освіти для сталого розвитку | 14 | 0 | 0 |
| Наукове життя та Сторінка молодого вченого | 53 | 12 | 22,6 |
| Всього | 508 | 168 | 33,1 |

Таблиця 3

**Оцінка використання груп математичних методів у публікаціях журналу «Екологічні науки» за 2012–2019 рр. (за рубриками)**

| Рубрики журналу | Кількість публікацій із демонстрацією використання математичних методів | Публікації з демонстрацією використання математичних методів за групами методів, % | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | I | II | III | IV | V | VI |
| 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| Теоретична екологія | 16 | 68,8 | 12,5 | 25 | 6,2 | 18,8 | 6,2 |
| Загальні проблеми екологічної безпеки та Біологічна безпека | 49 | 71,4 | 14,3 | 10,2 | 2 | 4,1 | 0 |
| Екологічні питання в контексті євроінтеграції України | 2 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Екологія та економіка природокористування | 15 | 73,3 | 20 | 6,7 | 0 | 6,7 | 0 |
| Екологія природних ресурсів і Зміна клімату | 19 | 94,7 | 5,3 | 0 | 0 | 10,5 | 0 |

Закінчення таблиці 3

| 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Проблеми еколого-збалансованого розвитку | 8 | 37,5 | 0 | 12,5 | 0 | 62,5 | 12,5 |
| Екологія і виробництво | 31 | 77,4 | 29 | 12,9 | 3,2 | 16,1 | 0 |
| Розвиток природно-заповідного фонду та Збереження біорізноманіття | 8 | 62,5 | 12,5 | 25 | 0 | 0 | 0 |
| Інноваційні аспекти підвищення рівня екологічної безпеки | 8 | 37,5 | 12,5 | 50 | 0 | 12,5 | 25 |
| Система екологічної освіти для сталого розвитку | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Наукове життя та Сторінка молодого вченого | 12 | 75 | 16,7 | 0 | 0 | 16,7 | 0 |

тистичне спостереження, зведення та групування отриманих матеріалів, абсолютні та відносні статистичні величини, варіаційні ряди. У групі II зібрано публікації, що містять, окрім методів I групи, елементи регресійного аналізу. Розв'язуються завдання про знаходження форми зв'язку, встановлення ступеня впливу незалежних показників на залежний, визначаються розрахункові значення залежного показника. III група включає багатофакторні методи, зокрема множинну регресію та багатофакторний дисперсійний аналіз. У групі IV представлено математичний апарат, який включає елементи інтегрального числення. Застосовано обчислення визначеного інтегралу, кратних інтегралів і інтегралів по контуру. Під час розв'язування диференціальних рівнянь, що становлять V групу, розв'язок отримується також шляхом застосування методів інтегрального числення, а саме – інтегруванням вихідного рівняння. У цій групі зібрано переважно звичайні диференціальні рівняння з відокремлюваними змінними, диференціальні рівняння в частинних похідних першого та другого порядків. Методи групи VI використано для візуалізації сенсорної мережі, її діагностики під час застосування їх у галузі екологічного моніторингу, а також для створення схеми екологічної системи міста.

**Головні висновки.** Публікації, в яких продемонстровано використання математичних методів, займають третину (33,1%) від загальної кількості, що спонукає до необхідності звернути на це увагу науковців. Зрозуміло, що такі рубрики, як «Система екологічної освіти для сталого розвитку», «Екологічні питання в контексті євроінтеграції України», будуть мати мінімальну кількість публікацій із математичною оцінкою або взагалі жодної. У публікаціях рубрики «Екологія та економіка природокористування» переважно використано I групу методів (73,3%), тоді як авторам рубрик «Екологія природних ресурсів» і «Зміна клімату» було б не просто цікавим, а вкрай необхідним використання математичного апарату (II–V групи) для побудови динамічних моделей, якими і став сьогодні екологічний світ.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Результати наукових досліджень, викладені у статті, можуть слугувати активізації у науковців прагнення до вивчення складного довкілля і отримання достовірних результатів за допомогою одного з найважливіших методів пізнання, який використовує математичний апарат (взаємозв'язок явищ і факторів, що досліджується, передається у формі конкретних математичних рівнянь), для вирішення питань, пов'язаних із раціональним використанням природних ресурсів і забезпеченням охорони навколишнього середовища сьогодення та прогнозування його майбутнього стану.

## Література


1. Одотюк І.В. Оцінка результатів наукової діяльності в Україні: нормативно-правовий аспект. *Проблеми інноваційно-інвестиційного розвитку.* 2012. № 3. С. 38–42.
2. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. Тольятти : ИЭВБ РАН, 2003. 463 с.
3. Про концепцію екологічної освіти в Україні. № 13/6-19 20.12.2001. *База даних «Законодавство України».* URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v6-19290-01 (дата звернення: 12.08.2019).
4. Стандарт вищої освіти за спеціальністю 101 «Екологія» галузі знань 10 «Природничі науки» для другого (магістерського) рівня вищої освіти : затв. Наказом Міністерства освіти і науки України від 4 жовтня 2018 р. № 1066. 15 с.
5. Боголюбов Л.Н. Человек и общество. Обществознание. Москва : Просвещение, 2002. 270 с.
6. Лаврик В.І. Методи математичного моделювання в екології. Київ : Видавничий дім «КМ Академія», 2002. 203 с.
7. Бистрянцева А.М., Шахман І.О. Розподіл «хи-квадрат» та його застосування для визначення екологічної надійності річок. *Актуальные научные исследования в современном мире.* 2017. Вып. 9(29). Ч. 1. С. 103–105.
8. Shakhman I.A., Bystriantseva A.N. Assessment of Ecological State and Ecological Reliability of the Lower Section of the Ingulets River. *Hydrobiological Journal. USA*. 2017. Vol. 53. Issue 5. P. 103–109.

9. Шахман І.О., Бистрянцева А.М., Пічура В.І. Математичне моделювання гідроекологічних процесів та чисельні розрахунки гідрохімічного режиму Нижнього Дніпра. *Таврійський науковий вісник*. 2018. Вип. 99. С. 260–269.
10. Шахман І.О. Оцінка екологічного стану та екологічної надійності пониззя річки Дніпро. *Екологічні науки*. 2019. № 1 (24). Т. 1. С. 117–120.
11. Цецик С.П. Компетентнісний підхід до процесу математичної підготовки майбутніх екологів. *Нова педагогічна думка*. 2015. № 2 (82). С. 93–97.
12. Кузик А.Д. Особливості викладання вищої математики для майбутніх екологів. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. Вип. 24.9. С. 363–368.
13. Шахман І.О. Актуальні аспекти формування складових професійної компетентності майбутнього еколога. *Педагогічні науки*. 2018. Вип. 81. Т. 3. С. 220–223.
14. Бистрянцева А.М., Шахман І.О. Математична підготовка як один зі складників під час формування професійних компетентностей майбутнього еколога. *Інноваційна педагогіка.* 2019. Вип. 10. Т. 1. С. 90–92.
15. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся вузов. Москва : Наука, 1986. 544 с.

# РОЗВИТОК ПРИРОДНО-ЗАПОВІДНОГО ФОНДУ УКРАЇНИ

**УДК 595.44, 574.38**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-19**

## ГЕРПЕТОБІОНТНІ ПАВУКИ (ARANEI) ІЧНЯНСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ

**Євтушенко К.В.[1], Пасічник С.В.[2], Лисенко Г.М.[2]**
[1]Інститут зоології імені І.І. Шмальгаузена
Національної академії наук України
вул. Богдана Хмельницького, 15, Київ, 01030
evt@izan.kiev.ua
[2]Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя
вул. Графська, 2, 16600, м. Ніжин
svpas1964@gmail.com, lysenkoukr@gmail.com

Досліджено видовий склад та різноманітність представників ряду Aranei на території Ічнянського національного природного парку (північний Лісостеп України). Для збору матеріалу було використано метод ґрунтових пасток. Одержано матеріал з різних біотопів з п'яти різних ділянок парку та складено списки видів всіх родин. Проаналізовано причини різної кількості видів з різних родин, при цьому враховано біологію всіх знайдених видів. Підготовлено інформацію для внесення доповнень до Літопису природи Ічнянського національного природного парку. Вперше наведено таксономічний склад 29 видів павуків з 15 родин, знайдених на території Ічнянського національного природного парку. За видовим різноманіттям домінували представники родин Gnaphosidae (7 видів) та Lycosidae (6 видів). Причому Arctosa lutetiana (Simon, 1876), Pardosa lugubris (Walckenaer, 1802) та Trochosa terricola (Thorell, 1856) зустрічаються у всіх типах досліджених оселищ. За екотопічною диференціацією найвищими показниками видового різноманіття ряду Aranei характеризуються соснові (формація Pineta sylvestris) (20 видів, 68,96%) та мішані ліси з домінуванням Pinus sylvestris L. та Quercus robur L. (18 видів, 62,07%), тоді як лісові фітоценози з домінуванням Carpinus betulus L. (4 види, 13,79%) та перехідні агломеративні угруповання (самосів Betula pendula Roth) (3 види, 10,34%) – найнижчими. Зафіксовано два рідкісні для півночі Лісостепу України види – Asagena meridionalis Kulczyński, 1894 (Theridiidae) та Trichoncus affinis Kulczyński, 1894 (Linyphiidae). Враховуючи відсутність інформації щодо видового складу ряду Aranei досліджуваної території за попередні роки, передчасно говорити про розширення ареалів степових видів далі на північ з достатньою ймовірністю. Втім, автори не виключають один із лімітуючих чинників – глобальні зміни клімату, які зумовлюють географічне поширення окремих видів, передусім степових. *Ключові слова:* павуки (Aranei), таксономічний склад, екотопічна приуроченість, Ічнянський національний природний парк.

**Aranei of the Ichnyansky National Nature Park. Yevtushenko K., Pasichnyk S., Lysenko H.** The species composition and diversity of representatives of the Aranei order in the territory of the Ichnyansky National Nature Park (northern Forest-steppe of Ukraine) was investigated. Soil traps were used to collect the material. Material from different biotopes from five different sections of the park was obtained and lists of species from all families were compiled. The causes of different species from different families were analyzed, taking into account the biology of all the species. Information has been prepared to amend the Chronicle of Nature of the Ichnyansky National Nature Park. For the first time, the taxonomic composition of 29 species of spiders from 15 families from the territory of Ichnian National Nature Park is given. Species diversity was dominated by representatives of the families Gnaphosidae (7 species) and Lycosidae (6 species). Moreover, Arctosa lutetiana (Simon, 1876), Pardosa lugubris (Walckenaer, 1802) and Trochosa terricola (Thorell, 1856) are found in all types of habitats studied. Ecotopic differentiation of the highest species diversity of the Aranei species is characterized by pine (Pineta sylvestris formation) (20 species or 68.96%) and mixed forests dominated by Pinus sylvestris L. and Quercus robur L. (18 species or 62.07%), whereas forest phytocenoses dominated by Carpinus betulus L. (4 species or 13.79%) and transitional agglomerative groupings (Betula pendula Roth) (3 species or 10.34%) are the lowest. Two rare for the forest-steppe regions of Ukraine are noted – Asagena meridionalis Kulczyński, 1894 (Theridiidae) and Trichoncus affinis Kulczyński, 1894 (Linyphiidae). Given the lack of information on the species composition of the Aranei order of the study area in previous years, it is premature to speak of extending the range of steppe species further north with sufficient probability. However, we do not exclude one of the limiting factors – global climate change, which predetermines the geographical spread of certain species, especially the steppe. *Key words:* spiders, taxonomic composition, ecological characteristics, Ichnyansky National Nature Park.

**Постановка проблеми.** Дослідження видового складу арахнід має важливий теоретичний і практичний інтерес. В той же час велика кількість територій, у першу чергу природоохоронних, в Україні залишається не дослідженою у плані видового складу всіх груп хеліцерових.

На території Ічнянського національного природного парку такі дослідження не проводилися з самого початку його заснування. Сторінки Літопису природи, присвячені цій групі, весь цей час залишалися не заповненими, не зважаючи на те, що арахніди є багатою на види групою. Так, в Україні мешкає понад

400 видів павуків, багато з яких можуть бути знайдені на території Ічнянського національного природного парку. Також до недавнього часу нічого не відомо про чисельність представників різних видів та їх роль в екосистемах цієї природоохоронної території.

**Актуальність дослідження.**Павукоподібні грають важливу роль в житті природних екосистем як фауни України, так і світової фауни [7]. Aranei є другою після Acari групою за поширенням на території України. Павуки, як консументи вищих порядків, знищують в основному комах, а самі є їжею для багатьох дрібних ссавців, птахів, ящірок, жаб. Павукоподібні, знищуючи у значних кількостях комах-шкідників сільськогосподарських і лісових насаджень, відіграють позитивну роль як елемент біотичної регуляції угруповань.

Натомість видовий склад багатьох груп павукоподібних лісостепової зони України до кінця не вивчений. Отже вивчення фауни павукоподібних особливо актуальне для території Ічнянського національного природного парку з усім його багатством біотопів.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується означена стаття.** Ведення Літопису природи в національних природних парках – важливий складник їх роботи. У зв'язку з цим вивчення видового складу арахнід дозволяє представити нові дані для Літопису природи Ічнянського національного природного парку. Враховуючи той факт, що павуки є важливою компонентою в переважній більшості біоценозів та займають численні екологічні ніші, відомості про їх видовий склад на будь-якій території дозволяють поглибити розуміння біологічних процесів, що там відбуваються. Особливо це важливо для природоохоронних територій, як останніх рефугіумів для багатьох видів тварин і рослин [4]. У статті це питання частково розкривається для Ічнянського НПП.

**Новизна**. Вперше проведено аналіз видового складу представників ряду Aranei на території Ічнянського національного природного парку.

**Мета та завдання** роботи – встановити видовий склад та різноманітність представників ряду Aranei Ічнянського національного природного парку.

**Матеріал і методи дослідження.**Видовий склад павуків досліджували в липні 2017 року методом ґрунтових пасток [8] у межах 5, 12 і 15 ділянок Ічнянського національного природного парку: перша лінія (1) – мішаний ліс з переважанням *Pinus sylvestris* L. та *Quercus robur* L.(ділянка № 5); друга лінія (2) лінія – сосновий ліс (формація Pineta sylvestris) з підліском де домінують *Frangula alnus* Mill., *Rubus idaeus* L. та *Humulus lupulus* L. (ділянка № 15); третя лінія (3) – листяний ліс з переважанням *Carpinus betulus* L. (ділянка № 15); четверта лінія (4) – самосів *Betula verrucosa* (Ehrh.) на межі між культурами сосни (*Pinus sylvestris*) та болотом (ділянка № 15); п'ята лінія (5) – листяний ліс з домішками сосни (ділянка № 12).

**Природно-географічна характеристика території, що досліджувалася.** Ічнянський національний природний парк (ІНПП) розташований на території Ічнянського району Чернігівської області [2]. Його територія простягається на південний захід від м. Ічні. До ***заповідної зони***, площа якої становить 2419,3 га, або 25% від загальної площі ІНПП, віднесені території, які репрезентують ландшафти Лівобережно-Придніпровського Лісостепу з грабово-дубовими, сосновими лісами, заплавними луками та низинними болотами. Домінуюче значення у ландшафтній структурі займають ландшафти озерно-алювіальної низовинної рівнини зі складним поєднанням місцевостей давніх долинних заболочених знижень, прохідних долин або давніх озерних западин, які на сьогоднішній день перетворилися у болота. Більш поширені місцевості, які сформувалися по долинах річок на алювіальних пісках з розвитком опідзолених чорноземів та дерново-підзолистих ґрунтів під сосновими лісами.

Загалом район характеризується значною залісненістю та має багато місцевостей поліського типу. На плоско-рівнинних водо роздільних ділянках, то окремо, то групами, розкидані округлими зниженнями – «степові блюдця» різноїформи, розмірів та глибини. За геоботанічним районуванням Ічнянський національний природний парк знаходиться в Прилуцько-Лохвицькому геоботанічному районі Роменсько-Полтавського геоботанічного округу лучних степів, дубових, грабово-дубових (на заході) та дубово-соснових (на терасах річок) лісів і евтрофних боліт Лівобережнопридніпровської підпровінції Східноєвропейської провінції Євро пейсько-Сибірської лісостепової області [5; 10]. Район займає межиріччя Удаю та Сули[6]. Це плоскохвиляста рівнина, розчленована балками, ярами та долинами малих річок переважає рівнинно-широкохвилястий рельєф. Район характеризується помірною зволоженістю і середньорічною температурою 5,7–6 °С.

Географічне розташування Ічнянського НПП (північна частина Лівобережного Лісостепу), що корелює з природно-кліматичною зональністю, гідрологічною мережею та ґрунтовими відмінами визначає специфіку рослинного покриву заповідного об'єкту. Серед природної рослинності переважають лісові фітоценоструктури, що займають близько 40% території. Слід зазначити, що однією зі специфічних рис лісів Ічнянського НПП є накладання ареалів дуба, липи та граба, причому останній знаходиться на східній межі поширення, формуючі мозаїчні ценокомплекси з іншими видами-домінантами. На жаль, на території парку переважають хвойні (формація Pineta silvestris, подекуди Piceeta abietis) ліси, представлені лісовими культурами різного віку та віталітету. Раритетна компонента лісової рослинності – дубові, грабово-дубові та дубово-грабові ліси (формації Querceta roburis, Carpineto-Querceta)

зустрічаються спорадично у центральній та південно-східній частинах парку.

Ліси, що поширені не території Ічнянського НПП, у дозаповідний період зазнали суттєвого антропогенного впливу, що виразилось передусім у проведенні суцільних рубок головного користування з вилученням зональних видів-домінантів, в основному дуба. Натомість, корінні фітоценози були замінені культурами *Pinus sylvestris*, а подекуди навіть *Quercus rubra* L. та *Larix deciduas* Mill. Широке поширення вирубок сприяло швидкому та масовому поширенню *Carpinus betulus*, тоді як відновлення дуба виявилось надто утрудненим.

Вздовж річкових долин (р. Іченька) та каскадів штучних ставків, створених на р. Моршинька, поширені трав'яні евтрофні болота та байрачні ліси з домінуванням *Alnus glutinosa* (L.) Gaerth та численними видами роду *Salix* L. з притаманним гідро-гігрофільним різнотрав'ям.

Наведена вище характеристика Ічнянського національного природного парку передбачає високу різноманітність місцевої фауни в цілому і арахнід-зокрема. Тваринний світ Ічнянського НПП складається переважно з представників гідрофільного, лучно-степового та дендрофільного комплексів, з яких нас цікавили представники останнього. Фауна лісових біотопів Ічнянського НПП є досить типовою для Лівобережного Середнього Придніпров`я і, в межах окремих ділянок, є добре збереженою.

**Результати досліджень і обговорення.** У результаті досліджень виявлено 29 видів павуків з 15 родин [9] (Таблиця 1).

Таблиця 1

**Видовий склад представників *Aranei* на деяких ділянках Ічнянського національного природного парку**

| № п/п | Види *Aranei* | Лінії пасток | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** |
| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* | *7* |
| | **1. Theridiidae** | | | | | |
| 1. | *Asagena meridionalis (*Kulczyński, 1894) | + | + | | | |
| 2. | *Crustulina guttata* (Wider, 1834) | + | + | | | |
| | **2. Linyphiidae** | | | | | |
| 3. | *Microneta viaria* (Blackw., 1841) | + | | | | |
| 4. | *Trichoncus affinis (*Kulczyński, 1894) | + | | | | |
| | **3. Araneidae** | | | | | |
| 5. | *Cercidia prominens* (Westring, 1851) | + | | | | |
| | **4. Lycosidae** | | | | | |
| 6. | *Alopecosa accentuata* (Latreille, 1817) | | + | | | |
| 7. | *Alopecosa pulverulenta* (Cl., 1758) | + | | | | |
| 8. | *Alopecosa trabalis* (Cl., 1758) | | + | | | |
| 9. | *Arctosalutetiana* (Simon, 1876) | + | + | + | + | |
| 10. | *Pardosa lugubris* (Walckenaer, 1802) | + | + | + | + | + |
| 11. | *Trochosa terricola (*Thorell, 1856) | + | + | + | + | + |
| | **5. Miturgidae** | | | | | |
| 12. | *Cheiracanthium oncognathum (*Thorell, 1871) | | + | | | |
| | **6. Hahniidae** | | | | | |
| 13. | *Hahnia ononidum (*Simon, 1875) | + | | | | |
| | **7. Titanoecidae** | | | | | |
| 14. | *Titanoeca schineri*(L. Koch, 1872) | + | + | | | |
| | **8. Zoridae** | | | | | |
| 15. | *Zora spinimana* (Sundevall, 1833) | + | + | | | + |
| | **9. Anyphaenidae** | | | | | |
| 16. | *Anyphaena accentuata* (Walck., 1802) | + | | | | |
| | **10. Liocranidae** | | | | | |
| 17. | *Liocranoeca striata* (Kulczyński, 1882) | + | | | | |
| | **11. Clubionidae** | | | | | |
| 18. | *Clubiona caerulescens (*L.Koch, 1866) | + | | | | |
| | **12. Corinnidae** | | | | | |
| 19. | *Phrurolithus festivus* (C. L. Koch, 1835) | | + | | | |

Закінчення таблиці 1

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | **13. Gnaphosidae** | | | | | |
| 20. | *Drassodes pubescens* (Thorell, 1856) | | + | | | |
| 21. | *Drassyllus praeficus* (L.Koch, 1866) | | + | | | |
| 22. | *Haplodrassus signifer* (C. L. Koch, 1839) | | + | | | |
| 23. | *Haplodrassus silvestris* (Blackwall, 1833) | + | | | | |
| 24. | *Haplodrassus umbratilis* (L.Koch, 1866) | | + | + | | |
| 25. | *Zelotes aurantiacus (*Miller, 1967) | | + | | | |
| 26. | *Zelotes subterraneus* (C.L. Koch, 1833) | + | + | | | |
| | **14. Philodromidae** | | | | | |
| 27. | *Thanatus formicinus* (Clerck, 1757) | | + | | | |
| | **15. Thomisidae** | | | | | |
| 28. | *Ozyptila praticola* (C. L. Koch, 1837) | | + | | | |
| 29. | *Xysticus luctator* (L. Koch, 1870) | + | + | | | |

Дані по видовому складу *Aranei*, представлені в наведеній вище таблиці, дозволяють зробити наступні висновки. *Crustulina guttata* та *Asagena meridionalis* є типовими пауками-тенетниками [1, 3]. Враховуючи методику збору матеріалу, яка була використана, цілком зрозуміло, що павуки даної родини (*Theridiidae*) обмежені лише цими двома видами. Представники родини *Linyphiidae* також представлені лише двома видами, не зважаючи на те, що це є одна з самих багатих на види родин як в світі, так і в Україні. Але враховуючи той факт, що ці павуки, як і представники попередньої родини, більшість часу проводять сидячі на павутині, імовірність лову їх грантовими пастками невелика. За цієї ж причини представники родини *Araneidae* також представлені лише одним видом – *Cercidia prominens*, цілком звичайним для всієї лісової зони Палеарктики. Всі вище вказані представники були одержані саме на 1 і частково 2 лінії пасток, що відзначалися достатньо розрідженим травостоєм. Це може бути пояснене тим, що на таких ділянках павуки, що змінюють місце дислокації ловчої павутини, частіше змушені опускатися на землю та переміщатися лісом.

Павуки родини *Lycosidae* ведуть бродячий спосіб життя, часто перебігаючи по поверхні ґрунту в пошуках жертв. Тому немає нічого дивного в тому, що список видів цієї родини достатньо розширений, а саме – 6 видів з 4 родів. Як видно з таблиці 1, майже всі ці види знайдені на всіх 5 лініях, що свідчить про широку розповсюдженість їх на території парку. Представники решти родин знайдені лише на 1 і 2 лініях пасток, тобто на ділянках із найменш вираженим травостоєм. За виключенням родини *Gnaphosidae* всі вони представлені 1–2 видами. Це в першу чергу пов'язано з невеликими об'ємами цих родин. З іншого боку представники родини *Gnaphosidae,* яка є чисельною на види, у вибірках авторів також належать до 7 видів. Ці павуки традиційно частіше від інших потрапляють у ґрунтові пастки, так як ведуть прихований спосіб життя. Більшість з них була впіймана на 2 лінії пасток, де мала місце найбільш розріджена ділянка лісу.

**Головні висновки.** Більшість видів (особливо *Arctosa lutetiana, Pardosa lugubris, Trochosa terricola, Zora spinimana* та інші) є звичайними мешканцями широколистяних і заплавно-лучних біоценозів Українського Полісся. Лісостеповий елемент представлений *Asagena meridionalis* Kulczyński, 1894 (Theridiidae) (в Україні: Полтавська, Харківська, Луганська, Донецька, Дніпропетровська та Херсонська області) і *Trichoncus affinis* Kulczyński, 1894 (Linyphiidae) (зареєстрований у Харківській, Луганській, Донецькій та Дніпропетровський областях). Ці два види можна охарактеризувати як рідкісні для північного Українського лісостепу. Присутність цих видів на території Ічнянського НПП свідчіть про той факт, що різноманітність біотопів цього парку представляє можливості для існування широкого спектру видів з різних природно-кліматичних зон. Враховуючи відсутність даних по видовому складу *Aranei* за попередні роки, передчасно говорити про розширення ареалу степових видів далі на північ, але автори не виключають і таку причину, як глобальні зміни клімату, які також могли зумовити зміни ареалу деяких видів, в першу чергу степових.

**Література**

1. Polchaninova N., Prokopenko E. An updated checklist of spiders (Arachnida: Araneae) of Left-Bank Ukraine. *Arachnologische Mitteilungen,* 2019. 57: 60–64 & App.
2. Прокопенко О.В., Кунах О.М., Жуков О.В., Пахомов О.Є. Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Павуки (Aranei) : моногр. / за заг. ред. проф. О.Є. Пахомова. Донецьк : Видавництво Дніпропетровського національного університету. 2010. 340 с.

3. Біотопи (оселища) України: наукові засади їх дослідження та практичні результати інвентаризації. Матеріали робочого семінару. Київ, 21–22 березня 2012 року.) / За редакцією Я.П. Дідуха, О.О. Кагала, Б.Г. Проця. Київ-Львів, 2012. 194 с.
4. Геоботанічне районування Української РСР. К. : Наук. думка, 1977. 304 с.
5. Мринський О.П. До характеристики лісової рослинності пониззя р. Удай. К. : Український ботанічний журнал. 1969. 22 с.
6. Оселищна концепція збереження біорізноманіття: базові документи Європейського Союзу / [Ред. О.О. Кагало, Б.Г. Проць]. Львів : ЗУКЦ, 2012. 278 с.
7. Песенко Ю.А. Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. Москва : Наука. 1982. 287 с.
8. Тыщенко В.П. Определитель пауков европейской части СССР. Л. : Наука. 1971, 281 с.
9. Попов В.П., Маринич А.М. Физико-географическое районирование Украинской ССР. Киев : Издательство Киевского университета. 1968. 683 с.

УДК 504.064:622.012:556.55
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-20

# КОНЦЕПТУАЛЬНІ НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ ЖИТТЯ НАСЕЛЕННЯ В ЗОНІ ЕВТРОФОВАНИХ ВОДНИХ ОБ'ЄКТІВ

**Дмитрієва О.О.[1], Колдоба І.В.[1], Хоренжая І.В.[2]**
[1]Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»
61166, м. Харків, вул. Бакуліна, 6,
(057) 702-15-93
dmitrieva.olena@gmail.com;
[2]Комітет з питань екологічної політики та природокористування Верховної Ради України,
01008, м. Київ, вул. Грушевського, 5
irinak874@gmail.com

Загроза антропогенного евтрофування водних об'єктів і погіршення умов водокористування набула глобальних розмірів і стала актуальною проблемою як у світі, так і в Україні. Для підвищення екологічної безпеки водокористування в населених пунктах, розташованих на евтрофованих водних об'єктах, пропонується в якості обґрунтування прийняття управлінських рішень використовувати комплексну оцінку еколого-медичної безпеки водного фактору, яка на відміну від відомих з наукових інформаційних джерел підходів полягає у поєднанні взаємоузгоджених та взаємодоповнюючих уявлень щодо якісного стану водних екосистем як унікальних компонентів природних комплексів, і впливу водного фактору на стан здоров'я та умови життєдіяльності населення і поєднує одночасний розгляд екологічного, ресурсного та медичного аспектів проблеми забезпечення безпеки водокористування. Система комплексної оцінки еколого-медичної безпеки водного фактору орієнтована на визначення ймовірності зміни стійкості водної екосистеми, в бік погіршення чи покращення її якісного стану та дозволяє визначити рівень можливості та безпеки використання водних ресурсів; а також показник припустимого антропогенного навантаження на водні об'єкті, та ідентифікувати фактор небезпеки і зону його локалізації, відповідно – окреслити регіональні проблеми водокористування. На основі вище викладеного підходу розроблені та пропонуються програми екологічних та медичних досліджень, які в подальшому слугуватимуть науково-методичним підґрунтям моніторингу впливу процесів евтрофування водних об'єктів на умови мешкання населення. Реалізація запропонованого підходу у практику управління водокористуванням населених пунктів, розташованих на евтрофованих водних об'єктах, сприятиме підвищенню екологічної та соціальної (медичної) безпеки водокористування як складової реалізації Концепції сталого розвитку міст. *Ключові слова:* оцінка безпеки життєдіяльності населення при водокористуванні, еколого-соціальне (медичне) оцінювання стану поверхневих вод, «шкідливе «цвітіння» синьозелених водоростей, токсини синьозелених водоростей, управлінські рішення.

**Conceptual directions of research in residential conditions of residence near eutrophic aquatic objects. Dmitriev O., Koldoba I., Horenja I.** The threat of anthropogenic eutrophication of water bodies and deterioration of water use conditions has become global and has become a pressing problem both in the world and in Ukraine. To improve the environmental safety of water use in settlements located on eutrophied water bodies, it is proposed to use as a justification for managerial decision-making a comprehensive assessment of the ecological and medical safety of the water factor, which, unlike the approaches known from the scientific information sources, is combined with mutually consistent and mutually compatible approaches. ideas about the qualitative status of aquatic ecosystems as unique components of natural complexes, and the impact of the aquatic factor on health and conditions and combines the simultaneous consideration of environmental, resource and health aspects of the problem of ensuring the safety of water use. The system of integrated assessment of the ecological and medical safety of the water factor is focused on determining the probability of changing the stability of the aquatic ecosystem, in the direction of deterioration or improvement of its qualitative state and allows to determine the level of possibility and safety of water resources use; as well as an indicator of the permissible anthropogenic load on water bodies, and to identify the hazard factor and its localization area, respectively, to outline regional problems of water use. Based on the above approach, ecological and medical research programs have been developed and proposed, which will further serve as a scientific and methodological basis for monitoring the impact of eutrophication processes on aquatic habitats. The implementation of the proposed approach to the practice of water management of settlements located on eutrophied water bodies will contribute to the improvement of ecological and social (medical) safety of water use as a component of the implementation of the Sustainable Urban Development Concept. *Key words:* assessment of the safety of life of the population in water use, ecological-social (medical) assessment of the surface water status, «harmful» flowering of blue-green algae, blue-green algae toxins, management decisions.

Реалізація сталого розвитку України спрямована на наближення до світових стандартів екологічного стану довкілля і добробуту населення. Розвиток міст супроводжується збільшенням частки міського населення в суспільстві, в тому числі й в Україні. Постановою Верховної Ради України (№ 1359-XIV від 24 грудня 1999 р.) схвалено Концепцію сталого розвитку населених пунктів у тривалій перспективі, якою охарактеризовано прискорення процесів урбанізації, визначено основні орієнтири і шляхи забезпечення соціального та економічного напрямів [1].

У розвитку населених пунктів екосфери критичного стану набуває водний фактор: наявність достатньої кількості водних ресурсів, рівень організації водокористування, розвиток продуктивних сил як первинного чинника якості життєзабезпечення людини, стану її здоров'я і генофонду. Екологічна та соціальна безпека за водним фактором Концепцією сталого розвитку населених пунктів віднесені до основних складових досягнення втілення у життя послідовної стратегії соціальної, екологічної та економічної стабілізації, росту та розвитку населених пунктів як складової сталого розвитку країни.

Надходження з урбанізованих територій до водних об'єктів значних об'ємів недостатньо очищених та неочищених зворотних вод та значної кількості біогенних, органічних речовин та патогенної мікрофлори у їх складі є одним із істотніших чинників, що негативно впливають на якість поверхневих вод і розвиток антропогенного евтрофування [3-4]. Наслідками посилення антропогенного впливу населених пунктів на водне середовище є не тільки погіршення його екологічного стану, але й негативний вплив на здоров'я населення, що утворює низку глобальних еколого-медичних і соціальних проблем.

Основною причиною небезпеки евтрофування вод і супутнього йому «цвітіння» є токсичні та алергенні властивості синьозелених водоростей (ціанобактерій), які складають основу біомаси фітопланктону. Небезпечний вплив ціанобактерій на здоров'я людини спричиняє наявність у мембранах (оболонках) їх клітин ендотоксинів, які досить часто є запальними/провокуючими агентами при розвитку численних екологозалежних захворювань [5].

Фактором, що підсилює дію ендотоксинів ціанобактерій є наявність у водному середовищі мікобактерій [6], які широко розповсюджені. Мікобактерії, як і інша мікрофлора, комфортно розвиваються також у скупченнях ціанобактерій. Крім посилення небезпечної дії ендотоксинів ціанобактерій, у сукупності з іншими представниками мікофлори, мікобактерії можуть сприяти посиленню «цвітіння» водних об'єктів, особливо у розвитку видів ціанобактерій, схильних до гетеротрофного живлення [6-7].

Негативно впливає на стан здоров'я людини не тільки вода у період «цвітіння» водних об'єктів, але й аерозолі, що утворюються над водною поверхнею за наявності турбулентних явищ [8-9].

У країнах ЄС проблемі евтрофування водних об'єктів приділяється значна увага. В Основній водній (рамковій) Директиві ЄС (2000/60/ЄС) [10] райони питних водозаборів та водних об'єктів, що зазнають антропогенного евтрофування, віднесені до «уразливих зон», які підлягають особливому контролю та охороні з більш суворою регламентацією антропогенного навантаження. За Директивою Ради 91/271/ЄС «Про очистку міських стічних вод» від 21 травня 1991 р. евтрофування є першим з трьох критеріїв віднесення акваторії водних об'єктів до «уразливої зони»: «прісноводні водні об'єкти, в яких спостерігається евтрофування або які найближчим часом можуть стати евтрофованими, визнаються уразливою зоною» [11].

В Україні внаслідок достатньо теплого клімату, надмірної зарегульованості більшості річок та значної забрудненості поверхневих стічних вод біогенними і органічними речовинами склалися сприятливі умови для масового розвитку планктонних водоростей на більшості водних об'єктів. Щорічно спостерігається «цвітіння» води не тільки в каскаді дніпровських водосховищ – найбільшому водогосподарському комплексі країни, а й практично в усіх зарегульованих середніх і малих річках. Незважаючи на істотні витрати в Україні державного та місцевого бюджетів на водоохоронні заходи, стан водних об'єктів і пов'язана з цим еколого-соціальна ситуація у багатьох регіонах залишаються вкрай незадовільними. На одному з евтрофованих дніпровських водосховищ Міністерством охорони здоров'я України був зареєстрований випадок екологозалежного захворювання населення. Для з'ясування причин такого захворювання були проведені еколого-медичні дослідження, в яких при пошуку етіологічного фактора захворювання розроблялися окремі ланки програми еколого-медичного моніторингу [12-13]. У результаті встановлено, що причина захворювань місцевого населення була обумовлена евтрофуванням місцевих водних об'єктів, а мешканці, які споживають воду з евтрофованих водних об'єктів значною мірою вже сенсибілізовані до метаболітів ціанобактерій.

В Концепції організації та управлінню водокористуванням в населених пунктах основна увага приділена задоволенню потреб водокористування на водопостачання і водовідведення, а загальнодержавне управління водокористуванням в населених пунктах розраховане лише для штатних ситуацій. При проведенні всіх видів моніторингу води оцінка показників забрудненості води здійснюється шляхом порівняння одержаних значень з відповідними значеннями гранично допустимих концентрацій (ГДК) за видами водокористування. Проблеми збереження екосистем водних об'єктів, що розташовані у зоні впливу населених пунктів, тільки позначаються, але практично не враховуються. Медичні дослідження впливу водного фактору на життєдіяльність насе-

лення відсутні. Управлінням водокористування не передбачені заходи оперативного реагування на швидку зміну рівня евтрофування водних об'єктів, а також складання планів середньо- та довгострокових попереджувальних заходів щодо зменшення негативного впливу евтрофування на питне водопостачання населених пунктів. Наслідком цього існує загроза погіршенню стану здоров'я водокористувачів та екологічній безпеці країни загалом.

У системах управління водними ресурсами багатьох розвинених країн світу екологічна і соціальна (медична) складові об'єднуються. Для вирішення проблеми зростаючого глобального «цвітіння» ціанобактерій, оцінки в окремих країнах небезпеки його виникнення, розповсюдження та впливу на стан водних екосистем та здоров'я людини, а також для розробки відповідних заходів з управління ризиками у 2005 р. як частку Міжнародної гідрологічної Програми ЮНЕСКО V створено програму CYANONET. Її у 2012 р. було доповнено Програмою CYANOCOST з метою координації зусиль країн Європи в управлінні ризиками щодо ціанобактеріальних «цвітінь» шляхом встановлення тісного співробітництва між науковими установами і організаціями та органами влади [14].

Раціональне та ефективне використання водних ресурсів при їх сучасному несприятливому екологічному стані можливе за умов високого рівня їх вивченості як об'єктів зі складною структурою та розгалуженою системою природних і господарських зв'язків, наявності вірогідної інформації щодо їх екологічного стану та ступеня екологічної безпеки життєдіяльності населення в разі їх використання.

Відповідно до Закону України «Про державне прогнозування та розроблення програм економічного і соціального розвитку України» (№ 1602-III від 23 березня 2000 р.) [2] у розроблених прогнозних та програмних документів економічного і соціального розвитку Автономної Республіки Крим, областей, районів та міст повинна бути відображена екологічна ситуація у відповідній адміністративно-територіальній одиниці. Отже, для своєчасного прийняття управлінських рішень, розроблення прогнозів і обґрунтування комплексу водоохоронних заходів для досягнення як екологічної так і соціальної (медичної) безпеки водокористування евтрофованих водних об'єктів, необхідний високий рівень вивченості водних ресурсів.

**Мета статті** – вдосконалення системи управління водокористуванням населених пунктів, розташованих на евтрофованих водних об'єктах, в напрямку підвищення екологічної та соціальної (медичної) безпеки водокористування як складової реалізації Концепції сталого розвитку міст.

Для підвищення екологічної безпеки водокористування в населених пунктах, розташованих на евтрофованих водних об'єктах, пропонується при обґрунтуванні прийняття управлінських рішень використовувати комплексну оцінку еколого-медичної безпеки водного фактору. На відміну від відомих з наукових інформаційних джерел підходів до отримання оцінок стану поверхневих вод комплексна оцінка еколого-медичної безпеки водного фактору полягає у поєднанні взаємоузгоджених та взаємодоповнюючих уявлень щодо якісного стану водних екосистем як унікальних компонентів природних комплексів, і впливу водного фактору на стан здоров'я та умови життєдіяльності населення [15]. Отже, пропонується одночасний розгляд екологічного, ресурсного та медичного аспектів проблеми забезпечення безпеки водокористування (рис. 1).

При удосконаленні системи управління водокористуванням населених пунктів, розташованих на евтрофованих водних об'єктах, для підвищення екологічної та соціальної (медичної) безпеки водокористування як складової реалізації Концепції сталого розвитку міст, наукового обґрунтування регламентації якісного стану водних об'єктів з позиції екологічної безпеки та безпеки здоров'я людини має бути застосовано сучасний підхід. Це – визначення ступеня небезпеки для здоров'я населення, якісне та кількісне визначення ймовірності погіршення здоров'я населення внаслідок впливу незадовільного стану довкілля на появу їх негативних ознак. Система комплексної оцінки еколого-медичної безпеки водного фактору орієнтована на визначення ймовірності зміни стійкості водної екосистеми щодо погіршення чи покращення її якісного стану та дозволяє визначення рівня можливості та безпеки використання водних ресурсів. Показник припустимого антропогенного навантаження на водні об'єкті дає можливість ідентифікувати фактор небезпеки і зону його локалізації, а отже окреслити регіональні проблеми водокористування.

Розроблені та запропоновані програми екологічних та медичних досліджень у подальшому слугуватимуть науково-методичним підґрунтям моніторингу впливу процесів евтрофування водних об'єктів на умови мешкання населення (рис. 1). В свою чергу результати такого моніторингу стануть основою для прийняття управлінських рішень у досягненні еколого-медичної безпеки.

Програма екологічних досліджень стану водних екосистем та умов формування якості вод (рис. 1, п. 3.1.1) враховує той факт, що поверхневі водні об'єкти разом із водозбірними площами є відкритими саморегулюючими системами, в яких формування якості води визначається індивідуальною сукупністю та взаємодією окремих груп факторів (кліматичні, басейново-ландшафтні, антропогенні) та результатів дослідження зовнішніх природних, антропогенних і техногенних чинників впливу на водні екосистеми, формування якості води (підпрограма 4.1.1.1) та інформації щодо складових водних екосистем та внутрішньоводоймових процесів формування якості води (підпрограма 4.1.1.2).

**1. Науково-методичні основи моніторингу небезпеки умов мешкання населення в регіонах евтрофованих водних об'єктів**

**2.1.Дослідження еколого-медичної небезпеки водного фактору**

**2.2. Управлінські рішення, спрямовані на досягнення еколого-медичної безпеки**

3.1.1. Програма екологічних досліджень стану водних екосистем та умов формування якості води

3.1.2. Програма медичних досліджень впливу водного фактору на умови життєдіяльності і здоров'я населення

3.2.1. Водоохоронні технології

3.2.2.Організаційні заходи

3.2.3. Вдосконалення нормативно-правової бази

4.1.1.1. Дослідження зовнішніх природних (кліматичні, фізико-географічні, геолого-структурні, гідрологічні умови, характер ґрунтового і рослинного покривів) та антропогенних і техногенних чинників впливу на водні екосистеми

4.1.2.1. Дослідження умов життєдіяльності населення: демографічна і медико-статистична характеристики та характеристика соціально-побутових умов за водним фактором (каналізованість, забезпеченість централізованим водопостачанням, витрати води на господарсько-питні потребі та ін.)

4.2.1.1. Впровадження екологічно безпечного водовідведення

4.2.2.1.Впровадження експрес-методів визначення загальної токсичності води

4.2.3.1.Розробка пакету документів, діяльність В галузі водокористування і водоохорони

4.1.1.2. Дослідження складових водних екосистем (вода, донні відкладення, біота) та внутрішньоводоймових процесів формування якості води (гідрофізичні, гідрохімічні, гідробіологічні, біохімічні характеристики)

4.1.2.2. Дослідження еколого-гігієнічного стану води та місцевих умов (біологічної (фізіологічної) повноцінності води, санітарно-токсикологічна та санітарно-епідеміологічна характеристики, виявлення супутніх факторів, що підсилюють негативний вплив водного фактору

4.2.1.2.Технічні рішення стосовно питного водозабору

4.2.2.2.Створення центру оперативного моніторингу

4.1.2.3.Дослідження сенсибілізованої групи населення імунологічними методами, виявлення можливого впливу токсинів СЗВ на здоров'я людини

4.2.1.3.Біологічні методи поліпшення стану водних екосистем

4.2.2.3.Створення медичного центру

4.2.2.4.Організація прибережних водоохоронних зон

4.1.1.3. Екологічне оцінювання стану водних екосистем і якості вод

4.1.2.4. Оцінювання безпеки життєдіяльності населення за водним фактором

5.1. Комплексне оцінювання еколого-медичної безпеки водокористування

*Рис. 1. Науково-методичні основи моніторингу небезпеки умов мешкання населення в регіонах евтрофованих водних об'єктів*

У межах кожної підпрограми визначаються основні характеристики, які є найбільш суттєвими для формування якості води та впливу евтрофування на умови мешкання населення.

Серед основних параметрів впливу зовнішніх природних факторів, які визначають специфіку розвитку евтрофування у досліджуваному водному об'єкті, належать місцеві кліматичні, фізико-географічні, геолого-структурні та гідрологічні умови, характер ґрунтового та рослинного покриву тощо.

Вплив антропогенних чинників на водні екосистеми дедалі збільшується. При цьому основною небезпекою для формування якісного стану вод є процеси розвитку водних екосистем, інтенсивність і швидкість дії яких набагато перебільшує природні. Це призводить до значного прискорення цих процесів і супроводжується негативними, під час незворотними змінами функціонування водних об'єктів (зменшення здатності до саморегуляції та підтримки гомеостатичного рівня внутрішньосистемних процесів самовідновлення і самовідтворення, стійкості до зовнішніх впливів) та, як наслідок, погіршення якості вод.

Серед цих чинників найбільше значення для розвитку антропогенного евтрофування має надходження до водних об'єктів біогенних і органічних речовин, яке пов'язане з різними формами життєдіяльності людини.

Дослідження складових водних екосистем (підпрограма 4.1.1.2) запропоновано здійснювати шляхом визначення класичних гідрофізичних, гідрохімічних, еколого-діагностичних (біохімічних) характеристик. Перелік показників, що їх формують, наведено у табл. 1.

Використання функціональних біохімічних показників, які характеризують різні типи процесів, що відбуваються у водних екосистемах, дозволяє відстежувати відхилення від нормального стану в циклах загального обміну речовини та енергії в екосистемах. Суттєвою перевагою біохімічних показників, використання яких набуває значного поширення в екологічних дослідженнях, є поєднання точності хімічних методів з інтегральним характером оцінки, одержаної за допомогою біологічних методів.

Саме використання біохімічних методів дозволяє здійснити порівняльну характеристику інтенсивності процесів продукування та деструкції органічної речовини у водному середовищі та донних відкладах у різних водних об'єктах або їх ділянках, що в цілому дає можливість одержувати більш повну оцінку сучасного екологічного стану водної екосистеми.

Для більшості біохімічних параметрів нормативні значення зараз не встановлені, тому особливого значення набуває вибір фонових ділянок водних екосистем, які можуть слугувати еталоном для цих показників.

Особливої уваги заслуговує застосування експресних біохімічних методів аналізу, а також методів, для яких можлива розробка автоматичних датчиків параметрів і методів їх дистанційного визначення, що могло б значно підвищити ефективність контролю в умовах надзвичайних ситуацій, до яких належать «шкідливе цвітіння ціанобактерій».

Результати підпрограм 4.1.1.1 та 4.1.1.2 не тільки визначають умови формування якості води у водному об'єкті, стан водної екосистеми і якість води, але й визначають необхідні при обґрунтуванні заходи щодо зниження рівня евтрофування у водному об'єкті.

Суттєвий внесок у своєчасне інформування про розвиток евтрофування поверхневих водних об'єктів дає використання методу дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), що дозволяє одержувати оперативну оцінку ступеня еколого-медичної безпеки водокористування.

Визначення шляхом дистанційного зондування водної поверхні концентрації хлорофілу-а та пов'язаних з ним показників дозволяє характеризувати розподіл водоростей за акваторією за тих чи інших гідрометеорологічних умов і дає чітку інформацію щодо еколого-санітарної ситуації, що формується в місцях питних і технічних водозаборів, зон рекреації та на інших ділянках водних об'єктів. Основні інформаційні ознаки градацій розвитку евтрофування охоплюють як просторові частотні характеристики зон «цвітіння» вод, так і спектрально-яскравісні ознаки, пов'язані з особливостями поглинання і відбиття світлового потоку хлорофілом-а, концентрація якого відображає рівень розвитку біомаси фітопланктону. Це дозволяє оперативно приймати необхідні адекватні управлінські рішення щодо зменшення негативних еколого-медичних наслідків водокористування з евтрофованих водних об'єктів.

Ефективність методу оцінки ступеня безпеки водокористування з поверхневих водних об'єктів залежно від рівня їх евтрофування за даними космічного моніторингу було перевірено на практиці в процесі визначення оцінки ступеня безпеки водокористування для потреб населення у зоні, що прилягає до дамби Кременчуцького водосховища.

Одночасно з упровадженням програми 3.1.1, що включає 4 підпрограми (рис. 1, підпрограми 4.1.2.1–4.1.2.4), необхідно розпочинати впровадження програми медичних досліджень впливу водного фактору на умови мешкання та здоров'я населення 3.1.2.

Специфікою дослідження впливу водного фактору на умови мешкання та здоров'я населення є неможливість їх проведення безпосередньо на людях. Тому обов'язковим є проведення одночасних досліджень у населених пунктах, мешканці якого використовують питну воду з евтрофованих водних джерел, та у «фоновому» населеному пункті, в якому евтрофування відсутнє. При цьому у якості «фонового» обирається населений пункт, близький до досліджуваного за основними характеристиками

Таблиця 1

**Показники досліджень стану водних екосистем в умовах евтрофування**

| **Характеристики** | | | |
|---|---|---|---|
| Гідрофізичні | Гідрохімічні | Гідробіологічні | Біохімічні |
| • Вода:<br>температура,<br>прозорість,<br>завислі речовини,<br>кольоровість.<br><br>Донні відкладення:<br>колір,<br>дисперсність,<br>об'ємна вага скелету,<br>пористість,<br>природна та гігроскопічна вологість | • Вода та донні відкладення:<br>pH,<br>розчинений кисень,<br>показники сольового складу водного середовища,<br>загальний органічний вуглець,<br>біогенні елементи (мінеральні форми азоту та азот загальний, фосфати та фосфор загальний),<br>специфічні показники токсичної дії (вміст нафтопродуктів, фенолів, важких металів),<br>альготоксини (мікроцистин) | Вода:<br>видовий склад,<br>чисельність, біомаса,<br>сапробність фітопланктону, зоопланктону і зообентосу,<br>виявлення сезонної, добової та просторової (на різних ділянках водойми та по вертикалі) динаміки розподілу по акваторії водойми фітопланктонного угруповання,<br>потенційна здатність до «цвітіння» природних вод (методом культивування водоростей),<br>виявлення видового складу та чисельності водної мікофлори,<br>визначення токсичності з використанням різних тест-об'єктів<br><br>Вода та донні відкладення:<br>загальна чисельність мікроорганізмів,<br>чисельність сапрофітних мікроорганізмів,<br>чисельність окремих фізіологічних груп, анаеробних та спороутворюючих мікроорганізмів | • Вода:<br>величина первинної продукції,<br>співвідношення продукційно-деструкційних процесів A/R,<br>антиокислювальна активність,<br>БСК та співвідношення БСК/ХСК,<br>самоочисна здатність води,<br>визначення токсичності з використанням біохімічних та імуноферментних методів<br><br>Вода та донні відкладення:<br>параметри окислюваності (ХСК, ПО, співвідношення ПО/ХСК),<br>показники вмісту та співвідношення фотосинтетичних пігментів (хлорофіл «а», каротиноїди, індекс Маргалефа),<br>ферментативна активність |

(природно-кліматичні умови, чисельність населення, розвиток промисловості та ін.), але господарсько-питне водопостачання у якому здійснюється з підземних вод або з поверхневих неевтрофованих водних джерел.

Результати підпрограми 4.1.2.1 визначають умови мешкання населення за ступенем комфортності життя щодо водозабезпечення, особливості впливу евтрофування на характерні групи населення, які поділяються за рівнем життя, станом здоров'я, статтю та ін. На основі одержаних результатів окреслюються групи ризику (сенсибілізоване населення). Цей розподіл запропоновано здійснювати шляхом визначення: стану населення за демографічними показниками (чисельність, народжуваність, смертність, вікова та статева структура); соціально-побутових умов та потреб населення щодо водного фактору (каналізованість, рівень забезпеченості централізованим водопостачанням, наявність гарячої води, витрати води на господарсько-питні потреби); медико-статистичних характеристик, що визначають рівень захворюваності статевих та вікових груп населення та різні нозологічні групи хвороб, які виділяються за близькістю ряду наступних ознак: причини, особливості розвитку, типові зовнішні прояви та характерні ураження органів і тканин.

Дослідження еколого-гігієнічного стану води та місцевих умов (4.1.2.4) запропоновано здійснювати шляхом визначення санітарно-токсикологічних та санітарно-епідеміологічних характеристик, спрямованих на з'ясування ролі ціанобактерій та окремих гідробіонтів (бактерій, грибів, водоростей, які перебувають у симбіотичних зв'язках з ними і є активними складовими ценозів відкритих водних об'єктів), у порушенні умов мешкання та впливу на здоров'я населення з виявленням найбільш небезпечних з гігієнічних позицій видів. Ці характеристики визначаються з використанням методів санітарної мікробіології, водної токсикології та екологічної гідрохімії. Вони виявляються за допомогою санітарно-токсикологічних (наявність токсичних властивостей) та санітарно-епідеміологічних показ-

ників (наявність патогенних організмів, які створюють небезпеку інфікування великих груп населення) і характеризують безпеку водокористування з евтрофованого водного об'єкту.

Різноманіття альготоксинів, наднизькі концентрації, висока лабільність цих сполук, нестача відомостей щодо специфічності їх продукування окремими видами водоростей, а також щодо характеру їх дії на тестові об'єкти, істотно ускладнюють проблему їх аналітичного контролю.

Серед сучасних аналітичних методів, що застосовуються для визначення токсинів водоростей у водному середовищі, можна виокремити такі основні напрямки:

– фізико-хімічні методи, що ґрунтуються на визначенні точної концентрації конкретних відомих речовин за їх певними, раніше встановленими, фізико-хімічними характеристиками;

– методи біотестування, що дозволяють оцінити загальну реакцію тестових організмів чи культур на дію токсинів незалежно від хімічної природи цих речовин, яка може бути на цей час не визначеною;

– біохімічні та імуноферментні методи, що займають середнє положення в цьому ряду: вони реагують на присутність і дію певних груп токсинів і поєднують універсальність біотестів із точністю фізико-хімічних методів.

Для розвитку патологічного процесу звичайно недостатньо одного етіологічного фактору, повинні існувати умови, що сприяють реалізації його патогенної дії. Тому одночасно з медичними проводяться екологічні дослідження щодо виявлення місцевих умов та можливих супутніх факторів, які сприяють зниженню порогу чутливості організму до негативного впливу на здоров'я населення господарсько-питного водопостачання з евтрофованого водного об'єкту (метеоумови, забрудненість повітря мікроорганізмами, у тому числі й патогенними, біологічна (фізіологічна) повноцінність води, яку споживає місцеве населення).

Для визначення загальної екологічної та генетичної безпеки стану наземних екосистем і виявлення можливого впливу несприятливої екологічної ситуації на здоров'я населення до програми включено цитогенетичні методи інтегральної характеристики екологічної ситуації за загальним мутагенним фоном (мікроядерний тест).

Особливістю екологозалежних захворювань внаслідок порушень відношень організму та середовища його мешкання є те, що вони вражають не кожний індивідуум, а лише певну частину популяції. За результатами аналізу даних медичної статистики виділяється (сенсибілізована) група населення (4.1.2.2) з підвищеним ступенем небезпеки захворюваності, яка у подальшому обстежується із залученням медичних методів досліджень (4.1.2.3). Дослідження сенсибілізованого населення (група ризику) запропоновано здійснювати шляхом визначення імунологічних характеристик (дослідження імунного статусу населення) та розроблення імунодіагностикуму.

Визначення імунологічних характеристик пов'язане з тим, що імунна система є основною ланкою збереження гомеостазу організму при впливі різних факторів зовнішнього середовища. Тому медико-екологічні дослідження починаються з проведення комплексного клініко-експериментального імунологічного обстеження представників групи ризику. Вивчення імунного статусу обстежуваних цієї групи спрямоване на виявлення алергенів, які є етіологічним фактором його захворюваності, у першу чергу, ознак імунного відгуку на присутність токсинів та метаболітів СЗВ (наявність специфічних антитіл). В якості контрольної групи можуть бути обрані мешканці «фонового» населеного пункту.

Одночасно проводяться дослідження щодо розроблення діагностичних препаратів зі свіжовиділених токсичних штамів СЗВ евтрофованого водного об'єкту. Зазвичай це представники родів Microcystis, Anabaena та Aphanizomenon. Одержаний антигенний ціанобактерійний діагностикум використовується для проведення експресних імунодіагностичних досліджень населення групи ризику.

На основі аналізу результатів медико-екологічних досліджень сенсибілізованого населення розроблюються медико-екологічні оцінки впливу ціанобактерій на умови мешкання та здоров'я населення проблемного регіону, впроваджуються методи і заходи (табл. 2) щодо профілактики та корекції їх порушень, що має важливу медико-екологічну і соціальну значимість.

Програми екологічних та медичних досліджень в подальшому слугують науково-методичним підґрунтям моніторингу впливу процесів евтрофування на умови мешкання населення.

Результати досліджень за кожною з програм моніторингу являють собою екологічне оцінювання стану водних екосистем (якості вод) і оцінювання безпеки мешкання населення за водним фактором відповідно.

До складу моніторингу входять не тільки дослідження еколого-медичної безпеки водного фактору, а також обґрунтування управлінських рішень, спрямованих на досягнення еколого-медичної безпеки (рис. 1). Ці рішення розробляються у трьох напрямках: водоохоронні технології (п. 2.2.1), організаційні заходи (п. 3.2.2), вдосконалення нормативно-правової бази (п. 3.2.3).

На рис. 1 кожен з цих напрямків деталізується на основі рекомендованої послідовності їх здійснення. Послідовність визначена з урахуванням практики рішення аналогічних проблем. При виборі водоохоронних технологій запропоновано спочатку розглядати впровадження екологічно безпечного водовідведення (п. 4.2.1.1), далі розглядаються технічні рішення стосовно питного водозабору (п. 4.2.1.2),

Таблиця 2

**Перелік заходів оперативно-попереджувального змісту, які спрямовані на зменшення безпосереднього впливу на водокористувачів води евтрофованих водних об'єктів**

| Вміст хлорофілу «а», мкг/дм$^3$ | Оцінка впливу евтрофування на стан природно-антропогенної системи | Прогнозування розвитку фітопланктону методами ДЗЗ | Рекомендації (заходи) щодо оцінки методами ДЗЗ та наземних спостережень еколого-соціальної небезпеки «цвітіння» поверхневих вод і її зменшення | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Рекомендації (заходи) щодо еколого-соціальних рішень | | Рекомендації (заходи) щодо технічних рішень |
| | | | Щодо спостережень за станом вод | Щодо соціальних рішень | |
| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* |
| < 1 | Відсутність будь-яких проявів негативного впливу. | Малоймовірне погіршення наявного (I категорія) стану | Відповідно до рекомендацій щодо регламенту спостережень для вод I–II категорій. | Дозволяються всі види водокористування, в тому числі відповідні до існуючих дозволів на спеціальне водокористування. | Робота систем водопідготовки у штатному режимі. |
| 1–10 | Поява плівок на поверхні води, пригноблення функціонування особливо чутливих організмів. Перешкоди при водопідготовці, проскакування живих клітин водоростей. | Ймовірне погіршення наявного (II категорія) стану. | Відповідно до рекомендацій щодо регламенту спостережень для вод III–IV категорій. | 1. Попередити населення про можливість погіршення якості води<br>2. Попередити водогосподарські установи про можливість погіршення екологічної ситуації. | 1. Посилення контролю за роботою споруд. водопідготовки.<br>2. Підвищення витрат коагулянтів, часу відстоювання води. |
| 11–50 | Поява шару спливаючих водоростей, порушення збалансованості продукції і деструкції, уповільнення самоочищення, зміна видової і популяційної розмаїтості. Ускладнення процесів водопідготовки. Погіршення мікробіологічних показників води, поява запахів, присмаків. | Вельми ймовірне погіршення наявного стану (III категорія). | | 1. Попередити населення про необхідність тривалого кип'ятіння водогінної води.<br>2. Рекомендувати населенню застосування побутових засобів доочистки води (фільтрів тощо)<br>3. Обмежити рекреаційне водокористування. | 1. Посилення дезінфекції води.<br>2. На майбутнє – розробка рекомендацій щодо модернізації систем водопідготовки. |
| | | | | Попередити водогосподарські установи про можливість виникнення екологічно несприятливої ситуації. | |

Закінчення таблиці 2

| *1* | *2* | *3* | *4* | *5* | *6* |
|---|---|---|---|---|---|
| 51–100 | Утворення плям «цвітіння» і нагонних мас водоростей, різке погіршення якості води, пригноблення функціонування багатьох гідробіонтів аж до заморів; мікробіальне забруднення вод. На системах водопідготовки забивання фільтрів, обростання устаткування. Поява запахів і присмаків, альготоксинів; погіршення стану здоров'я найбільш чугливих груп населення. | Погіршення наявного стану (IV категорія). | Відповідно до рекомендацій щодо регламенту спостережень для вод III–IV категорії. | 1. Рекомендувати населенню вживання бутильованої води.<br>2. Заборонити рекреаційне водокористування.<br>3. Підсилити перевірку водопідготовки підприємств, що вживають в технологічному процесі воду за ГОСТ «Вода питна».<br>4. Рекомендувати медичним установам розробити профілактичні заходи для сенсибілізованої частини населення. | 1. Задіяти додаткові засоби очистки (наприклад, активоване вугілля).<br>2. На майбутнє – виробка рекомендацій щодо створення нових систем додаткової очистки води. |
| | | | Відповідно до рекомендацій щодо регламенту спостережень для вод V категорії. | 1. Попередити водогосподарські установи про можливість тимчасової заборони на використання джерела водо забезпечення.<br>2.Рекомендувати медичним установам підсилити протиепідеміологічний контроль щодо екологічно обумовлених захворювань. | |
| >100 | Товщина шару скупчення водоростей досягає декількох см, відбувається інтенсивне забруднення вод, росте їх токсичність, спостерігаються замори безхребетних і риб, відбувається деградація екосистеми<br>Водний об'єкт не може бути використаний як джерело питного водопостачання. | Значне погіршення наявного стану (V категорія) | | Заборонити використання водного об'єкта як джерела питного водопостачання. | Перехід на альтернативні джерела водозабезпечення. |
| | | | Скорочена оцінка. | 1. Заборонити використання водного об'єкту як джерела питного водопостачання<br>2. Винести питання про оголошення надзвичайного стану. | |

наприкінці – розглядаються біологічні методи поліпшення стану екосистем (п. 4.2.1.3).

Аналогічно пропонується здійснювати організаційні заходи (п. 3.2.2) при виконанні його елементів (п.п. 4.2.2.1 – 4.2.2.4) та вдосконалення нормативно–правової бази (п.3.2.3), що складається з одного – з розробки пакету документів, діяльності в галузі водокористування і водоохорони (п. 4.2.3.1).

Запропонований методичний підхід апробовано при проведенні екологічних та медичних досліджень причин виникнення спалахів екзогенного алергічного альвеоліту в одному з дніпровських регіонів. При використанні цього підходу дослідження умов мешкання сенсибілізованої групи знаходяться у площині медицини, яка вивчає стан здоров'я населення та чинники, що його формують.

Дослідження еколого-медичної безпеки водного фактору здійснювалося з допомоги технології дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) на основі даних, що були отримані від штучних супутників Землі. На основі отриманих даних оцінювався вміст хлорофілу – а у водних об'єктах, що досліджуються. З урахуванням визначеного вмісту хлорофілу–а визначався рівень евтрофування (стовп. 2 «Оцінка впливу евтрофування на стан природно-антропогенної системи» та стовп. 3 «Прогнозна оцінка ситуації за аналізом супутникових знімків і показників фітопланктону» табл. 2).

На основі аналізу отриманих даних розроблюються «Управлінські рішення, спрямовані на досягнення еколого–медичної безпеки» (рис. 1). Вони носять попереджувальний зміст і включають заходи, що наведені у стовп. 4, 5, 6 табл. 2.

При визначенні відповідних категорій якості водойм за рівнем їх евтрофування органи центральної, місцевої влади та органи місцевого самоврядування можуть спиратися на розроблені оперативно-попереджувальні рекомендації (заходи) щодо еколого-соціальних і технічних рішень та організовувати виконання цих рекомендацій у відповідних населених пунктах. Такі дії владних структур забезпечуватимуть своєчасний захист населення і зменшать негативний вплив евтрофування водних об'єктів.

Результати, одержані при проведенні досліджень за запропонованою програмою, є науковим обґрунтуванням для прийняття управлінських рішень, спрямованих на збереження здоров'я населення і оздоровлення евтрофованих водних екосистем. Для цього потрібно створити національні та/або місцеві системи спостереження і раннього попередження. Робота над такими системами перебуває на початковому етапі. Поки ще не створені ефективні системи для виявлення одиничних випадків захворювань, пов'язаних з використанням води в рекреаційних цілях (наприклад, із забрудненням води токсичними речовинами). Спалахи захворювань лише в рідких випадках реєструються як такі через відсутність або неадекватність систем інформування.

За результатами досліджень можна зробити висновки.

1. Процеси урбанізації та технічного прогресу є загрозою антропогенного евтрофування водних об'єктів і погіршення умов водокористування, що набуло глобальних розмірів і стало актуальною проблемою сучасності. В Україні антропогенне евтрофування водних об'єктів зростає за масштабами.

2. На сьогодні особливо актуальним стають проведення моніторингу евтрофування та його негативних наслідків, а також розробка за його результатами управлінських рішень, спрямованих на забезпечення реалізації конституційних прав громадян України на безпечне довкілля, життєдіяльність та раціональне використання водних ресурсів.

3. Розв'язання цього важливого і складного науково-практичного завдання потребує нового науково-методичного міждисциплінарного підходу, який на відміну від інших відомих з наукових інформаційних джерел, полягає у поєднанні взаємоузгоджених та взаємодоповнених уявлень щодо якісного стану водних екосистем як унікальних компонентів природних ландшафтів і впливу водного фактору на стан здоров'я та умови життєдіяльності населення. Отже, передбачено сумісний розгляд екологічного, ресурсного та соціального (медичного) аспектів проблеми.

4. Висвітлення концептуальних напрямів побудови з екологічних та соціальних (медичних) позицій програми моніторингу стану та можливого впливу евтрофованих водних об'єктів на умови життєдіяльності населення, реалізація власного позитивного досвіду з її апробації сприятимуть подальшому впровадженню запропонованого підходу у практику управління водокористуванням населених пунктів, розташованих на евтрофованих водних об'єктах для підвищення екологічної та соціальної (медичної) безпеки водокористування як складової реалізації Концепції сталого розвитку міст.

**Література**

1. Постанова Верховної Ради України «Про Концепцію сталого розвитку населених пунктів» (№ 1359-XIV від 24 грудня 1999 р.).
2. Закон України «Про державне прогнозування та розроблення програм економічного і соціального розвитку України» (№ 1602-III від 23 березня 2000 р.).
3. Данилишин Б.М., Дмитрієва О.О. Державна цільова екологічна «Програма упорядкування водовідведення в населених пунктах України» як основний документ перспективного розвитку водокористування в країні// Науково-практич. журнал «Вода. Водооочисні технології» – 2006. – № 3 (19), – С. 17–22.
4. Дмитрієва О.О. Екологічно безпечне водокористування у населених пунктах України. – К.: Рада по вивченню продуктивних сил України НАН України, 2008. – 459 с.

5. Toxic Cyanobacteria in Water. By I. Chorus and J. Bartram. – London and New York, 1999. – P. 114–140.
6. Braude A.I. 1982. Microbiology. Edited by C.E. Davis and J.Fierer, W.B. Saunders Company, Toronto. Ont. pp. 63-73, 796-800.
7. Bernstein J.A., Bernstein I.L. Allergenicity of cyanobacteria. https://www.access-science.com/content/allergenicity-of-cyanobacteria/YB1 30092.
8. Bioaerosols in the Earth System: Climate, Health, and Ecosystem Integrations. 16 authors. 016. Електронний ресурс: https:// www. researchgate.net/publication/306022972.
9. Wood, S.A., Dietrich, D.R. Quantitative assessment of aerosolized cyanobacterial toxins at two New Zealand lakes. J. Environ. Monit. 2011. Jun; 13(6): 1617-1624.
10. Директива 2000/60/ЄС Європейського Парламенту і Ради «Про встановлення рамок діяльності Співтовариства в галузі водної політики» від 23 жовтня 2000 року (Водна рамкова директива).
11. Директива 91/271/ЄЄС від 21 травня 1991 року стосовно очистки міських стічних вод.
12. Коляда Т. И. О роли цианобактерий и их симбионтов в возникновении вспышек острых легочных аллергозов / Коляда Т. И., Дмитриева Е. А., Калиновский С. В. // Аллергия, иммунология и глобальная сеть: взгляд в новое тысячелетие : Мат-лы VII Междунар. конгресса по иммуно реабилитации (Нью-Йорк, США, 14–17 апреля 2001 г.).– International Journal on Immunorehabilitation: 2001. – V. 3 / № 1. – IISSN 1562-3629
13. Дмитриева Е. А. Социально-экологические проблемы качества воды водоемов – источников питьевого водоснабжения / Дмитриева Е. А., Игнатенко Л. Г., Колдоба И. В. // Коммунальное хозяйство городов. – К.: Техніка. – 2004. – Вып. 55. – С. 50–59.
14. Звіт про науково-дослідну роботу за темою № 11/2.1.-17 «Науково-методичне обґрунтування програми моніторингу впливу гірничо-збагачувальних комбінатів, розташованих на евтрофних водоймах України, відповідно до вимог ЄС» / Міністерство екології та природних ресурсів України, НДУ УКРНДІЕП, Харків, 2017. 479 с.
15. Дмитрієва О.О., Колдоба І.В. Міждисциплінарний підхід до оцінювання еколого-соціальної безпеки водних об'єктів – джерел господарсько-питного водопостачання / О.О Дмитрієва., І.В Колдоба // Екологічна безпека та природокористування. Збірник наукових праць. / Київський нац. університет будівництва і архітектури/Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору. – Випуск 11, Київ – 2012. – С. 126–130.

**УДК 504.3:565**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-21**

# РАДІОЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ПРІСНОВОДНИХ ВОДОЙМИЩ – ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ ЗРОШУВАЛЬНИХ СИСТЕМ

**Григор'єва Л.І., Томілін Ю.А., Алексєєва А.О.**
Чорноморський національний університет імені Петра Могили
вул. 68 Десантників, 10, 54003, м. Миколаїв

У результаті аналізу чинного нормативно-технічного законодавства України у сфері забезпечення якості води, яка використовується для зрошення сільськогосподарських культур, показано відсутність нормативного забезпечення для оцінки якості цих вод за показниками радіаційної (радіоекологічної) безпеки. У роботі вирішувалося завдання пошуку наукових підстав для доповнення екологічних критеріїв якості зрошувальних вод критерієм щодо вмісту в останніх радіоактивних речовин. Результати роботи базувалися на результатах багаторічних радіоекологічних досліджень в агроекосистемах низов'я басейну річок Південний Буг, Дніпро, магістральних каналів і водоймищ зрошувальних систем Дніпровського та Південно-Бузького басейну та матеріалів досліджень, виконаних авторами при проведенні натурного експерименту на експериментальних ділянках сільських господарств Миколаївської області з різними типами ґрунтів. Встановлено, що екологічний критерій вмісту радіоактивних речовин у зрошувальній воді, зокрема, має містити радіоекологічний критерій – убезпечувати екосистему від надмірного забруднення, яке впливало б на стійкість і надійність зрошувальної екосистеми. Через те, що надійність екосистеми визначається складом її біоти, визначено коефіцієнти накопичення $^{60}$Co, $^{65}$Zn, $^{90}$Sr, $^{106}$Ru, $^{137}$Cs водяними рослинами (*Elodea canadensis, Potamogeton natans, Cladophora fracta*) водоймищ Південно-Бузької, Білоусівської, Інгулецької зрошувальних систем. З використанням методів теорії радіоємності екосистем запропоновано принцип радіоекологічної безпеки зрошувальних вод, представлено формулу для визначення величини контрольного (допустимого) рівня радіонуклідів у водоймищі зрошувальної системи за принципами радіоекологічної безпеки. Розраховано величини цих рівнів для радіонуклідів $^{60}$Co, $^{65}$Zn, $^{90}$Sr, $^{106}$Ru, $^{137}$Cs у водоймищі зрошувальної системи. Порівняно їх з рівнями, які було визначено авторами раніше, за принципами забезпечення радіаційної безпеки зрошувальної води. Це може скласти підставу нормативно-технічного забезпечення оцінки якості зрошувальної води за вмістом радіоактивних речовин. *Ключові слова:* радіонукліди, зрошувальна вода, водяна біота, радіоекологічна безпека.

**Radioecological safety of freshwater reservoirs - power sources for irrigation systems. Grygoryeva L., Tomilin Yu., Aleksieieva A.** As a result of the analysis of the current regulatory and technical legislation of Ukraine in the field of water quality assurance, which is used for irrigation of crops, the lack of regulatory support for the assessment of the quality of these waters by the indicators of radiation (radioecological) safety is shown. The problem of finding scientific grounds for supplementing ecological criteria of irrigation waters quality by the criterion concerning the content of the last radioactive substances was solved. The results of the work were based on the results of long-term radioecological researches in the agro-ecosystems of the lower basin of the Southern Bug river basin, Dnipro, main channels and reservoirs of the irrigation systems of the Dnieper and South-Bug basins and also research materials performed by the authors during the field experiments on different types of soils. It has been established that the ecological criterion of the content of radioactive substances in irrigation water, in particular, should contain the radioecological criterion – to protect the ecosystem from excessive pollution, which would affect the stability and reliability of the irrigation ecosystem. Due to the fact that the reliability of an ecosystem is determined by the composition of its biota, the coefficients of transition of $^{60}$Co, $^{65}$Zn, $^{90}$Sr, $^{106}$Ru, $^{137}$Cs into water plants of freshwater reservoirs, which feed the South-Buzka, Belousivsk, Ingulets irrigation systems are determined. Using the methods of the theory of ecosystem radiosimilarity, the principle of radioecological safety of irrigation waters and a formula for determining the magnitude of the control (allowable) level of radionuclides in the irrigation system water basin according to the principles of radioecological safety are proposed. The values of these levels for the $^{60}$Co, $^{65}$Zn, $^{90}$Sr, $^{106}$Ru, $^{137}$Cs radionuclides in the irrigation reservoir were calculated. These levels were compared with the levels previously determined by the authors on the principles of radiation safety of irrigation water. This may form the basis of regulatory and technical support for the assessment of irrigation water quality by the content of radioactive substances. *Key words:* radionuclides, irrigation water, biota, radioecological safety.

**Постановка проблеми**. Екологічні критерії оцінки якості зрошувальних вод в Україні встановлено рядом нормативно-технічних документів (НТД) [1; 3; 7–9]. У цих НТД вимоги до якості зрошувальної води за вмістом радіоактивних речовин не встановлено.

При цьому для зрошення на півдні України використовується вода з поверхневих водоймищ, яка може бути забруднена радіонуклідами через наявність у регіоні різноманітних чинників: Южноукраїнська та Запорізька АЕС (9 енергоблоків), гірничодобувні і гірничо-переробні комбінати у Кіровоградській та Миколаївській областях, підприємства Криворізького гірничопромислового басейну, гідрометалургійний завод із переробки уранової руди. На радіаційну обстановку у поверхневих водоймах півдня України також впливають підприємства нафтової, газової, вугільної промисловості

і теплової енергетики, що обумовлюється викидами, скидами і відходами з природними радіонуклідами. Свій внесок в обстановку можуть вносити і АЕС Болгарії, Румунії, Угорщини, які розташовані в безпосередній близькості.

**Актуальність дослідження**. Для поливу сільськогосподарських угідь джерелом водного забезпечення у світі виступають води різного походження: поверхневі (річкові, озерні, водосховищ), підземні, поворотні (стічні, які надходять з колекторно-дренажної мережі, тепло- і енергоцентралей, промислових підприємств). Незалежно від походження, всі води, які використовуються для зрошення, повинні відповідати загальній вимозі – не погіршувати властивостей ґрунтів та бути безпечними за вмістом токсичних та небезпечних речовин як для сільськогосподарської рослини, так і для людини.

В Україні, значна територія якої виступає зонами нестійкого і недостатнього зволоження, продовольче та ресурсне забезпечення також значною мірою залежить від наявності, стану та ефективного використання зрошуваних земель. Зрошувані землі розміщені в Україні переважно у степовій та лісостеповій природно-кліматичних зонах. Сьогодні державою визнано, що зрошення є необхідним фактором, від якого сільськогосподарське виробництво хоча ускладнюється та дорожчає, але підвищується його ефективність та сталість.

Іригаційна оцінка води в Україні за НТД [7–9] передбачає, зокрема, дотримання екологічних критеріїв якості води. Відповідно до цих документів екологічні критерії містять вимоги до еколого-токсикологічних та санітарно-гігієнічних показників, останні з яких стосуються і вмісту радіоактивних речовин. При цьому відносно радіоактивних речовин констатовано, що оцінка якості зрошувальної води має здійснюватися за окремим спеціальним нормативним документом. Однак, такого документа не існує.

Крім того, законодавство ЄС щодо радіаційної безпеки поповнилося новою Директивою Ради 2013/59/Євратом від 5 грудня 2013 року, яка розроблена на основі Основного стандарту безпеки МАГАТЕ GSR Part 3 і яка набула чинності 6 лютого 2014 року. Угодою про асоціацію між Україною та Європейським Союзом, Європейським Співтовариством з атомної енергії і їх державами-членами передбачено імплементацію в національне законодавство Директиви 2013/59/Євратом. Оновлена Директива розширює вимоги на цілий ряд джерел і категорій опромінення та охоплює, зокрема, захист населення та довкілля; має більш детальні вимоги до оцінок впливу на населення та довкілля, дозволів на викиди та скиди радіоактивних речовин до довкілля, радіологічного моніторингу та демонстрації відповідності умовам ліцензії стосовно опромінення населення; вперше від регулюючого органу вимагаються оцінка сумарної річної дози опромінення людини від всіх авторизованих джерел. Тому імплементація вимог Директиви 2013/59/Євратом у національне законодавство України має передбачати встановлення критеріїв радіаційної безпеки зрошувальної води. При цьому у питанні екологічної оцінки якості зрошувальних вод тільки за останні 20 років накопичений значний науковий матеріал, який, в першу чергу, стосується токсикологічних показників якості зрошувальної води. Стосовно радіаційної безпеки зрошувальних вод питання мало досліджені [10].

**Метою дослідження** є розроблення рекомендацій щодо доповнення екологічних критеріїв якості зрошувальних вод критерієм щодо вмісту в останніх радіоактивних речовин.

Робота виконувалась в межах кафедральної НДР 0113U005721. Матеріалами досліджень виступали результати польових радіоекологічних досліджень в агроекосистемах низов'я басейну річок Південний Буг та Дніпро, магістральних каналів і водоймищ зрошувальних систем Дніпровського басейну (Інгулецької, Каховської), Південно-Бузького басейну (Південно-Бузької, Білоусівської) протягом 1985–2010 років [5], а також матеріалів досліджень, виконаних авторами, при проведенні натурного експерименту з вивчення переходу радіонуклідів у зрошувальну воду (на експериментальних ділянках сільських господарств Миколаївської області з різними типами ґрунтів: чорноземів південних, чорноземів каштанових, чорноземів звичайних) [5; 12] та розробці нормативно-технічного документу [2], а також матеріали інших дослідників [10; 11; 13].

**Виклад основного матеріалу.** Екологічні критерії придатності води для зрошення передбачають оцінку за ступенем її впливу на землю, рослини та елементи зрошувальної системи. Чинні державні нормативно-технічні документи забезпечують оцінку якості води за наступними екологічними показниками: а) еколого-токсикологічні: 1) вміст важких металів, мг/л; 2) вміст пестицидів, мг/л; 3) вміст фенолів, ціанідів, мг/л; 4) вміст нафти і нафтопродуктів, мг/л; 5) вміст детергентів, мг/л; б) санітарно-бактеріологічні: 1) наявність бактерій групи кишкової палички (колі-індекс); 2) наявність фагів кишкової палички (індекс колі-фагів); 3) наявність патогенної мікрофлори; 4) наявність життєздатних яєць гельмінтів. Радіоактивні елементи не нормовані, хоча нормування і передбачено.

Базуючись на термінології нормативно-технічних документів [7–9] можна сформулювати екологічний критерій вмісту радіоактивних речовин у зрошувальній воді: якість води для зрошення встановлюється з урахуванням необхідності забезпечення безпечного радіаційно-гігієнічного (еколого-токсикологічного) стану й охорони навколишнього середовища від забруднення. Аналогічним чином оцінку якості води для зрошення за цим критерієм можна визначити як таку, що проводиться з метою попередження радіаційного впливу на компоненти природного середо-

вища та здоров'я людини. Таким чином, екологічний критерій вмісту радіоактивних речовин у зрошувальній воді, як і інші екологічні критерії у нормативно-технічних документах [1, 7–9], має два складники:

− радіаційно-екологічна – це убезпечення екосистеми від надмірного забруднення, яке впливало б на стійкість і надійність екосистеми (радіоекологічна безпека зрошувальних вод);

− радіаційно-гігієнічна – це убезпечення здоров'я людини (радіаційна безпека зрошувальних вод).

Ці складники обумовлюють різні методологічні підходи до визначення нормативних величин вмісту радіоактивних речовин у зрошувальній воді:

− за радіаційно-екологічною складовою мають передбачатися екосистемні принципи оцінки надійності агроекосистеми зрошуваного землеробства і застосування радіоекологічних підходів до оцінки якості зрошувальної води;

− за радіаційно-гігієнічною складовою мають передбачатися радіаційно-гігієнічні оцінки опромінення людини і забезпечення радіаційної безпеки продукції зрошуваного землеробства.

Результати визначення нормативних величин вмісту радіоактивних речовин у зрошувальній воді за радіаційно-гігієнічним критерієм висвітлено нами у нашій попередній роботі [6].

Визначення нормативів радіоекологічної безпеки вмісту радіоактивних речовин у зрошувальній воді здійснено за допомогою моделювання перенесення радіоактивності в екосистемі методом камерних моделей. Камерну модель екосистеми прісноводного водоймища, з якого живиться зрошувальна система, представлено на рис. 1.

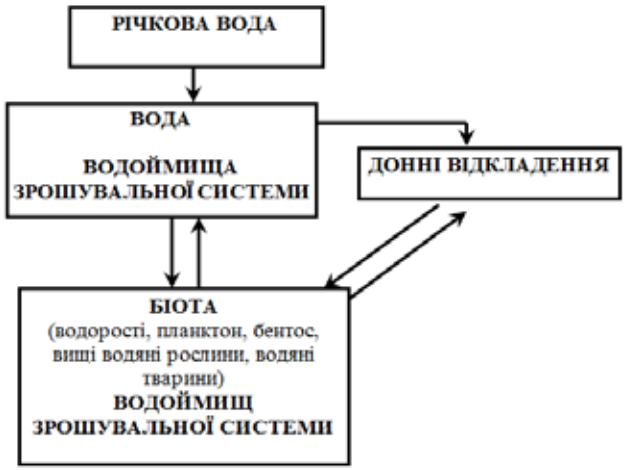



*Рис. 1. Камерна модель перенесення радіонуклідів в екосистемі водоймища – джерела живлення зрошувальної системи*

Життєздатність екосистеми, її стабільність і надійність забезпечується біотичним складником екосистеми. Біота екосистеми прісноводного водоймища – це водяні рослини, планктон, бентос, завдяки яким у водоймищі відбуваються процеси самовідновлення і самоочищення. Муловий ґрунт водоймища при такій біоті забезпечує процес утримання полютантів (в тому числі радіонуклідних) без шкоди для себе. Саме біота і донний покрив водоймищ відповідальні за надійність екосистеми водоймища. Тому оцінка радіаційно-екологічної безпеки водоймища нами проведена за цими компонентами екосистеми прісноводного водоймища.

Відповідні радіоекологічні дослідження [12] у прісноводних водоймищах, задіяних у зрошувальних системах на Миколаївщині: Таборівське, Трикратське – Білоусівської зрошувальної системи, Єкатеринівське, Степове – Південно-Бузької зрошувальної системи, Жовтневе – Інгулецької зрошувальної системи дали інформацію про якісний та кількісний склад біотичної складової таких водоймищ: основний об'єм біомаси водоймищ складає водяна рослинність, яка у масовому відношенні представлена: Елодея *(Elodea canadensis)*, рдест (*Potamogeton natans*) – 50%, нитчасті водорості (*Cladophora fracta*) – 20%, зелені водорості *(Ulva lactuca),* планктон – 15%, інші види вищих водяних рослин – 15%.

За результатами експериментальних досліджень, які проводили для визначення вертикального розподілу $^{90}$Sr, $^{54}$Mn, $^{106}$Ru у донному ґрунті Ташликського водоймища встановлено, що в середньому 42% $^{54}$Mn, 23% $^{90}$Sr і лише 1% $^{106}$Ru затримується у верхньому (5 см) шарі. Коефіцієнт накопичення $^{54}$Mn верхнім шаром мулів у прибережній частині ставка-охолоджувача становив 17±2, а $^{106}$Ru – 0,35±0,09. Останній зі збільшенням глибини (10-15 см) підвищувався до 0,8±0,1, що вказує на ліпшу міграційну здібність $^{106}$Ru. Аналогічні результати з депонування $^{90}$Sr, $^{137}$Cs показали дослідження у Таборівському водоймищі – джерелі живлення Білоусівської зрошувальної системи та у Степовому водоймища – джерелі живлення Південно-Бузької зрошувальної системи.

Встановлено, що найбільшою здатністю накопичувати радіоактивні речовини відрізняються занурені форми рослин, у яких відносно велика поверхня. З таблиці 1 видно, що найбільший коефіцієнт накопичення мали нижчі, нитчасті водорості ($10^4$–$10^5$), коефіцієнт накопичення вищих рослин не перевищував $10^4$ (табл. 1).

Будь-яка екосистема, мала чи велика, проста чи складна, здатна міцно і довго утримувати радіонукліди, що надходять до неї, шляхом активного накопичування чи пасивної сорбції, та фіксування на тривалий час значних кількостей радіонуклідів. Відсутність в екосистемі властивості щодо міцного утримування накопичених раніше радіонуклідів за будь-якої природної ситуації призводить до: 1) порушення трофічних зв'язків між компонентами екосистеми; 2) руйнування шляхів міграції і поглинання елементів живлення чи їхньої сорбції, 3) деградація екосистеми. Тобто здатність екосистеми накопичувати і міцно довго утримувати радіонукліди є її фундаментальною властивістю. Ця властивість забез-

печується в екосистемі нормально функціонуючою біотою. Також біомаса водоймища відіграє значну роль у транспортуванні радіонуклідів із води в донні відкладення. Радіонукліди, накопиченні живими організмами, при їх відмиранні міцо утримуються в детриті і разом із ним осідають на дно, переходячи в донні відкладення. Таким чином за допомогою біоти здійснюється очищення води водоймищ від забруднення радіонуклідами. Також є достатньо доказів того, що в періоди рясного цвітіння планктону pH води підвищується до 9–10 і через це відбувається істотне зниження рівня радіоактивного забруднення водоймищ, що є наслідком двох чинників – захоронювання радіонуклідів на дні водоймища разом із детритом і змін pH води, що є сприятливим до сорбції.

Враховуючи ці функції біоти, можна стверджувати, що наявність нормально функціонуючої міклофлори, а також багатоклітинних рослин і тварин є необхідними умовами стабільного функціонування водоймищ як поглиначів радіонуклідів. При відсутності біоти в достатній кількості і якості відбувається поступова деградація екосистеми.

Сьогодні встановлено, що пригнічення росту популяції фітопланктону та інших біосистем можна очікувати при середній питомій активності радіонуклідів у біомасі $\overline{A}$ понад $3{,}7*10^5$ Бк/кг. Цей рівень є орієнтовною границею забруднення біоти. Тому можна його використати в екологічних оцінках стану екосистеми водоймищ, які забезпечують функціонування зрошувальної системи, за допомогою оцінки радіаційної ємності екосистеми.

Радіаційна ємність екосистеми водоймища – це максимальна радіоактивність, яку здатна утримувати ця екосистема без шкоди для себе. Тобто радіаційну ємність забезпечує біота екосистеми, а наявність нормально функціонуючої мікрофлори водоймища, а також багатоклітинних рослин і тварин є необхідними умовами стабільного функціонування водоймищ як поглиначів радіонуклідів, що до них потрапляють.

Через те, що біота відіграє роль депо накопичення радіонуклідів у водоймах, які містять велику кількість біоти, то в таких випадках радіоємність біоти водоймища визначають:

$$A_в = P \times C \times K \times S \times H, \qquad (1)$$

де $A_в$ – загальна активність радіонуклідівв у біоті водоймища, Бк; $P$ – загальна маса біоти в одиниці об'єму води, кг/м$^3$; $K$ – середній коефіцієнт накопичення радіонуклідів; $C$ – питома активність радіонуклідів у воді, Бк/л; $S$ – площа поверхні водоймища, км$^2$; $H$ – глибина водоймища, м.

Виходячи з (1) можна визначити величину контрольного (допустимого) рівня $CC_i$ (Бк/л) радіонукліду $i$ у водоймищі зрошувальної системи за принципами забезпечення радіоекологічної безпеки:

$$CC_i = \frac{\overline{A} \times M}{P \times K_i \times S \times H} = \frac{\overline{A}}{K_i}, \qquad (2)$$

де $M$ – загальна маса біоти у водоймищі, кг.

З використанням даних таблиці 1 за формулою 2 розраховано величини $CC_i$ для радіонуклідів $^{60}$Co, $^{65}$Zn, $^{90}$Sr, $^{106}$Ru, $^{137}$Cs, які наведено у таблиці 2. Ці $CC_i$ відповідають нормативам вмісту радіонуклідів у зрошувальній воді, які визначено за радіаційно-екологічним принципом оцінки якості зрошувальних вод. У цій таблиці, для порівняння, для цих

Таблиця 1

**Коефіцієнти накопичення радіонуклідів водяними рослинами прісноводних водоймищ**

| Радіонуклід | Нитчасті водорості (*Cladophora fracta*) | Зелені водорості *(Ulva lactuca),* планктон | Елодея *(Elodea canadensis)*, рдест (*Potamogeton natans*) | Інші вищі водяні рослини |
|---|---|---|---|---|
| $^{60}$Co | 8750 | 39000 | 3490 | 6355 |
| $^{65}$Zn | 6110 | 13470 | 3110 | 7350 |
| $^{90}$Sr | 1910 | 62 | 805 | 430 |
| $^{106}$Ru | 2550 | 3200 | 1125 | 1580 |
| $^{137}$Cs | 1230 | 810 | 258 | 475 |

Таблиця 2

**Орієнтовані величини допустимих концентрацій *CCi* радіонуклідів у воді, що використовується для зрошення сільськогосподарських угідь способом дощування, розраховані за принципом радіоекологічної і радіаційної безпеки, Бк/л**

| Радіонуклід | За принципом радіоекологічної безпеки | За принципом радіаційної безпеки |
|---|---|---|
| $^{90}$Sr | 461,5 | 0,15 |
| $^{137}$Cs | 533,7 | 0,60 |
| $^{60}$Co | 25,7 | 8,00 |
| $^{65}$Zn | 49,3 | 0,60 |
| $^{106}$Ru | 175,0 | 38,00 |

радіонуклідів наведено також $CC_i$, які визначено за радіаційно-гігієнічним принципом оцінки якості зрошувальних вод [6].

Аналіз отриманих результатів свідчить, що різниця між відповідними величинами допустимих рівнів радіонуклідів у зрошувальній воді, визначених за принципами забезпечення радіоекологічної безпеки і принципами забезпечення радіаційної безпеки, сягає від декількох разів – до декількох порядків. Більш жорсткими вимогами до вмісту радіонуклідів у зрошувальній воді характеризується підхід, заснований на убезпеченні людини (принцип радіаційної безпеки). Однак підхід, заснований на принципі радіоекологічної безпеки, може стати у нагоді, наприклад, при оцінці екосистеми водойми для зрошення технічних культур.

Головні висновки:

1. Екологічний критерій вмісту радіоактивних речовин у зрошувальній воді має дві складові: перша – радіаційно-екологічна – це убезпечення екосистеми від надмірного забруднення, яке впливало б на стійкість і надійність екосистеми (радіоекологічна безпека зрошувальних вод); друга – радіаційно-гігієнічна – це убезпечення здоров'я людини (радіаційна безпека зрошувальних вод). У чинних нормативно-технічних документах відсутні нормативи як щодо радіоекологічної безпеки, так і щодо радіаційної безпеки зрошувальних вод.

2. Радіоекологічна безпека екосистеми прісноводного водоймища – джерела зрошувальної системи – забезпечується її біотою, яка у водоймищах Південно-Бузької, Білоусівської, Інгулецької зрошувальних систем представлена: Елодея (Elodea canadensis), рдест – 50%, нитчасті водорості (Cladophora fracta) – 20%, зелені водорості (Ulva lactuca), планктон – 15%, інші види вищих водяних рослин – 15%. Визначено коефіцієнти переходу $^{60}Co$, $^{65}Zn$, $^{90}Sr$, $^{106}Ru$, $^{137}Cs$ у ці водяні рослини. Найбільшою здатністю накопичувати радіоактивні речовини відрізняються занурені форми рослин, у яких відносно велика площа поверхні.

3. З використанням прийомів теорії радіоємності екосистеми встановлено математичну формулу для визначення величини контрольного (допустимого) рівня радіонуклідів у водоймищі зрошувальної системи за принципами забезпечення радіоекологічної безпеки. З використанням встановлених коефіцієнтів переходу радіонуклідів у водяні рослини розраховано величини цих рівнів для радіонуклідів $^{60}Co$, $^{65}Zn$, $^{90}Sr$, $^{106}Ru$, $^{137}Cs$. Порівняння з аналогічними рівнями, які було визначено авторами раніше за принципами забезпечення радіаційної безпеки зрошувальної води, вказало, що більщ жорсткі вимоги до вмісту радіонуклідів у зрошувальній воді забезпечують саме останні принципи.

**Література**


1. ВНД 33-5.5-02-97. Якість води для зрошення. Екологічні критерії. (Харків, 1998) 15 с.
2. Временные рекомендации по контрольным (допустимым) концентрациям радионуклидов в воде, используемой для полива сельхозугодий в районах АЭС (М: МОЗ СРСР, 1988 р.).
3. ГН 6.6.1.1-130-2006. Допустимі рівні вмісту радіонуклідів $^{137}Cs$ і $^{90}Sr$ у продуктах харчування та питній воді
4. Григор'єва Л.І. Якість зрошувальної води: підходи до розробки радіаційно-гігієнічних критеріїв. Збірник наукових праць Одеської державної академії технічного регулювання і якості 2(7) (2015). С. 9.
5. Григор'єва Л.І., Томілін Ю.А. Радіоекологічні та радіобіологічні аспекти зрошуваного землеробства півдня України. (Миколаїв, 2006). 264 с.
6. Григор'єва Л.І., Томілін Ю.А., Алексєєва А.О. Доповнення екологічних критеріїв якості зрошувальних вод критерієм радіаційної безпеки // Наукові праці. Серія: Техногенна безпека. Т. 318., Вип. 306. 2018. С. 41–46.
7. ДСТУ 2730-94. Якість природної води для зрошення. Агрономічні критерії. (К. : Держстандарт України, 1994) 14 с.
8. ДСТУ 7286:2012. Якість природної води для зрошення. Екологічні критерії. (К. : Мінекономрозвитку України, 2013) 14 с.
9. ДСТУ Якість води для систем крапельного зрошення. Агрономічні і екологічні критерії. (К. : Держстандарт України, 2015) 16 с.
10. Козленко Є.В. Вплив умов формування води Інгулецької зрошувальної системи на агрономічні та екологічні показники її якості. Зрошуване землеробство 56 (2011). С. 164.
11. Майдебура О.П., Вожегова Р.А., Гудков І.М. Міграція радіонуклідів на зрошуваних грунтах півдня України. Зрошуване землеробство 59 (2013) С. 136.
12. Томілін Ю.А., Григор'єва Л.І. Радіонукліди у водних екосистемах південного регіону України: міграція, розподіл, накопичення, дозове навантаження на людину і контрзаходи. (Миколаїв, 2008). 225 с.
13. Якименко А.Н. Оценка качества воды Киевского водохранилища по показателям радиационной безопасности. Химия и технология воды. 35 (2013). С. 341.

**УДК 504.062.2**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-22**

# КАРТОГРАФУВАННЯ ЯКОСТІ ПРИРОДНИХ ВОД: РАЦІОНАЛЬНИЙ ПІДХІД ПІДВИЩЕННЯ РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

**Данілян А.Г., Тірон-Воробйова Н.Б., Романовська О.Р.**
Дунайський інститут
Національного університету «Одеська морська академія»
вул. Фанагорійськая, 9, 68607, м. Ізмаїл
enginmarin@ukr.net, natasha_vorobyova@list.ru, formatirung@gmail.com

Сучасна екологічна загроза все більше торкається не тільки окремої людини, а й всієї спільноти. Із втіленням своїх постійних бажань людина не помічає суттєвого: своїми впевненими діями та кроками, вона порушує природний устрій, що так довго та безперервно «втілювався в життя». Із початком постійного антропогенного втручання людей, екологічний стан природного устрою, зокрема, водних ресурсів (на що звернено окрему увагу в статті) значно погіршився, тим паче, що саме із недосвідченістю, непрофесіоналізмом людей, зайнятих питаннями захисту навколишнього середовища, природа змінюється. Та й всі зміни лише в поганий бік. Якісні показники води – це щось з «області фантастики». Хоча всі це розуміють, але водночас розуміння, сприймання цього не є доцільним, якщо влада, керівництво, екологи – не мають чітких дій, тим більше, більша частина сучасних екологічних проектів щодо захисту природного устрою (наголошення водного середовища) корумпована. У статті чітко відокремлено аспекти щодо знищення водного середовища, погіршення водного стану річок, водойм, якості самої питної води. Де Ви зараз бачили якісну питну воду? Все більше людей вживають бутильовану, ніби-то очищену. Це все міф. Водночас, авторами статті показано фактичний раціональний «вихід-відокремлення» зі складної екологічної катастрофи щодо природних водних ресурсів. Це створення крупномасштабних мап-провідників, які б у подальшому сприяли очному порозумінню людством цілісної картини нещадних забруднень природних водойм. Картографування якості природних вод – це один із виходів, який сприятиме раціональному сприйманню сучасною спільнотою рівня екологічної безпеки. Тим паче, що більша частина регіонів України – високо забруднені та саме вони підпорядковуються водоохоронним заходам, які спрямовані на зменшення забрудненості води. *Ключові слова:* картографування, екологічна мапа, водні ресурси, екологія, екологічна безпека, якість природних вод, екологічна ситуація в Україні.

**Mapping of the quality of natural waters: rational approach to the environmental risk of the environmental safety. Danilian A., Tiron-Vorobiova N., Romanovska O.** The contemporary environmental threat is increasingly affecting not only one person as well as the whole society. With the realization of his constant desires, man does not notice the main points: by his confident actions and steps, he disrupts the natural system, which was “embodied in life” for so long and continuously. With the commencement of constant anthropogenic human intervention, the ecological condition of the nature, in particular, of water resources (to which much attention is paid in the article), has significantly deteriorated, especially because of inexperience, unprofessionalism of people engaged in environmental protection, the nature is changing. And all the changes are only for the worse. Water quality is something from the “fantasy area”. Although everyone understands it, but at the same time understanding it is not advisable if the authorities, management, ecologists do not have clear actions, and most modern environmental projects on the protection of the natural environment (especially water environment) are corrupt. The article deals with the aspects of the destruction of the water environment, deterioration of the water condition of rivers, water reservoirs, the quality of portable water. Where have you seen portable water of high quality now? More and more people are using bottled water, as if it is cleaned. It’s a myth. At the same time, the authors of the article show the actual rational «way out» from a complex ecological disaster concerning natural water resources. This is the creation of large-scale maps which would further promote understanding of humanity with a coherent picture of the ruthless pollution of natural water reservoirs. Mapping the quality of natural waters is one of the ways out which would contribute to a rational perception of the level of environmental safety by contemporary society. Moreover, most of the regions of Ukraine are highly polluted and they are subject of water conservation measures which aim is to reduce water pollution. *Key words:* mapping, ecological map, water resources, ecology, ecological safety, quality of natural waters, ecological situation in Ukraine.

**Постановка проблеми.** Нинішня екологічна ситуація в Україні, яка формувалась впродовж тривалого часу через нехтування об’єктивними законами розвитку і відтворення природних геосистем, характеризується як кризова. Територія України відзначається надмірним техно- і антропогенним навантаженням на природне середовище та високим ступенем його забруднення. Промислове навантаження на довкілля від викидів підприємств у розрахунку на 1 кв. км площі країни становить близько 6,5 тонн на душу населення – більше ніж 80 кг на рік. В Україні ще не напрацьований серйозний досвід у сфері утилізації відходів: переробляється всього 5–10% сміття, решта накопичується у вигляді захоронень на полігонах, які стають об’єктами екологічної небезпеки.

Масштаби змін природного середовища залежать від двох основних факторів: інтенсивності прояву речового складу забруднювачів та здатності природи до самоочищення. Тверді, рідкі й газоподібні викиди забруднюючих речовин поступають у всі компоненти природи: воду, ґрунт, атмосферне повітря. Найбільше викидів здійснюється в атмосферне пові-

тря, через яке небезпечні речовини поширюються в інші компоненти природи, підвищуючи тим самим уже існуючий у них рівень забруднення.

У процесі довготривалої дії забруднювачів погіршуються чи порушуються основні природні, соціально-економічні функції природного середовища. Це ускладнює життя всіх живих організмів, а особливо негативно впливає на стан здоров'я та тривалість життя людей: за даними ВООЗ (Всесвітньої організації охорони здоров'я) українці живуть в середньому на 10 років менше, ніж європейці та жителі багатьох інших країн світу.

Екологічна криза вимагає інтенсивного екологічного виховання підростаючого покоління, зокрема і населення загалом. Дієвим наочним інструментом для накопичення знань про закономірності розвитку та функціонування природних комплексів (екосистем), формування екологічної культури є картографічні документи та науково-популярна література [1].

**Актуальність дослідження.** Картографування якості природних вод дозволяє виявити деякі її територіальні закономірності, які можуть мати певне значення при плануванні заходів щодо поліпшення якісного стану природних вод. Оцінка якості води за показниками дозволяє провести порівняльну оцінку якості води різних водних об'єктів між собою (незалежно від присутності різних забруднювальних речовин), виявити тенденцію змін якості води за роками, спростити і значно поліпшити форму представлення інформації, в тому числі у вигляді карт.

**Зв'язок авторського дослідження з важливими науковими та практичними завданнями.** На основі проведених еколого-географічних досліджень в Україні видано низку карт і атласів як території держави в цілому, так окремих її регіонів. У них проаналізовано загальний екологічний стан довкілля та його важливих компонентів: атмосферного повітря, водних об'єктів, ґрунтів [2].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В Україні проходила тематична виставка, яка була присвячена екологічним дослідженням. На ній були представлені картографічні та книжкові видання, в яких розглянуто найактуальніші екологічні проблеми нашої країни, зокрема, сучасний стан та перспективи забезпечення населення країни водою, екологічні проблеми річок та морів, стан лісових ресурсів, проблеми, пов'язані з радіоактивним та електромагнітним забрудненням території України. Висвітлено також екологічні проблеми українських ґрунтів, проблеми, пов'язані з використанням корисних копалин, надмірним забрудненням повітряного середовища тощо.

Особливої уваги привертають питання щодо екологічних проблем річок та морів, бо, як відомо, вода, водні ресурси нашої держави – це найцінніше серед багатьох інших природних ресурсів-джерел «вдалої» екології. Тому що вода – це прямий переносник як корисного, так і шкідливого для здоров'я всієї спільноти. Останньому привертається зараз дуже висока увага, але, за недбалістю людства, недостатнім досвідом з боку керівництва країни, екологів, ситуація дуже складна, більш того, корумпована [3].

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, якій присвячена стаття.** Генеральна Асамблея Організації Об'єднаних Націй на своїй ще сорок сьомій сесії 6 листопада 1992 року, визначаючи роль водних ресурсів у забезпеченні сталого соціально-економічного розвитку суспільства, прийняла резолюцію, згідно з якою 22 березня кожного року відзначається Всесвітній день води. В іншому міжнародному документі сказано, що «вода насичує (просякає) всі аспекти розвитку людини. Якщо людям відказано у чистій побутовій воді або її не досить як виробничого ресурсу, то їх вибір і свобода обмежені слабким здоров'ям, бідністю і приниженням».

Згідно з даними ЮНЕСКО, на сьогодні у світі понад 1,5 мільярди людей не мають доступу до якісної питної води, а за прогнозами Всесвітньої метеорологічної організації до 2020 року з нестачею питної води може зіткнутися все населення землі [4].

Метою тематичної виставки «Водні ресурси України», яка проходила на території нашої держави, є привернення уваги та підвищення рівня інформативності, щодо важливості збереження та освоєння водних ресурсів, проблеми якості води, необхідності охорони водних ресурсів та їх раціонального використання.

Вода – одна з найважливіших компонентів біосфери, основа життя на Землі та є одним із найголовніших видів природних ресурсів. Поняття «водні ресурси» охоплює всі води нашої планети, що перебувають у вільному, хімічно незв'язаному стані. Вони у широкому розумінні складаються з вод Світового океану та поверхневих (ріки, озера, водосховища, ставки) і підземних вод суходолу, а також вод, зосереджених у льодовиках, заболоченій і перезволоженій землі, атмосфері. У вузькому розумінні до поняття водні ресурси належать поверхневі та підземні води певної території й акваторії, придатні для використання у сільськогосподарському і промисловому виробництві та для задоволення комунально-побутових потреб населення.

Україна належить до держав з недостатнім забезпеченням водними ресурсами. Вона – одна з найменш водозабезпечених країн Європи. Водні об'єкти України вкривають 24,2 тис. кв. км, що становить 4,0% від її загальної території (603,7 тис. кв. км). До цих об'єктів належать річки, озера, водосховища, ставки, канали тощо. Територія України має не дуже густу річкову мережу (середнє значення – 0,34 кв. км.), тут нема великих природних водойм і небагаті запаси підземних вод. Болота, що були природним регулятором водності річок, нині наполовину осушені. Отже, водні природні ресурси України – це, насамперед, місцевий і транзитний стік річок, водні запаси озер, штучних водойм і підземних горизонтів.

При здійсненні водогосподарської політики в нашій країні впродовж багатьох десятиліть вода ніколи не розглядалася як основа життєзабезпечення природних екосистем і людини, не враховувався і не прогнозувався економічний стан водних систем і їхній вплив на біорізноманіття.

Традиційно вода розглядалася і використовувалась тільки як господарський ресурс для промислового і сільськогосподарського виробництва, отримання електроенергії, а також для скидання стічних вод, що зрештою і призвело до вичерпання природно-екологічного потенціалу водних ресурсів.

Інтеграція України до Європейського Економічного Співробітництва (ЄЕС) і Світової організації торгівлі (СОТ) передбачає формування та реалізацію збалансованої політики переходу України до сталого розвитку. Екологічні вимоги СОТ передбачають зменшення негативного антропогенного впливу господарської діяльності на навколишнє природне середовище і здоров'я людей. Україна має узгодити свою національну стратегію розвитку з вимогами ЄЕС, СОТ і міжнародними зобов'язаннями зі сталого розвитку загалом та екологічними і водними зокрема [5].

**Новизна.** Міжнародні експерти ВООЗ встановили, що понад 60% захворювань у світі зумовлено вживанням недоброякісної води. Отже, сьогодні вода розцінюється не тільки як природний ресурс, вона має яскраво виражену соціальну значимість. У підтвердження цьому Міністерською декларацією Всесвітнього Водного Форуму в Гаазі в 2000 році, Міжнародною конференцією по прісній воді (Бонн, грудень 2001 рік) якість води визнана основним показником збалансованого розвитку суспільства, його безпеки й існування в цілому. Саме тому забезпечення наших громадян, галузей економіки доброякісною водою є одним із пріоритетних завдань соціально-економічної політики для України.

**Методологічне чи загальнонаукове значення.** Раціональне використання природних ресурсів (у нашому випадку – водних), гармонізація взаємин людини і природи, охорона навколишнього середовища – ці питання відносяться до найбільш актуальних проблем сьогодення, бо торкаються кожного жителя планети, оскільки від їхнього вирішення залежить майбутнє всього людства.

**Виклад основного матеріалу.** Водні ресурси являють собою стратегічний, життєво важливий природний ресурс, що має особливе значення. Вони є національним багатством кожної країни, однією з природних основ її економічного розвитку. Вони забезпечують усі сфери життя і господарської діяльності людини, визначають можливості розвитку промисловості й сільського господарства, розміщення населених пунктів, організації відпочинку й оздоровлення людей.

Із загальної поверхні планети, площа якої становить 510 млн км, вода займає 70,8%, але більше як 98% усіх водних ресурсів планети становлять води з підвищеною мінералізацією, які мало придатні для господарського використання. Частка прісних вод, придатних для господарського споживання становить всього 4,2 млн км (0,3% загального об'єму гідросфери). Більша частина населення планети страждає від нестачі води, або від її незадовільної якості. Питна вода є однією з головних проблем XXI століття. З якістю питної води пов'язані стан здоров'я людей, екологічно безпечне харчування, вирішення проблем медичного і соціального благополуччя.

Вплив факторів людської діяльності проявляться неоднозначно і з різною інтенсивністю. Вилучення з річок частини стоку на господарсько-побутові, сільськогосподарські та промислові цілі, його регулювання і перерозподіл, скидання стічних і поворотних вод прямо впливає на режим, якість та об'єм стоку. Розорювання територій, агротехнічні, гідротехнічні та інші меліорації, вирубування лісів, застосування важкої сільськогосподарської техніки безпосередньо впливають на зміни водно-фізичних властивостей ґрунтів, теплового і водного балансів, порушують взаємозв'язок поверхневих і підземних вод, їх хімічний склад. Інтенсивні засади ведення господарства потребували введення до кругообігу все нових і нових природних ресурсів у всезростаючих об'ємах, що призводило до нагромадження великих об'ємів відходів [6]. Водні ресурси України у сучасних умовах – один із головних лімітуючих факторів розвитку і розміщення продуктивних сил. Вони також визначають рівень життя і здоров'я населення.

Небезпечна екологічна ситуація, що склалася в Україні, особливо у галузі водного господарства, пов'язана з недоліками господарського планування, екстенсивним веденням господарства залишковим принципом виділення коштів на водоохоронні (і загалом на природоохоронні) цілі, низьким рівнем використання у водогосподарській практиці товарно-грошових відносин, недостатнім рівнем фінансування наукових досліджень у галузі водокористування, безконтрольним і без урахування місцевих умов розвитком енергетики, хімічної та металургійної промисловості.

Доцільно було б розглянути стан водних ресурсів з позицій водної екології. Це вимагає зміни ідеологічних уявлень і пов'язаних зі зміною понять про місце людини та її діяльності в екосистемі планети. Слід твердо розуміти, що стан водних об'єктів і водних ресурсів тісно пов'язані зі станом водозборів, іншими словами, ґрунтів, лісів, атмосферного повітря. Тому оцінювати стан водних екосистем можна лише у сукупності з оцінкою стану всієї території водозбору, області, регіонів.

Певною мірою на стан водних ресурсів окремих регіонів світу впливає зміна клімату (зокрема внаслідок парникового ефекту): яка може спричинити виникнення чи розширення аридних зон. Однак ні

ймовірність, ні масштаби цих процесів сьогодні достовірно ще не можуть бути оцінені.

Таким чином, кількісне виснаження і «якісне виснаження» водних ресурсів – це дві сторони проблеми. Забруднення води призводить до зміни екосистеми річки, але при зменшенні забруднення екосистема відновиться. Це відбувається до певної межі забруднення. Після досягнення такої межі екосистема не відновлюється. Самоочищення і самовідновлення стає неможливим тому, що змінився склад екосистеми.

Для самоочищення і самовідновлення природі ще до досягнення критичної межі забруднення необхідний певний час, а інтенсивність людської діяльності не дає цього часу екосистемам водних об'єктів.

Уже сьогодні третина населення землі відчуває нестачу питної води. Багато дискусій та публікацій про раціональне водокористування, про охорону вод і тому подібне. Тому більш доцільним сприйняттям є картографування (екологічні мапи допомагають споживачу обрати дійсно безпечну і корисну воду для щоденного споживання). Зокрема:

Мапа № 1. Якість поверхневих вод. Проблема екологічного стану водних об'єктів є актуальною для всіх водних басейнів України. Вода у більшості з них класифікується як «забруднена» і «брудна» (IV–V клас якості). Найгостріша ситуація спостерігається в басейнах Дніпра, Сіверського Дінця, річках Приазов'я, окремих притоках Дністра і Західного Бугу, де якість води класифікується як «дуже брудна» (VI клас).

Мапа № 2. Урбанізованість території. В Україні інтенсивно відбуваються процеси урбанізації, негативними наслідками яких є надмірна концентрація промислових об'єктів на обмеженій території. Це призводить до руйнування природного середовища великих міст. Висока забрудненість викидами й відходами, незадовільний стан життєзабезпечувальних систем, швидке зростання населення міст і потреба розширення територій призвели до непридатності до використання більшості поверхневих вод. Найбільш густонаселеними та екологічно проблемними є східна частина України, місто Київ, а також міста – «мільйонники».

Мапа № 3. Використання питних вод. Поверхневі води є джерелом питного водопостачання для понад 70 % населення України. В окремих населених пунктах питна вода за фізико-хімічними показниками (загальна мінералізація, жорсткість, місткість заліза, фтору тощо) не відповідає вимогам ДСТУ 2874-82 «Вода питна. Гігієнічні вимоги й контроль якості». Майже 1200 населених пунктів частково чи повністю забезпечуються питною водою, що привозиться. Разом з тим, середньодобове споживання води на одного мешканця міста в Україні становить 325 дм$^3$, тоді як у великих містах Європи цей показник становить лише 100–200 дм$^3$. Найбільший рівень споживання води спостерігається в Центральній та Східній Україні.

Мапа № 4. Обсяги викидів неочищених та недостатньо очищених стічних вод. Для переважної більшості підприємств промисловості та комунального господарства скиди забруднювальних речовин істотно перевищують гранично допустимий рівень. Це призводить до забруднення водних об'єктів і порушення норм якості води. Сьогодні четверта частина очисних споруд водопровідної мережі, кожна п'ята насосна станція та половина насосних агрегатів відпрацювали нормативний строк експлуатації. В аварійному стані перебуває понад 30% водопровідних та каналізаційних мереж. Щодоби у водойми скидається понад 10,6 тис. куб. метрів неочищених і недостатньо очищених стічних вод. Найгостріша ситуація спостерігається в Східній Україні та в Криму.

Якість води у природі формується в основному гідробіонтами, які відповідно до гідрологічного і гідробіологічного режимів водного об'єкту створюють складну екосистему. Створюючи необхідні умови існування водних організмів, людина практично завжди матиме воду оптимальної якості, що в свою чергу дасть змогу протягом необмеженого часу використовувати її безперервно у формі ресурсообігу [7]. Створення таких умов неможливе без зміни ставлення до інших сторін діяльності людей на всій території водозбору. Отже, щоб створити сприятливі умови у воді річки (водного об'єкту) для розвитку тих гідробіонтів, які будуть очищати воду і які самі не забруднюватимуть воду, необхідно вести сільське господарство таким чином, щоб у річки не потрапляли біогенні елементи, хімікати та органічні залишки функціонування тваринництва, щоб не скидались забруднені промисловістю і комунальним господарством стоки, не викидались у повітря сотні тисяч тонн сполук сірки, азоту, вуглецю тощо, які потім падають на поверхню землі у вигляді різних кислот, солей та інших сполук і зрештою потрапляють у річку. Крім того, щоб створити нормальні умови для нормального розвитку бажаних гідробіонтів, треба створити певні гідробіологічні умови, зокрема не перетворювати річки з текучою водою у стоячі води.

**Головні висновки.** Забруднення водних об'єктів – джерел питного водопостачання – тягне за собою погіршення якості питної води та створює серйозну небезпеку для здоров'я населення в багатьох регіонах України. Відставання України від розвинутих країн по середній тривалості життя та висока смертність певною мірою пов'язані саме із споживанням неякісної питної води.

З огляду на вкрай низьку якість і фактичну непридатність до споживання водопровідної води, українці все більше споживають бутильовану воду. Саме обрання споживачами екологічних мап безперечно допоможе обрати безпечну, чисту, корисну воду для щоденного споживання. Тим самим, полегшить прикладне розумове осмислення людиною сучасної екологічної ситуа-

ції в Україні. Та, щоб вийти зі стану екологічної кризи, необхідно змінити систему природокористування, у якій поруч із використанням мали б місце пріоритети охорони природи та відновлення природних ресурсів.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Для підтримання природно-екологічної рівноваги в навколишньому природному середовищі і забезпечення сталого розвитку держави необхідне удосконалення управління використанням, охороною і відновленням водних ресурсів та беззастережне виконання екологічних вимог.

Для регіонів високої та дуже високої забрудненості необхідно розробляти крупномасштабні карти, за якими можуть плануватися заходи з охорони водних об'єктів конкретних регіонів. Такі регіони в першу чергу потребують водоохоронних заходів, спрямованих на зменшення забрудненості води. Розробка крупномасштабних карт потребує детальної вивченості рік: в межах території картографування кожна річка повинна мати як мінімум два пункти спостереження на достатній відстані один від одного. Це дасть змогу простежити тенденції змін санітарно-гігієнічних характеристик природних вод.

**Література**


1. Водні ресурси на рубежі XXI ст.: проблеми раціонального використання, охорони та відтворення / За редакцією академіка УЕАН, д.е.н., професора М.А. Хвесика. К. : РВПС України НАН України, 2005. 564 с.
2. Водні ресурси у вимірах природного багатства України. / [М.А. Хвесик та ін.; за заг. ред. М.А. Хвесика]; НАН України, Держ. установа «Ін-т економіки природокористування та сталого розвитку НАН України». Київ : Ін-т економіки природокористування та сталого розвитку, 2016. 108 с.
3. Економіка водокористування : навч. посіб. / В.І. Павлов [та ін.]; Акад. екон. наук України, Хмельниц. Обл. екол.-натураліст. центр учнівської молоді. Вид. 2-ге, випр. і допов. Хмельницький : Поліграфіст-2, 2010. 239 с.
4. Використання та охорона водних ресурсів = Use and protection of water resources : навч. посіб. Львів : Видавнич. Центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2009. 304 с.
5. Микула О.Я. Кадастр природних ресурсів: навч. посібник / О.Я. Микула, М.Г. Ступень, В.Ю. Пересоляк. Л. : Новий Світ, 2006. 192 с.
6. Обухов Євген Васильович Економіко-екологічні оцінки проектів великих українських водосховищ : монографія / Одеський держ. екологічний ун-т. О. : ТОВ « ІНВАЦ», 2008. 100 с.
7. Паламарчук М.М., Закорчевна Н.Б. Водний фонд України : довідковий посібник / за ред. В.М. Хорєва, К.А. Алієва. К. : Ніка-Центр, 2006. 392 с.

**УДК 504.064**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-23**

# АНАЛІЗ ГІДРОХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ У КИЇВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

**Попова І.В., Зінченко Н.Ю., Сімурова Н.В., Майборода О.І.**
Національний університет харчових технологій
вул. Володимирська, 68, 01601, м. Київ
ivpopova@bigmir.net, nuzinchenko@bigmir.net,
n.v.simurova@gmail.com, mayboroda_l@rambler.ru

Якість води відбиває соціально-економічні проблеми суспільства. Можна констатувати, що поверхневі води «хворі» у значенні їх здатності до процесів самоочищення так само, як і суспільство, яке сьогодні не в змозі знайти спільні колективні рішення по досягненню збалансованості між економічним зростанням, соціальним розвитком і охороною навколишнього середовища – основними компонентами процесу сталого розвитку цивілізації. Глобальний характер людської діяльності з розвитку промисловості, аграрного комплексу, транспорту, комунального господарства, формуванню мегаполісів, зростанню міст і селищ призвів до широкомасштабного забруднення поверхневих вод неочищеними стоками промислового, сільськогосподарського виробництв і комунального господарства. Склад стічних вод постійно ускладнюється через синтез нових хімічних речовин, які володіють токсичними, канцерогенними та мутагенними властивостями, і тому важко видаляються, що практично виключило можливість природного самоочищення водойм. Забруднення вихідної води досягли такого рівня, що водоочисні споруди, побудовані у відповідності з діючими в світі нормами, вже давно не в змозі перешкоджати попаданню в питну воду речовин, які перетворилися на реальну загрозу для здоров'я людини. Все це призводить до необхідності пошуку нових альтернативних технологій водообробки, використання яких дозволило б отримувати безпечну для здоров'я питну воду, навіть з досить сильно забруднених деякими видами хімічних речовин. Для вирішення цих завдань необхідно ретельно виробити стандарти оцінювання якості і методів дослідження поверхневих вод, проводити комплексний моніторинг усіх об'єктів навколишнього середовища. Таким чином, виявлення пріоритетних видів забруднення надасть можливість запобігти великих матеріальних збитків при ліквідації надзвичайних ситуацій, що виникають при надлишковому фізико-хімічному забрудненні поверхневих вод. Тому актуальним постає питання дослідження поверхневих вод, з яких здійснюється водовідбір для споживання у великих містах, щодо якісного та кількісного вмісту органічних і неорганічних речовин, іонів, які зумовлюють фізико-хімічні показники води. *Ключові слова:* екосистема водного басейну, забруднення поверхневих вод, жорсткість води.

**Analysis of the hydrochemical parameters of drinking water in the Kiyv region. Popova I., Zinchenko N., Simurova N., Maiboroda O.** Water quality reflects on the socio-economic problems of society. It can be stated that surface waters are "sick" in the sense of their capacity for self-purification processes as well as a society which is unable to find common collective solutions to achieve a balance between economic growth, social development and environmental protection – the main components of the process of sustainable development of civilization. The global character of human activity in the development of industry, agrarian complex, transport, municipal services, the formation of metropolitan areas, the growth of cities and towns has led to large-scale pollution of surface water by untreated runoff of industrial, agricultural production and municipal services. The composition of wastewater is constantly complicated due to the synthesis of new chemicals that have toxic, carcinogenic and mutagenic properties, and therefore are difficult to remove, which virtually eliminated the possibility of natural self-purification of reservoirs. Source water pollution has reached such a level that water treatment plants, built in accordance with current international standards, have long been unable to prevent the entry into the drinking water of substances that have become a real threat to human health. All this leads to the necessity of finding new alternative water treatment technologies, the use of which would allow to obtain safe drinking water, even with sufficiently contaminated with certain types of chemicals. Facing these challenges, it is necessary to carefully develop standards for assessing the quality and methods of surface water studies, and comprehensive monitoring of all environmental objects. Thus, the identification of priority types of pollution will allow to prevent large material losses during the elimination of emergencies arising from excess physical and chemical pollution of surface waters. Therefore, the question of surface water, from which water abstraction is carried out for consumption in large cities, concerning the qualitative and quantitative content of organic and inorganic substances, ions, which cause the physico-chemical parameters of water, is urgent. *Key words:* water basin ecosystem, surface water pollution, water hardness.

**Постановка проблеми.** Басейн річки Дніпро у Київській області можна розглядати як класичний приклад нестійкого регіонального розвитку, що є результатом спроб перетворити Дніпровський регіон з традиційно аграрного в промисловий всього протягом декількох десятиліть. Ситуація ускладнюється ще й надзвичайно гострими соціальними і економічними труднощами, з якими стикаються країни басейну. Басейн Дніпра є багатогалузевим комплексом, який має високу природну і соціально-економічну цінність. Крім того, що на території басейну зосереджені соціально-значущі природні ресурси (наприклад, водні, земельні та лісові ресурси), він також являє собою цінну ресурсну базу для широкого кола зацікавлених сторін, включаючи комерційні, промислові та урядові організації (наприклад, промислові підприємства, землекористувачі, водокористувачі, урядові структури, органи контролю і регулювання тощо). У водному басейні Дніпра зосереджені великі урбанізовані утворення, а також велика кількість малих і середніх міських населених пунктів.

До *точкових джерел* забруднення розглянутого басейну Верхнього Дніпра в межах України можна віднести скиди комунального підприємства Київводоканал. Необхідно відзначити, що на Бортницькій очисній споруді цього підприємства надходять стічні води м. Київ та Вишгород. До того ж свої стічні води в міські системи каналізації скидають так звані вторинні водокористувачі, серед яких промислові підприємства вищеназваних міст. Додатковий відбір проб і їх незалежний аналіз в рамках польових досліджень по речовинах, що є пріоритетними, міг би дати справжню картину надходження забруднюючих речовин зі стоками нижче міста Київ [1; 2].

До *дифузних джерел* забруднення можна віднести:

− зливові стоки міст Київ, Вишгород, а також інших населених пунктів, розташованих поблизу водних об'єктів, що відносяться до розглянутого басейну, оскільки зливова система водовідведення в них давно не виконує свої функції, ці стоки не потрапляють на станції очистки, стікаючи в довколишні водні об'єкти та забруднюючи їх. У зимовий період в зливових стоках підвищується рівень мінералізації внаслідок змиву хімікатів, що використовуються для ліквідації ожеледиці на дорогах;

− стоки з проммайданчиків у великій кількості існуючих у м. Київ і

його околицях і, як правило, забруднюючих прилеглі водні об'єкти (20 малих річок м. Київ) паливно-мастильними матеріалами, нафтопродуктами, важкими металами;

− стоки із сільгоспугідь, що виносять розчинені мінеральні добрива та отрутохімікати;

− стоки тваринницьких ферм і птахофабрик;

− стоки котеджних містечок, готельних туристичних комплексів, ресторанів, зростаючих із неймовірною швидкістю уздовж Київського водосховища і його відвідних каналів і р. Десна, необладнані належними системами очистки стічних побутових вод;

**Актуальність дослідження.** У сучасних умовах водокористування в розглянутому басейні основним джерелом забруднення водних об'єктів є як точкові, так і неконтрольовані (дифузні) джерела забруднюючих речовин на водозбірній площі. Основні процеси, що формують хімічний склад природних вод, протікають на водозбірних територіях. Але якщо скиди стічних вод промислових, комунальних і сільськогосподарських підприємств піддаються регульованим впливу, то талі і зливові стоки з міських територій, промислових майданчиків, тваринницьких комплексів можуть контролюватися тільки у разі їх каналізування та очистки, що буває вельми рідко. Використання хімічних сполук в промисловості, в сільському господарстві, шляхове будівництво, видобуток корисних копалин, рекреація – все це важко контрольовані джерела забруднення прилеглих територій, екосистем, водотоків і водойм.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями** полягає у розробленні загальних рекомендацій для підприємств переробної харчової промисловості Київської області щодо оптимізації запобіжних методів і заходів для зниження забрудненості водного басейну і оздоровлення екосистеми регіону.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дефіцит прісної питної води в даний час розглядається як одна з глобальних проблем сучасності. У міру зростання населення нашої планети значно збільшилися і масштаби водоспоживання, що згодом сприяло погіршення умов життя і уповільнення темпів економічного розвитку країн, що зазнають дефіцит води. Як вважають фахівці, запаси прісної питної води далеко не безмежні і вони вже підходять до кінця. За їх же прогнозам, приблизно в 2030 році 47,0% населення планети буде існувати під загрозою водного дефіциту. При цьому до 2050 року значно збільшиться населення країн, в яких вже сьогодні води не вистачає [3; 4]. Недолік чистої води змушує людей використовувати для пиття воду, яка часто небезпечна для здоров'я.

У численних дослідженнях, проведених міжнародними організаціями, в тому числі і Світовим банком, то кажуть, що громадяни нашої країни як і раніше стикаються з проблемами доступу до чистої води і надійності водопостачання. Таким чином, проблема забезпечення людей питною водою набуває гострої актуальності і виникає завдання ефективного і якісного вирішення цієї проблеми.

**Новизна.** Створення інформативної бази визначеної екосистеми регіону для аналізування процесів контролю забруднення поверхневих вод і надання рекомендацій щодо її застосування на реальних промислових або дослідних об'єктах.

**Викладення основного матеріалу.** Обсяг водовідбору в 2014 р. в Київській області без Києва склав 1064 млн м$^3$, у Києві – 663 300 000 м$^3$. Обсяг водовідведення відповідно дорівнює 823 500 000 м$^3$, у Києві – 614 500 000 м$^3$.

Істотний вплив на водність Дніпра ці чинники не роблять. Теж можна сказати про незворотній водозабір. За даними Держводагентства, незворотній водозабір до створу Київської ГЕС у 2014 р. склав 294 500 000 м$^3$, від створу Київської ГЕС до створу Канівської – 161700000 м$^3$ (сумарний – 456,2). Зазначеним величинам обсягу в першому випадку відповідає витрата 9,3 м$^3$/с, у другому – 14,5 м$^3$/с. У порівнянні з фактичними середніми витратами води в створах зазначених ГЕС (+1070 і 1390 м$^3$/с) зазначені величини мають порядок 1%. Значно більший вплив на Дніпро грає водозабір в нижній течії, насамперед з Каховського водосховища [5]. Водовідведення хоч і не впливає на водність Дніпра в розглянутому регіоні, проте впливає на якість води. Це пояснюється тим, що концентрація забруднюючих речовин у стічних водах істотно (іноді на порядок) вище, ніж в річці.

Таблиця 1

**Надходження забруднюючих речовин у Київське водосховище з території України у складі стічних вод**

| Речовина | 2000 | 2007 | 2008 | 2009 | **2010** | **2018** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Сухий залишок, тис. т | 47,02 | 32,56 | 30,98 | 28,39 | 26,39 | 26,82 |
| БСК полный, тис. т | 1,6 | 1,51 | 1,643 | 1,284 | 1,132 | 1,396 |
| Нафтопродукти, т | 22,3 | 11,81 | 11,83 | 7,792 | 6,958 | 6,12 |
| Азот аммонійний, тис. т | 0,835 | 0,498 | 0,476 | 0,399 | 0,415 | 0,34 |
| Феноли, т | 0,648 | 0,047 | 0,041 | 0,045 | 0,035 | 0,03 |

Наведені в *Таблиці 1* дані свідчать про те, що сухий залишок в Київському водосховищі в останні роки (2008–2018) має порядок 26–30 тис. т. Така відмінність зумовлена насамперед тим, що саме в Київське водосховище надходять стічні води м. Києва. Основним джерелом забруднюючих речовин, що надходять у Канівське водосховище є стічні води м. Києва. У свою чергу, основним джерелом забруднюючих речовин м. Києва є Бортницька станція аерації (БСА). Обсяг її скидання в останні роки становить: 2000 р. – 468700000 м$^3$; 2006 – 393,892; 2007 – 340,294; 2008 – 341,792; 2009 р. – 321,826; 2010 р. – 311,638; 2011 р. – 294,30; 2012 – 291632000 м$^3$. Крім БСА, невелика кількість стічних вод надходить від інших київських підприємств (Дарницької ТЕЦ, ТЕС-2), проте їх обсяг непорівнянний з обсягом від БСА. Серед підприємств Київської області, що мають скиди, можна виділити водоканал м. Бровари (скидання стічних вод у р. Красилівка), Київський картонно-паперовий комбінат тощо. За період з 2000 року скидання стічних вод м. Києва зменшився більш, ніж у півтора рази. Роль БСА полягає не стільки в тому, що обсяг стічних вод тут великий, а в тому, що якість цієї води істотно гірше, ніж у Дніпрі. Так, вміст біогенних речовин тут на порядок вище, ніж у Дніпрі. Одночасно вдвічі менше вміст розчиненого кисню.

Державна гідрометеорологічна служба України здійснює моніторинг річкових, озерних і морських вод за хімічними, біологічним, радіологічними показниками, а також за вмістом токсичних речовин. Гідрохімічні пункти діляться на 4 категорії, які визначаються з урахуванням таких факторів як розмір водотоку і обсяг водойми, народногосподарське значення водного об'єкта, наявність організованого скидання стічних вод і високого рівня забруднення води. Пункти 1, 2 і 3 категорій розташовуються на річках і водосховищах з високим, середнім і низьким рівнем забруднення. Пункти 4 категорії розташовуються на найменш забруднених ділянках річок.

Для оцінки якості води та стану водних екосистем використовуються:

– гранично допустимі концентрації (ГДК) хімічних речовин у воді рибогосподарських водних об'єктів;

– екологічні показники, що широко застосовуються в країнах Східної Європи, Кавказу та Центральної Азії, що дозволяють зіставити оцінку стану поверхневих вод інших країн: БСК$_5$ і концентрація амонійного азоту, концентрації фосфатів і нітратів у річках, загальний вміст фосфору й азоту в озерах.

Затверджені показники екологічної безпеки в області охорони вод:

– біохімічне споживання кисню (БСК$_5$) і концентрація амоній-іона (в перерахунку на азот) у річковій воді;

– біогенні речовини в прісній воді: фосфат-іони (у перерахунку на фосфор) і нітрат-іони (у перерахунку на азот) в річках, фосфат-іони (у перерахунку на фосфор) і азот загальний (по К'ельдалю) в озерах.

Інформація, отримана в системі моніторингу поверхневих вод, представляється у вигляді:

– абсолютних значень вмісту гідрохімічних інгредієнтів (середні, максимальні, мінімальні значення);

– списку таксономічного складу і кількісних параметрів спільнот гідробіонтів;

– приведених до нормативним значенням (частки ГДК);

– комплексних оцінок (наприклад, індекс забруднення поверхневих вод – ІЗВ, гідробіологічні індекси).

Для інтерпретації великого обсягу гідрохімічних даних використовується індекс забрудненості вод (ІЗВ). Розрахунок ІЗВ проводиться за формулою з використанням середньорічних концентрацій шести показників: розчиненого кисню, легкоокислюваних органічних речовин (по БСК$_5$), азоту амонійного, азоту нітритного, фосфору фосфатів і нафтопродуктів:

Класифікація якості вод за величиною ІЗВ наведена в таблиці 2.

Таблиця 2

**Класифікація якості води за гідрохімічними показниками**

| Клас якості | Величина ІЗВ | Характеристика якості |
|---|---|---|
| I | ≤ 0,3 | чиста |
| II | >0,3–1,0 | відносно чиста |
| III | >1,3–2,5 | помірно брудна |
| IV | >2,5–4,0 | бруднувата |
| V | >4,0–6,0 | брудна |
| VI | >6,0–10,0 | дуже брудна |
| VII | >10,0 | надзвичайно брудна |

Таблиця 3

**Показники досліджень якості води (місце відбору проб Вишгородський район, Київська область)**

| Дата дослідження | Показники | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *pH* | *Температура, °С* | *БСК$_5$, мг $O_2$/дм$^3$* | *Завислі речовини* | *Азот амонійний, мг/дм$^3$* | *Нітрити, мг/дм$^3$* | *Нітрати, мг/дм$^3$* | *Залізо загальне, мг/дм$^3$* | *Хлориди, мг/дм$^3$* | *Сульфати, мг/дм$^3$* | *Органічні речовини, мг/дм$^3$* | *Загальна бета-активність, БК/дм$^3$* |
| 06.10.2008 | 7,5 | 18 | 6,2 | 6,96 | 0,7 | відсутні | відсутні | 0,36 | 30,6 | 57,27 | відсутні | 0,16 |
| 17.03.2009 | 6,55 | 7 | 15,7 | 16,2 | 0,15 | 1,33 | 1,33 | 0,64 | 14,7 | 52 | відсутні | 0,16 |
| 01.03.2010 | 6,8 | 8 | 20,8 | 15,9 | 0,47 | відсутні | відсутні | 1,22 | 34 | 70,81 | відсутні | 1,24 |
| 20.04.2011 | 7,5 | 10 | 19,8 | 15,2 | 0,12 | 0,02 | 0,37 | 1,52 | 29,9 | 64,85 | відсутні | 0,03 |
| 19.03.2012 | 7,74 | 6 | 17,9 | 14,3 | 0,46 | відсутні | 9 | 0,61 | 31,4 | 57,8 | відсутні | 0,15 |
| 16.10.2013 | 7,14 | 15 | 7,2 | 7,4 | 0,17 | відсутні | 3,6 | 0,72 | 32,6 | 58,3 | відсутні | 0,13 |
| 25.05.2014 | 7,1 | 19 | 6,6 | 5,9 | 0,2 | відсутні | 0,35 | 0,69 | 32,1 | 49,7 | відсутні | 0,19 |
| 14.07.2018 | 7,16 | 23 | 8,9 | 7,2 | 0,15 | відсутні | 0,15 | 0,59 | 25,2 | 48,9 | відсутні | 0,11 |

Порядок розробки та затвердження нормативів гранично допустимого скидання та перелік забруднюючих речовин, що нормуються, встановлюється Кабінетом Міністрів України.

З метою встановлення якості питної води було відібрано проби з річок Десна (місце відбору проб м. Київ) та Кізка ( місце відбору проб Вишгородський район), що відносяться до водовідбірного басейну Дніпра. Далі було проведено ряд експериментальних досліджень, які узагальнено у Таблиці 3. Отримані дані було порівняно з показниками, що були отримані СЕС м. Вишгород та науковцями кафедри харчової хімії Національного університету харчових технологій [6].

**Головні висновки.** Для зменшення негативного впливу підвищення вмісту речовин-забруднювачів необхідно проводити комплексний моніторинг усіх об'єктів навколишнього середовища, розробляти нові альтернативні технології водообробки, використання яких дозволило б отримувати безпечну для здоров'я питну воду, навіть з досить сильно забруднених деякими видами хімічних речовин (озонування, використання окисників).

**Література**


1. Романенко В.Д., Жукинский В.Н., Оксиюк О.П. Методологические предпосылки для установления и использования экологических нормативов качества поверхностных вод // Гидробиол. журн. 1999. 35, № 3. С. 3–14.
2. Оксиюк О.П., Жукинский В.Н. Методические приёмы использования эколого-санитарной классификации поверхностных вод суши // Гидробиол. журн. 1983. 19, № 5. С. 63–67.
3. Исакова О.Н. Санитано-гигиеническая оценка качества питьевой воды централизованного водоснобжения города Самары / О.Н. Исакова, О.В. Сазонова, Ю.А. Егорова [и др.] // Здоровье населения, качество жизни и социально-гигиенический мониторинг. 2014. С. 869–973.
4. Лукерченко В.Н. Перспективы развития водоснабжения Москвы и Московской области / В.Н. Лукерченко, Г.Н. Николадзе // Вода и экология. 2015. № 3. С. 38–42.
5. Керівний нормативний документ. Охорона навколишнього природного середовища та раціональне використання природних ресурсів. Екологічна оцінка якості поверхневих вод та естуаріїв України. Методика. КНД. 211.1.4.010-94. К. : Мін. природа України, 1994. 14 с.
6. ДСТУ 4208:2007 «Джерела централізованого питного водопостачаня. Гігієнічні та екологічні вимоги щодо якості води і правила відбирання», К. : Держспоживстандарт, 2007. 7 с.

УДК 598.2
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-24

# ЕКОЛОГІЧНА СТРУКТУРА ОРНІТОФАУНИ М. ВІЛЬНЯНСЬКА (ЗАПОРІЗЬКА ОБЛ.) У ПОЗАГНІЗДОВІ ПЕРІОДИ

**Борисов В.В., Кошелєв О.І.**
Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького
вул. Гетьманська, 20, 72312, м. Мелітополь, Запорізька обл.,
akoshelev4966@gmail.com

Наводяться результати вивчення орнітофауни м.Вільнянськ, проведені в 2016–2019 роках. Дається розподіл і співвідношення видів птахів в міських біотопах та в різних районах міста поза гніздовий період. В межах міста зареєстровано протягом року 67 видів птахів, з котрих гніздиться 40 видів, 27 видів зустрічаються у поза гніздового періоду взимку і в періоди сезонних міграцій. Основу міської орнітофауни складають широко поширені види синантропи і дендрофіли. У місто також вселилися інтродуковані види (Phasianus colchicus) і інвазивні (Streptopelia decaocto, Dendrocopos syriacus, D. minor, Phoenicurus ochruros та ін.). В екологічній структурі орнітофауни у поза гніздовий період переважають представники дендрофільної групи (69–99% в різні сезони, в різних районах міста); частина склерофільної – (6–19%), та кампофільної – (2–5%); представники лімнофільної групи відсутні. За останні десятиліття у місто вселилися і утворили урбанізовані популяції птахи з родини Воронові (Corvidae) – Garrulus glandarius, Pica pica, Corvus monedula, C. frugilegus, C. cornix, C. Corax, а з хижих птахів – Falco tinnunculus і Athene noctua. Розглянуто таксономічну і екологічну структуру орнітокомплексів міста. Фауністична подібність орнітофауни різних районів міста оцінювалась згідно коефіцієнту Жаккара. В осінньому періоді найбільший коефіцієнт подібності орнітофауни був зафіксований біля приватного сектора з центральною та північними частинами, він склав 0,88 та 0,74 відповідно, найменше з південною 0,68. У північної з південною він складає 0,95, з центральною – 0,77, у центральної з південною – 0,8. В зимовий сезон у приватного сектора з центральною та північними частинами коливання показників склало 0,92 та 0,89, з південною 0,88, у північної з південною – 0,79, з центральною – 0,89, у південної з центральною – 0,81. У весняний період у приватного сектора з центральною та південною частинами він склав 0,63 та 0,76 відповідно, найменше з північною – 0,46, у північної з південною – 0,77, з центральною – 0,85, у південної з центральною – 0,67 залежно від інфраструктури міста. Спільність міських орнітокомплексів висока, вона забезпечується за рахунок синантропних видів з групи дендрофілів і склерофілів. *Ключові слова:* орнітофауна, біотопи, чисельність, види, екологічна структура, щільність населення птахів, м. Вільнянськ.

**Ecological structure of avifauna Vilniansk (Zaporizhia region) town outside of the nesting period. Borisov V., Koshielev A.** The results of the study of the ornithofauna of Vilnyansk in 2016–2019 are presented. The distribution and correlation of bird species in urban biotopes and in different areas of the city outside the breeding season is given. Within the city, there are 67 bird species registered during the year, of which 40 species breed, 27 species occur outside the breeding season in winter and during seasonal migrations. The basis of urban ornithofauna is widespread species of synthantropes and dendrophils. Introduced species (Phasianus colchicus) and invasive species (Streptopelia decaocto, Dendrocopos syriacus, D. minor, Phoenicurus ochruros, etc.) also inhabited the city. In the ecological structure of ornithofauna, representatives of the dendrophil group predominate outside the breeding season (69–99% in different seasons, in different parts of the city); part of sclerophilic – (6–19%), and camphophilous – (2–5%); representatives of the limnophilic group are absent. The community of urban ornithocomplexes is high and is ensured by synanthropic species – dendrophils and sclerophils. For the remaining ten years, they settled in the city and approved the urbanized birds from the homeland of Corvidae – Garrulus glandarius, Pica pica, Corvus monedula, C. frugilegus, C. cornix and Falconidae – Falco tinnunculus and Strigiformes – Athene noctua. The taxonomic and environmental structure of the ornithocomplexes of the city is considered. The faunistic nature of the fauna of the districts of the city was estimated at the same time as Jacquard. In general, in the main period, the most important factors are the private and public relations in the private sector with the central and minor parts, the standard is 0.88 and 0.74 more, less than 8. In the warehouse with a warehouse, it is 0.95, in the center it is 0.77, and in the central warehouse it is 0.8. In the winter season, in the private sector with the central and the private parts, the number of indicators was 0.92 and 0.89, with the 0.88 for the public, 0.79 for the private, 0.89 for the central, and 0 for the central 0,81. In the spring period, the private sector with the central and southern parts has a win of 0.63 and 0.76, at least with the private – 0.46, with the private – 0.77, with the central – 0.85, with the pivotal – 0.67 in the bedding of the infrastructure of the city. The strength of the town ornithocomplexes in the lap, to be protected for the synanthropic dendrophylels and sclerophyls species. *Key words:* ornithofauna, biotopes, numbers, species, ecological structure, bird population density, Vilnyansk.

**Постановка проблеми.** Процес урбанізації територій відбувається прискореними темпами. Останнім часом відбулося зростання великої кількості міст, а також стрімке збільшення кількості міського населення. З появою населених пунктів разом із людиною почали жити і птахи, які є невід'ємною частиною міських біогеоценозів (Клаустницер, 1990; Корж, 2017; Кошелев и др., 2017; Сурядна и др., 2017). Збільшення популяції окремих видів птахів в місті і освоєння ними нових територій відбувається настільки інтенсивно, що перед науковцями виникає питання в її регуляції. Тому дослідження міської орнітофауни проводити необхідно, особливо у малих містах, де це питання раніше не розглядалося, на відміну від великих та середніх міст.

**Актуальність дослідження.** Урбанізовані ландшафти стали переважаючими на планеті. Міст стає все більше, і площа, яку вони займають, зростає. Їх інфраструктура стає складнішою, збільшується площа зелених насаджень, навколо міст створюється пояс дачних селищ, ставлення до рослин і тварин в містах стає доброзичливим, поліпшується їх охорона. Міста активно заселяються різноманітними видами рослин і тварин (Нумеров и др., 2013; Барановский, Иванов, 2016; Нанкинов, 1982). Останнім часом проблеми урбанізації і синантропізації птахів викликають у орнітологів особливий інтерес оскільки в результаті саме цих процесів здійснюється формування специфічних міських орнітокомплексів у відміну від природних ландшафтів (Скильский, 1999, Кошелев и др., 2017; Корж, 2017; Нанкинов, 1982; Cnielka e.a., 1983, 1984; Straka,1997; Kate e.a., 2003). Однією з проблем, що супроводжують розвиток малих та великих міст в сучасному світі, є зменшення біологічного різноманіття, в тому числі скорочення видової різноманітності. Завдання збереження біорізноманіття в місті – це завдання збереження природних спільнот, які формують середовище проживання і роблять її сприятливою для людини (Барановский, Иванов, 2016). До останнього часу орнітофауні малих міст України не вивчалися. Публікацій про птахів м. Вільнянськ немає, виділення орнітокомплексів міста і їх структура не вивчалася. Наш регіон отримує істотне антропогенне навантаження, чимало видів тварин занесені до Червоної книги (Сурядна та інші, 2017).

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Робота виконана в рамках державної бюджетної науково-дослідної роботи «Інвентаризація міської фауни, растрове картування та створення атласу урбанізованих видів тварин малого міста (північне-західне Приазов'я)» (2016–2018 рр.)».

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Основою для роботи є монографії А.К. Нумерова, А.В. Барановского (Нумеров и др., 2013; Барановский, Иванов, 2016).

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** До останнього часу мало уваги приділялося орнітофаунам малих міст України, аналізу їх структури й практичного значення. Цей показник також може використовуватися для цілей біомоніторингу.

**Новизна**. Вперше вивчена екологічна структура орнітофауни м. Вольнянськ, особливо поза періоду розмноження, сезонна динаміка її видового складу і щільності населення. Для виявлення закономірностей формування авіафауни малого міста, чинників та шляхів її формування був проведений порівняльний аналіз міських біотопів у різних частинах м. Вільнянська. Все це в подальшому дозволить прогнозувати реакцію пташиних популяцій на антропогенне навантаження в містах, визначити тенденції зміни деяких видів птахів в цілому, а також проводити наукові заходи щодо регуляції чисельності і впливу на поведінку на небажані види.

**Методологічне або загальнонаукове значення**. На основі даних видового різноманіття і стану щільності птахів можна проводити моніторинг і біоіндикацію навколишнього середовища. Характер розміщення і динаміка щільності птахів у місті носять адаптивний характер і є показником адаптації до умов проживання, як біотопічних, так і ландшафтно-кліматичних.

**Матеріал і методика.** Дослідження орнітофауни м. Вільнянськ в поза гніздовий період проводилось у осінньо-зимовий та весняний періоди 2016–2019 рр. Місто Вільнянськ, районний центр в Запорізької області, який займає площу 4,2 км$^2$ з населенням 15 417 осіб (Атлас Запорізької області, 1997). Його територія складається з районів індивідуальної забудови, зелених зон у вигляді парків, житлових масивів у вигляді 5-поверхових будинків, об´єктів соціальної інфраструктури. Місто добре озеленене в центральній і північній частині розташовані два великі парки (ім. Т. Шевченко та Ювілейний), в інших більш віддалених районах, кількість зелених насаджень зменшується внаслідок інтенсивної забудови. Були окреслені облікові ділянці загальної площею 69 га, які включає в себе приватний сектор (14 га), північну частину міста, площею 30 га (парк Ювілейний та частину прилягаючого до нього кладовища з виїздом з міста), центральну (площа 15 га, з високо поверховою забудовою) і південну (розміром 10 га, парк Шевченка з привокзальною територією). В районі житлових кварталів приватного сектору облік проводився по вулицях та в дворах з прилягаючими спорудами з гаражів, сараїв, у садах, городах. Більшість вулиць непогано заасфальтовані. Серед дерев домінують тополі (Populus), берізки (*Betula*), каштани (*Castanea*), клени (*Acer*), туї (Thuja), горіхи грецькі (*Juglans regia)* та горобина (*Sorbus*), широкогільник східний (*Platycladus orientalis*). Район забудови межує з двома парками та ділянками високо поверхової забудови.

Північна частина міста включає в себе антропогенні ландшафти (до неї прилягає район приватної забудови і об'єкти соціальної інфраструктури), зелений масив парку Ювілейного, у флористичному складі якого переважають клени, робінії звичайні (Robinia pseudoacacia),берези, каштани, липи (Tilia), тополі білі (*Populus alba)*. У південній частині ділянки спостережень парк Шевченка має схожий видовий флористичний склад, який не відрізняється від парку Ювілейного. Парк розташований біля залізниці і автостради, заводу «Ритм», торгівельних та інших об'єктів (супермаркети, магазини, автовокзал, поштамт, залізничний вокзал, школи), які прилягають безпосередньо до його меж.

Центральна ділянка міста складається з 5-поверхових будинків з прибудинковою зеленою зоною,

об'єктами соціальної та торгівельної інфраструктури (пожежної частини, військкомату, ринку, будинку культури, собору, ресторану, школи, супермаркетів). Для міста характерна близькість сіл і агроценозів. Клімат регіону помірно континентальний з м'якою зимою та сухим спекотним літом (Атлас…,1997).

В рамках виконання проекту зі складання Атласу тварин міста його територія була розбита на растрові квадрати розміром 500 х 500 м. Обліки птахів проводилися в гніздовий період в березні – червні на піших маршрутах вздовж берегів річки і по вулиць, що примикають до кордонів растрових квадратів. Під час обліку птахів застосовувались маршрутні методи на заздалегідь розрахованих площах, які охоплювали території приватного сектора, північній частині міста, центральній та південній. Обліки на ділянках велись по загальноприйнятим методикам візуальних спостережень (Новиков, 1953; Гузій, 1997; Василенко,1999). Додатково здійснювалося «човникове» проходження квадратів (Нумеров и др., 2013). Території парку, скверів, лісопарку, міських цвинтарів обстежувалися повністю. Виділення міських біотопів та екологічних груп птахів проводилося за загально прийнятою схемою (Скільскій, 1999; Нумеров и др., 2013). Для підрахунку площ досліджуваних районів і розміщення побудови різних типів використовувалось програмне забезпечення GoogleEarth, графічний редактор Photoshop, в якому була окреслена зона проведених досліджень. Для обробки статистичних даних були застосовані програми Exel,Word.

**Результати та їх обговорення.** Фауністична подібність орнітофауни міста оцінювалась згідно

Таблиця 1

**Схожість фауни птахів у досліджуваних районах м. Вільнянськ (за індексом Жаккара)**

| **Осінній період** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Приватний сектор | Північна частина | Центр. частина | Південна частина |
| Приватний сектор | 18 | 0,74 | 0,88 | 0,68 |
| Північна частина | 17 | 22 | 0,77 | 0,95 |
| Центральна частина | 15 | 17 | 17 | 0,80 |
| Південна частина | 15 | 20 | 16 | 19 |
| **Зимовий період** | | | | |
| | Приватний сектор | Північна частина | Центральна частина | Південна частина |
| Приватний сектор | 24 | 0,89 | 0,92 | 0,88 |
| Північна частина | 24 | 27 | 0,89 | 0,79 |
| Центральна частина | 23 | 24 | 24 | 0,81 |
| Південна частина | 23 | 23 | 22 | 25 |
| **Весняний період** | | | | |
| | Приватний сектор | Північна частина | Центральна частина | Південна частина |
| Приватний сектор | 20 | 0,46 | 0,63 | 0,76 |
| Північна частина | 12 | 18 | 0,85 | 0,77 |
| Центральна частина | 15 | 17 | 19 | 0,67 |
| Південна частина | 15 | 17 | 16 | 21 |

Таблиця 2

**Щільність населення птахів у різних районах м. Вільнянськ за сезонами, особин/км$^2$**

| | Західна частина (приватний сектор) | Північна частина (парк Ювілейний, цвинтор) | Центр. частина | Південь (парк ім. Шевченка, залізничний вокзал) |
|---|---|---|---|---|
| Осінній період | | | | |
| Кількість видів | 18 | 22 | 17 | 19 |
| Кількість особин | 1000 | 905 | 989 | 973 |
| Зимовий період | | | | |
| Кількість видів | 24 | 27 | 24 | 25 |
| Кількість особин | 4022 | 2072 | 2950 | 1537 |
| Весняний період | | | | |
| Кількість видів | 20 | 18 | 19 | 21 |
| Кількість особин | 1809 | 1141 | 716 | 555 |

коефіцієнту Жаккара (табл. 1). В осінньому періоді найбільший коефіцієнт подібності орнітофауни був зафіксований у приватного сектора з центральною та північними частинами, він склав 0,88 та 0,74 відповідно, найменше з південною 0,68. У північної з південною він складає 0,95, з центральною – 0,77. У центральної з південною – 0,8. В зимовий сезон у приватного сектора з центральною та північними частинами коливання показників склало 0,92 та 0,89 з південною 0,88. У північної з південною – 0,79, з центральною – 0,89, у південної з центральною – 0,81. У весняний період у приватного сектора з центральною та південною частинами він склав 0,63 та 0,76 відповідно, найменше з північною – 0,46. У північної з південною – 0,77, з центральною – 0,85, у південної з центральною – 0,67.

Під час спостережень за птахами в осінній сезон було зафіксовано, що у північній частині міста видовий склад орнітофауни був найбільший, проте в кількісному відношенні особин поступався іншим обліковим ділянкам (табл. 2). Взимку найбільша кількість особин була зафіксована в приватному секторі, в той же час найбільшу кількість видів було відмічено в північній частині міста. Весною були відмічені найменші показники серед кількості особин у центральній та південній частинах. На це могли вплинути як антропогенні чинники (щільна забудова, зменшення кількості зелених насаджень (Фесенко, 2010), шумове навантаження авто- і залізничного транспорту, яке спричинює постійні вібрації, так і несприятливі погодні умови на початку та в кінці березня. Видовий склад птахів у цей період між чотирма обліковими ділянками спостережень суттєво не відрізнявся.

Серед екологічної структури орнітофауни відсутні лімнофіли (табл. 3), позаяк у місті немає водойм. За період з кінця осені впродовж зимового часу і весни в усіх облікових ділянках домінували дендрофіли від 69% (в північній частині) до 98,77% (у районі приватного сектора) з переважанням граків, горобців, синиць, дятлів, ворон сірих, горлиць садових. На другому місці по чисельності займають склерофіли, найбільша їх чисельність була зафіксована в північній частині міста за рахунок голуба сизого взимку (29%), восени (18%), навесні (6%); у південній частині міста за рахунок домових горобців і голубів сизих навесні (4%), взимку (5%), восени (3%); у приватному секторі голубів сизих та ластівок сільських навесні (1%).

У центральній частині їх показник становив восени 6%, взимку збільшився до 8%, навесні склав 4%. Найбільший відсоток склерофілів, серед яких домінують голуби, у північній та центральній частинах пояснюється їх проживанням у дахах 5-поверхівок (Скільський,1999) та окремих приватних будинків, де вони збираються зграями, а також мають непогану кормову базу, особливо біля міського ринку та будинку культури. Третє місце посідають кампофіли. Найбільший відсоток був зафіксований у північній частині та в житлових масивах приватного сектору за рахунок вівсянок (2%) восени і взимку та центральній частині міста із зростанням чисельності вівчариків (5%) в осінній сезон.

Найбільш чисельними були чагарникові види. Їх відсоток зростає за рахунок збільшення популя-

Таблиця 3

**Екологічна структура орнітофауни м. Вільнянськ**

| **Осінній період** | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Райони міста | Дендрофіли | Кампофіли | Склерофіли | Лімнофіли |
| Приватний сектор | 965 (97%) | 21 (2%) | 5 (1%) | - |
| Північна частина | 718 (80%) | 15 (2%) | 161 (18%) | - |
| Центральна частина | 877 (89%) | 54 (5%) | 58 (6%) | - |
| Південна частина | 934 (96%) | 13 (1%) | 26 (3%) | - |
| **Зимовий період** | | | | |
| | Дендрофіли | Кампофіли | Склерофіли | Лімнофіли |
| Приватний сектор | 3965 (98%) | 24 (1%) | 33 (1%) | - |
| Північна частина | 1731 (69%) | 37 (2%) | 735 (29%) | - |
| Центральна частина | 2674 (91%) | 21 (1%) | 255 (8%) | - |
| Південна частина | 1426 (94%) | 10 (1%) | 73 (5%) | - |
| **Весняний період** | | | | |
| | Дендрофіли | Кампофіли | Склерофіли | Лімнофіли |
| Приватний сектор | 1775 (98,77%) | 4 (0,23%) | 22 (1%) | - |
| Північна частина | 987 (93%) | 7 (1%) | 63 (6%) | - |
| Центральна частина | 684 (95%) | 6 (1%) | 26 (4%) | - |
| Південна частина | 533 (95,63%) | 2 (0,37%) | 20 (4%) | - |

ції горобців польових (рис. 1-3). Відсотковий склад птахів штучних забудов суттєво зростає в північній частині міста (21%), центральній (7%) та південній (4%). Найменш чисельними були наземногніздові птахи, в південній же лідерами виявилися кроногніздові птахи (рис. 4).

**Висновки.** Під час осінньо-зимового та весняного періодів 2016–2019 рр. у м. Вільнянськ було зареєстровано 27 видів. Щільність населення птахів як в видовому так і кількісному складі максимальна в житлових масивах приватного сектору (24 види); по районах міста: на півночі – 27 видів, його центральній частині – 24 види та південній 25 видів. Найбільша щільність була зафіксована в зимовий сезон у приватному секторі (загальна кількість 4022 особин/14 га, щільність 287 ос./га), північній частині (загальна кількість 2072 особин/30 га, щільність 69,06 ос./га) та центральній (загальна кількість 2950 особин/15 га, щільність 196,6 ос./га). В весняний сезон найменший показник щільності становив (загальною кількістю 555 особин/10 га, щільність 55,5 ос./га) у південному біотопі. На розподіл еко-

*Рис. 1. Співвідношення екологічних груп птахів приватного сектору*

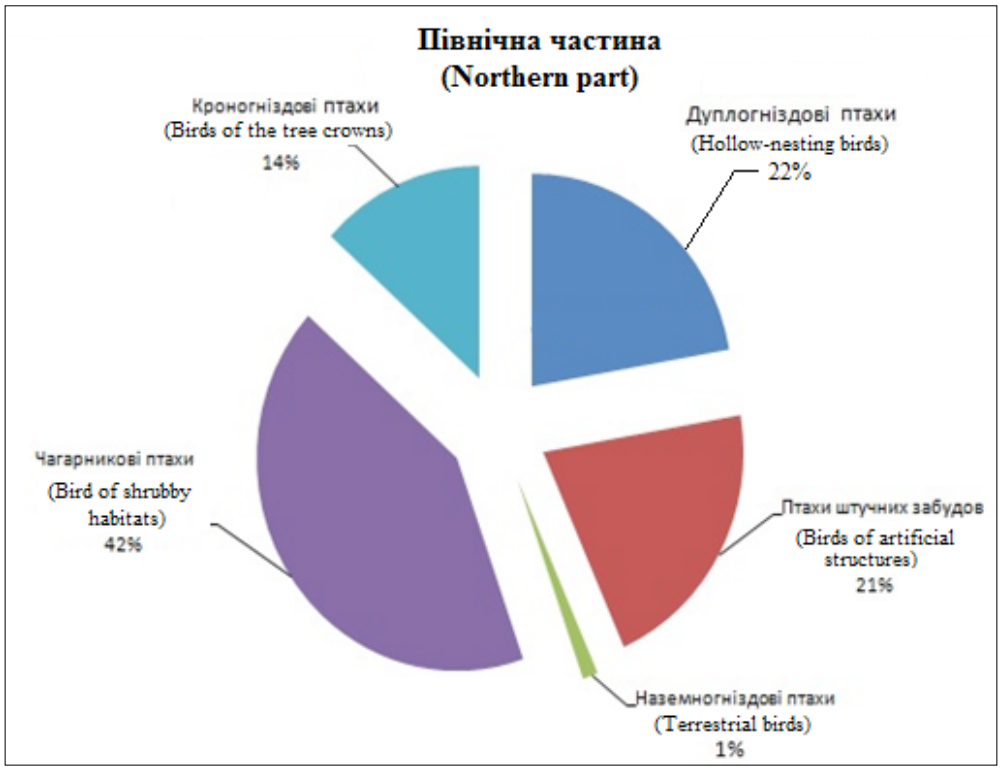



*Рис. 2. Співвідношення екологічних груп птахів північної частини міста*

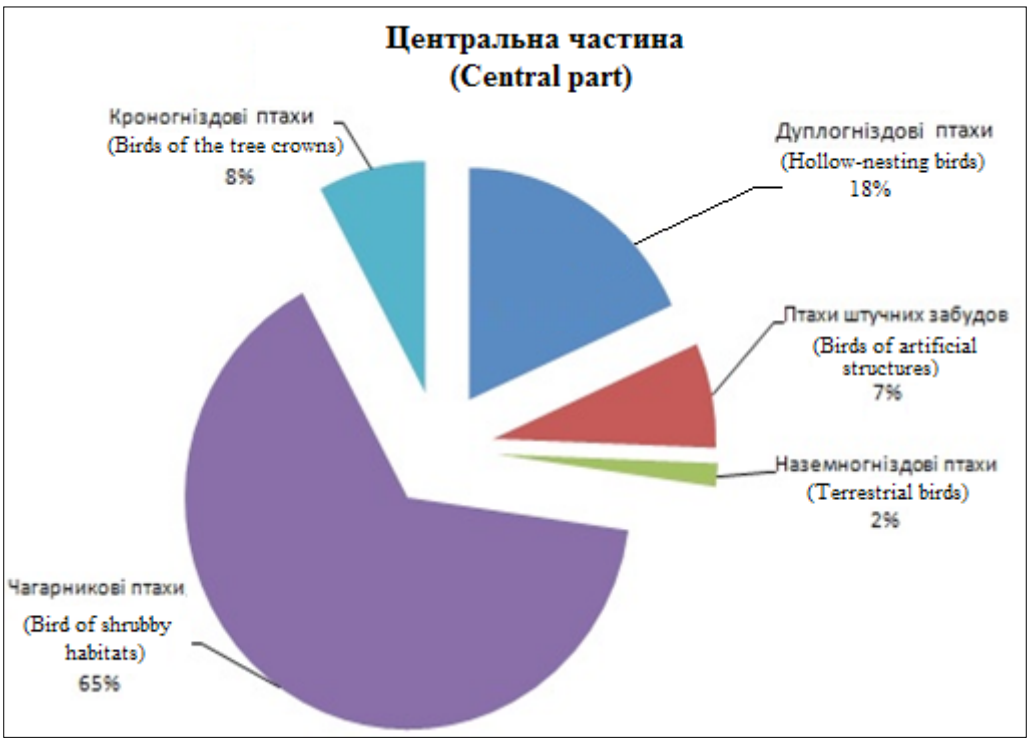



*Рис. 3. Співвідношення екологічних груп птахів центральної частини міста*

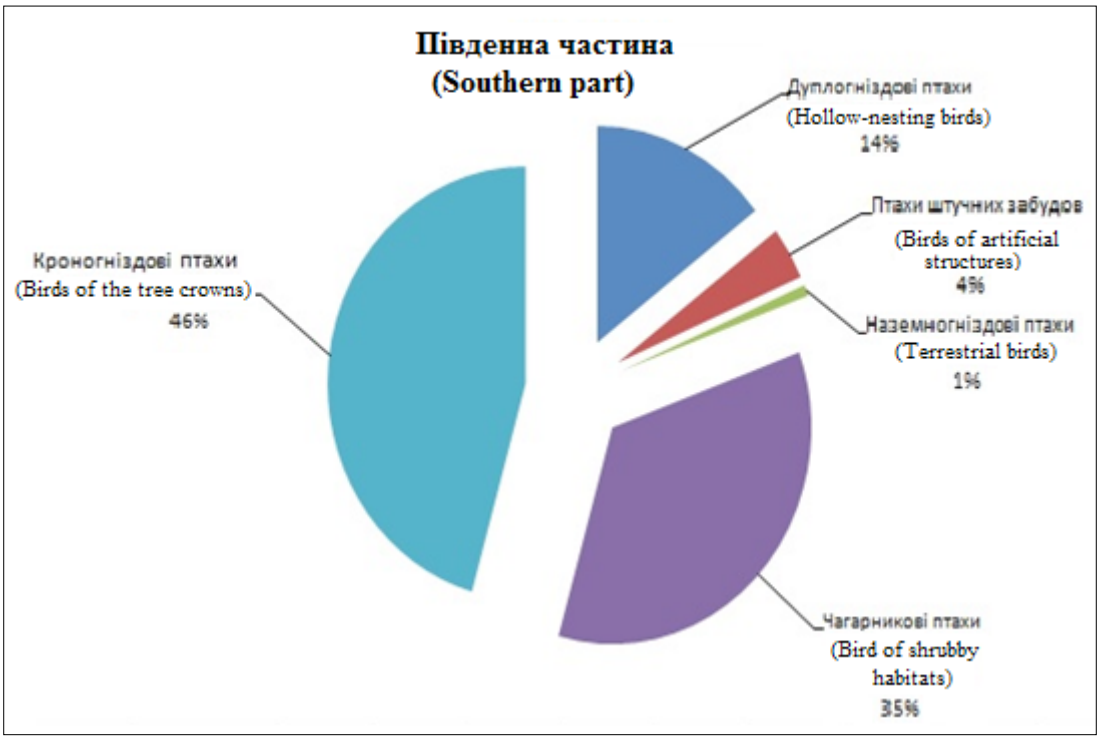



*Рис. 4. Співвідношення екологічних груп птахів південної частини міста*

логічних груп птахів міста суттєво вплинули як антропогенні фактори та інфраструктура міста, так і природні. Так, із зменшенням кількості чагарників відповідно зменшується склад орнітофауни (в південній частині ділянки він склав 35%, бо кількість чагарників нижчі, ніж на інших територіях).

**Перспективи використання результатів дослідження.** Отримані дані можуть бути використані екологічними службами міста для біомоніторингу навколишнього середовища і оцінки його стану, а також розробки заходів щодо охорони зникаючих або регулювання чисельності деяких видів птахів.

**Література**


1. Клаустницер Б. Экология городской фауны. М. : Мир. 1990. 244 с.
2. Корж А.П. Емкость среды: анализ научных данных и концепций. Монография. Сумы : Университетская книга. 2017. 216 с.
3. Кошелєв О.І., Кошелєв В.О., Тарусова Н.В., Копилова Т.В., Коваленко Д.В., Стеблина О.А., Пятина Е.В., Четвертак Е.Л. Урбанізація, її екологічні наслідки та стан диких тварин (на прикладі Мелітополя). Матеріли IX міжнар. Інтернет-конф. «Соціальні та екологічні технології: актуальні проблеми теорії та практики». Мелітополь. 2017. С. 60–62.
4. Нумеров А.Д., Венгеров П.Д., Киселев О.Г. Атлас гнездящихся птиц города Воронежа. Воронеж : Наука. 2013. 360 с.
5. Сурядна Н.М., Лисенко В.І., Демченко В.О. Тваринний світ Запорізької області у Червоній книзі України. Мелітопольщина / ред. Н.М. Сурядної, В.І. Лисенка. Мелітополь : ТОВ «Колор-Принт». 2017. 240 с.
6. Барановский А.В., Иванов Е.С. Гнездящиеся птицы города Рязани (Атлас распространения и особенности биологии). Рязань : Первопечатник. 2016. 368 с.
7. Нанкинов Д. Птиците на град София. Орн. инф. бюл., 12. 1982. София. 386 р.
8. Скільський І.В. Структура і особливості формування орнітокомплексів масивів індивідуальної забудови середнього міста на прикладі Чернівців. Беркут-Чернівці : ЧДУ. 1999. Т. 3.вип. 1. С. 46–56.
9. Gnielka R., Spretke T., Tauchnitz H., Reuter B. Avifauna von Halle und Umgebung. Natur und Umwelt, Halle 2. 1983. 96 p.
10. Cnielka R., Liedel K., Spretke T., Stiefel A., Tauchnitz H., Wischof W. Avifauna von Halle und Umgebung. Natur und Umwelt, Halle 2. 1984. P. 1–96.
11. Straka U. Bestandsentwicklung und Siedlungsstruktur einer Mehlschwalben (Delichon urbica). Population in der Stadt Stockerau (Niederosterreich) in den Jahren 1991–1996. Egretta. Vol. 40, № 2. 1997. S. 129–139.
12. Kate E.V., William P., Fowler J.A. An investigation into the causes of population decline of the house sparrow (*Passer domesticus*) in urban Britain. Die Vogelwarte. Abstract. 4. Conference of the European Ornitologists Union. Band 43. Heft 1–2. 2003. P. 9–10.
13. Атлас Запорізької області. Київ : ГУ ГКК при КМ України. 1997. 48 с.
14. Новиков Г.А. Полевые исследования по экологии наземных позвоночных (изд.2). М. : Сов. Наука. 1953. 504 с.
15. Гузий А.И. Методы учета птиц в лесах. Обліки птахів: підходи, методики, результати. Науковий вісник НЛТУ України. Львів-Київ : УДЛУ 1997. 200 с.
16. Василенко Н.В. Особенности авиафауны г. Запорожья в зимний период 1997 года. Вестник ЗНУ. Запорожье : ЗНУ. 1999. С. 1–25.
17. Кошелев А.И., Кошелев В.А., Микитенко А.А., Чабан В.А. Сезонные аспекты видового разнообразия птиц лесопарка города Мелитополя. Materialy X11 Mezinar. Vedecko-practica konference “Dny Vedy – 2016”. Dil. 16: Lekarstvi – Biologicke vedy. Praha : Publ. House “Education and Science”. 2016. pp. 79–82.
18. Фесенко Г.В. Птахи садів і парків Києва. Кривий Ріг : Мінерал. 2010. 235 с.

**УДК 574.583**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-25**

# ГІЛЛЯСТОВУСІ РАКИ (*CLADOCERA*) ГАЛИЧИНИ В ДОСЛІДЖЕННЯХ ПРОФЕСОРА А. ВЕЖЕЙСЬКОГО

**Іванець О.Р.**
Львівський національний університет імені Івана Франка
вул. Грушевського, 4, 79005, м. Львів
oleh_ivanets@ukr.net

Історичні аспекти вивчення гіллястовусих раків (*Cladocera*) на теренах Галичини до сьогодні залишаються дослідженими недостатньо. За матеріалами проф. А. Вежейського кладоцероценози Галичини представлені 78 таксонами, що об'єднані у 8 родин і 29 родів. Спостерігаються такі закономірності. Найбільш різноманітною за кількістю родів є родина *Lynceidae*, яка включає 12 родів (*Eurycercus, Leydigia, Alona, Alonopsis, Acroperus, Camptocercus, Graptoleberis, Alonella, Dunhevidia, Peracantha, Pleuroxus, Chydorus*). *Lynceidae* нараховує 30 таксонів. Чотири родини включають по одному роду: *Holopedidae* (*Holopedium*, 1 таксон), *Bosminidae* (*Bosmina*, 3 таксони), *Polyphemidae* (*Polyphemus*, 1 таксон) і *Leptodoridae* (*Leptodora*, 1 таксон). У родині *Sididae* два роди: *Sida* (1 таксон) і Daphnella (2 таксони). Близькими за кількістю родів є родина *Daphniidae* (6 родів: *Daphnia*, *Hyalodaphnia*, *Ceriodaphnia*, *Simocephalus*, *Scapholeberis*, *Moina*, 31 таксон) і родина *Lyncodaphnidae* (5 родів: *Macrothrix*, *Streblocerus*, *Acantholeberis*, *Ilyocryptus*, *Lathonura*, 8 таксонів). Матеріали, отримані А. Вежейським, потребують ретельного аналізу з врахуванням сучасних досягнень у галузі систематики і таксономії гіллястовусих раків. Вони є важливими для ретроспективного аналізу стану гідробіоценозів Галичини, визначення динаміки їхніх гідроекологічних характеристик протягом тривалих періодів часу. Надалі доцільно провести систематичну ревізію таксонів, зареєстрованих А. Вежейським, з врахуванням змін у сучасній систематиці. Отримані результати дають змогу провести реконструкцію стану гідробіоценозів попередніх періодів існування, встановити динаміку гідроекологічних змін, зумовлених антропогенними та мікрокліматичними чинниками. Визначення спектрів таксономічних родів дасть змогу виділити певні регіональні закономірності, що зумовлюють головні риси структури гідробіоценозів різних територій. Порівняльна характеристика таких матеріалів із результатами сучасних досліджень дасть можливість встановити рівень антропогенної трансформації довкілля. *Ключові слова:* А. Вежейський, кладоцероценози, Галичина, *Cladocera*.

***Cladocera* of Galicia in the researches of professor A. Wierzejski. Ivanets O.** The historical aspects of the study of *Cladocera* in the territory of Galicia are still poorly understood. According to the materials of prof. A. Wierzejski cladocerocenosis of Galicia is represented by 78 taxa, united in 8 families and 29 genera. The following patterns are observed. The most diverse in number of genera is the *Lynceidae* family, which includes 12 genera (*Eurycercus*, *Leydigia*, *Alona*, *Alonopsis*, *Acroperus*, *Camptocercus*, *Graptoleberis*, *Alonella*, *Dunhevidia*, *Peracantha*, *Pleuroxus*, *Chydorus*). *Lynceidae* has 30 taxa. Four families include one genus: *Holopedidae* (*Holopedium*, 1 taxon), *Bosminidae* (*Bosmina*, 3 taxa), *Polyphemidae* (*Polyphemus*, 1 taxon) and *Leptodoridae* (*Leptodora*, 1 taxon). There are two genera in the *Sididae* family: *Sida* (1 taxon) and *Daphnella* (2 taxa). Closest to the number of genera are the family *Daphniidae* (6 genera: *Daphnia*, *Hyalodaphnia*, *Ceriodaphnia*, *Simocephalus*, *Scapholeberis*, *Moina*, 31 taxa) and the *Lyncodaphnidae* family (5 genera: *Macrothrix*, *Streblocerus*, *Acantholeberis*, *Ilyocryptus*, *Lathocryptus*, (8 taxa). The materials obtained by A. Wierzejski require careful analysis, taking into account the modern advances in the systematics and taxonomy of *Cladocera*. They are important for the retrospective analysis of the state of Galicia's hydrobiocenoses, to determine the dynamics of their hydroecological characteristics over long periods of time. In the future, it is advisable to carry out a systematic audit of taxa registered by A. Wierzejski, taking into account changes in current taxonomy. The results obtained will allow reconstructing the state of hydrobiocenoses of previous periods of existence, to establish the dynamics of hydroecological changes caused by anthropogenic and microclimatic factors. Determination of the spectra of taxonomic genera will allow us to identify certain regional patterns that determine the main features of the structure of hydrobiocenoses of different territories. Comparative characteristics of such materials with the results of modern research will allow establishing the level of anthropogenic transformation of the environment. *Key words:* A. Wierzejski, cladocerocenoses, Galicia, *Cladocera*.

**Постановка проблеми.** Вивчення прісноводних екосистем привернуло особливу увагу науковців у другій половині XIX ст. Зокрема, у 1857 році Ф. Лейдиг почав досліджувати Боденське озеро. У 1860 році вийшла його монографія «Naturgeschichte der Daphniden». У 1864 році Б. Дибовський разом з В. Годлевським започаткували вивчення оз. Байкал. У 1869 році Ф. Форель розпочав дослідження Женевського озера. До плеяди видатних учених, котрі започаткували дослідження прісноводних екосистем на теренах Галичини, належав видатний польський гідробіолог із багатогранними науковими інтересами, професор Ягеллонського університету А. Вежейський [1–4].

Матеріали, отримані А. Вежейським, мають велике значення для сучасних досліджень, спрямованих на вивчення історичних аспектів зоологічної науки, систематики і таксономії *Cladocera*, які і сьогодні на теренах Галичини залишаються дослідженими недостатньо. Саме тому метою нашої роботи було проаналізувати наукову спадщину А. Вежейського у сфері вивчення *Cladocera* Галичини, провести ретроспективний аналіз таксономічної структури кладоцероценозів Галичини за матеріалами А. Вежейського з врахуванням чинної тоді систематики. Такі роботи є важливими для аналізу стану гідробіоценозів Галичини, визначення

динаміки їхніх гідроекологічних характеристик протягом тривалих періодів часу. Вони є актуальними і з огляду на сучасні дослідження регіональних фаун *Cladocera* [5–7].

**Виклад основного матеріалу.** З 1880 року А. Вежейський розпочав комплексні гідробіологічні дослідження водойм Татр, подаючи і їх досить ґрунтовну екологічну характеристику [8–13; 16]. До нього ніхто в тогочасній Польщі не проводив подібних робіт. Дослідження, які проводилися тоді, обмежувалися лише переліком гідробіонтів відповідно до чинної систематики.

Надалі, протягом 1881 і 1882 років, було досліджено 27 водойм Татр, що розташовувалися на різних висотах аж до 1796 м. н.р.м. Під час цих експедицій було виявлено 49 таксонів ракоподібних. Такий результат досліджень А. Вежейський пояснював двома обставинами. Він зазначав, що у водоймах Татр несприятливі умови для розвитку фауни, крім того, такі результати зумовлені відсутністю належних умов для ретельних гідробіологічних досліджень цих водойм. Через певні обставини А. Вежейський не досліджував водойми Татр протягом року, а лише від першої половини липня до кінця серпня.

Він зазначав, що у видовому відношенні ці водойми небагаті, вони холодноводні і позбавлені вищої водної рослинності. Проте за незначної видової різноманітності виділяється велика чисельність особин одного чи кількох видів. Зазначалося, що фауна окремих досліджуваних водойм значно відрізняється і є небагато спільних видів між різними водоймами. До видів, що трапляються в багатьох водоймах, належать, зокрема, із гіллястовусих раків *Alona quadrangularis*, *Chydorus sphaericus*, *Eurycercus lamellatus*.

Щодо літоральної, пелагічної та глибоководної фаун, то проведені дослідження не показали між цими угрупованнями виразних меж. Пелагічні форми А. Вежейський знаходив також у літоральній зоні більш глибоких озер. За гарних, спокійних погодних умов вони траплялися в поверхневих і глибинних горизонтах водної товщі. Що стосується інших регіонів, то, зокрема, опрацьовувався матеріал з околиць Кракова, а також із водойм Поділля, Покуття і Буковини.

Історичні аспекти вивчення гіллястовусих раків (*Cladocera*) на теренах Галичини до сьогодні залишаються дослідженими недостатньо. З огляду на це особливу увагу привертають до себе публікації «Übersicht der Crustaceen-Fauna Galiziens» [14] і «Przegląd fauny skorupiaków galicyjskich» [15], у яких А. Вежейський робить історичний перегляд досліджень планктону та подає огляд фауни ракоподібних Галичини, зокрема гіллястовусих раків (*Cladocera*).

Загалом, гіллястовусі раки за матеріалами А. Вежейського представлені 78 таксонами (рис. 1). Подамо перелік *Cladocera* Галичини за А. Вежейським з дотриманням тогочасної систематики.

***Cladocera***
**Родина *Sididae***
**Рід *Sida***
*S. cristallina*, O. F. M.
**Рід *Daphnella***
*D. brachyura*, Liev.
*D. brandtiana*, Fisch.
**Родина *Holopedidae***
**Рід *Holopedium***
*H. gibberum*, Zad.
**Родина *Daphniidae***
**Рід *Daphnia***
*D. magna*, Strauss.
*D. magna* var. *schäffer*i, Baird.
*D. aktinsonii*, Baird.
*D. psittacea*, Baird.
*D. pulex*, Leydig.
*D. pulex* var. *schoedleri*, Sars.
*D. pulex* var. *ovata*, Sars.
*D. pulex*, var. *obtusa*, Kurz.
*D. pennata*, O. F. M.
*D. helvetica*, Stingl.
*D. longispina*, Leydig.
*D. caudata*, Sars.
*D. galeata*, Sars. var. *microcephala*, Sars.
**Рід *Hyalodaphnia***
*H. cucullata*, Sars.
*H. cucullata* var. *apicata*, Kurz.
**Рід *Ceriodaphnia***
*C. quadrangula*, O. F. M.
*C. pulchella*, Sars.
*C. megops* (*megalops*), Sars.
*C. laticauda*, P. E. Müller.
*C. rotunda*, Strauss.
*C. reticulata*, Jurine.
*C. echinata*, Moniez.
**Рід *Simocephalus***
*S. vetulus*, O. F. M.
*S. serrulatus*, Koch.
*S. exspinosus*, Koch.
**Рід *Scapholeberis***
*S. mucronata*, O. F. M.
*S. obtusa*, Schoedler.
**Рід *Moina***
*M. paradoxa*, Weissmann.
*M. fischeri*, Hellich.
*M. rectirostris*, O. F. M.
*M. micrura*, Kurz.
**Родина *Bosminidae***
**Рід *Bosmina***
*B. longirostris*, O. F. M.
*B. cornuta*, Jurine.
*B. lacustris*, Sars.
**Родина *Lyncodaphnidae***
**Рід *Macrothrix***
*M. laticornis*, Jurin.
*M. hirsuticornis*, Norm. et Brady.
*M. rosea*, Jurine.

*M. serricaudata*, Daday.
**Рід *Streblocerus***
*S. minutus*, Sars.
**Рід *Acantholeberis***
*A. curvirostris*, O. F. M.
**Рід *Ilyocryptus***
*I. sordidus*, Lievin.
**Рід *Lathonura***
*L. rectirostris*, O. F. M.
**Родина *Lynceidae***
**Рід *Eurycercus***
*E. lammellatus*, O. F. M.
**Рід *Leydigia***
*L. quadrangularis*, Kurz.
*L. acanthocercoides*, Fisch.
**Рід *Alona***
*A. quadrangularis*, O. F. M.
*A. oblonga*, P. E. M.
*A. tenuicaudis*, Sars.
*A. lineata*, Fischer.
*A. costata*, Sars.
*A. parvula*, Kurz.
**Рід *Alonopsis***
*A. elongata*, Sars.
**Рід *Acroperus***
*A. leucocephalus*, Koch.
*A. angustatus*, Sars.
**Рід *Camptocercus***
*C. macrurus*, O. F. M.
*C. rectirostris*, Schoedler.
*C. lilljeborgii*, Schoedler.
**Рід *Graptoleberis***
*G. testudinaria*, Fischer.
**Рід *Alonella***
*A. rostrata*, Koch.
*A. excisa*, Fischer.
*A. exigua*, Lilljeborg.
*A. nana*, Baird.
**Рід *Dunhevidia***
*D. setigera*, Birge.
**Рід *Peracantha***
*P. truncata*, O. F. M.
**Рід *Pleuroxus***
*P. trigonellus*, O. F. M.
*P. hastatus*, Sars.
*P. aduncus*, Jurine.
*P. glaber*, Schoedler.
**Рід *Chydorus***
*Ch. sphaericus*, O. F. M.
*Ch. globosus*, Baird.
*Ch. punctatus*, Hellich.
*Ch. caelatus*, Schoedler.
**Родина *Polyphemidae***
**Рід *Polyphemus***
*P. pediculus*, de Geer.
**Родина *Leptodoridae***
**Рід *Leptodora***
*L. hyalina*, Lilljeb.

Таксономічна структура кладоцероценозів Галичини за матеріалами А. Вежейського у спектрі родів характеризується такими закономірностями. Зареєстровано 8 родин, які включають 29 родів. Найбільш різноманітною є родина *Lynceidae*, що об'єднує 12 родів (*Eurycercus*, *Leydigia*, *Alona*, *Alonopsis*, *Acroperus*, *Camptocercus*, *Graptoleberis*, *Alonella*, *Dunhevidia*, *Peracantha*, *Pleuroxus*, *Chydorus*). Чотири родини включають лише по одному роду: *Holopedidae* (*Holopedium*), *Bosminidae* (*Bosmina*), *Polyphemidae* (*Polyphemus*) і *Leptodoridae* (*Leptodora*). У родині *Sididae* два роди: *Sida* і *Daphnella*. Близькими за кількістю родів є родина *Daphniidae* (6 родів: *Daphnia*, *Hyalodaphnia*, *Ceriodaphnia*, *Simocephalus*, *Scapholeberis*, *Moina*) і родина *Lyncodaphnidae* (5 родів: *Macrothrix*, *Streblocerus*, *Acantholeberis*, *Ilyocryptus*, *Lathonura*).

У спектрі видових таксонів і варієтетів у структурі кладоцероценозів спостерігаються такі закономірності.

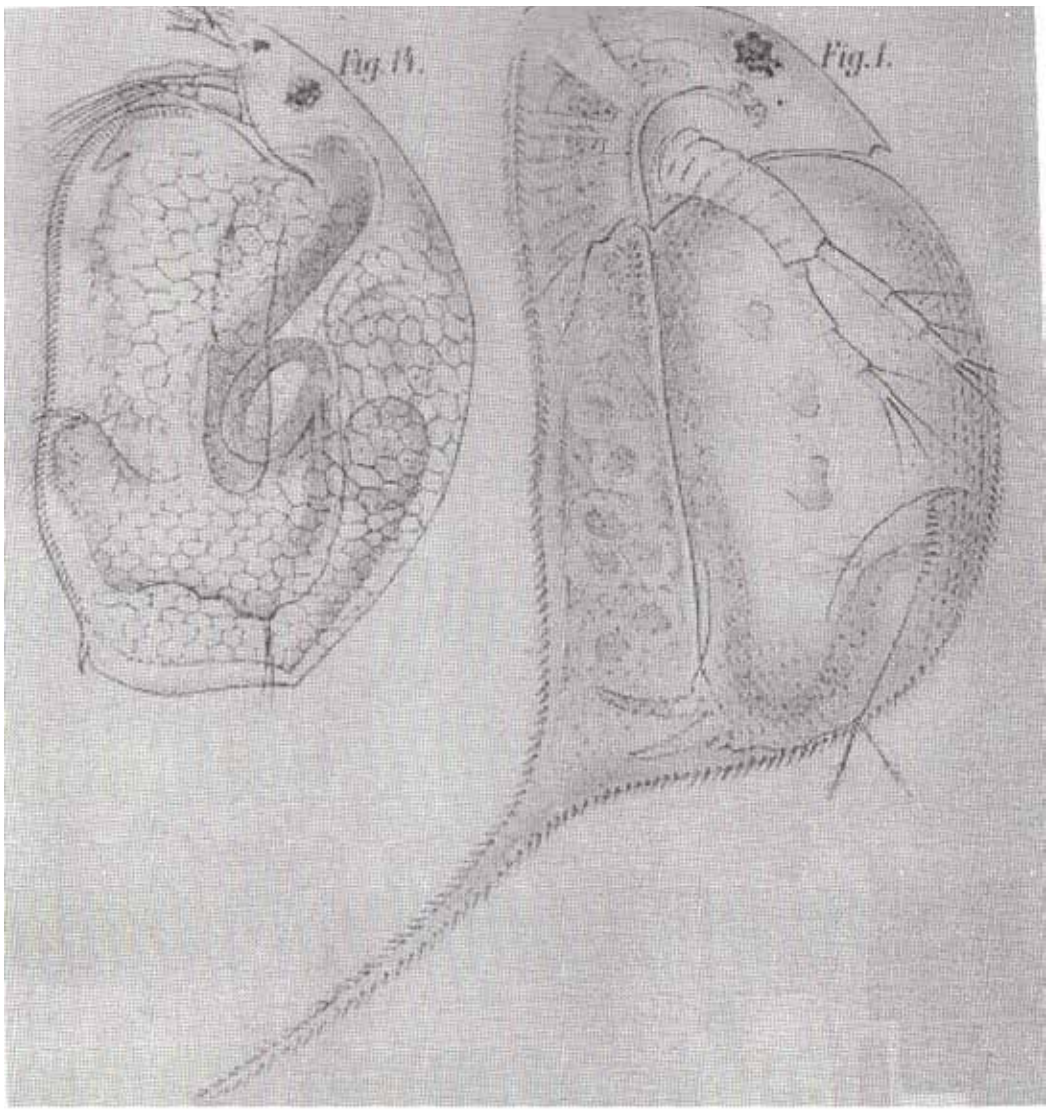
Загалом родина *Daphniidae* включає 31 таксон. Найбільш чисельним є рід *Daphnia* (13 таксонів), що становить 42% від загального числа. Найменше число таксонів (2 таксони, 6%) характерне для родів *Hyalodaphnia* і *Scapholeberis*. Дещо більше число таксонів у родів *Simocephalus* і *Moina* (3 таксони (9%) і 4 таксони (13%) відповідно). Рід *Ceriodaphnia* представлений 7 таксонами, що становить 22% від загального числа.

Родина *Lynceidae* нараховує 30 таксонів і за різноманітністю близька до родини *Daphniidae*. Проте за кількістю родів удвічі перевищує родину *Daphniidae* (12 і 6 родів відповідно). Найбільш чисельним за кількістю таксонів у родині *Lynceidae* є рід *Alona* (6 таксонів), що становить 20% від загальної різноманітності цієї родини. П'ять родів (*Eurycercus*, *Alonopsis*, *Graptoleberis*, *Dunhevidia*, *Peracantha*) включають лише по одному таксону, що становить близько 3% для кожного роду від загального числа таксонів цієї родини. Три роди (*Alonella*, *Pleuroxus*, *Chydorus*) об'єднують по чотири таксони (близько 13% для кожного роду). Лише один рід (*Camptocercus*) включає три таксони (10%). Для двох родів (*Leydigia*, *Acroperus*) зареєстровано по два таксони (близько 8%).

Родина *Lyncodaphnidae* характеризується такими особливостями. У видовому відношенні найбільш повно представлений рід *Macrothrix* (4 таксони, 50%). Чотири роди (*Streblocerus*, *Acantholeberis*, *Ilyocryptus*, *Lathonura*) включають лише по одному видовому таксону, що становить 12,5% для кожного роду.

Родина *Sididae* представлена двома родами: *Sida* і *Daphnella*. У роді *Daphnella* зареєстровано два таксони (66,5%), у роді *Sida* – один таксон (33,5%).

У родинах *Holopedidae*, *Bosminidae*, *Polyphemidae*, *Leptodoridae* вказано лише по одному роду. Причому з означених родів лише рід *Bosmina* представлений трьома таксонами. Для інших родів цієї групи зареєстровано лише по одному таксону.




*А* *Б*

*Рис. 1. Фрагмент публікації А. Вежейського [15]: А – Dunhevidia setigera, Birge; Б – Daphnia aktinsonii, Baird*

**Головні висновки.** Отже, кладоцероценози Галичини за матеріалами А. Вежейського представлені 8 родинами, що об'єднують 29 родів. Найбільш презентабельними з огляду на кількість видових таксонів є родина *Daphniidae* (31 таксон) і родина *Lynceidae* (30 таксонів). У трьох родинах (*Holopedidae*, *Polyphemidae*, *Leptodoridae*) зареєстровано лише по одному таксону. У родинах *Sididae* і *Bosminidae* – по три таксони. У родині *Lyncodaphnidae* вказано 8 таксонів. З врахуванням кількості родів найбільш різноманітною є родина *Lynceidae* (12 родів). Чотири родини (*Holopedidae*, *Bosminidae*, *Polyphemidae*, *Leptodoridae*) включають лише по одному роду. У родині *Sididae* два роди. Близькими за кількістю родів є родина *Daphniidae* (6 родів) і родина *Lyncodaphnidae* (5 родів).

**Перспективи використання результатів дослідження.** З огляду на сучасні дослідження зоопланктоценозів заходу України дослідження А. Вежейського не втрачають своєї актуальності [5–7]. Матеріали, отримані А. Вежейським, потребують ретельного аналізу з врахуванням сучасних досягнень у галузі систематики і таксономії гіллястовусих раків. Вони є важливими для ретроспективного аналізу стану гідробіоценозів Галичини, визначення динаміки їхніх гідроекологічних характеристик протягом тривалих періодів часу.

Надалі доцільно провести систематичну ревізію таксонів, зареєстрованих А. Вежейським, з врахуванням змін у сучасній систематиці. Отримані результати дадуть змогу провести реконструкцію стану гідробіоценозів попередніх періодів існування, встановити динаміку гідроекологічних змін, зумовлених антропогенними та мікрокліматичними чинниками. Визначення спектрів таксономічних родів дасть змогу виділити певні регіональні закономірності, що зумовлюють головні риси структури гідробіоценозів різних територій. Порівняльна характеристика таких матеріалів із результатами сучасних досліджень дасть можливість встановити рівень антропогенної трансформації довкілля.

**Література**


1. Іванець О.Р. А. Вежейський – фундатор ротаторіологічних досліджень на теренах Галичини. «Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень» : мат-ли Першої міжнар. наук.-практ. конф., м. Хотин, 10–12 квітня 2014 р. Чернівці : Друк Арт, 2014. С. 352–355.
2. Іванець О.Р. Гідробіологічні дослідження А. Вежейського на теренах Карпат. Мат-ли наук. конф., присвяч. 60-річчю Високогірного біологічного стаціонару Львівського національного університету імені Івана Франка, м. Львів, 27–30 липня 2015 р. Львів : ЛНУ ім. І. Франка, 2015. С. 78–80.
3. Błędzki L.A., Rybak J.I. Freshwater Crustacean Zooplankton of Europe: *Cladocera & Copepoda* (*Calanoida*, *Cyclopoida*). Key to species identification, with notes on ecology, distribution, methods and introduction to data analysis. Switzerland : Springer International Publishing Switzerland, 2016. 918 p.
4. Fedorowicz Z. Antoni Wierzejski (1843–1916) Zakład Narodowy. Memorabilia Zoologica. Wrocław–Warszawa–Kraków : Zakład Narodowy Imienia Ossolińskich. Wydawnictwo PAN, 1970. 82 s.
5. Ivanets O.R. The fauna of *Rotatoria* and microcrustaceans (*Cladocera*, *Copepoda*) of the Ukrainian Roztocze and its surroundings. *Development of natural sciences in countries of the European Union taking into account the challenges of XXI century* : collective monograph. Lublin : Izdevnieciba “Baltija Publishing”, 2018a. P. 183–196.
6. Ivanets O.R. Patterns of taxonomic structure and ecomorphology *Chydoridae*, Dybowski & Grochowski, 1894 (*Cladocera*: *Anomopoda*) of the Ukrainian Roztocze and its surroundings. *Scientific achievements of countries of Europe in the field of natural sciences* : collective monograph. Sandomierz, Poland. Riga : Izdevnieciba “Baltija Publishing”, 2018б. P. 1–16.
7. Kovalchuk A.A., Ivanets O.R. The impact of damming and water poundage on the formation and structure of zooplanktocoenoses in the conditions of rivers in the Ukrainian Roztocze (the “outer” or “chunk” Carpathians). *Issues and challenges of small hydropower development in the Carpathians region (hydrology, hydrochemistry, and hydrobiology of watercourses)* : collective monograph. Uzhgorod; L’viv; Kyiv : Biological Faculty of L’viv National University & Hydroecological society “Uzh”, 2016. P. 138–151.
8. Wierzejski A.O faunie jezior tatrzańskich, “Pamiętn. Tow. Tatrzańsk”. T. VI. 1881. S. 99–110.
9. Wierzejski A. Zarys fauny stawów tatrzańskich, “Pamiętn. Tow. Tatrzańsk”. T. VIII. 1883. S. 95–125.
10. Wierzejski A. Liste des Rotiferes observes en Galicie (Autriche-Hongrie), “Bull. soc. zool. France”. Vol. 16. 1891. S. 49–52.
11. Wierzejski A. Zur Kenntnis der Asplanchna-Arten, “Zool. Anz”. Bd. 15. 1892. S. 345–349.
12. Wierzejski A. *Atrochus tentaculatus* nov. gen. et sp. Ein Rädertier ohne Räderorgan. “Zeitschr. f. wiss. Zool”. Bd. 55. 1893a. S. 696–712.
13. Wierzejski A. Rotatoria (wrotki) Galicyi. Kraków : Akademia Umiejętności. Druk Uniw. Jag. 1893б. 112 s.
14. Wierzejski A. Übersicht der Crustaceen-Fauna Galiziens. “Bull. int. Acad. Sc. Cracovie. Ann”. 1895. S. 170–178.
15. Wierzejski A. Przegląd fauny skorupiaków galicyjskich. “Sprawozd. Kom. Fiz. Akad. Umiej. w Krakowie”. T. XXXI. 1896. S. 160–215.
16. Wierzejski A., Zacharias O. Neue Rotatorien des Süβwassers. “Zeitschr. f. wiss. Zool”. Bd. 56. 1893. S. 236–244.

**УДК 581.41**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-26**

# МОРФОЛОГІЧНІ ОЗНАКИ ВИДІВ РОДУ *EQUISETUM* L. СПОРІДНЕНИХ ІЗ ФАРМАКОПЕЙНИМ *EQUISETUM ARVENSE* L.

**Тимченко І.А.[1], Мінарченко В.М.[1,2], Футорна О.А.[1,2,3], Двірна Т.С.[1]**
[1]Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного
Національної академії наук України
вул. Терещенківська, 2, 01004, м. Київ
itymorchid@ukr.net, dvirna_t@ukr.net
[2]Національний медичний університет імені О.О. Богомольця
бульв. Тараса Шевченко, 13, 01601, м. Київ;
[3]Науково-навчальний центр «Інститут біології та медицини»
Київського національного університету імені Тараса Шевченко
вул. Володимирська, 64/13, 01601, м. Київ
valminar@ukr.net, oksana_drofa@yahoo.com

Представлені узагальнені, уточнені та доповнені морфологічні характеристики фармакопейного виду *Equisetum arvense* та п'яти споріднених з ним видів флори України, які належать до підроду *Equisetum: E. fluviatile, E. palustre, E. pratensis, E. sylvaticum, E. telmateia.* Встановлено, що лікарська сировина фармакопейного *E. arvense* не може бути ідентифікована за однією морфологічною ознакою, оскільки ці ознаки є спільними (якісні) або перекриваються (кількісні), хоча б з одним спорідненим видом. Однак інші споріднені види мають деякі видоспецифічні морфологічні ознаки, які відсутні у *E. arvense.* Ідентифікація лікарської рослинної сировини *E. arvense* можлива на основі комплексу морфологічних ознак таких як наявність стробіл, характер галуження та розміщення у просторі бокових гілочок, наявність галуження бокових гілочок, довжина пагона, співвідношення довжина першого міжвузля бокової гілочки найнижчого вузла та відповідної листкової мутовки, діаметр стебла та бокових гілочок, співвідношення діаметру бокових гілочок та стебла (запропонована вперше), кількість ребер стебла та граней бокових гілочок, форма листкових мутовки, кількість листкових зубців, їх форма та забарвлення. *Ключові слова: Equisetum*, споріднені види, морфологічні ознаки, сировина.

**The morphological features of species of the genus of *Equisetum* related to the pharmacopoeial *Equisetum arvense* L. Tymchenko I., Minarchenko V., Futorna O., Dvirna T.** The generalized, refined and supplemented morphological characteristics of the pharmacopoeial species *Equisetum arvense* and five related flora species of Ukraine, which belong to the subgenus *Equisetum: E. fluviatile, E. palustre, E. pratensis, E. sylvaticum, E. telmateia* are presented. The purpose of the study was to identify the diagnostic features that allow the species and its medicinal raw materials to be identified. The study found that the medicinal raw material of pharmacopoeial *E. arvense* could not be identified by one morphological trait, since these features were common (qualitative) or overlapping (quantitative), at least with one related species. However, other related species have some species-specific morphological features that are absent in *E. arvense*. Identification of medicinal herbal raw *E. arvense* is possible on the basis of a complex of morphological features such as the presence of strobiles, the nature of branching and placement in the space of lateral branches, the presence of branching of the lateral branches, the length of shoot, the ratio of the length of the first internode of lateral branch of the lowest node and the corresponding leaf whorl, the diameter of stem and lateral branch, the ratio of the diameter of the lateral branch and stems (proposed for the first time), the number of ribs of the stem and lateral branch, the shape of leaf sheaths, the quantities of leaf teethes, their shape and color. *Key words:* Equisetum, related species, morphological features, raw material.

**Постановка проблеми та актуальність дослідження.** Офіційною медициною України допускається до використання лікарська рослинна сировина хвоща польового *E. arvense* [3], хоча в народній медицині використовують сировину всіх видів хвощеподібних флори України [5; 6].

Рід *Equisetum* представлений у флорі України 9 видами, які належать до двох підродів *Equisetum* та *Hippochaete* (Milde) Baker. [7; 19]. Фармакопейний *E. arvense* належить до підроду *Equisetum,* за зовнішнім виглядом спорідненими до нього є 5 видів роду флори України: *E. fluviatile* L., *E. palustre* L., *E. pratense* Ehrh., *E. sylvaticum* L. та *E. telmateia* Ehrh. Для видів підроду характерні однорічні надземні пагони, які регулярно галузяться, продихи не занурені, розміщуються розсіяно або впорядкованими рядами, верхівка спороносного пагона заокруглена (тупа). Види роду *Equisetum* досить поліморфні, що ймовірно обумовлено різноманіттям екологічних умов місць зростання. Найбільш подібними за морфологічними ознаками до *E. arvense* є *E. palustre. E. fluviatile* та *E. pratense*, менш подібними є: *E. sylvaticum* та *E. telmateia.* Сировиною хвоща польового є цілі або подрібнені, висушені надземні вегетативні пагони *E. arvense* L. Подрібнена сировина складається із фрагментів стебел, бокових гілочок, листкових мутовок. Вони шершаві на дотик, ламкі та хрусткі при здрібненні, від світло-зеленого до зеленувато-сірого кольору. В подрібненому вигляді сировину вищенаведених видів хвощів розрізнити складно.

Морфологічні характеристики видів роду *Equisetum* флори України наводяться в флористичних зведеннях [1; 4; 8; 13; 14] та монографічних обробках присвяченим видам роду та їх гібридам [2; 17; 18; 21], морфологічні ознаки та їх варіабельність для цілей таксономії аналізуються в роботах В.Е. Скворцова [9, 10]. Ряд робіт пов'язано з вивченням морфолого-анатомічних ознак для фармакологічних цілей, для ідентифікації лікарської сировини видів роду *Equisetum* [11; 12; 15; 16; 20].

**Мета роботи** – узагальнити, уточнити літературні дані та доповнити результатами власних досліджень відомості щодо морфологічних особливостей видів роду *Equisetum* споріднених з фармакопейним *Equisetum arvense* L. для виявлення діагностичних ознак, які дозволять ідентифікувати сировину цих видів.

**Матеріали та методи досліджень.** Для морфологічних досліджень були використані гербарні зразки шести видів роду *Equisetum* відібрані з Національного гербарію України (гербарій Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України – *KW*), матеріали власних гербарних зборів та свіжозібрані зразки рослин.

Оскільки основною метою було встановити діагностичні морфологічні характеристики лікарської рослинної сировини видів роду *Equisetum* нами досліджувались особливості морфології стебла, бокових гілочок, листкових мутовок стебла та бокових гілочок (у *E. sylvaticum* бокових гілочок 1 та 2 порядку), зубців листкових мутовок, галуження та розміщення у просторі бокових гілочок, співвідношення діаметрів стебла та бокових гілочок.

Макроморфологічні ознаки висушеної та свіжозібраної цільної та подрібненої сировини вивчали неозброєним оком, за допомогою мікроскопа МБС-9 (×6, ×10, ×20, ×40) та мікроскопа Olympus CX23 (×40, ×100). Морфологічні характеристики фіксували за допомогою цифрової фотокамери Sony cyber-shot, з мікроскопів за допомогою фотонасадки Levenhuk M 1000 Plus використовуючи програму Levenhuk Lite. Кількісні параметри діаметр бокових гілочок та стебла, довжина листкових мутовок та листкових зубців визначались на зображеннях за допомогою програми Levenguk Lite. Довжину стебла та міжвузлів вимірювали лінійкою. Описи видів автори здійснювали, використовуючи термінологію В.Е. Скворцова [9].

**Виклад основного матеріалу.** Нижче наводимо узагальнені морфологічні характеристики з відповідними зображеннями кожного з вищенаведених шести видів роду *Equisetum* флори України, споріднених з фармакопейним *E. arvense.* При складанні морфологічних описів використані відомості з вищенаведених флористичних та монографічних робіт щодо видів роду *Equisetum*, деякі з кількісних ознак уточнені (кількість бокових гілочок в узлі, довжина міжвузль, діаметр стебел та бокових гілочок). Вперше запропоновано та визначено такий показник як співвідношення діаметрів бокових гілочок та стебла, який можна застосовувати при ідентифікації подрібненої лікарської сировини цих видів.

***Equisetum arvense* L.** Багаторічна трав'яниста рослина заввишки 10–50 (100) см, з довгим чорнуватими кореневищем з кулястими бульбочками. Пагони диморфні, двох типів: спороносні і вегетативні. Спороносні пагони світло-буруваті, нерозгалужені, 10–20 см заввишки та 2–6 мм завширшки, листки розміщені кільцями, зростаються між собою, утворюючи дзвоникоподібно потовщені піхви, які закінчуються 8–12 чорно-бурими зубцями. Стробіл овально-циліндричний, на верхівці без гострячка. Після дозрівання спор спороносні пагони відмирають і рослина розвиває вегетативні пагони.

Вегетативний пагін шершавий, жорсткий, зелений, від основи галузистий (рис. 1A). Нижніх 1–3 вузла не мають розгалужень, від інших вузлів відходить 7–13 бокових гілочок (рис. 1B). Діагностичною ознакою для *E. arvense* є те, що перше міжвузля бокової гілочки чітко довше листкової мутовки стебла, довжина його збільшується від нижніх вузлів до верхніх (рис. 1C). Стебло складається з вузлів і міжвузлів, 1–3,5 (рідко до 5) мм у діаметрі, ребристе, із 9–13 (18) ребер (рис. 1D), довжина міжвузля 1,5–4,5 см завдовжки, довжина міжвузлів зменшується знизу вверх. Листкові мутовки стебла вузько-дзвоникоподібні, нижніх вузлів – темно-бурі, завдовжки 8–9 мм, листкові мутовки у вузлах галуджень – зелені, 6–7 мм завдовжки. Листкові зубці трикутно-ланцетні, зелені з темно-бурим кінчиком, без плівчастою облямівки або мають вузьку прозору облямівку (рис. 1E), зрідка зрослі по 2–3, кількість листкових зубців відповідає кількості ребер стебла. Базальні міжвузля бокових гілочок світло-буруваті. Бокові гілочки розміщуються кільцями у вузлах стебел, не галузисті (зрідка галузяться), 0,5–2 мм в діаметрі, із 4 (рідко 3, 5) поздовжніми, гострими ребрами, косо догори спрямовані, борозенки гілочки посередині з вузьким добре помітним канальцем (рис. 1 F). Листкові мутовки циліндричні, щільно притиснуті, з 4 (рідко 3, 5, число зубчиків відповідає числу ребер на гілочці) ланцетно-трикутними зеленими зубцями, між зубцями світло-зелена або світло-бура перетинка, відігнуті назовні (рис. 1 G). Співвідношення діаметра бокової гілочки і стебла становить 1:1,5–3,1.

***Equisetum fluviatile* L.** Багаторічна трав'яниста рослина заввишки 30–100 (150) см, з темно- бурим галузистим кореневищем, бульбочки на ньому утворюються рідко. Пагони мономорфні, спороносні та вегетативні пагони розвиваються весною одночасно, спочатку однакові, лише в кінці весни на початку літа на верхівці головного пагона або також на кінцях верхніх бокових гілочок формуються стробіли. Стробіли видовжено-овальні, порожнисті, на верхівці без гострячка, зрілі чорно-бурі.

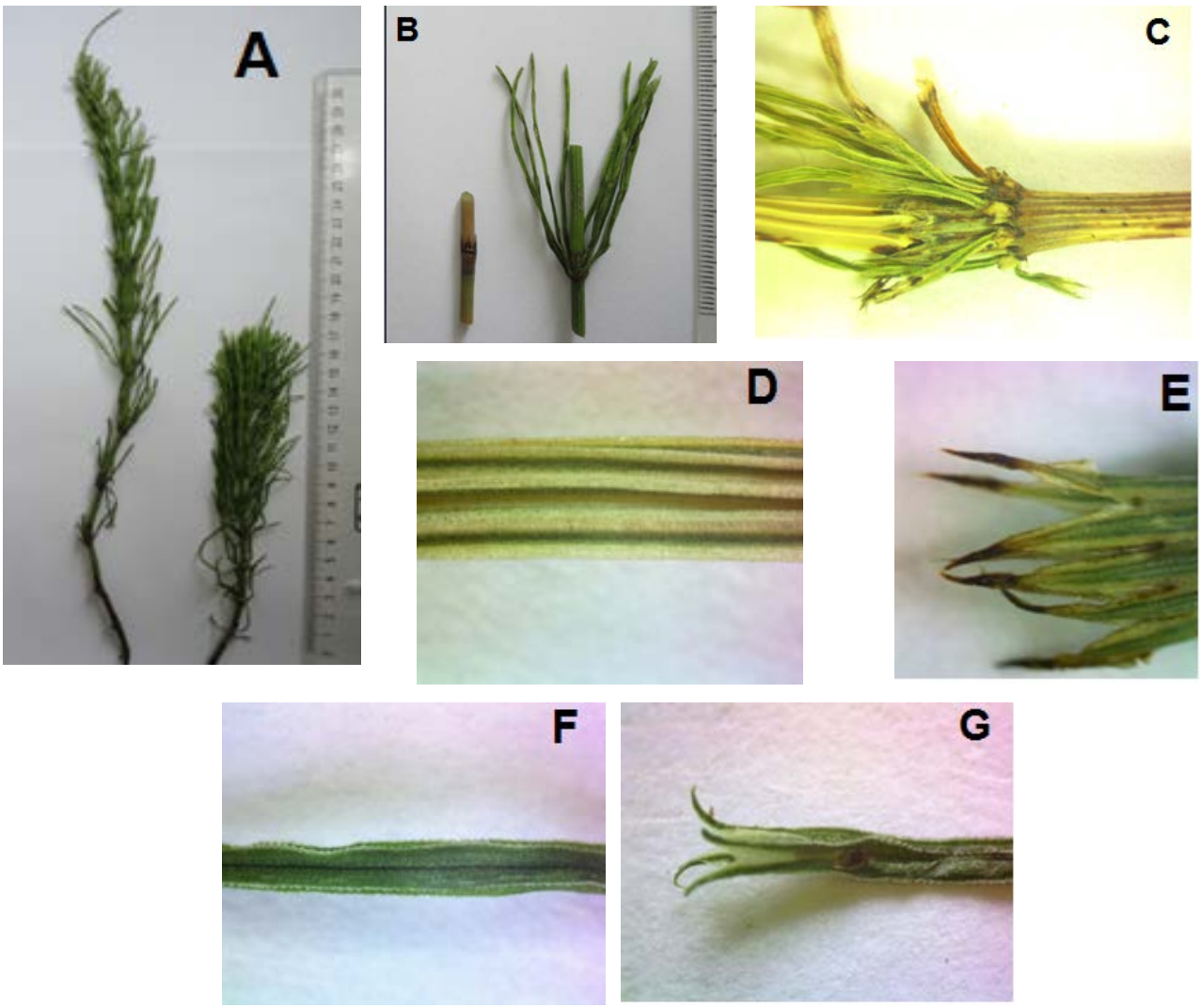



*Рис. 1. Equisetum arvense. A – Загальний вигляд вегетативного пагону; B – фрагмент стебла з вузлами без розгалужень та з боковими гілочками; C – найнижчий вузол (перше міжвузля бокової гілочки чітко довше відповідної листкової мутовки збільшення х6); D – фрагмент стебла (збільшення х20); E – зубці листкової мутовки стебла (збільшення х20); F – фрагмент бокової гілочки (збільшення х20); G – зубці листкових мутовки бокової гілочки (збільшення х20)*

Вегетативний пагін від зовсім негалузистих форм до форм з густим та рівномірним галуженням в середній та верхній частинах (рис. 2A), нижні 5–7 вузлів без бокових гілочок (рис. 2B), зелений, досить м'який, прямостоячий. Перше міжвузля нижніх гілочок коротше в 2–2,5 рази, рідше дорівнює відповідній листковій мутовці стебла (рис. 2C). Стебло 4–8 (10) мм в діаметрі, ребристе, з 14–20 (30) слабко вираженими плоско випуклими, гладкими ребрами та широкими борозенками, довжина міжвузлів 2,5–4,5 см (рис. 2D). В нижній частині стебло червонувато-коричневе, в середній та верхній – світло-зелене. Листкові мутовки стебла циліндричні, з 14–20 ледве виступаючими ребрами та не чіткими борозенками, 1–1,2 см завдовжки, нижні – чорні або червонувато-коричневі, верхні – світло-зелені або світло коричневі (рис. 2E). Листкових зубців 14–20, ланцетно-шиловидні, притиснуті або ледь відхилені, повністю або лише на кінчиках бурувато-чорні, по краю з вузькою світлою облямівкою 2–3 мм завдовжки на початку розвитку рослини можуть бути зрослі по 2–3 (рис. 2F). Бокові гілочки, якщо пагін галузиться, розміщені поодиноко на деяких вузлах або кільцями (по 4–11 бокових гілочок), дугоподібно висхідні або майже горизонтальні, міжвузля гілочок тупо- 4–11-гранні, 0,5–1,5 мм в діаметрі (рис. 2G). Листкові мутовки дзвоникоподібні, не щільно прилягають до гілочки, зубців 4–6, ланцетні, бурувато-чорні на кінчику (рис. 2G). Співвідношення діаметра бокової гілочки і стебла становить 1:3,3–5,4.

***Equisetum palustre* L.** Багаторічна трав'яниста рослина заввишки 15–50 см, з довгим чорним кореневищем, на якому часто утворюються бульбочки. Спороносні та вегетативні пагони однакові, лише

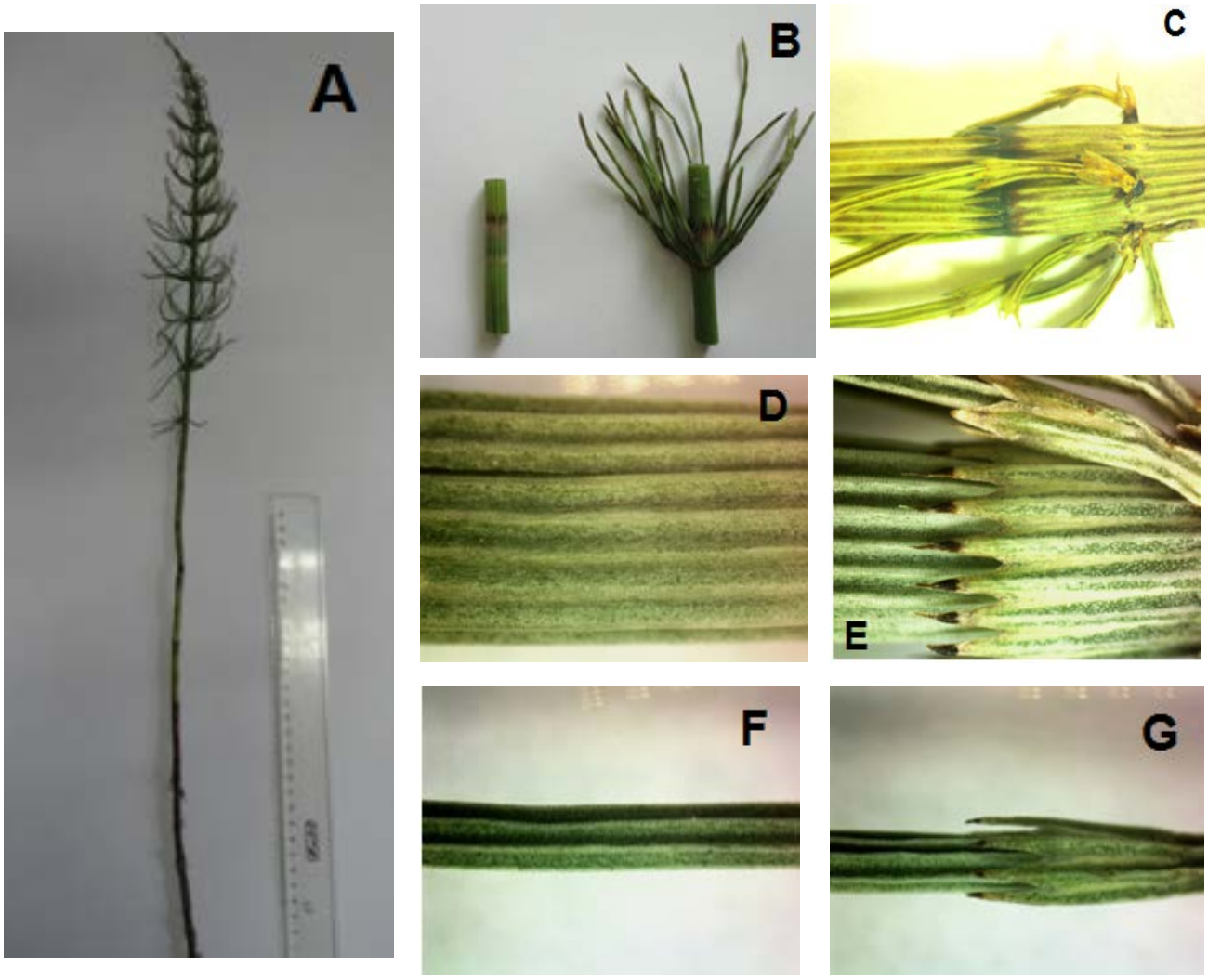



*Рис. 2. Equisetum fluviatile. A – Загальний вигляд вегетативного пагону; B – фрагмент стебла з вузлами без розгалужень та з боковими гілочками; C – найнижчий вузол (збільшення х6); D – фрагмент стебла (збільшення х20); E – листкова мутовка стебла (збільшення х20); F – фрагмент бокової гілочки (збільшення х20); G – листкова мутовка бокової гілочки (збільшення х20)*

в кінці весни або влітку на деяких зелених пагонах формуються стробіли. Стробіл один, верхівковий, рідше стробіли утворюються на кінцях бічних гілочок, циліндричний, на верхівці без гострячка, зеленуватий або коричневий. Спороносить у травні-вересні.

Вегетативний пагін галузистий від основи, зрідка в середній і верхній частинах, зелений, досить м'який, прямостоячий (рис. 3A). Перше міжвузля бокових гілочок в 1,5–3 (4) рази коротше відповідної листкової мутовки та його довжина зменшується від нижніх до верхніх вузлів (рис. 3B). Стебло 1,5–3 (4) мм в діаметрі, глибоко борозенчасте, з 5–8 (10) дрібно поперечно-зморшкуватими виступаючими ребрами, довжина міжвузлів 2,5–5 см (рис. 3C). Листкові мутовки вузько дзвоникоподібні, зелені, нижні – інколи бурі, 5–12 мм завдовжки. Листкових зубців 8–10, широко-ланцетні, на верхівці або майже повністю чорно-бурі, з широкою білою облямівкою по краю, 2–5 мм завдовжки (рис. 3D). Базальні міжвузля чорно-бурі. Бокові гілочки розміщуються кільцями (по 7–12), дуговидно висхідні (вигнуті всередину), часто не рівні по довжині, з 4–7 ребрами, поперечно-зморшкуваті, 0,5–1 мм в діаметрі (рис. 3E). Листкові мутовки бокових гілочок дзвоникоподібні, зеленуваті. Листкових зубців 4–7, знизу сірувато-зелені, вгорі чорно-бурі, вузько-ланцетні, тонко шкірясті, не щільно прилягають до гілочки (рис. 3F). Співвідношення діаметра бокової гілочки і стебла становить 1:1,8–2,6.

***Equisetum pratense*** **Ehrh.** Багаторічна трав'яниста рослина, заввишки 20–60 см, з довгим кореневищем. Пагони диморфні, спороносні і вегетативні пагони з'являються майже одночасно. Спороносні пагони 20–25 см висоти та до 4 мм в діаметрі, прості, блідно-зелені або буруваті, після дозрівання спор зеленіють, галузяться і стають подібні до вегетативних. Стробіл циліндричний, верхівковий, заокруглений, без вістря на верхівці. Спороносить у квіт-

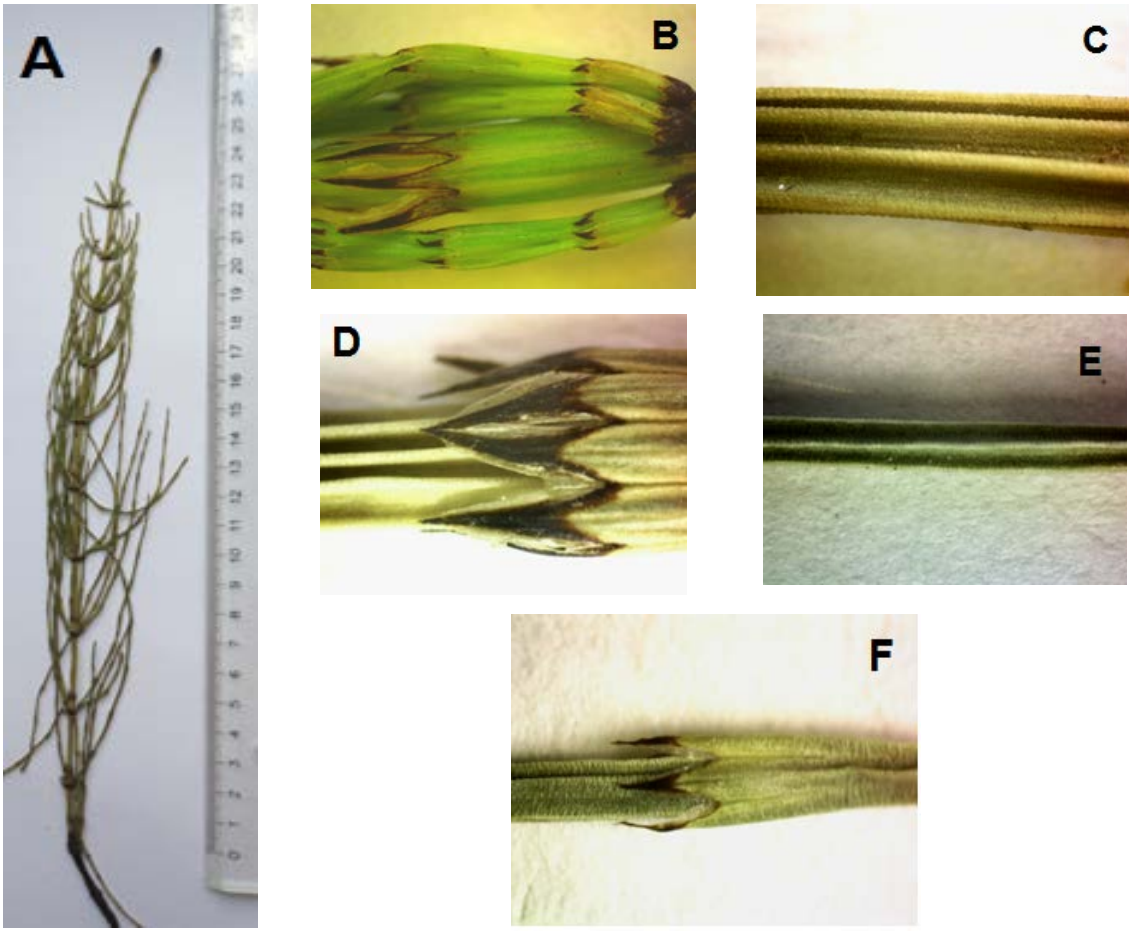



*Рис. 3. Equisetum palustre. A – спороносний пагін; B – найнижчий вузол (збільшення х6); C – фрагмент стебла (збільшення х20); D – зубці листкової мутовки стебла (збільшення х20); E – фрагмент бокової гілочки (збільшення х20); F – листкова мутовка бокової гілочки (збільшення х20)*

ні-травні. Розмножується спорами та вегетативно.

Вегетативний пагін зелений, 3–4 нижніх вузли не галузяться, в інших мутовками розміщені 8–13 бокових гілочок (рис. 4A). Перше міжвузля бокової гілочки найнижчого вузла менше (в 1,1–1,4 рази) або дорівнює по довжині відповідній листковій мутовці, в середній та верхній частині стебла переважно довше (рис. 4B, C). Стебло 1–3 мм в діаметрів, з 10–18 вузькими гострими ребрами, по ребрах добре помітні кремнієві шипики, довжина яких перевищує ширину, глибоко борозенчасте, довжина міжвузля в середній частині 1,2–1,7 см (рис. 4D). Листкові мутовки нижніх не галузистих вузлів стебла вузько дзвоникоподібні, темно-бурі у верхній частині, з 8–10 крупними ланцетними листковими зубцями зрослими по 2–3. Листкові зубці у центральній частині з темно-бурою вузькою смугою та широкою світло-бурою плівчастою облямівкою. Листкові мутовки, які охоплюють вузли з боковими гілочками, широко дзвоникоподібні, 2–6 мм завдовжки. Листкових зубців 8–15, широко ланцетні, у центральній частині зі темно-бурою вузькою смугою та широкою світло-бурою плівчастою облямівкою (рис. 4E). Бокові гілочки 0,5–1 мм в діаметрі, з 3 (рідше 4–5) гострими ребрами, горизонтально розпростерті або дугоподібно вигнуті вниз (рис. 4F). Листкові піхви бокових гілочок зелені, дзвоникоподібні, листкові зубці трикутні, зелені, з більш світлою облямівкою по краю, відігнуті назовні (рис. 4G). Співвідношення діаметра бокової гілочки і стебла становить 1:1,2–2,5.

***Equisetum sylvaticum L.*** Багаторічна трав'яниста рослина, заввишки 20–50 (80) см, з довгим тонким чорно-бурим кореневищем, на якому зрідка утворюються бульбочки. Пагони двох типів: спороносні і вегетативні, спороносні розвивається раніше вегетативних. Спороносні пагони, 20–40 см заввишки, 3–4 мм в діаметрі з 10–18 гладкими ребрами, буруваті. Листкові піхви дзвоникоподібні, світло-зелені, листкові зубці бурі, зростаються по 2–4 в 3–6 широколанцетних складних зубців, тупі на верхівці. Стробіл циліндричний, верхівковий, заокруглений. Спороносить у квітні-травні. Після дозрівання спор пагони зеленіють і на них розвиваються галузисті бокові гілочки.

Вегетативний пагін 20–50 (80) см заввишки, зелений, прямостоячий (рис. 5A), в нижніх вузлах (до 5) рослина не галузиться, в середній та верхній частині з боковими гілочками, які двічі (зрідка тричі) галузисті, горизонтальні або дуговидно вигнуті вниз

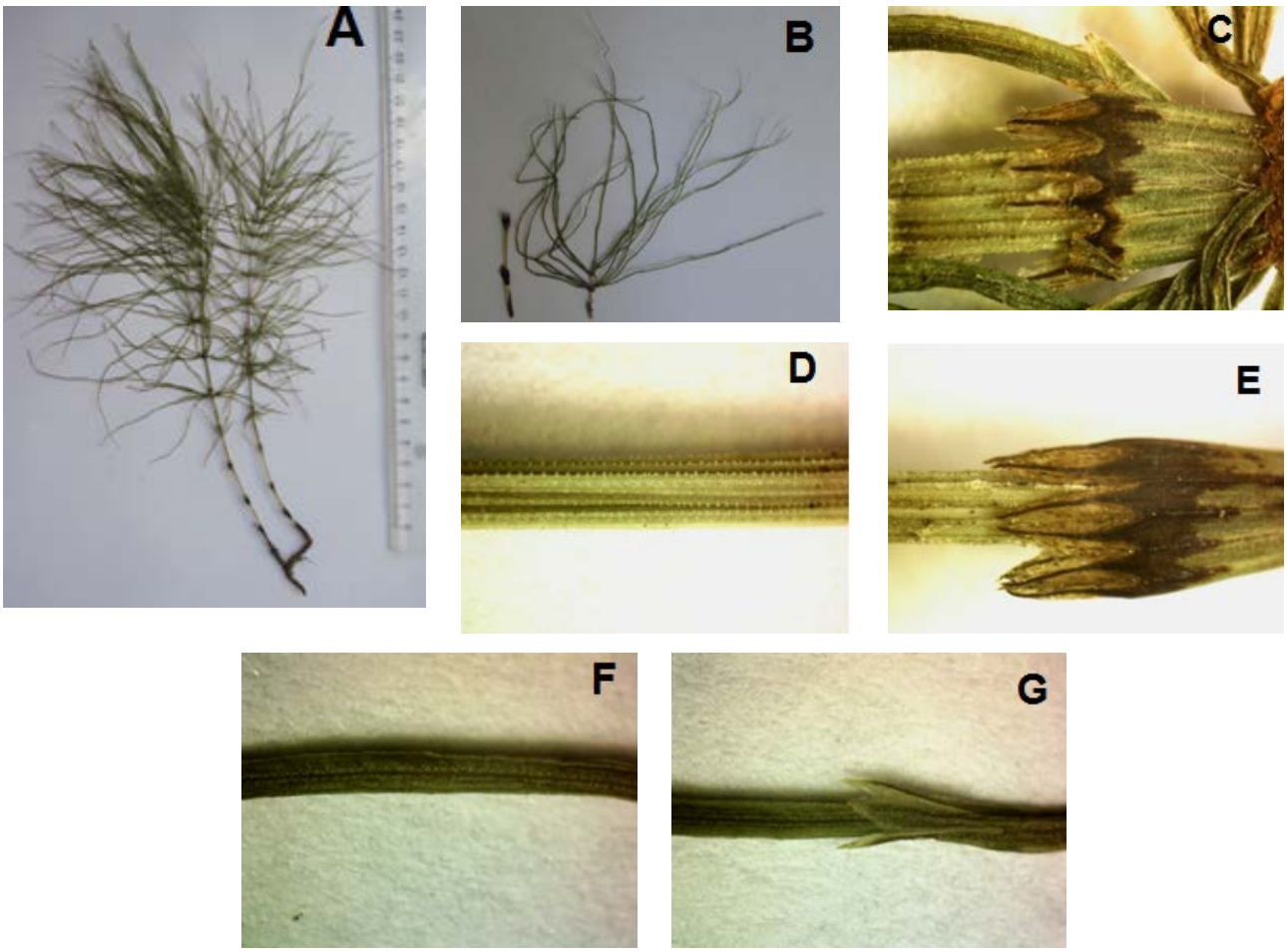



*Рис. 4. Equisetum pratensis. A – вегетативний пагін; B – фрагмент стебла з вузлами без розгалужень та з боковими гілочками; C – найнижчий вузол (збільшення х6); D – фрагмент головного стебла (збільшення х20); E – зубці листкових мутовок стебла (збільшення х20); F - фрагмент бокової гілочки (збільшення х20); G – зубці листкових мутовок бокової гілочки (збільшення х20)*

(рис. 5B). Перше міжвузля бокової гілочки у нижніх вузлах може бути як коротше так і довше відповідної листкової мутовки, тоді як у верхній частині пагона значно довше (рис. 5C). Стебло ребристе, з 10–18 ребрами, ребра вкриті помітними шипиками, довжина яких перевищує ширину, не глибоко борозенчасте, 2–5 мм в діаметрі, довжина міжвузлів 2,5–4,5 см (рис. 5D). Листкові мутовки завдовжки 5–12 мм, широко дзвоникоподібні, здуті в нижній частині і звужуються трохи нижче зубців, найнижчі – темно-бурі, інші – світло-зелені (рис. 5E). Листкові зубці плівчасті, червонувато-бурі, з вузькою темно-бурою смугою по центру, зрослі по 2–4 в 3–6 широко ланцетних складних зубців, 2–5 мм завдовжки. На пізніх стадіях розвитку складні листкові зубці нерідко розриваються на окремі прості зубці, верхівки яких різко відігнуті назовні. Бокові гілочки 1 порядку 0,3–0,5 мм у діаметрі, з 4–5 ребрами (рис. 5E), бокові гілочки 2 порядку з 3 ребрами, 0,15–0,25 мм у діаметрі (рис 5F.). Листкові мутовки зелені, листкові зубці на гілочках 1 порядку вузько ланцетні, довго-загострені, відігнуті, зелені з вузькою світлою облямівкою, на гілочках 2 порядку – коротші і широко ланцетні (рис. 5F, G). Співвідношення діаметра бокової гілочки і стебла становить 1:2,9–6,7.

***Equisetum telmateia* Ehrh.** Багаторічна трав'яниста рослина, заввишки 50–150 см, з довгим бурувато-чорним розгалуженим кореневищем, на якому утворюються бульбочки. Пагони диморфні. Спороносні пагони, 15–45 см заввишки та 5–12 мм в діаметрі, буруваті або жовтуваті, не галузисті, з великими (15–40 мм) дзвоникоподібними листковими мутовками, з 20–35 ланцетними листковими зубцями, які мають на верхівці довге буре шилоподібне закінчення. Стробіл заокруглений на верхівці, з великою центральною порожниною. Спороносить у квітні-травні. Після дозрівання спор спороносні пагони відмирають або зеленіють і галузяться.

Вегетативні пагони розвиваються пізніше спороносних, блідо-зелені з бурими листковими зубцями, з мутовками численних бокових гілочок у середній та верхній частині стебла, до 150 см висотою (рис. 6A, B). Перше міжвузля бокової гілочки в нижніх вузлах коротше відповідної листкової мутовки приблизно в 1,5 рази (рис. 6 C). Стебло 5–12 (16) мм в діаме-

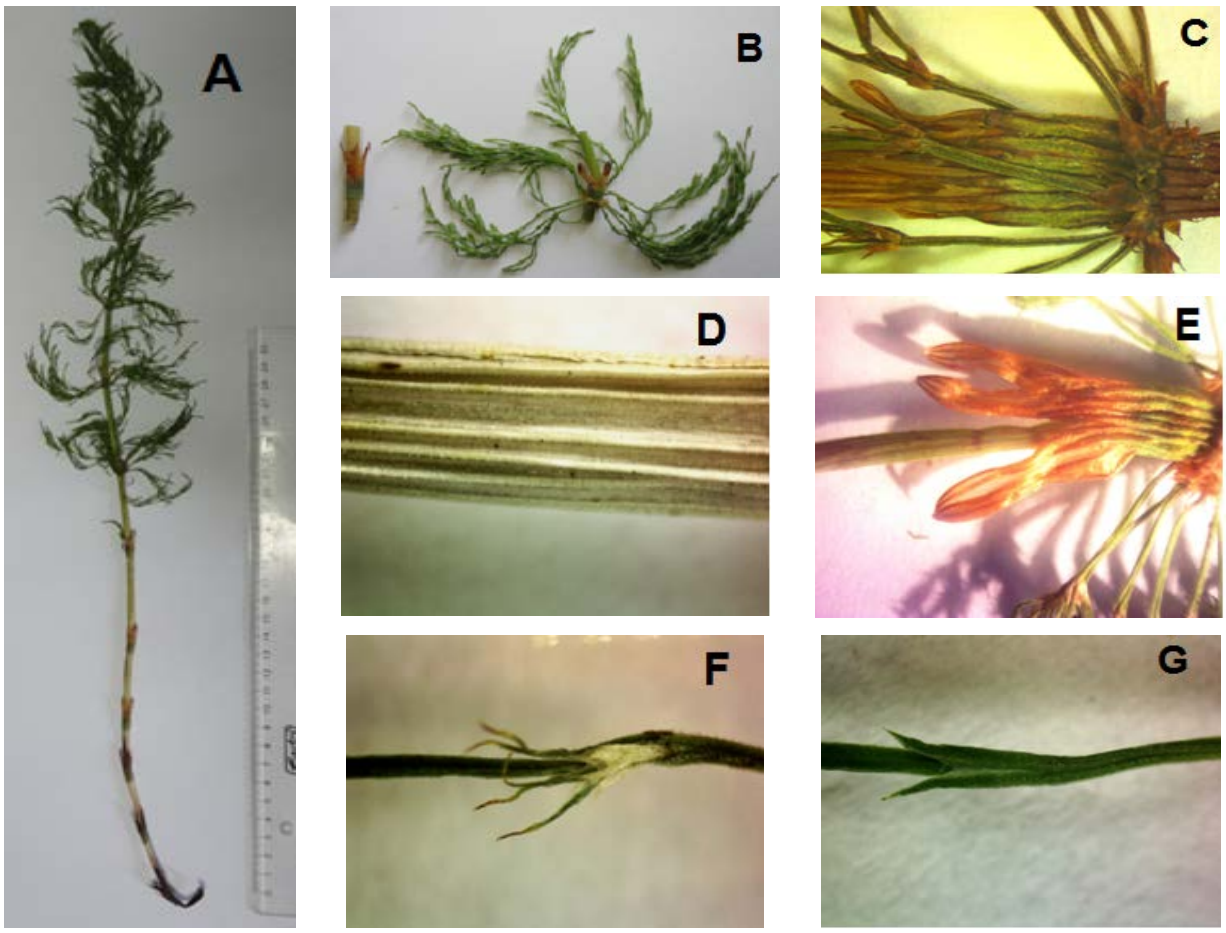



*Рис. 5. Equisetum sylvaticum. A – вегетативний пагін; B – фрагмент стебла з вузлами без розгалужень та з боковими гілочками (збільшення x6); C – найнижчий вузол (збільшення x6); D – фрагмент стебла (збільшення x20); E – листкова мутовка стебла (збільшення x6); F – фрагмент бокової гілочки 1 порядку з листковою мутовкою (збільшення x20); G – фрагмент бокової гілочки 2 порядку з листковою лутовкою (збільшення x20)*

трі, ребристе, з 20–40 вузькими невиразними гладкими ребрами, борозенки не глибокі і широкі, довжина міжвузлів в середній частині 3,5–5 см (рис. 6D.). Нижні 4–5 вузлів не мають розгалужень, від інших у середній та верхній частині стебла відходить 18–24 яскраво-зелених бокових гілочок, які зрідка можуть двічі галузиться. Листкові мутовки циліндричні, білуваті, щільно притиснуті до стебла, 7–18 мм завдовжки і 5–12 мм завширшки. Листкових зубців 20–40, 4–12 мм завдовжки, темно- або світло-бурі, кожен зубець складається з розширеної коротко трикутної основи з вузькою жовтувато-бурою облямівкою та довгого не опадаючого шиловидного закінчення, зрідка зрослі по 2–3 (рис. 6 E). Бокові гілочки висхідні або розлогі, до 20 см завдовжки і 0,5–2 мм в діаметрі, з 4–5 ребрами, по центру яких є борозенка, за рахунок цього ребра двозубчасті, по краю ребра є направлені назад гострі виступи (рис. 6 F). Листкові мутовки бокових гілочок зелені, листкові зубці з довгим світло-зеленим шиловидним закінченням та опушені довгими простими волосками (рис. 6. G, H, I). Співвідношення діаметра бокової гілочки і стебла становить 1:5,1–13,2.

**Головні висновки.** Проаналізувавши морфологічні ознаки фармакопейного *E. arvense* та п'яти споріднених з ним видів флори України, які належать до підроду *Equisetum: E. fluviatile, E. palustre, E. pratensis, E. sylvaticum, E. telmateia* слід зазначити, що вони відрізняються між собою наступним:

1) У *E. arvense* пагони диморфні. Спороносний пагін розвивається рано навесні і після спороношення відмирає, це характерне і для *E. telmateia.* Диморфні пагони також у *E. pratensis* та *E. sylvaticum*, однак спороносний пагін не відмирає, а зеленіє і галузиться, на верхівці пагона залишається сухий стробіл. Для *E. fluviatile* та *E. palustre* характерні мономорфні пагони, вегетативний та спороносний пагони відрізняються лише наявністю стробіла на верхівці пагона або і верхніх бокових гілочок. Оскільки лікарською сировиною є вегетативні пагони *E. arvense,* то наявність у сировині фрагментів стробіл та спор свідчить, що це лікарська сировина іншого виду роду (крім *E. telmateia*).

2) Пагін *E. arvense* галузиться від основи, бокові гілочки висхідні, зрідка бокові гілочки двічі розгалужені. Для *E. palustre* переважно галуження від

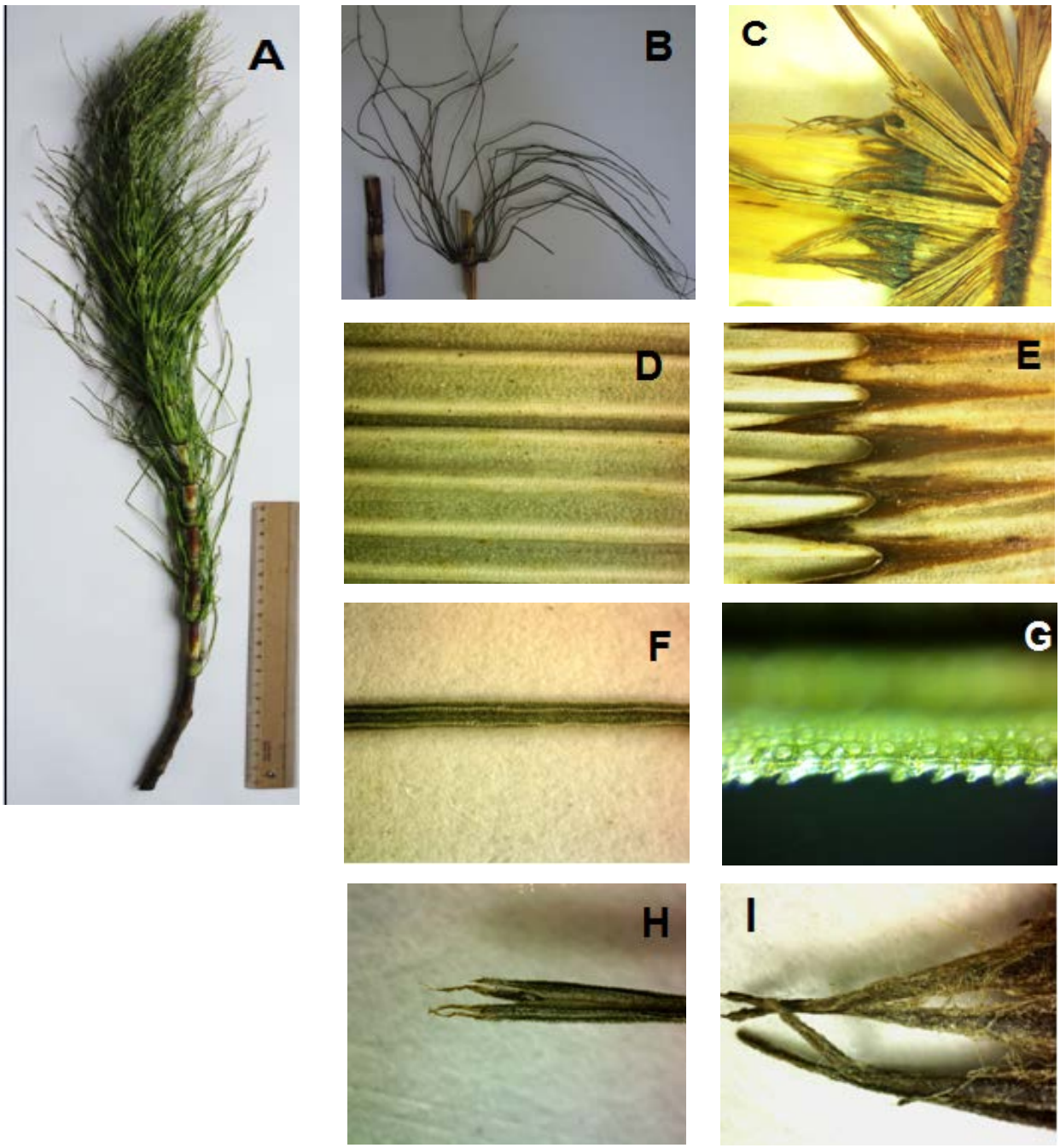



*Рис. 6. Equisetum telmateia. A – вегетативний пагін; B – фрагмент стебла з вузлами без розгалужень та з боковими гілочками; C – найнижчий вузол (збільшення х6); D – фрагмент стебла (збільшення х20); E – зубці листкової мутовки стебла (збільшення х20); F – фрагмент бокової гілочки (збільшення х20); G – край бокової гілочки (збільшення х100); H – листкова мутовка бокової гілочки (збільшення х20); I – зубці листкової мутовки бокової гілочки (збільшення х40)*

основи, хоча інколи рослини галузяться у середній та верхній частині та висхідні бокові гілочки. *E. fluviatile* галузиться у середній та верхній частині або взагалі не галузиться, бокові гілочки висхідні. У *E. pratensis, E. sylvaticum* та *E. telmateia* галуження починається у середній та верхній частині стебла, однак бокові гілочки горизонтальні або дуговидно вигнуті вниз. Характерною особливістю *E. sylvaticum* є наявність двічі, рідше тричі розгалужених бокових гілочок.

3) Для *E. arvense* характерно, що перше міжвузля бокової гілочки найнижчого вузла переважно чітко довше відповідної листкової мутовки, у інших видів, в основному коротше або дорівнює. Лише для *E. palustre* характерно, що довжина першого міжвузля бокової гілочки завжди коротше відповідної листкової мутовки, причому в усіх вузлах.

4) Діаметр стебла та бокових гілочок досліджених видів хвощів досить варіабельна ознака, діапазон варіювання цього показника співпадає або

перекривається у різних видів. Однак у *E. arvense, E. palustre, E. pratensis, E. sylvaticum* діаметр стебла в середньому становить 2–3 мм, рідко 4–5 мм (крім *E. pratensis*), тоді як у *E. fluviatile* та *E. telmateia* діаметр стебла становить 4–8 мм та 5–12 мм, відповідно.

5) За діаметром бокових гілочок досліджені види діляться на три групи. До першої належить *E. sylvaticum* з діаметром бокових гілочок до 0,5 мм, до другої – *E. palustre, E. pratensis* з діаметром бокових гілочок до 0,5–1 мм, до третьої – *E. arvense, E. fluviatile, E. telmateia* – до 0,5–1,5 (2) мм. Значення цієї ознаки перекриваються для всіх видів.

6) Співвідношення діаметра стебла до діаметра бокової гілочки у досліджених видів теж варіабельна ознака, але спостерігається певна закономірність. Найменший цей показник характерний для *E. pratensis* (1:1,2–2,5) та *E. palustre* (1:1,8–2,6), найбільший для *E. telmateia* (1:5,1–13,2). Середні значення характерні для *E. arvense* (1:1,5–3,4) та *E. fluviatile* (1:3,3–5,4), дещо вище середнього для *E. sylvaticum* (1:2,9–6,7). За цією ознакою можна відрізнити *E. arvense* від *E. telmateia* та *E. fluviatile,* для інших видів цей показник перекривається по нижній або верхній межі, тому при ідентифікації сировини його застосування обмежене.

7) Більш сталою макроморфологічною ознакою є кількість граней бокових гілочок. Для *E. arvense* цей показник становить переважно4 (рідко 3, 5), для *E. pratensis* – 3 (рідко 4, 5), для *E. telmateia* та *E. sylvaticum* (бокові гілочки 1 порядку) – 4–5, для *E. palustre* 4–7 та *E. fluviatile* – 4–11, крім того у *E. sylvaticum* наявні 3-гранні бокові гілочки 2 порядку.

8) Видоспецифічними морфологічними ознаками є для *E. telmateia* наявність на спинці ребра бокової гілочки добре помітної поздовжньої борозенки та гострих виступів направлених назад по краю ребра бокової гілочки, листкові зубці стебла мають довге не опадаюче шилоподібне закінчення, листкові лутовки бокової гілочки опушені довгими простими волосками. Лише для *E. pratensis* характерні плівчасті листкові зубці зі темно-бурою вузькою смугою у центральній частині, у *E. sylvaticum* листкові зубці плівчасті та повністю зростаються по 2–4 в 3–6 складних зубця, для *E. fluviatile* характерна відсутність помітної вузької борозенки посередині лінії зростання між зубцями на листковій мутовці стебла. У *E. pratensis* та *E. sylvaticum* наявні добре помітні шипики на ребрах стебла, *E. arvense* та *E. pratensis* борозенки бокових гілочки мають посередині вузький чітко окреслений каналець.

Оскільки макроморфологічні ознаки фармакопейного *E. arvense* та споріднених видів роду *Equisetum* є варіабельними, при ідентифікації лікарською сировини необхідно визначати їх не менш ніж в 10-кратній повторності. Таким чином лікарська сировина фармакопейного *E. arvense* не може бути ідентифікована за однією морфологічною ознакою, оскільки ці ознаки є спільними (якісні) або перекриваються (кількісні) хоча б з одним спорідненим видом. Однак споріднені види мають деякі видоспецифічні морфологічні особливості, які відсутні у *E. arvense.* Ідентифікація сировини можлива на основі комплексу морфологічних ознак таких як наявність стробіл, характер галуження та розміщення у просторі бокових гілочок, співвідношення довжини першого міжвузля бокової гілочки та відповідної листкової мутовки стебла, діаметр стебла та бокових гілочок, співвідношення діаметру бокових гілочок та стебла, кількість ребер стебла та граней бокових гілочок, форма листкових мутовок, кількість листкових зубців, їх форма, консистенція та забарвлення. Всі ці ознаки можуть бути застосовані при ідентифікації цільної сировини *E. arvense*. При ідентифікації подрібненої сировини можуть бути використані лише деякі ознаки, зокрема наявність галуження бокових гілочок, діаметр стебла та бокових гілочок, співвідношення діаметру бокових гілочок та стебла, кількість ребер стебла та граней бокових гілочок, форма листкових мутовок, кількість листкових зубців, їх форма, консистенція та забарвлення.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Уточнені морфологічні характеристики видів роду *Equisetum* споріднених з фармакопейним *E. arvense,* які доповнені відповідними зображеннями, дозволяють достовірно ідентифікувати ці види та їх лікарську сировину. Це сприятиме підвищенню якості лікарської рослинної сировини фармакопейного *E. arvense* та лікарських засобів виготовлених на її основі.

**Література**


1. Бобров А.Е. Equisetophyta. *Флора европейской части СССР* / под ред. Ан.А. Федорова. Ленинград: Наука, 1974. Т. 1. С. 62–67.
2. Богачев В.В., Филин В.Р. Хвощ приречный. *Биологическая флора Московской области* / под ред. В.Н. Павлова, Т.А. Работнова, В.Н. Тихомирова. Москва: Изд-во МГУ, 1990. Вып. 8. С. 42–62.
3. Державна фармакопея України. Т. 3. Харків : Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2014. Т. 3. С. 474–476.
4. Ильин М.М. Equisetales. *Флора СССР* / под ред. М.М. Ильин. Ленинград : Изд-во АН СССР, 1934. Т. 1. С. 100–112.
5. Мінарченко В.М. Лікарські судинні рослини України (медичне та ресурсне значення. Київ : Фітосоціоцентр, 2005. С. 8–9.
6. Мінарченко В.М., Тимченко І.А., Двірна Т.С., Махиня Л.М., Ковальська Н.П. Лікарські папоротеподібні, плауноподібні та хвощеподібні України. Київ : Паливода А.В., 2018. С. 96–119.
7. Протопопова В.В. Equisetophyta. *Определитель высших растений Украины* / под. ред. Ю.Н. Прокудина. Киев :Наукова думка, 1987. С. 25–27.
8. Скуратович А.Н., Блажевич Р.Ю. Equisetophyta. *Флора Беларуси. Сосудистые растения* / под. ред. В.И. Парфенова. Минск : Беларусская Навука, 2009. Т. 1. С. 50–59.

9. Скворцов В.Е. Таксономические признаки видов *Equisetum* (*Equisetaceae*) флоры России. *Bulletin of Moscow society of naturalists. Biological series*. 2004. Т. 109, № 4. С. 31−43.
10. Скворцов В.Е. Род *Equisetum* L. в российской и мировой флоре. Морфология, экология, таксономия. Автореф. дис…. канд. биол.наук. 03.00.05. Москва. 2008. 22 с.
11. Феоктистов Д.С., Гуреева И.И. Ультраструктура эпидермальной поверхности междоузлий стеблей, веточек и спор хвощей подрода *Equisetum* (*Equisetum* L., Equisetaceae) *Turczaninowia.* 2016. Т. 19, № 1. С. 47–57 (2016) DOI: 10.14258/turczaninowia.19.1.6 http://turczaninowia.asu.ru.
12. Феоктистов Д.С., Гуреева И.И. Ультраструктура эпидермальной поверхности междоузлий стеблей хвощей подрода Hippochaete (*Equisetum*, Equisetaceae). *Turczaninowia.* 2016. Т. 19, № 3. С. 59–67. DOI: 10.14258/turczaninowia.19.3.2.
13. Фомін О.В. *Equisetaceae. Флора УРСР* / за ред. О.В. Фоміна. Київ : Видавництво АН УРСР, 1936. Т. 1. С. 110–134.
14. Цвелев Н.Н. *Equisetophyta. Конспект флоры восточной Европы* / под ред. Д.В. Гельтман. Санкт-Петербург – Москва : Товарищество научных изданий КМК, 2012. Т. 1. С. 26–28.
15. Brune T., Thiv M., Haas K. *Equisetum* (*Equisetaceae*) species or hybrids? ISSR fingerprinting profiles help improve diagnoses based on morphology and anatomy. *Plant. Syst. Evol.* 2008. № 274. P. 67–81. DOI 10.1007/s00606-008-0028-9.
16. Feoktistov D.S., Gureeva I.I. Anatomical features of cross-sections of the genus *Equisetum* members. *Ukrainian Journal of Ecology.* 2018. Т. 8. № 2. С. 210–216. DOI: 10.15421/2018_329.
17. Hauke R.L. A taxonomic monograph of *Equisetum* subgenus *Equisetum*. *Nova Hedwigia*. 1978. 30, 385–455.
18. Hauke R.L. *Equisetaceae* Michaux ex DeCandolle. *Flora of North America*. New York, Oxford, 1993. Vol. 2. P. 76–84.
19. Mosyakin S.L., Fedoronchuk M.M. Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. Kyiv. 1999. XXIV+346 p. DOI. org/10.13140/2.1/2985.0409.
20. Ölzant S., Gerngross F., Länger R. *Equisetum* crude drugs: Epidermal Characters for Identification. *Scientia Pharmaceutica*. 2005. 74. P. 239–250. DOI: 10.3797/scipharm.aut-05-17.
21. Page C.N. The ferns of Britain and Ireland, 2nd edn. Cambridge : Cambridge University Press, 1997. 564 p.

**УДК 581.52(477)**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-27**

# ЧАГАРНИКОВІ БІОТОПИ ЗАПОВІДНИКА «КАМ'ЯНІ МОГИЛИ»

**Фіцайло Т.В.**
Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного
Національної академії наук України
вул. Терещенківська, 2, 01004, м. Київ
tfitsailo@gmail.com

Значне скорочення біорізноманіття вимагає розроблення наукових основ його збереження на всіх рівнях існування живого. Рослинність і біотопи трансформуються і знищуються швидше, ніж втрачається видова різноманітність, і тому в межах розроблення концепції біотопного підходу для збереження видів потрібно забезпечити збереження умов їхнього існування, а саме біотопів. Виходи кам'янистих порід заповідника «Кам'яні Могили» є сприятливими для зростання деревно-чагарникових порід, бо саме тут, у тріщинах і щілинах, вони знаходять для себе достатню кількість вологи, що розподіляється в ґрунтовому дрібноземі. Все це дало змогу виділити сім біотопів, сформованих чагарниками, які належать до трьох типів – мезонітрофільні, мезоксерофільні та ксерофільні зарості. Найбільш поширеними в заповіднику є мезоксерофільні зарості терну та шипшин. Відсутність біотопів із *Caragana frutex* (Kom.) Pojark., характерних для степової зони, пояснюється тяжінням цього виду до потужних висококарбонатних ґрунтів, які відсутні в Кам'яних Могилах. Розглядається екологічна характеристика біотопів за дев'ятьма показниками методу фітоіндикації. Визначено, що найбільша варіабельність серед едафічних факторів належить вологості, трофності ґрунту, вмісту карбонатів і мінерального азоту в ґрунті, серед кліматичних факторів незначні коливання спостерігаються для кріорежиму та континентальності. Екологічні аспекти дослідження біоти мають велике як наукове, так і практичне значення, оскільки є основою щодо збереження, відтворення біорізноманіття та екосистем, прогнозування їхніх можливих змін у зв'язку з глобальними екологічними кризами. Класифікація біотопів є основою для оцінки репрезентативності, виділення раритетної компоненти рослинності. Дані дослідження дають можливість детальніше розглянути питання екологічних особливостей формування чагарникових біотопів у заповіднику «Кам'яні Могили», уточнити межі їхньої екологічної толерантності. *Ключові слова:* біотопи, Кам'яні Могили, чагарникові угруповання, фітоіндикація.

**Shrub biotopes of "Kamyani Mohyly" Reserve. Fitsailo T.** The significant biodiversity decreasing requires the development of scientific bases for its conservation at all levels of life. Vegetation and biotopes are transformed and destroyed more quickly than species diversity is lost and, therefore, the development of the concept of a habitat approach for the conservation of species requires preservation of habitats, namely biotopes. The rocky outcrops of the "Kamyani Mohyly" Reserve are favorable for the growth of shrubs because of a sufficient amount of moisture distributed in the soil in the cracks and crevices. For this reason it is possible to distinguish seven biotopes which are formed by shrubs and belong to three types – mesonitrophilous, mesoxerophilic and xerophilic thickets. The most common in the reserve are mesoxerophilous thickets of thorns and rose hips. The absence of biotopes of *Caragana frutex* (Kom.) Pojark., characteristic of the steppe zone, is explained by the attraction of this species to the powerful high carbonate soils, which are absent in the Kamyani Mohyly. The ecological characteristic of biotopes by nine factors using the phytoindication method is considered. It is established, that most variability among edaphic factors is due to humidity, soil salt regime, carbonate content and content of mineral nitrogen in the soil. Among climatic factors slight fluctuations are observed for cryo-regime and continentality. The ecological aspects of ecosystem research are of great scientific and practical importance as they are the basis for the conservation, reconstitution of biodiversity and the prediction of their possible changes due to the global environmental crises. The classification of biotopes is the basis for the evaluation of the representativeness, identification of the rare component of vegetation. The results of investigation allow to find out more details about ecological peculiarities of shrub biotopes forming and to clarify the limits of their ecological tolerance in the "Kamyani Mohyly" Reserve. *Key words:* biotopes, Kamyani Mohyly, shrub communities, phytoindication.

**Постановка проблеми.** Руйнування та зниження стійкості екосистем є наслідком зменшення різноманіття їхніх складників, тому збереження біорізноманіття є чи не головним предметом уваги вчених різних галузей сучасної світової науки. Розроблення специфічних заходів заповідання та біоконсервації є важливим аспектом глобальної концепції стратегії збереження біорізноманіття кожної держави та планети загалом. Вирішення цих завдань у загальному європейському контексті реалізується в межах розроблення концепції біотопного (оселищного) підходу до визначення перспективних в екосистемному аспекті територій для збереження біорізноманіття.

**Актуальність дослідження.** Впровадження в Україні Директиви Європейського Союзу «Про збереження природних оселищ та видів природної фауни і флори» (92/43/ЄЕС від 21 травня 1992 р.) реалізується в декількох напрямах: організація загальноукраїнських семінарів [1], розроблення екосистемного підходу до збереження біорізноманіття [2], питань класифікації екосистем, біотопів і оселищ [2–4]. Однак сучасні концепції заповідання в Україні потребують удосконалення, а саме основою мають бути созологічна оцінка та категоризація об'єктів охорони, визначення умов їхнього існування у природі та встановлення системи оптимальних заходів щодо їх збереження та відтворення,

що дасть можливість зберігати не лише видове, але й генетичне різноманіття. Тому саме дослідження біотопів повністю задовольняє всі потреби збереження біорізноманіття.

**Матеріали і методи роботи.** Відділення Українського степового заповідника «Кам'яні Могили» (площа 389,2 га) розташоване на межі Донецької та Запорізької областей, біля с. Назарівка. Територія являє собою давні рештки кристалічних порід, що мають вигляд невисоких гір, які різко контрастують із рівнинними ландшафтами навколишньої місцевості, що зумовлено виходами тут на денну поверхню відкладів Українського кристалічного щита [5; 6]. У Кам'яних Могилах чагарникова рослинність представлена чистими або змішаними заростями 16 видів чагарникових порід. Найбільш звичайними компонентами степових, кам'янистих угруповань є *Prunus stepposa* Kotov та види роду *Rosa* L. (*Rosa canina* L., *R. bordzilovskii* Chrschan., *R. psammophilla* Chrschan. тощо), меншою мірою – *Crataegus fallacina* Klok. і *C. pentagyna* Waldst. et Kit. [6].

Матеріалами роботи є 90 стандартних геоботанічних описів, які зроблені 2003 року маршрутним методом. Назви синтаксонів наводяться за системи еколого-флористичної класифікації за методом Ж. Браун-Бланке. Номенклатура синтаксонів відповідає виданню «Продромус рослинності України» [7].

Показники екологічних режимів визначались за методикою, розробленою у відділі екології фітосистем Інституту ботаніки НАН України [8; 9]: вологість ґрунту (*Hd*), змінність зволоження ґрунту (*Fh*), аерація ґрунту (*Ae*), загальний сольовий режим ґрунту (трофність) (*Sl*), кислотність ґрунту (*Rc*), вміст мінерального азоту (*Nt*) та вміст карбонатів (*Ca*) в ґрунті, термічний режим (*Tm*), континентальність (*Kn*), морозність (кріорежим) (*Cr*), вологість (гумідність) (*Om*) клімату, освітленість (*Lc*), отриманими методом синфітоіндикації. Для з'ясування екологічних амплітуд чагарникових угруповань за відношенням до провідних факторів середовища застосовано базовий статистичний аналіз у програмі STATISTICA 8.0. Для порівняння екологічної амплітуди та з'ясування зв'язків між біотопами ми використали метод зміщеного аналізу співвідношень (DCA) у програмі PAST.

**Виклад основного матеріалу.** На основі геоботанічних описів і класифікації чагарникової рослинності заповідника «Кам'яні Могили» нами виділено сім біотопів, сформованих чагарниками [10].

***Мезонітрофільні зарості чагарників (Sambucus nigra)***

Синтаксономія. *Berberidion vulgaris* Br.-Bl. ex Tüxen 1952: *Sambucetum nigrae* Oberd. 1973, *Aegopodio-Sambucetum nigrae* Doing 1962.

Характерні види. *Sambucus nigra* L., *Urtica dioica* L., *Galium aparine* L., *Viola ambigua* Waldst. et Kit., *Aristolochia clematitis* L.

Біотопи займають незначні площі по днищах балок, локальних зниженнях ближче до річки. Поширені майже на всій території заповідника. Трав'яний покрив дуже зріджений, маловидовий, представлений свіжим різнотрав'ям: *Chelidonium majus* L., *Geum urbanum* L., *Galium aparine* з мезоксерофітів – *Thalictrum minus* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Valeriana rossica* P.Smirn.

Мезоксерофільні тернові зарості (Prunus spinosa & P. stepposa)

Синтаксономія. *Prunion spinosae* Soo (1931) 1940: *Prunetum spinosae* R. Tx. 1952.

Характерні види. *Prunus stepposa*, *Poa angustifolia* L., *Sisymbrium loeselii* L., *Filipendula vulgaris* Moench, *Festuca valesiaca* Gaud., *Thalictrum minus.*

Монодомінантні тернові угруповання з розрідженим степовим різнотрав'ям формуються по більш-менш змитих ґрунтах схилів переважно західної та південно-західної експозиції. У чагарниковому ярусі винятковим домінуванням користується *Prunus stepposa*, і зімкнутість коливається від 0.5 до 1.0, залежно від цього і проєктивне покриття травостою коливається від 25% до 5%, видова насиченість – 7–19 видів, переважають лучно-степові види. Угруповання фрагментарно поширені на всій території відділення.

***Мезоксерофільні в'язові зарості (Ulmus suberosa, U. laevis, U. wysotzkyi)***

Синтаксономія. *Prunion spinosae* Soo (1931) 1940: *Prunetum spinosae* R. Tx. 1952.

Характерні види. *Ulmus suberosa* Moench, *Rosa canina* L., *Euonymus europaea* L., *Campanula rapunculus, Medicago romanica* Prod., *Phlomis tuberosa* L., *Berteroa incana* (L.) DC.

В'язові угруповання займають дуже маленькі пристінні ділянки схилів біля підніжжя г. Гостра та г. Витязь. Це – маловидові чагарникові ценокомплекси, які складаються з *Ulmus suberosa* з незначною домішкою *Rosa canina, Euonymus europaea, Prunus stepposa.* У трав'янистому покриві переважають лучно-степові види.

***Мезоксерофільні зарості мигдалю (Amygdalus nana)***

Синтаксономія. *Prunion spinosae* Soo (1931) 1940.

Характерні види. *Amygdalus nana* L., *Rosa lapidosa* Dubovik, *Rosa meotica* Dubovik, *Ballota ruderalis* SW, *Elytrigia repens, Artemisia absintium* L.

Угруповання займають більш-менш вирівняні ділянки здебільшого біля східного схилу г. Витязь, в Долині Масок і на ділянках, що спускаються до джерела. Чагарниковий ярус формують, крім *Amygdalus nana, Rosa lapidosa* з незначною домішкою *Prunus stepposa, Rhamnus cathartica* L., *Rubus caesius* L., *Ligustrum vulgare* L., *Rosa subpygmaea* Chrshan. Блок трав'янистих видів утворюють *Ballota ruderalis*. та види з високою постійністю для всієї асоціації.

***Мезоксерофільні високорослі зарості розових (Crataegus sp.)***

Синтаксономія. *Prunion spinosae* Soo (1931) 1940: *Roso-Crataegetum fallacini* Fitsailo 2006.

Характерні види. *Rosa canina, R. lapidosa, R. subpygmaea*, *Crataegus fallacina, Poa angustifolia*, *Rubus caesius, Ligustrum vulgare.*

Глодові угруповання формуються на звичайних безкарбонатних середньопотужних малогумусних чорноземах на елювії граніту. В чагарниковому ярусі спостерігається значне домінування *Crataegus fallacina* та декількох видів *Rosa (Rosa canina, R. lapidosa, R. Subpygmaea)*, а також типові для цих заростей *Prunus stepposa, Rhamnus cathartica.* Також тут присутні *Rubus caesius, Ligustrum vulgare, Euonymus europaea, Crataegus pentagyna* Waldst. et Kit. ex Willd. Травостій відрізняється досить значною гетерогенністю – когломерат лучно-степових і бур'янистих видів. Поширені біля підніжжя г. Витязь та г. Панорамна, в балці «Колодязна», Долині Масок, Заячих Воріт, на схилах до озера та джерела.

***Мезоксерофільні розріджені зарості шипшин (Rosa sp.)***

Синтаксономія. *Prunion* spinosae Soo (1931) 1940, *Roso lapidosae-Prunetum stepposae* Fitsailo 2006.

Характерні види. *Rosa lapidosa, Coronilla varia* L., *Marrubium praecox* Janka, *Euphorbia stepposa* Zoz, *Rosa bordzilowskii, Agrimonia eupatoria* L., *Pimpinella saxifraga L., Medicago romanica*.

Низькорослі відносно розріджені шипшинові угруповання із значною часткою степових мезоксерофітів (*Stachys transsilvanica* Schur, *Thymus marschallianus* Willd., *Salvia nemorosa* L.) формуються на схилах північно-східної та південно-західної експозиції на звичайних безкарбонатних малопотужних чорноземах на елювії граніту. Трапляються в північно-східній частині відділення. Поширені біотопи біля підніжжя г. Витязь, в балці «Колодязна», Долині Масок, на схилах до річки.

***Геміксерофільні зарості карагани скіфської (Caragana scythica)***

Синтаксономія. *Prunion fruticosae* Tüxen 1952.

Характерні види. *Caragana scythica*, *Galatella villosa* (L.) Rchb.f., *Festuca valesiaca* Schleich. ex Gaudin, *Bromopsis riparia* (Rechman) Holub, *Euphorbia seguieriana* Neck., *Teucrium polium* L., *Artemisia austriaca* Jaeq., *Eryngium campestre* L., *Stachys transsilvanica* Schur., *Thalictrum minus*.

Зарості карагани скіфської характеризуються розміщенням на пологих схилах південної та південно-східної експозиції, приуроченістю до кам'янистих і щебенистих ґрунтів (малогумусних змитих чорноземів із підстилаючим гранітом), в північній частині заповідника на степових ділянках і на цілинних ділянках верхів'я р. Каратиш.

У межах куртин помічені *Galatella villosa*, *Euphorbia seguieriana*, *Teucrium polium*, *Artemisia austriaca*, *Eryngium campestre*, *Stachys transsilvanica*, *Thalictrum minus*. Угруповання за участю *Caragana scythica* мають значну созологічну цінність, яка посилюється й іншими виявленими в них видами, що включені до Червоної книги України: *Stipa lesingiana* Trin& Rupr., *S. capillata* L., *Stipa borysthenica* Klokov ex Prokudin, *Adonis wolgensis* Steven [11].

Під час аналізу показників екологічних факторів чагарникових біотопів визначено, що найбільша варіабельність серед едафічних факторів належить вологості, трофності ґрунту, вмісту карбонатів і мінерального азоту в ґрунті, серед кліматичних факторів незначні коливання спостерігаються для кріорежиму та континентальності (рис. 1).

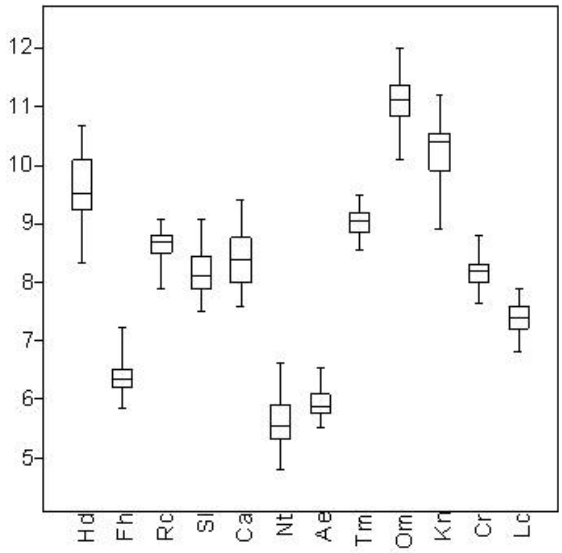



*Рис. 1. Загальні амплітуди, оптимальні екологічні межі та медіани екологічних факторів для чагарникових біотопів заповідника «Кам'яні Могили»: вологість ґрунту (Hd), змінність зволоження ґрунту (Fh), аерація ґрунту (Ae), загальний сольовий режим ґрунту (трофність) (Sl), кислотність ґрунту (Rc), вміст мінерального азоту (Nt) та вміст карбонатів (Ca) у ґрунті, термічний режим (Tm), континентальність (Kn), морозність (кріорежим) (Cr), вологість (гумідність) (Om) клімату, освітленість (Lc)*

За вмістом мінерального азоту в ґрунті для більшості біотопів характерні гемінітрофільні умови (відносно бідні на мінеральний азот ґрунти – 0,2–0,3%). Нітрофільні (відносно забезпечені азотом ґрунти – 0,3–0,4%) умови спостерігаються лише у мезонітрофільних заростей із *Sambucus nigra*.

За кислотністю ґрунту біотопи характеризуються нейтрофільними умовами (pH 6,5–7,1).

Отримані показники за загальним сольовим режимом характеризують умови досліджуваних біотопів як семіевтрофні (збагачені солями (150–200 мг/л) ґрунти) для мезоксерофільних тернових, в'язових, мигдальних заростей і мезонітрофільних заростей бузини. Для мезоксерофільних заростей шипшин, глоду та геміксерофільних заростей карагани скіфської характерні евтрофні умови (багаті, найкраще забезпечені солями ґрунти за відсутності ознак засоленості (30–50 мг/100 г)).

За зволоженістю ґрунту для досліджуваних біотопів характерні субмезофітні (сухуваті лісо-лучні екотопи з повним промочуванням кореневмісного

шару ґрунту), крім мезонітрофільних заростей бузини та мезоксерофільних заростей глоду – мезофітні умови місцезростань (свіжі лісо-лучні екотопи з повним промочуванням кореневмісного шару ґрунту), і лише зарості карагани скіфської характеризуються субксерофітними умовами місцезростань (сухуваті лучно-степові екотопи з незначним промочуванням кореневмісного шару ґрунту). Змінність зволоження для досліджуваних біотопів характеризується гемігідроконтрастофільними умовами (сухуваті лісо-лучні і лучностепові екотопи з нерівномірним зволоженням кореневмісного шару ґрунту).

За відношенням до аерації місцезростань біотопи розподіляються на дві групи: субаерофільні умови (значно аеровані ґрунти з включенням щебеню, піску за незначного або помірного промочування кореневмісного шару ґрунту) – мезоксерофільні тернові, в'язові, мигдальні, шипшинові зарості та геміксерофільні зарості карагани скіфської; та геміаерофобні умови (помірно аеровані ґрунти з повним промочуванням кореневміного шару ґрунту) – мезонітрофільні зарості бузини та мезоксерофільні зарості глоду.

Показники насичення ґрунту карбонатами для мезонітрофільних заростей бузини відповідають акарбонатофільним умовам (нейтральні екотопи з незначним вмістом карбонатів у ґрунті). Для всіх інших характерні показники, які характеризують гемікарбонатофільні умови (збагачені карбонатами ґрунти на лесовій основі), що відповідає едафічним умовам місцезростань описаних біотопів.

Амплітуда такого кліматичного показника, як морозність клімату (кріорежим), для досліджених біотопів характеризує місцезростання: гемікріофітними умовами – морозність зим -8 – 0 °С (мезоксерофільні зарості глоду) та субкріофітними – морозність зим -14 – -10 °С.

За терморежимом чагарникові біотопи характеризуються неморальним типом терморежиму (45–49 ккал см$^{-2}$ рік$^{-1}$), континентальність клімату (контрасторежим) має субконтинентальний (151–170%) для мезонітрофільних заростей бузини, мезоксерофільних заростей в'язу, мезоксерофільних заростей шипшин і глоду, та континентальний характер (171–190%) для мезоксерофільних тернових і мигдальних заростей та геміксерофільних заростей карагани скіфської. За гумідністю клімату, або омброрежимом, досліджувані ценози характеризуються субарідним типом. За освітленістю всі досліджені чагарникові біотопи відповідають субгеліофітним умовам.

На основі синфітоіндикації та методу зміщеного аналізу співвідношень визначили, що диференціальними факторами для чагарникових біотопів

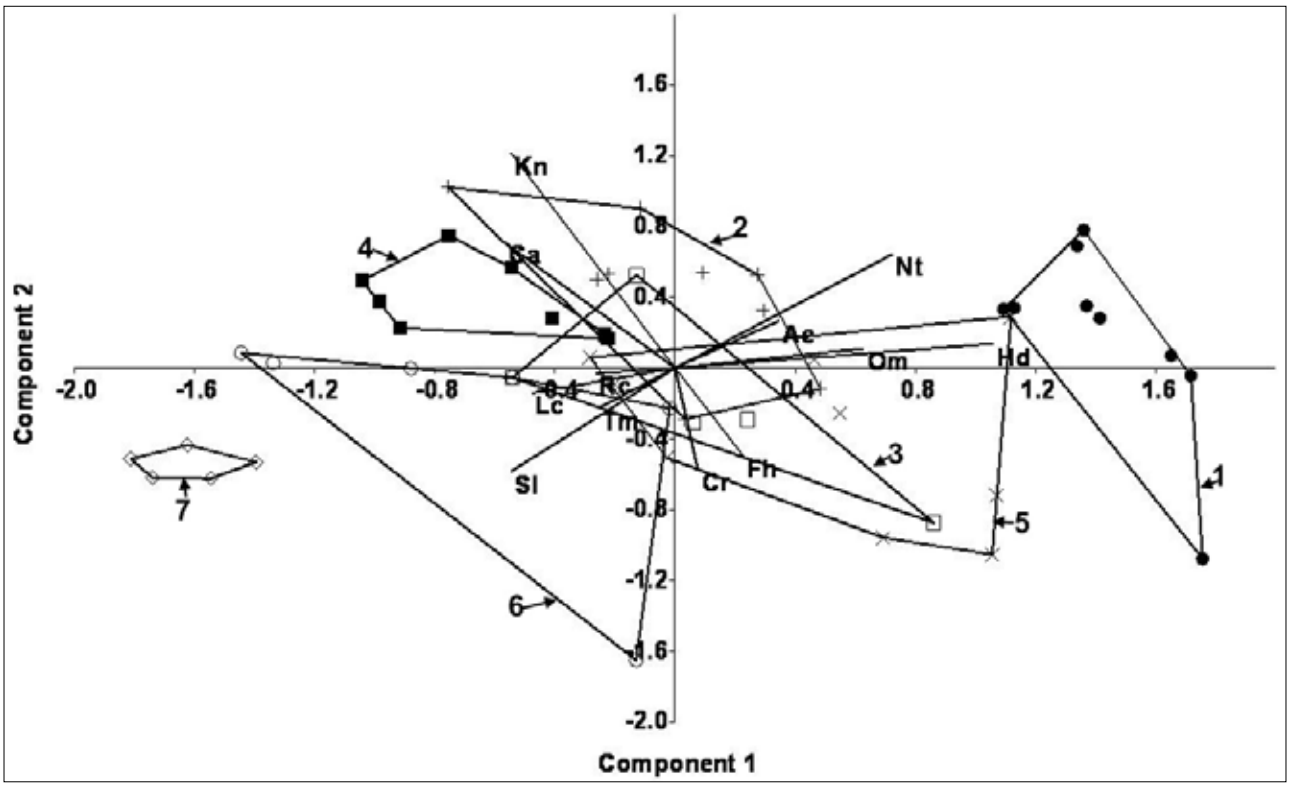



*Рис. 2. Ординаційна діаграма методу зміщеного аналізу співвідношень (DCA) для чагарникових біотопів (1 – Мезонітрофільні зарості чагарників (Sambucus nigra); 2 – Мезоксерофільні тернові зарості (Prunus spinosa & P. stepposa); 3 – Мезоксерофільні в'язові зарості (Ulmus suberosa, U. laevis, U. wysotzkyi); 4 – Мезоксерофільні зарості мигдалю (Amygdalus nana); 5 – Мезоксерофільні високорослі зарості розових (Crataegus sp.); 6 – Мезоксерофільні розріджені зарості шипшини (Rosa sp.); 7 – Геміксерофільні зарості карагани скіфської (Caragana scythica) заповідника «Кам'яні Могили»*

Позначення екологічних факторів таке саме, як і на рис. 1

заповідника є вологість, аерація ґрунту, змінність зволоження ґрунту, омброрежим, кріорежим і вміст мінерального азоту в ґрунті (для мезоксерофільних заростей в'язових і глоду); вміст карбонатів у ґрунті, континентальність, частково аерація ґрунту та вміст мінерального азоту в ґрунті (для мезоксерофільних тернових і мигдальних заростей); сольовий режим, кислотність ґрунту, освітленість і терморежим (для мезоксерофільних заростей шипшини та геміксерофільних заростей карагани скіфської і частково для заростей в'язових та глоду) (рис. 2).

**Перспективи використання результатів дослідження.** Такі дослідження мають велике як наукове, так і практичне значення, оскільки екологічні аспекти є науковою основою щодо збереження, відтворення біорізноманіття та екосистем, прогнозування їхніх можливих змін у зв'язку з глобальними екологічними кризами. Класифікація біотопів є основою для оцінки репрезентативності, виділення раритетної компоненти рослинності. Результати дають можливість детальніше розглянути питання екологічних особливостей формування біотопів у різних регіонах України, уточнити межі їхньої екологічної толерантності, а також будуть використані для підготовки видання «Біотопи степової зони України».

**Головні висновки.** Така ценотична розмаїтість чагарникових угруповань для досить невеликої території з петрофітними екотопами становить значний інтерес і підтверджує думку [12] про те, що виходи кам'янистих порід нерідко виявляються сприятливими для зростання деревно-чагарникових порід, бо саме тут, у тріщинах і щілинах, вони знаходять для себе достатню кількість вологи, що розподіляється в ґрунтовому дрібноземі. Все це дало змогу виділити сім біотопів, сформованих чагарниками, які належать до трьох типів – мезонітрофільні, мезоксерофільні та ксерофільні зарості. Найбільш поширеними в заповіднику є мезоксерофільні зарості терну та шипшини. Незначна участь *Amygdalus nana* у формуванні чагарникових біотопів заповідника та цілковита відсутність біотопів із *Caragana frutex* пояснюються тяжінням цього виду до потужних висококарбонатних, різного ступеня еродованих ґрунтів, які відсутні в Кам'яних Могилах. Визначено фактори, які впливають на диференціацію чагарникових біотопів заповідника – серед едафічних факторів – це вологість, трофність ґрунту, вміст карбонатів і мінерального азоту в ґрунті, серед кліматичних факторів незначний вплив мають кріорежим і континентальність.

## Література


1. Біотопи (оселища) України: наукові засади їх дослідження та практичні результати інвентаризації : матеріали робочого семінару, м. Київ, 21–22 березня 2012 р. ; за ред. Я.П. Дідуха, О.О. Кагала, Б.Г. Проця. Київ ; Львів, 2012. 194 с.
2. Дідух Я.П., Фіцайло Т.В., Коротченко І.А. та ін. Біотопи лісової та лісостепової зон України / ред. чл.-кор. НАН України Я.П. Дідух. Київ : ТОВ «МАКРОС». 2011. 288 с.
3. Біотопи Гірського Криму / ред. Я.П. Дідух. Київ : ТОВ «НВП Інтерсервіс». 2016. 292 с.
4. Національний каталог біотопів України / за ред. А.А. Куземко, Я.П. Дідуха, В.А. Онищенка, Я. Шеффера. Київ : ФОП Клименко Ю.Я., 2018. 442 с.
5. Физико-географическое районирование Украинской ССР / под ред. В.П. Попова, А.М. Маринича, А.И. Ланько. Киев : Изд-во Киевск. ун-та. 1968. 683 с.
6. Ткаченко В.С., Дідух Я.П., Генов А.П. та ін. Український природний степовий заповідник. Рослинний світ. Київ : Фітосоціоцентр, 1998. 280 с.
7. Дубина Д.В., Дзюба Т.П., Ємельянова С.М. та ін. Продромус рослинності України. Київ : Наукова думка, 2019. 788 с.
8. Дідух Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів. Київ : Інститут ботаніки НАН України, 1994. 280 с.
9. Didukh Ya. P. The ecological scalaes for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication. Kyiv : Phytosociocentre, 2011, 176 p.
10. Фіцайло Т.В. Синтаксономія чагарникової рослинності (клас Rhamno-Prunetea Rivas Goday et Carb., 1961) відділення «Кам'яні Могили» Українського степового заповідника. *Вісті Біосферного заповідника «Асканія-Нова»*. 2006. Т. 8. С. 49–59.
11. Червона книга України. Рослинний світ / М-во охорони навколишнього природного середовища України, Нац. акад. наук України; за ред. Я.П. Дідуха. Київ : Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
12. Бельгард А.Л. Степное лесоведение. Москва : Лесная промышленность, 1971. 336 с.

**УДК 580.027.2 635.25 (447.43)**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-28**

# ОХОРОНА ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *ALLIUM* L. *IN SITU* НА ЗАХІДНОМУ ПОДІЛЛІ

**Рубановська Н.В., Гордій Н.М.**
Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка
вул. Огієнка, 61, 32300, м. Кам'янець-Подільський
natalkarubanovska@gmail.com, nataliagordiy3103@gmail.com

Вивчено стан охорони представників роду *Allium L. in situ* на Західному Поділлі. Встановлено, що на Західному Поділлі види роду охороняються у природному заповіднику (ПЗ) «Медобори» (5 видів), Національному природному парку (НПП) «Подільські Товтри» (14 видів), НПП «Дністровський каньйон» (10 видів). В об'єктах природно-заповідного фонду найбільш представлено такі види: *A. waldsteinii* виявлено в 45 об'єктах, *A. senescens* subsp. *montanum* – у 42 об'єктах, *A. ursinum* – у 32 об'єктах, *A. podolicum* – у 64 об'єктах. Проведено аналіз представленості видів роду в охоронних списках різного рівня. Так на території Західного Поділля до регіонально рідкісних видів належать: *A. flavescens, A. obliquum, A. pervestitum, A. podolicum, A. senescens* subsp. *montanum, A. sphaerocephalon, A. sphaeropodum, A. strictum, A. ursinum.* В інших областях України до списків регіонального рівня внесено *A. waldsteinii.* Встановлено загрози та розроблено пропозиції щодо їх вирішення, серед яких акліматизації, реакліматизації та реінтродукції рідкісних та зникаючих видів шляхом покращення системи охорони природоохоронних територій регіону; комплексне вивчення видів у природі та культурі; охорона природних ландшафтів та екотопів; створення нових заповідних територій та об'єктів; екологічне навчання і виховання місцевого населення. На основі багаторічних досліджень популяцій видів роду *Allium* L. подано пропозицію щодо їх включення до переліку регіонально рідкісних видів Тернопільської та Хмельницької областей. Зокрема, необхідне включити до переліку регіонально рідкісних видів Тернопільської і Хмельницької областей *A. vineale* та A. *sphaerocephalon*, а до переліку регіонально рідкісних видів Хмельницької обл. – *A. oleraceum*. *Ключові слова*: рід *Allium* L., Західне Поділля, охорона, *in situ*, заповідна територія, регіонально рідкісні види, загрози.

**Protection of representatives the genus *Allium* L. *in situ* the West Podilya. Rubanovska N., Hordii N.** We studied the conservation status of the genus *Allium* L. in situ on the West Podilya. It is established that on the West Podilya of the genus are protected in a nature reserve (PZ) "Medobory" (5), National natural Park (NNP) "Podilski Tovtry" (14 species), NPP "Dniester canyon" (10 species). In objects of natural reserve Fund to the most are: *A. waldsteinii* identified in 45 objects, *A. senescens* subsp. *montanum* in 42 objects, A. *ursinum* in 32 objects, *A. podolicum* – 64 objects. Analysis of the representation of species in protected lists at various levels. Since in territory of West Podilya to regionally rare species include: *A. flavescens, A. obliquum, A. pervestitum, A. podolicum, A. senescens subsp. montanum, A. sphaerocephalon, A. sphaeropodum, A. strictum, A. ursinum*. In other regions of Ukraine in the lists of the regional level included *A. waldsteinii*. Installed threats, and developed proposals for their solution, including: acclimatization, re-acclimatization and reintroduction of rare and endangered species; by improving the system for the protection of nature conservation areas in the region; a comprehensive study of species in nature and culture; protection of natural landscapes and ecotopes; creation of new protected territories and objects; ecological education of the local population. On the basis of long-term studies of populations of species of the genus *Allium* L. submitted a proposal for inclusion in the regional list of rare species of Ternopil and Khmelnytsky regions. In particular, it is necessary to include in the regional list of rare species of Ternopil and Khmelnytsky regions *A. vineale* and *A. sphaerocephalon*, and the list of regionally rare species of Khmelnytsky region – A. oleraceum. *Key words:* the genus *Allium* L., West Podilya, conservation, in situ, protected area, regional rare species, threats.

**Актуальність дослідження.** Актуальність вивчення видів роду *Allium* L. на Західному Поділі зумовлена значним антропогенним навантаженням на популяції видів, їх розмноження та розповсюдження. Територія Західного Поділля відзначається давнім сільськогосподарським заселенням, внаслідок чого відбулися зміни природних біоценозів. Спостерігається деградація флорокомплексу за рахунок антропогенного навантаження: надмірне випасання на території лісів та лучно-степових ділянок; надмірне вирубування лісів; засмічення навколишнього середовища промисловими та побутовими відходами, в тому числі на території рекреацій, випалювання лучно-степових ділянок; зривання ранньоквітучих, гарно квітучих та лікарських рослин для продажу; нераціональне надмірне розорювання земель; порушення та знищення місць зростань внаслідок діяльності кар'єрів; хімічне забруднення; заліснення степових схилів. Це, по-перше, спричиняє заселення нетипових для даної місцевості (адвентивних) видів і витіснення типових. По-друге, призводить до зникнення рідкісних ендемічних та реліктових видів, а в загальному це є причиною збіднення всієї флори даного регіону загалом. У таких умовах гостро постає питання охорони вивчення стану охорони *in situ* не лише созофітів, але й видів, що визначають своєрідність рослинного покриву певної території.

**Новизна.** Вперше вивчено стан охорони представників роду *Allium* L. *in situ* на Західному Поділлі. Встановлено загрози та пропозиції щодо їх вирішення.

**Викладення основного матеріалу.** Види роду *Allium* представлені в охоронних списках різних рівнів [1; 2]. На території Західного Поділля до регіонально рідкісних видів належать: *A. flavescens, A. obliquum, A. pervestitum, A. podolicum, A. senescens* subsp. *montanum, A. sphaerocephalon, A. sphaeropodum, A. strictum, A. ursinum.* В інших областях України до списків регіонального рівня внесено *A. waldsteinii* (табл. 1) [2; 3].

Серед факторів, що загрожують існуванню видів роду *Allium* на території Західного Поділля, можна виділити ерозійні процеси, зокрема вітрову, водну та антропогенну ерозії.

У межах Західного Поділля охорона видів роду забезпечується на природно-заповідних територіях. Перелік територій і об'єктів природо-заповідного фонду регіону та види роду *Allium*, що знаходяться під охороною, наведено у таблиці 2.

Таблиця 1

**Представленість видів роду Allium L. Західного Поділля у созологічних списках**

| № з/п | Вид | ЧКУ | Регіональні переліки (Україна) |
|---|---|---|---|
| 1. | *A. schoenoprasum* | - | - |
| 2. | *A. flavescens* | - | Зп., Ів-Ф., Сум., Терн., Хар. |
| 3. | *A. obliquum* | + | - |
| 4. | *A. oleraceum* | - | - |
| 5. | *A. pervestitum* | + | - |
| 6. | *A. podolicum* | - | Хм., Терн., Він., Дп., Жит., Зп., Ів.-Ф. |
| 7. | *A. scorodoprasum* | - | - |
| 8. | *A.senescens* subsp. *montanum* | - | Терн. |
| 9. | *A. sphaerocephalon* | - | Сум. |
| 10. | *A.* sphaeropodum | + | Од., Чк. |
| 11. | *A. strictum* | + | - |
| 12. | *A. ursinum* | + | Од. Чк. |
| 13. | *A. vineale* | - | - |
| 14. | *A. waldsteinii* | - | Жит. |

Примітка: Він. – Вінницька обл., Дп. – Дніпропетровська обл., Жит. – Житомирська обл., ЗК – Закарпатська обл., Зп. – Запорізька обл., ІФ – Івано-Франківська обл., Од. – Одеська обл., Сум. – Сумська обл., Терн. – Тернопільська обл., Хар. – Харківська обл., Хм. – Хмельницька обл., Чк. – Черкаська обл.

Таблиця 2

**Види роду Allium L. Природно-заповідних територій та об'єктів Західного Поділля**

| Назва | Область | Вид | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *A. schoenoprasum* | *A. flavescens* | *A. obliquum* | *A. oleraceum* | *A. pervestitum* | *A. podolicum* | *A. scorodoprasum* | *A. senescens* subsp. *montanum* | *A. sphaerocephalon* | *A. sphaeropodum* | *A. strictum* | *A.ursinum* | A. vineale | A. waldsteinii |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| **Території та об'єкти природно-заповідного фонду загальнодержавного значення** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **ПРИРОДНІ ЗАПОВІДНИКИ** | | | | | | | | | | | | | | | |
| Природний заповідник «Медобори» | Т | + | | | + | | + | | + | | | | + | | |
| **НАЦІОНАЛЬНІ ПРИРОДНІ ПАРКИ** | | | | | | | | | | | | | | | |
| Дністровський каньйон | Т | | + | | + | + | + | + | + | + | + | | | + | + |
| Подільські Товтри | Х | + | + | + | + | + | + | | + | + | + | + | + | + | + |
| **Заповідні урочища** | | | | | | | | | | | | | | | |
| Васильківці | Т | | | | | | | | | | | | + | | |
| **ЗАКАЗНИКИ** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Ботанічні** | | | | | | | | | | | | | | | |
| Обіжевський** | Т | | + | | | | + | | + | + | | | | | + |
| Яблунівський | Т | | | | | | | | | | | | + | | |

Продовження таблиці 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Урочище Криве** | Т | | + | | | | + | + | + | | | | | | |
| Жежавський* | Т | | | | | | + | + | + | | | | | | + |
| Веселівський | Т | | | | | | | | | + | | | | | |
| Чапля* | Х | | + | | + | | + | | + | | | | | | + |
| Товтра Вербецька* | Х | | + | | | | + | | + | | | | | | + |
| Карабчіївський* | Х | | | | | | | | | | | | + | | |
| Городоцький | Х | | | | | | | | | | | | + | | |
| **Ландшафтні** | | | | | | | | | | | | | | | |
| Касперівський** | Т | | + | | | | + | | + | + | | | | | |
| Кармалюкова гора* | Х | | | | | | | | | | | | + | | |
| Циківський* | Х | | | | | | | | | | | | + | | |
| Іванковецький* | Х | | | | | | | | | | | | + | | |
| Кошарнинський | Х | | | | | | | | | | | | + | | |
| Івахновецький * | Х | | + | | | | + | | + | | | | | | + |
| Сокіл* | Х | | | | | | | | | | | | + | | |
| Велика і Мала Бугаїха* | Х | | | | | | | | | | | | + | + | |
| **Лісові** | | | | | | | | | | | | | | | |
| Дача Галілея | Т | | | | | | | | | + | | | + | | |
| Сатанівський* | Х | | | | | | | | | | | | + | | |
| **ПАМ'ЯТКИ ПРИРОДИ** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Ботанічні** | | | | | | | | | | | | | | | |
| Заліщицька діброва | Т | | | | | | | | | + | + | | | | |
| Урочище Глоди** | Т | | | | | | + | | + | | | | | | + |
| Урочище «Трубчин»** | Т | | | | | | + | | | | | | | | |
| Товтра Самовита* | Х | | + | | | | + | | + | | | | | | + |
| **Геологічні** | | | | | | | | | | | | | | | |
| Китайгородське відслонення* | Х | | + | | | | + | | + | + | | | | | + |
| Смотрицький каньйон* | Х | | + | | | | + | | + | + | | | | | + |
| | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Території та об'єкти природно-заповідного фонду місцевого значення** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **ЗАКАЗНИКИ** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Ландшафтні** | | | | | | | | | | | | | | | |
| Наші гаї | Т | | | | | | | | | | | | + | | |
| Киданецькі скелі | Т | | + | | | | | | | | | | | | |
| Івахновецький ліс* | Х | | | | | | | | | | | | + | | + |
| Сорочинські Товтри* | Х | | + | | | | + | | + | + | | | | | |
| **Ботанічні** | | | | | | | | | | | | | | | |
| Синьків | Т | | | | | | + | | + | | | | | | + |
| Білокриницький | Т | | | | | | | | | | | | + | | |
| Пищатинський | Т | | | | | | | | | | | | + | | |
| Урочище Вівошів** | Т | | | | | | + | | | | | | | | |
| Урочище Бубнівка | Т | | | | | | + | | | | | | | | |
| Підгорянський | Т | | | | | | + | | | | | | | | + |
| Федорівський | Т | | | | | | + | | | | | | | | |
| Довжанський | Т | | | | | | | | | | | | + | | |
| Урочище Кривиця | Т | | | | | | + | | | | | | | | |
| Мукшанський * | Х | | + | | + | + | + | + | | | + | | | | + |
| Устянський* | Х | | + | + | | | + | | + | | | + | | | + |
| Нігинська товтра* | Х | | | | | | + | | | | | | | | |
| Староушицький | Х | | + | | | | + | + | | | | | | | + |
| Наддністрянський* | Х | | + | | | | + | + | | | | | | | + |
| Буковий ліс* | Х | | | | | | | | | | | | + | | |
| Товтри Садова та Деренова* | Х | | | | | | | | | | | | + | | |
| Черчецька Товтра* | Х | | | | | | + | | + | | | | | | |
| Вільховецькі товтри* | Х | | + | | | | + | + | + | | | | | | + |

Продовження таблиці 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ПАМ'ЯТКИ ПРИРОДИ** | | | | | | | | | | | | | | | |
| **Ботанічні** | | | | | | | | | | | | | | | |
| Скал-Подільська діброва | Т | | | | | | | | | | | | + | | |
| Папірнянська діброва | Т | | | | | | | | | | | | + | | |
| Теребовлянська дубина | Т | | | | | | | | | | | | + | | |
| Мушкатівська бучина | Т | | | | | | | | | | | | + | | |
| Теребовлянська бучина № 2 | Т | | | | | | | | | | | | + | | |
| Копичинецька бучина | Т | | | | | | | | | | | | + | | |
| Тулин | Т | | | | | | | | | | | | + | | |
| Хмелівська ділянка** | Т | | | | | | + | | | | | | | | |
| Стінка «Городок-Костільники** | Т | | | | | | + | + | + | | | | | | + |
| Деренівська стінка** | Т | | | | | | + | | | | + | | | | + |
| Стінка- Криве** | Т | | | | | | + | | | | | | | | + |
| Мельнице-Подільська стінка | Т | | | | | | + | | | | + | | | | + |
| Рогівська ділянка | Т | | | | | | + | | + | | | | | | + |
| На могилі | Т | | | | | | + | | | | | | | | + |
| Лиса гора | Т | | | | | | + | | | | | | | | + |
| Богданівський степ | Т | | | | | | + | | | | | | | | |
| Зозулинецька степова ділянка № 1** | Т | | | | | | + | | + | | | | | | + |
| Зозулинська степова ділянка № 2** | Т | | | | | | + | + | + | | | | | | + |
| Устянська ділянка | Т | | | | | + | + | | + | | | | | | + |
| Степова ділянка Торки | Т | | | | | | + | | + | | | | | | + |
| Гора Любовня | Т | | | | | | + | + | + | | | | | | + |
| Устечківська ділянка** | Т | | | | | | + | + | + | | | | | | + |
| Кривченська степова ділянка | Т | | | | | | + | | + | | | | | | + |
| Васильківська степова ділянка | Т | | | | | | + | | + | | | | | | + |
| Дзвенигородська степова ділянка № 2** | Т | | | | | | + | | + | | | | | | + |
| Дзвенигородська степова ділянка № 1** | Т | | | | | | + | | + | | | | | | + |
| Деренівська ділянка | Т | | | | | | + | | | | | | | | |
| Більче-Золотецька ділянка № 2 | Т | | + | | | | + | | | | | | | | |
| Більче-Золотецька ділянка № 1 | Т | | | | | | + | | + | | | | | | |
| Олексинська ділянка | Т | | + | | | | + | + | + | | | | | | + |
| Надустянська ділянка | Т | | | | | | + | + | + | | | | | | + |
| Берем'янська наскельно-степова ділянка** | Т | | | | | | + | | | | | | | | |
| Стінка-Криве | Т | | | | | | | + | | | | | | | |
| Скалатська степова ділянка | Т | | | | | | + | | + | | | | | | |
| Дубовий ліс* | Х | | | | | | | | | | | | + | | |
| Урочище «Качанове» | Х | | | | | | | + | | | | | | | |
| **Геологічні** | | | | | | | | | | | | | | | |
| Плейстоценові відклади грунтів | Т | | + | | | | | | | | | | | | |
| Касперівські сфінкси | Т | | | | + | | | | | | | | | | + |
| Заліщицький горизонт нижнього девону | Т | | | | + | | + | | + | + | + | + | | | + |

Закінчення таблиці 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Устецький розріз нижнього девону | Т | | | | | | | | | | | | | | + |
| Відслонення крейдової системи с. Пилипче | Т | | | | | | | | | + | | | | | |
| Товтра «Першак» | Х | | | | | | | | + | | | | | | |
| Гора «Теремець» | Х | | | | | | | | | | | | | | + |
| Розріз гринчукської підсвити | Х | | | | | | | | | + | | | | | |
| **Комплексні** | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ґонтова гора | Т | | | | | | + | | | | | | | | + |
| Дівоча гора | Т | | | | | | + | + | + | | | | | | + |
| Урочище «Вавринів» | Т | | | | | | + | | | | | | | | |
| Стінка «Угринська» | Т | | | | | | + | | + | | | | | | |
| **ЗАПОВІДНІ УРОЧИЩА** | | | | | | | | | | | | | | | |
| Криве | Т | | | | | | + | | + | | | | | | |
| Запуск | Х | | | | | | + | | | | | | | | |
| Скеля | Х | | | | | | + | | + | | | | | | |
| Жабинецька дача* | Х | | | | | | | | | | | | + | | |
| **Ботанічні сади місцевого значення** | | | | | | | | | | | | | | | |
| Кам'янець-Подільський ботанічний сад | Х | + | + | + | + | | + | | + | + | | + | + | | + |
| **Парки – пам'ятки садово-паркового мистецтва місцевого значення** | | | | | | | | | | | | | | | |
| Кам'янець-Подільський | Х | | | | | | | | | | | | + | | |

В об'єктах природно-заповідного фонду найбільш представлено такі види: *A. waldsteinii* (45), *A. senescens* subsp. *montanum* (42), *A. ursinum* (32), *A. podolicum* (64). Решта видів, які мають малу кількість локалітетів або специфіку приуроченості до рудеральних біотопів, що не мають созологічного значення, представлені в охоронних об'єктах у малій кількості.

На основі баготорічних популяційних досліджень, вивчення хорології, фітоценотичних особливостей, созоології [5] для збереження досліджуваних видів цибуль пропонуємо реалізувати такий комплекс заходів: 1) продовжити вивчення стану популяцій; 2) провести розчистку від сміття місць зростання; 3) встановити інформаційні знаки, що будуть вказувати на цінність території, де зростають види; 4) призупинити негативну дію антропогенного чинника – випасання, викошування, випалюваня; 5) впроваджувати в культуру та декоративне квітникарство досліджувані види.

Відтворення та збільшення чисельності видів роду може відбуватися:

– шляхом акліматизації, реакліматизації та реінтродукції рідкісних та зникаючих видів;

– шляхом покращення системи охорони природоохоронних територій регіону;

– шляхом комплексного вивчення видів у природі та культурі;

– шляхом охорони природних ландшафтів та екотопів;

– шляхом створення нових заповідних територій та об'єктів.

Удосконалення екологічного навчання і виховання, що випливає з проблем охорони навколишнього середовища, також є важливою умовою покращення відтворення та зберігання видів.

**Головні висновки.** Отже, результати аналізу охорони видів роду *Allium* L. на території Західного Поділля показали, що види роду охороняються у ПЗ «Медобори» (5), НПП «Подільські Товтри» (14), НПП «Дністровський каньйон» (10 видів).

В обстежених 19 заказниках загальнодержавного значення виявлено 9 видів, а в заказниках місцевого значення – 10 видів. На території 6 пам'яток природи загальнодержавного значення охороняється 5 видів роду, а в 48 пам'ятках природи місцевого значення – 10 видів.

На основі багаторічних досліджень популяцій та виявлення негативних впливів на них (вирубка лісів, випас худоби, випалювання, створення рекреаційних зон) рекомендуємо вжити таких заходів: землі, які не вилучені в користування НПП, де зростають *A. ursinum, A. sphaerocephalon, A. podolicum*, вилучити в користування НПП, розширивши межі заказників, що знаходяться поруч; визначити ці території як біологічно цінні з подальшим моніторингом популяцій.

Спираючись на обґрунтування критеріїв внесення видів до переліку рідкісних [1, 6], автори вважають за необхідне включити до переліку регіонально рідкісних видів Хмельницької обл. *A. oleraceum*, а A. *sphaerocephalon* та *A. vineale* – до переліку регіонально рідкісних видів Тернопільської та Хмельницької областей. Основними критеріями відбору були низька

частота потрапляння (якщо кількість виявлених ценопопуляцій на вказаних територіях не перевищує 10 і знаходяться вони переважно на заповідних територіях), знаходження виду на межі ареалу, локальність (обмеженість) поширення, зменшення чисельності, зростання в рідкісних екотопах регіону, потенційна вразливість внаслідок використання людиною. Також враховувались сучасний стан та структура, динаміка популяцій, щільність, загальна чисельність особин, еколого-ценотичні характеристики виду.

**Література**


1. Перегрим М.М. Презентетивність цибулинних і бульбоцибулинних видів рослин природної флори України в охоронних списках різних рівнів. Укр. ботан. журн. 2012. Т. 69, № 6. С. 832–833.
2. Рубановська Н.В. Созоологічний статус представників роду *Allium* L. на території України : Вісник наукових праць Кам'янець-Подільського національного університету. Природничі науки. Вип. 2. Кам'янець-Подільський : Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка, редакційно-видавничий відділ, 2010. С. 52–57.
3. Рубановська Н.В. До питання охорони представників роду Allium L. на території Волино-Поділля. Збірник нукових праць. Спеціальний випуск до IV міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні проблеми збалансованого природокористування». Кам'янець-Подільський, 2009. С. 77–79.
4. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я.П. Дідуха К. : Глобалконсалтінг, 2009. С. 51–61.
5. Рубановська Н.В., Соломаха В.А. Регіонально рідкісні види роду *Allium* L. в умовах Західного Поділля : Біологічні системи. Наук. вісник Чернівецького ун-ту. Серія: Біологія. Чернівці, 2016. Т. 8, вип. 2. С. 211–218.
6. Офіційні переліки регіонально рідкісних рослин адміністративних територій України [Текст] : довідкове видання / за ред. Т.Л. Андрієнко, М.М. Перегрим. Київ : Альтерпрес, 2012. 148 с.

**УДК 630*521.1:631.1 (477.42)**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-29**

# СЕЗОННА ЗМІНА ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ В УМОВАХ НАПІВВІЛЬНОГО УТРИМАННЯ МИСЛИВСЬКИХ ТВАРИН

**Кратюк О.Л.**
Житомирський національний агроекологічний університет
бульв. Старий, 7, 10008, м. Житомир
deneshi_ks@ukr.net

Основні засади комплексного ведення лісового та мисливського господарства потребують глибокого розуміння процесів взаємодії мисливських тварин з лісовими насадженнями. Досліджено сезонні зміни діелектричних показників сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) у вольєрі на території Поташнянського лісництва ДП «Радомишльське ЛМГ». Встановлено особливості впливу напіввільного утримання мисливських тварин на інтенсивність проходження процесів життєдіяльності у сосни звичайної. З'ясовано, що діелектричні показники мають чітко виражену динаміку та характеризують сезонні зміни інтенсивності процесів життєдіяльності. Загальна тенденція простежується у поступовому зниженні величини імпедансу і зростанні поляризаційної ємності при переході дерев зі стану спокою до вегетації і навпаки – зростання імпедансу та зниження поляризаційної ємності при переході до стану фізіологічного спокою. Так, зокрема, величина поляризаційної ємності на пробних площах коливалася у лютому в межах $4{,}38^{\pm0{,}22}$-$5{,}73^{\pm0{,}27}$ nF (достовірність різниці з контрольними показниками $t_ф$=2,28-8,48; $t_{05}$=2,02), у липні зросла до $11{,}35^{\pm0{,}47}$-$12{,}60^{\pm0{,}53}$ nF ($t_ф$=2,56-3,35; $t_{05}$=2,02), а у вересні знизилася до $7{,}01^{\pm0{,}20}$-$8{,}97^{\pm0{,}27}$ nF ($t_ф$=2,57-5,15; $t_{05}$=2,02). Показники імпеданса протягом сезону спочатку знизилися з $33{,}80^{\pm2{,}13}$-$44{,}80^{\pm3{,}40}$ кОм ($t_ф$=0,31-5,39; $t_{05}$=2,02) до $16{,}08^{\pm1{,}00}$-$17{,}20^{\pm0{,}95}$ кОм ($t_ф$=2,20-2,59; $t_{05}$=2,02), а потім зросли до $20{,}83^{\pm0{,}84}$-$28{,}35^{\pm1{,}63}$ кОм ($t_ф$=2,11-2,74; $t_{05}$=2,02). Подібна закономірність простежується і на контрольних ділянках. Різниця у показниках поляризаційної ємності та імпеданса дослідних і контрольних насаджень сосни звичайної вказує на негативний вплив напіввільного утримання мисливських тварин на життєдіяльність дерев. Аналіз результатів дослідження вказує на те, що незалежно від умов зростання та інтенсивності впливу напіввільного утримання мисливських тварин, діелектричні показники мають чітко виражену динаміку та характеризують сезонні зміни інтенсивності процесів життєдіяльності. *Ключові слова:* поляризаційна ємність, імпеданс, *Pinus sylvestris* L, вольєр.

**Seasonal changes in dielectric parameters of Scots pine in semi-free hunting animals keeping. Kratiuk O.** Fixed assets of complex forestry and hunting managing need deep understanding of interaction processes amongst hunting animals and forest plantations. Seasonal changes in dielectric parameters of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in enclosures on the territory of Potashnya forestry, Radomyshl forestry and hunting state enterprise are researched. Peculiarities of semi-free hunting animals keeping influence on vital processes intensivity in *Pinus sylvestris* are established. It is found out that dielectric parameters have clearly expressed dynamics and characterize seasonal changes capacity in vital processes intensivity. The general tendency to gradual decrease in the impedance value and increase in polarization capacity during the trees transition from rest state to vegetation and vice versa the increase in the impedance value and the decrease in polarization capacity during the transition to the state of physiological rest is seen. Thus, the polarization capacity on researched areas in February fluctuated within $4{,}38^{\pm0{,}22}$-$5{,}73^{\pm0{,}27}$ nF (the reliability of difference in control parameters $t_ф$=2,28-8,48; $t_{05}$=2,02), in July it increased to $11{,}35^{\pm0{,}47}$-$12{,}60^{\pm0{,}53}$ nF ($t_ф$=2,56-3,35; $t_{05}$=2,02) and in September decreased to $7{,}01^{\pm0{,}20}$-$8{,}97^{\pm0{,}27}$ nF ($t_ф$=2,57-5,15; $t_{05}$=2,02). The impedance parameters at the beginning of the season decreased from $33{,}80^{\pm2{,}13}$-$44{,}80^{\pm3{,}40}$ kΩ ($t_ф$=0,31-5,39; $t_{05}$=2,02) to $16{,}08^{\pm1{,}00}$-$17{,}20^{\pm0{,}95}$ kΩ ($t_ф$=2,20-2,59; $t_{05}$=2,02) and then increased to $20{,}83^{\pm0{,}84}$-$28{,}35^{\pm1{,}63}$ kΩ ($t_ф$=2,11-2,74; $t_{05}$=2,02). The similar tendency is observed on control areas. The difference in polarization capacity and impedance parameters on researched and control *Pinus sylvestris* plantings testifies to negative influence of semi-free hunting animals keeping on trees life processes. The analysis of obtained results shows that, despite the growing conditions and semi-free hunting animals keeping intensivity, dielectric parameters have clearly expressed dynamics and characterize seasonal changes in living processes intensivity. *Key words:* capacitance polarization, impedance, *Pinus sylvestris*, enclosures.

**Постановка проблеми.** Вивчення стійкості деревних рослин до дії несприятливих чинників навколишнього середовища – одна з ключових проблем сучасної лісівничої науки. Серед показників, які характеризують стан рослин та інтенсивність перебігу в них фізіолого-біохімічних процесів, чільне місце займають імпеданс (R) і поляризаційна ємність (C). Наразі застосування електрофізіологічних параметрів досить широке. Ці діелектричні показники використовують для комплексного аналізу інтенсивності проходження життєвих процесів у рослин на різних стадіях онтогенезу, а також характеризують різні аспекти функціонування деревних рослин. Зокрема, ми вбачаємо використання електрофізіологічних показників як перспективний метод індикації стадій впливу мисливської фауни на лісові насадження, особливо у вольєрах.

**Актуальність досліджень.** З року в рік в Україні все більшої популярності набуває практика напіввільного утримання мисливських тварин, як однієї з передумов підвищення ефективності ведення мисливського господарства. Розведення тварин на обмеженій території дає можливість більш досконалого контролю за популяцією, що веде до швидкого

зростання чисельності поголів'я. Вольєри, зазвичай, перевантажені тваринами, які завдають значної шкоди усім компонентам лісових біогеоценозів. Це у свою чергу призводить до поступового погіршення санітарного стану лісових насаджень з подальшою поступовою їх деградацією. Особливо це актуально для невеликих за площею вольєрів. Запобігти таким негативним наслідкам дозволить своєчасний моніторинг стану лісових насаджень. Тут у нагоді може стати використання саме діелектричних показників, які характеризують стан рослин та інтенсивність перебігу в них фізіолого-біохімічних процесів [15].

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Основні засади комплексного ведення лісового та мисливського господарства потребують глибокого розуміння процесів взаємодії мисливських тварин з лісовими насадженнями. Особливо гостро це питання стоїть при напіввільному утриманні тварин. Швидке зростання кількості вольєрів на території лісового фонду спонукає до перегляду та удосконалення уже існуючого та розробки нового нормативно-правового забезпечення для врегулювання всіх аспектів функціонування вольєрів. Зокрема, перегляду потребують мінімальні площі для напіввільного утримання мисливських тварин. Так, згідно наказу Міністерства охорони навколишнього природного середовища України від 30.09.2010 р № 429 «Порядок утримання та розведення диких тварин, які перебувають у стані неволі або в напіввільних умовах» на 1 кабана дикого (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758), лань (*Dama dama* Linnaeus, 1758) чи козулю європейську (*Capreolus capreolus* Linnaeus, 1758) відводиться лише 30 м$^2$, а для оленя плямистого (*Cervus nippon* Temminck, 1838) чи оленя благородного (*Cervus elaphus* Linnaeus, 1758) – 50 м$^2$ площі вольєра, що є повністю неприйнятним. Надмірне перенасичення вольєрів мисливськими тваринами неодмінно веде до негативного впливу на лісові насадження. Такі процеси потребують глибокого аналізу для розробки механізмів компромісного співіснування мисливських тварин у лісах. Для визначення стану лісових насаджень надійними маркерами можуть стати діелектричні показники, а складання відповідних таблиць спростить їх застосування на практиці.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В умовах постійно зростаючого антропогенного тиску на лісові насадження, важливу роль відіграє виявлення чинників та ступеня їх впливу на деревні породи. Запобігти небажаним результатам та мінімізувати наслідки негативних змін дозволить своєчасний моніторинг індикаторів стану деревних рослин. Такими маркерами можуть виступати, зокрема, діелектричні показники, основні засади використання яких на території України були закладені Г.Т. Криницьким [10]. Поляризаційна ємність та імпеданс об'єктивно характеризують взаємодії деревних видів у процесі формування деревостанів [8]. Наразі широкий діапазон застосування електрофізіологічних параметрів під час проведення лісівничо-екологічних та селекційно-генетичних досліджень вказує на їх універсальність [12]. Діелектричні показники можуть виступати індикаторами стадій дигресії лісових біоценозів [2] та реакції дерев на дію несприятливих чинників навколишнього середовища [3, 13, 14]. Їх використовують для визначення інтенсивності проходження процесів життєдіяльності деревних порід [15], а також для характеристики фізіологічного стану дерев у фітоценозах [6], де взаємовідносини між деревними породами впливають на інтенсивність проходження процесів життєдіяльності [1, 8]. Так, на підставі вивчення діелектричних показників сосни звичайної (*Pinus sylvestris* Linnaeus) і берези (*Betula pendula* Roth.) цих деревних видів під час формування 8–15 березово-соснових деревостанів природного походження на покинутих сільськогосподарських землях [4].

Діелектричні показники незалежно від деревної породи та умов місцезростання мають чітко виражену сезонну динаміку та характеризують сезонні зміни інтенсивності процесів життєдіяльності [7] та придатні для діагностування найрізноманітніших станів деревних рослин.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Вивченню діелектричних показників сосни звичайної приділяють велику увагу. Вже досліджено поляризаційну ємність та імпеданс у борах Малого Полісся [5] та на радіаційно забруднених територіях [3], встановлено електрофізіологічну реакцію культур сосни звичайної на високі рівні хронічного радіаційного опромінення [14] та на добування живиці [13], виявлено особливості впливу просторової структури деревостанів на життєвість дерев сосни звичайної [6] тощо. Наразі сосна звичайна є домінуючою породою у вольєрах Західного і Центрального Полісся. На тлі стрімкого збільшення площі вольєрів, актуальним стає реакція сосни звичайної на умови напіввільного утримання мисливських тварин.

**Новизна.** Вперше для Центрального Полісся проведено аналіз сезонних змін діелектричних показників сосни звичайної в умовах напіввільного утримання мисливських тварин.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Основні засади комплексного ведення лісового та мисливського господарства потребують глибокого розуміння процесів взаємодії мисливських тварин з лісовими насадженнями. Бурхливий розвиток вольєрного господарства, як засобу підвищення продуктивності мисливських угідь, ставить завдання у впорядкуванні нормативів стосовно відповідності характеристик вольєра (площа, видовий і чисельний склад тварин тощо) та лісівничо-таксаційними показниками лісостанів у ньому. Уже назріло також питання розробки методики визначення стадій мисливсько-господарської дигресії лісових насаджень. Розробці таких нормативних документів значною

мірою посприяло б застосування електрофізіологічних показників.

**Викладення основного матеріалу.** *Мета роботи.* Встановити вплив напіввільного утримання мисливських тварин на інтенсивність проходження процесів життєдіяльності у сосни звичайної протягом року.

Об'єктами досліджень були обрані чисті деревостани сосни звичайної природного походження, що зростають у межах вольєра на території Поташнянського лісництва ДП «Радомишльське ЛМГ» Житомирського обласного управління лісового і мисливського господарства. Контролем слугували насадження з аналогічними лісівничо-таксаційними показниками, поза межами вольєра. Закладено 5 пробних площ ПП № 1 (вік – 55 років; тип лісу – $В_3$ДС – вологий дубово-сосновий субір), ПП № 2 – ПП № 3 (вік – 75 років; тип лісу – $В_2$ДС – свіжий дубово-сосновий субір), ПП № 4 – ПП № 5 (вік – 90 років; тип лісу – $В_3$ДС) та три контрольних (ПП № $К_1$; ПП № $К_{2-3}$; ПП № $К_{4-5}$). В межах кожної ПП відбирали по 20 модельних екземплярів із числа пануючих у фітоценозі дерев. Дослідження проводили у лютому, липні та вересні 2019 року.

Для визначення інтенсивності процесів життєдіяльності сосни звичайної використали діелектричні показники (імпеданс (*R*) і поляризаційну ємність (*C*) прикамбіальних тканин лубу на висоті стовбура 1,3 м. Вимірювання проводили аналоговим приладом Ф4320 на частоті 1 кГц за методикою Г.Т. Криницького [11].

Вольєр на території Поташнянського лісництва створений у період 1997-1998 рр. на площі 63,5 га для розведення кабана дикого (*Sus scrofa* Linnaeus, 1758). Чисельність *Sus scrofa* протягом існування вольєра коливалася в межах від 15 до 50 особин основного поголів'я. На момент проведення досліджень у вольєрі утримували 12 особин різного віку. В межах вольєра виділено 5 типів лісу, серед яких домінуючими є $В_2$ДС (39,3 га або 64,4% площі вольєра) та $В_3$ДС (10,8 га або 17,7% площі вольєра) [9]. Нині вольєр належить ТОВ «Клуб «КСК».

Результати дослідження діелектричних показників прикамбіальних тканин сосни звичайної в умовах напіввільного утримання мисливських тварин наведено в табл. 1.

Таблиця 1

**Діелектричні показники сосни звичайної в умовах напіввільного утримання мисливських тварин**

| № ПП | C, nF | | R, кОм | |
|---|---|---|---|---|
| | $M^{\pm m}$ | *V, %* | $M^{\pm m}$ | *V, %* |
| | ***Лютий 2019 р.*** | | | |
| 1 | $4{,}38^{\pm 0{,}22}$ | 22,0 | $42{,}90^{\pm 2{,}51}$ | 26,2 |
| $К_1$ | $5{,}15^{\pm 0{,}26}$ | 22,4 | $44{,}00^{\pm 2{,}57}$ | 26,1 |
| 2 | $5{,}73^{\pm 0{,}27}$ | 21,4 | $33{,}80^{\pm 2{,}13}$ | 28,2 |
| 3 | $4{,}54^{\pm 0{,}34}$ | 33,8 | $44{,}80^{\pm 3{,}40}$ | 33,9 |
| $К_{2-3}$ | $7{,}01^{\pm 0{,}26}$ | 16,4 | $26{,}48^{\pm 0{,}65}$ | 11,0 |
| 4 | $5{,}53^{\pm 0{,}16}$ | 13,2 | $35{,}75^{\pm 2{,}89}$ | 36,2 |
| 5 | $5{,}59^{\pm 0{,}12}$ | 9,8 | $34{,}25^{\pm 1{,}90}$ | 24,5 |
| $К_{4-5}$ | $7{,}73^{\pm 0{,}22}$ | 12,8 | $23{,}77^{\pm 0{,}39}$ | 7,5 |
| | ***Липень 2019 р.*** | | | |
| 1 | $11{,}35^{\pm 0{,}47}$ | 18,8 | $16{,}65^{\pm 0{,}90}$ | 24,2 |
| $К_1$ | $14{,}26^{\pm 0{,}72}$ | 22,8 | $13{,}75^{\pm 0{,}67}$ | 21,7 |
| 2 | $11{,}90^{\pm 0{,}48}$ | 17,9 | $16{,}85^{\pm 0{,}87}$ | 23,2 |
| 3 | $11{,}95^{\pm 0{,}50}$ | 18,7 | $17{,}20^{\pm 0{,}95}$ | 24,7 |
| $К_{2-3}$ | $13{,}95^{\pm 0{,}60}$ | 19,2 | $14{,}43^{\pm 0{,}48}$ | 14,8 |
| 4 | $12{,}60^{\pm 0{,}53}$ | 18,8 | $16{,}08^{\pm 1{,}00}$ | 27,9 |
| 5 | $12{,}20^{\pm 0{,}60}$ | 22,1 | $16{,}18^{\pm 0{,}94}$ | 26,0 |
| $К_{4-5}$ | $15{,}24^{\pm 0{,}75}$ | 22,1 | $13{,}48^{\pm 0{,}63}$ | 20,8 |
| | ***Вересень 2019 р.*** | | | |
| 1 | $7{,}01^{\pm 0{,}20}$ | 13,0 | $28{,}35^{\pm 1{,}63}$ | 25,7 |
| $К_1$ | $8{,}93^{\pm 0{,}31}$ | 15,7 | $22{,}35^{\pm 1{,}74}$ | 34,8 |
| 2 | $7{,}75^{\pm 0{,}42}$ | 24,4 | $24{,}75^{\pm 2{,}44}$ | 44,2 |
| 3 | $7{,}85^{\pm 0{,}29}$ | 16,8 | $25{,}85^{\pm 2{,}25}$ | 38,9 |
| $К_{2-3}$ | $9{,}08^{\pm 0{,}30}$ | 14,9 | $19{,}40^{\pm 0{,}67}$ | 15,6 |
| 4 | $8{,}03^{\pm 0{,}26}$ | 14,7 | $21{,}20^{\pm 1{,}11}$ | 23,5 |
| 5 | $8{,}97^{\pm 0{,}27}$ | 13,3 | $20{,}83^{\pm 0{,}84}$ | 18,1 |
| $К_{4-5}$ | $10{,}35^{\pm 0{,}36}$ | 15,8 | $18{,}22^{\pm 0{,}66}$ | 16,1 |

Поляризаційна ємності у лютому на дослідних ПП№1-ПП№5 коливалася у межах $4{,}38^{\pm0{,}22}$-$5{,}73^{\pm0{,}27}$ nF, в той же час на контрольних вона була вища на 17,6-54,4% ($t_ф$=2,28-8,48; $t_{05}$=2,02) і становила $5{,}15^{\pm0{,}26}$-$7{,}73^{\pm0{,}22}$ nF (табл. 2). Коефіцієнт варіації показника незначний як на дослідних ПП (9,8–22,0%), за винятком ПП № 3, де він становить 33,8%, так і на контрольних (12,8-22,4%). Імпеданс у лютому на дослідних ПП № 1-ПП № 5 коливався у межах $33{,}80^{\pm2{,}13}$-$44{,}80^{\pm3{,}40}$ кОм. На контрольних ПП № $К_{2-3}$ і ПП № $К_{4-5}$ він був достовірно нижчий ($t_ф$=3,28-5,39; $t_{05}$=2,02) і становив відповідно $26{,}48^{\pm0{,}65}$ і $23{,}77^{\pm0{,}39}$ кОм. Коефіцієнт варіації на дослідних ПП становить 28,2-36,2%, а на контрольних – 7,5-11,0%. Між показниками імпедансу на ПП№1 та контрольними не існує достовірної різниці ($t_ф$=0,31; $t_{05}$=2,02).

У липні коефіцієнти варіації для діелектричних показників як на дослідних так і на контрольних ПП коливалися у невеликих межах. Для поляризаційної ємності це 17,9-22,8%, а для імпеданса 14,8-27,9%. За величиною поляризаційної ємності дослідні насадження сосни звичайної не істотно, на 16,7-25,6% ($t_ф$=2,56-3,35; $t_{05}$=2,02) перевищують контрольні. Поляризаційна ємності на дослідних ПП № 1-ПП № 5 коливалася у межах $11{,}35^{\pm0{,}47}$-$12{,}60^{\pm0{,}53}$ nF, а на контрольних вона становила $13{,}95^{\pm0{,}60}$-$15{,}24^{\pm0{,}75}$ nF. Значення імпеданса у липні на дослідних ПП№1-ПП№5 змінювалося у межах $16{,}08^{\pm1{,}00}$-$17{,}20^{\pm0{,}95}$ кОм. На контрольних він був нижчий на 14,4-17,4% ($t_ф$=2,20-2,59; $t_{05}$=2,02) і становив $13{,}48^{\pm0{,}63}$-$14{,}43^{\pm0{,}48}$ кОм. Таким чином у липні спостерігалося зростання показників поляризаційної ємності та зниження імпеданса порівняно з лютневими.

Дослідження проведені у вересні показують поступове зниження інтенсивності фізіологічних процесів у сосни звичайної, про що свідчать встановлені нами діелектричні показники. Так поляризаційна ємності у вересні на дослідних ПП№1-ПП№5 коливалася у межах $7{,}01^{\pm0{,}20}$-$8{,}97^{\pm0{,}27}$ nF, в той же час на контрольних вона була вища на 15,4-28,9% ($t_ф$=2,57-5,15; $t_{05}$=2,02) і становила $8{,}93^{\pm0{,}31}$-$10{,}35^{\pm0{,}36}$ nF (див табл. 1). Коефіцієнт варіації показника незначний як на дослідних (13,0–24,4%), так і на контрольних (14,9-15,8%) ПП. Імпеданс у вересні на дослідних ПП № 1-ПП № 5 змінювався у межах $20{,}83^{\pm0{,}84}$-$28{,}35^{\pm1{,}63}$ кОм. На контрольних він був достовірно нижчий ($t_ф$=2,11-2,74; $t_{05}$=2,02) і становив відповідно $18{,}22^{\pm0{,}66}$ і $22{,}35^{\pm1{,}74}$ кОм. Коефіцієнт варіації на дослідних ПП становить 18,1–44,2%, а на контрольних – 15,6-34,8%.

В межах кожного сезону прослідковується поступове зростання показників поляризаційної ємності з віком. На ПП № 1 (55 років) поляризаційна ємність становить $11{,}35^{\pm0{,}47}$ nF, на ПП № 2-ПП № 3 (75 років) – $11{,}90^{\pm0{,}48}$ та $11{,}95^{\pm0{,}50}$ nF, на ПП № 4-ПП № 5 (90 років) – $12{,}60^{\pm0{,}53}$ та $12{,}20^{\pm0{,}60}$ nF. Подібна тенденція і на контрольних пробних площах.

З переходом дерев із стану спокою до вегетації простежується тенденція поступового зростання поляризаційної ємності та зниження імпедансу. Так, у середині літа (липень) на ПП № 1 поляризаційна ємність зросла у 2,5 рази з $4{,}38^{\pm0{,}22}$ до $11{,}35^{\pm0{,}47}$ nF, а імпеданс знизився на таку ж величину з $42{,}90^{\pm2{,}51}$ до $16{,}65^{\pm0{,}90}$ кОм по від-

Таблиця 2

**Достовірність різниці (*t*-критерій Ст'юдента) між величинами діелектричних показників сосни звичайної у деревостанах на території вольєра та поза його межами (контроль)**

| № ПП | Поляризаційна ємність, (*C*) | | Імпеданс, (*R*) | |
|---|---|---|---|---|
| | $t_ф$ | % | $t_ф$ | % |
| **Лютий 2019 р.** | | | | |
| 1 | 2,28 | 117,6 | 0,31 | 102,6 |
| 2 | 5,37 | 122,3 | 3,28 | 78,3 |
| 3 | 4,54 | 154,4 | 5,29 | 59,1 |
| 4 | 8,01 | 139,8 | 4,10 | 66,5 |
| 5 | 8,48 | 138,3 | 5,39 | 69,4 |
| **Липень 2019 р.** | | | | |
| 1 | 3,35 | 125,6 | 2,59 | 82,6 |
| 2 | 2,68 | 117,2 | 2,44 | 85,6 |
| 3 | 2,56 | 116,7 | 2,61 | 83,9 |
| 4 | 2,87 | 120,9 | 2,20 | 83,8 |
| 5 | 3,15 | 124,9 | 2,39 | 83,3 |
| **Вересень 2019 р.** | | | | |
| 1 | 5,15 | 127,5 | 2,51 | 78,8 |
| 2 | 2,57 | 116,2 | 2,11 | 78,4 |
| 3 | 2,93 | 115,7 | 2,74 | 75,0 |
| 4 | 5,15 | 128,9 | 2,30 | 86,0 |
| 5 | 3,06 | 115,4 | 2,43 | 87,5 |

ношенню до показників лютого. На початку осені, у вересні, вже спостерігалися зворотні процеси, коли показники поляризаційної ємності починають падати, а імпеданса рости. На тій же таки ПП№1 у цей період поляризаційна ємність знизилася до рівня $7{,}01^{\pm 0{,}20}$ nF, а імпеданс зріс до $28{,}35^{\pm 1{,}63}$ кОм. Проте вони ще не досягли позначок, які спостерігали у лютому.

**Головні висновки.** Напіввільне утримання кабана дикого негативно впливає на насадження сосни звичайної в умовах вольєра ТОВ «Клуб «КСК». На всіх дослідних ділянках величина поляризаційної ємності менша ніж на контрольних, а показники імпеданса – вищі. Достовірність різниці (*t*-критерій Ст'юдента) діелектричних показників дослідних і контрольних насаджень сосни звичайної вказує на уповільнення проходження процесів життєдіяльності у дерев сосни звичайної. На протязі року простежується тенденція поступового зниження величини імпедансу і зростанні поляризаційної ємності при переході дерев зі стану спокою до вегетації і навпаки – зростання імпедансу та зниження поляризаційної ємності при переході до стану фізіологічного спокою.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Отримані експериментальні дані можуть стати основою для розробки методики діагностики стадій мисливсько-господарської дигресії лісових насаджень в умовах інтенсивного ведення мисливського господарства загалом та напіввільного утримання мисливських тварин зокрема.

## Література


1. Гуменюк І.Р., Заїка В.К., Бондаренко В.Д. Стан граба звичайного в лісостанах заповідника «Медобори». Науковий вісник НУБІП України. Сер.: Лісівництво та декоративне садівництво. 2012, вип. 171(1). С. 57–60.
2. Дерех О.І. Діелектричні показники дуба і бука на ділянках різних стадій дигресії зеленої зони Львова. Науковий вісник НЛТУ України. 2014, т. 24, № 8. С. 119–124.
3. Заїка В.К. Діелектричні показники сосни звичайної на радіаційно забруднених територіях. Науковий вісник УкрДЛТУ. 2004, т. 14, № 1. С. 12–15.
4. Заїка В.К., Криницький Г.Т., Іваницький Р.С. Природнє залісення та лісівничо-екологічні і морфофізіологічні особливості лісостанів на покинутих сільськогосподарських землях Північно-Західного Поділля. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2013, т. 11. С. 41–50.
5. Заїка В.К., Руденко А.В. Морфофізіологічні особливості дерев сосни звичайної в борах Малого Полісся. Науковий вісник НЛТУ України. 2012, т. 22, № 9. С. 9–13.
6. Зварич Ю.В. Вплив просторової структури деревостанів на життєвість дерев сосни звичайної. *Наукові основи підвищення продуктивності та біологічної стійкості лісових та урбанізованих екосистем*: матеріали 55 Міжнар. наук.-техн. конф. (м. Львів, 19-21 трав. 2005 р.). Львів, 2005. С. 31–33.
7. Карпин Н.І., Заїка В.К. Діелектричні показники лип серцелистої та широколистої в умовах міста Львова. Науковий вісник НЛТУ України. 2017, т. 27, № 1. С. 33–37.
8. Керімов Е.І., Заїка В.К. Діелектричні показники деревних видів у деревостанах за участю Модрини європейської. Науковий вісник НЛТУ України. 2018, т. 28, № 8. С. 23–27.
9. Кратюк О.Л. Типологічна структура лісових насаджень та біотопічна характеристика вольєрів Центрального Полісся. Науковий вісник НЛТУ України. 2019, т. 29, № 2. С. 62–64.
10. Криницкий Г.Т. Биоэлектрический метод определения жизнеспособности древесных растений на начальных этапах онтогенеза: препринт. Баку, 1990. 61 с.
11. Криницький Г.Т. Про методику використання електрофізіологічних показників для визначення життєздатності деревних рослин. Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна. 1992, т. 23. С. 3–10.
12. Криницький Г.Т. Електрофізіологічні дослідження деревних рослин в Україні. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть.* 2001, т. 2. С. 233–237.
13. Криницький Г.Т., Галушка В.П. Електрофізіологічна реакція сосни звичайної на добування живиці. Науковий вісник УкрДЛТУ. 2005, т. 15, № 2. С. 8–13.
14. Криницький Г.Т., Заїка В.К. Електрофізіологічна реакція культур сосни звичайної на високі рівні хронічного радіаційного опромінення. Науковий вісник УкрДЛТУ. 2004, т. 14, № 5. С. 8–14.
15. Криницький Г.Т., Скольський І.М. Використання діелектричних показників для визначення життєвого стану в'яза шорсткого. Наукові праці Лісівничої академії наук України. 2015, т. 13. С. 83–88.

**УДК 579.64**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-30**

# ВПЛИВ *METARHIZIUM ANISOPLIE* НА ЯЙЦЯ ПАВУТИННОГО КЛІЩА *TETRANYCHUS URTICAE*

**Чабанюк Я.В., Бровко І.С., Подгурська І.О., Куденко А.В.**
ТОВ «Інститут агробіології»
бульв. Вацлава Гавела, 4, 03067, м. Київ
agrobiology@gmail.com

Стаття присвячена пошуку діючого агента проти павутинного кліща. Боротися з цим шкідником надзвичайно складно через його неймовірну плодовитість – за сезон він дає до 12 поколінь. У роботі розглянуто сучасні методи боротьби з *Tetranychus urticae*; встановлено, що більшість аграріїв віддає перевагу хімічним (піретроїдам та органофосфатам на основі мелатіону, піримiфос-метилу) і біологічним препаратам (авермектиновмісним речовинам, препаратам на основі *Bacillus thuringiensis*, інтродукції на заражену культуру хижого кліща, який харчується видом *Tetranychus urticae*), які впливають на дорослих особин кліща, але при цьому ніяк не діють на етапі яйця. Крім того, використання хімічних засобів має негативні наслідки: накопичуються в навколишньому середовищі, знищують корисну мікробіоту, сприяють появі резистентних шкідливих організмів. Розглянуто життєвий цикл павутинного кліща. Продемонстровано актуальність створення біопрепаратів на основі ентомопатогенних грибів. У роботі було проведено дослідження ентомопатогенної активності п'яти моноспорових ізолятів із різними культурально-морфологічними особливостями. Проаналізовано механізм дії мікроскопічного гриба *Metarhizium anisopliae*. Досліджено вплив конідіальної суспензії мікроміцета *Metarhizium anisoplie* з концентрацією $1{\cdot}10^8$, $2{\cdot}10^7$, $4{\cdot}10^6$ конідій/мл на яйця павутинного кліща. З'ясовано, яка з концентрацій спорового матеріалу є найбільш оптимальною під час визначення властивостей досліджуваного мікроміцета. Встановлено, що під час обробки яєць павутинного кліща вилуплення не відбувалось протягом перших трьох днів за обробки будь-яким із виділених ізолятів. Встановлено, який із виділених ізолятів володіє найбільшою акарицидною дією. Обґрунтовано практичне та теоретичне значення результатів дослідження під час розроблення сучасних біологічних препаратів з акарицидною дією на основі ентомопатогенних грибів – паразитів *T. urticae.*
*Ключові слова:* життєвий цикл, павутинний кліщ, ентомопатоген, ізоляти, конідії, культура, препарат, *Metarhizium anisoplie*, міцелій, інкубація, популяція.

**Effect of *Metarhizium anisoplie* on the spiders eggs of mite *Tetranychus urticae.* Chabaniuk Ya., Brovko I., Podhurska I., Kudenko A.** The article is dedicated to finding the active agent against spider mites. The combat with this pest is extremely hard because of its incredible fertility – for a season it gives up to 12 generations. Modern methods of fighting with *Tetranychus urticae* have been developed, and it has been established that more agrarians prefer to use chemical (melaton-based pyrethroids and organophosphates, pyrimiphos-methyl) and biological (avermectin-containing substances, preparations based on *Bacillus thuringiensis*, introduction to the infected culture of a predatory tick that feeds on the species *Tetranychus urticae*) preparations, which effect on adult tick, but not on the egg stage. In addition, the use of chemicals have negative consequences: they accumulate in the environment, destroy the beneficial microbiota, contribute to the emergence of resistant harmful organisms. Consider the tick lifecycle. The urgency of the creation of biological products based on entomopathogenic fungus. As a result, an entomopathogenic activity study was performed using monospore isolates with different cultural and morphological resources. The mechanics of the *Metarhizium* microscopic fungus was analyzed. The effect of conidial suspension of *Metarhizium anisoplie* micromycetes with concentration of $1{\cdot}10^8$, $2{\cdot}10^7$, $4{\cdot}10^6$ conidia/ml on eggs of spider mite was investigated. The optimal concentration of the spore materials was discovered during researches the properties of the micromycetes. It was found that processing of mite spider eggs with any isolated isolate stops the hatching for first three days. It was discovered which isolate has the higher acaricidal influence. The practical and theoretical significance of the research results in the development of modern biological preparations with acaricidal action based on the entomopathogenic fungi – *T. urticae* parasites are substantiated. *Key words:* life cycle, pavutinous mites, entomopathogen, isolations, conidia, culture, preparation, *Metarhizium anisoplie*, mycelium, incubation, population.

**Постановка проблеми.** Павутинний кліщ, або *Tetranychus urticae*, – один із найпоширеніших і найнебезпечніших шкідників культурних рослин нашої кліматичної зони. Така майже непомітна для неозброєного ока комаха завдає величезних економічних збитків як під час вирощування рослин у відкритому ґрунті, так і для тепличних господарств. Кліщ здатний інфікувати широкий спектр сільськогосподарських культур – овочеві, бобові, фруктові дерева та декоративні квіти.

Особливої гостроти проблема зараження павутинним кліщем набуває для рослин сої. Перші прояви кліща на рослинах можуть з'являтися ще на початку червня, як тільки температура повітря досягає 29–31°С, а вологість не перевищує 35–55%, що збігається з фазами розвитку сої цвітіння – формування бобів. У таких сприятливих умовах павутинний кліщ може досягати чисельності 2–3 особи на трійчастий листок до цвітіння і перевищувати показник у 10 особин – у період формування і наливу зерна. Зовнішніми ознаками зараження культури сої кліщем є білі плями на листовій поверхні, які добре просвічуються на сонці. З часом плями зливаються, утворюючи мармуровий орнамент, згодом

листя жовтіє і опадає. Це відбувається тому, що кліщі харчуються соком рослини, внаслідок чого порушується фотосинтез. При цьому зростає випаровування води, відбувається втрата хлорофілу та порушення функцій листового апарату. Культура передчасно дозріває, формуючи меншу кількість бобів, що негативно впливає на врожайність.

Життєвий цикл кліща включає в себе 5 стадій розвитку комахи – яйце, личинка, дві стадії німфи та доросла особина – імаго. Тривалість циклу від яйця до дорослої особини суттєво залежить від температури. За оптимальних умов (близько 27°С) павутинний кліщ завершує свій розвиток від 5 до 20 днів. За рік комаха може давати величезну кількість генерацій, що перекриваються між собою. Доросла самка живе від двох до чотирьох тижнів і здатна відкласти кілька сотень яєць протягом життя. Кліщ чудово почувається в спекотну, суху погоду в літню та осінню пору, але осередки зараження кліщем можуть з'являтися в будь-яку пору року. Самки кліща можуть переживати зиму всередині ґрунту або під корою дерев.

Побачити кліща зазвичай можна з нижнього боку листа, який затягнутий тонкою павутинкою. Він має вигляд маленької чорної або червоної цятки, яка рухається по листку. Боротися з цим шкідником надзвичайно складно через його неймовірну плодовитість – за сезон він дає до 12 поколінь. На жаль, більшість препаратів не знищує яйця шкідника, тому необхідно проводити обробку в кілька етапів різними хімічними препаратами, діючі речовини яких вибірково знищують кліща на різних етапах розвитку.

**Актуальність дослідження.** Сучасні аграрії використовують як хімічні, так і біологічні методи боротьби з *Tetranychus urticae* [1; 2]. Асортимент препаратів хімічного синтезу включає в себе піретроїди та органофосфати на основі мелатіону, піриміфос-метилу. Біологічні препарати представлені авермектиновмісними речовинами та препаратами на основі *Bacillus thuringiensis*, також поширеним способом боротьби є інтродукція на заражену культуру хижого кліща, який харчується видом *Tetranychus urticae*. Проблемою всіх цих препаратів є те, що вони впливають лише на дорослих особин кліща, не завдаючи при цьому шкоди шкіднику на етапі яйця. Унаслідок цього виникає потреба в багатократних обробках зараженої культури, що, у свою чергу, завдає економічних та екологічних збитків. Ба більше: діючі речовини хімічних акарицидів можуть бути причиною виникнення резистентності шкідника до ряду препаратів, після чого боротьба з павутинним кліщем ще більше ускладнюється.

Альтернативою використанню традиційних способів боротьби з популяціями павутинного кліща на культурі сої є створення мікробних препаратів на основі ентомопатогенних грибів – паразитів *Tetranychus urticae*. У боротьбі проти павутинного кліща найкраще зарекомендували себе мікроміцети виду *Metarhizium anisopliae*, які є внутрішніми паразитами кліщів цього роду. Механізм дії мікроскопічного гриба *Metarhizium* полягає не лише в проростанні його конідій всередині кліща, а й у продукуванні ним екзогенних токсинів, які виділяються під час зараження тіла хазяїна. Гриб проникає в організм павутинного кліща через кутикулу, що складається з білків, хітину та ліпідів: *Metarhizium anisopliae* має високу ферментативну активність, яка допомагає йому з легкістю подолати цей бар'єр і проникнути всередину тіла хазяїна.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В останні роки проблема боротьби з кліщами рослин стає більш актуальною. Велика кількість публікацій присвячена порівнянню дій хімічних акарицидів. Наприклад, у публікації [3] проаналізовано досить широкий спектр інсектоакарицидів і встановлено їхню ефективність під час застосування проти звичайного павутинного кліща на смородині чорній. Велика кількість публікацій присвячена негативним наслідкам під час використання хімічних засобів: вони мають здатність накопичуватися в навколишньому середовищі, знищують корисну мікробіоту, сприяють появі резистентних шкідливих організмів [4–6]. Для пошуку альтернатив синтетичним хімічним інсектицидам для боротьби зі шкідниками Каїрський університет (Єгипет) займався дослідженням контролю популяції *Tetranychus urticae* Koch за допомогою ефірних масел: ромашки, майорану та евкаліпта [7]. Нині роботи, що стосуються пошуку дієвих препаратів проти павутинного кліща, тривають. У пріоритеті – розроблення ефективних препаратів із тривалим терміном дії.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Незважаючи на велику кількість досліджень і публікацій щодо цієї проблеми, в Україні досі не проводились дослідження та пошук діючої речовини проти *Tetranychus urticae* на стадії яйця.

**Новизна.** Вирішення цього питання робить внесок у контроль над популяцією цього шкідника і має велике значення для розвитку аграрної сфери та садівництва.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Проведене дослідження є підґрунтям для розроблення ефективного біопрепарату з метою вирішення проблеми боротьби з павутинним кліщем.

**Виклад основного матеріалу.** Мікробіологами Інституту агробіології було проведено спрямований пошук і відбір ізолятів природного штаму *Metarhizium anisopliae* з метою виділення ізоляту з найвищими показниками акарицидної активності проти павутинного кліща. Під час роботи було виділено 25 моноспорових ізолятів із різними культурально-морфологічними особливостями та відібрано 5 із них із найкращими ростовими характеристиками.

Ізоляти зберігалися на скошеному агарі за температури -72°С та були відновлені на середовищі

ГПДА (глюкоза 4 г, пептон 1 г, дріжджовий екстракт 1 г, агар 2 г в 100 мл води) в чашках Петрі. Штами мікроміцета вирощували за 25°С протягом 7 днів і використовували для утворення повітряного міцелію. Повітряний міцелій *Metarhizium anisopliae* вирощувався на середовищі з рису, приготованому на пару. Рисову культуру кожного ізоляту, який було інокульовано два дні на рідкому поживному середовищі ГПДА, інкубували в чашках Петрі (діаметром 15 см) за 25°С протягом 6–9 днів, після чого висушували за 35°С протягом 48 год. Міцелій збирали через вібраційне сито. Отриманий міцелій висушували до вмісту води близько 5% за кімнатної температури у вакуумній сушарці, після чого одразу використовували для отримання біопроб.

Для отримання популяції павутинного кліща в лабораторних умовах окремі особини виду *Tetranychus urticae* були виділені з природного агроценозу сої сорту Моравія у Вінницькій області та поміщені в умови ростової камери на рослини сої за температури 23±2°С. Щоб отримати яйця *Tetranychus urticae* одного віку, 20 дорослих жіночих особин було довільно взято з лабораторних рослин і переміщено на окрему листову поверхню з кореневими волосками, які ростуть із черешка, на 1,5% агар у чашках Петрі (діаметром 9 см). Самки мали можливість вільно відкладати яйця протягом 18 год. Як наслідок, після вилучення самок на листовій поверхні залишалося 30–65 яєць на листок для подальших досліджень. Окремі листки штучно підтримували в життєздатному стані більше 15 днів, щоб дати можливість нормального виводу яєць кліща.

Під час проведення дослідження впливу *Metarhizium anisopliae* на яйця павутинного кліща конідії гриба розбавляли дистильованою водою, яка містила Tween 80, та отримували три суспензії з концентрацією $1{\cdot}10^8$, $2{\cdot}10^7$, $4{\cdot}10^6$ конідій/мл.

Встановлено, що всі з досліджуваних суспензій мали однаковий ефект, тому було прийнято рішення для подальшого дослідження використовувати суспензію з концентрацією $2{\cdot}10^7$ конідій/мл. Для дослідження властивостей кожного з ізолятів гриба, яйця *Tetranychus urticae* на окремих листках (3–4 шт.) у чашках Петрі поміщали на дно ємності та обприскували приготованою суспензією конідій відповідного ізоляту протягом 15–20 сек. Після обприскування чашки Петрі з яйцями накривали кришкою та поміщали в термостат для підтримання температури 25°С та вологості 90%. Щодня проводився візуальний контроль за моментом вилуплення яєць на чашках Петрі. У всіх варіантах, окрім контролю, яйця не вилуплювалися протягом трьох днів із моменту обприскування (рис. 1).

Аналізуючи одержані дані, робимо висновок, що летальний ефект на яйця кліщів значно відрізняється серед ізолятів *M. anisopliae*. Кожен ізолят різною мірою пригнічував розвиток яєць шкідника. Найбільшою акарицидною дією володів ізолят № 1, який пригнічував розвиток яєць *T. urticae* протягом усього досліджуваного періоду (спостерігалося

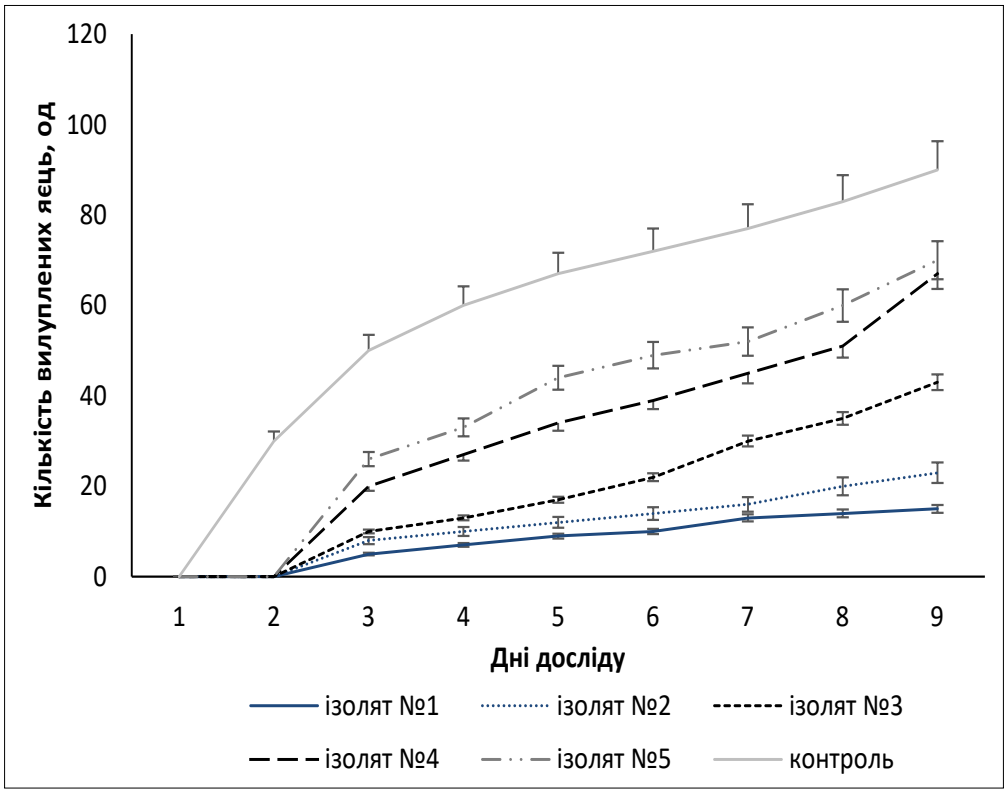



*Рис. 1. Вплив моноспорових ізолятів M. anisopliae на життєздатність T. urticae*

вилуплення 16 яєць *T. urticae* проти 91 яйця в контрольному варіанті на 9 день проведення досліду). Дещо меншою ефективністю вирізнялися ізоляти №№ 2, 3 (18 та 34 вилуплених яйця відповідно). Ізоляти №№ 4, 5 проявили найменшу акарицидну дію – 64 і 67 яєць кліща змогли розвиватися на листі сої після застосування відповідних зразків штамів *M. anisopliae.*

Дія біоконтрольних агентів на яйцях *T. urticae* відрізняється від дії щодо незрілих або дорослих кліщів. Яйця кліщів мають малий розмір, тому дуже важливим було перемістити їх без пошкоджень – ушкоджені яйця для проведення аналізу не підходять.

Щоб мінімізувати артефакти, всі яйця, використані в цьому дослідженні, були відкладені в природних умовах. Відокремлене листя сої розміщували на агарі в чашках Петрі, крім грибкового щеплення, більше жодної обробки не проводилось.

Найбільше труднощів виникало під час визначення способу підрахунку мертвих яєць, загибель яких спричинена грибковою інфекцією після обприскування. На відміну від активних незрілих і дорослих стадій павутинного кліща, яйця нерухомі, а це ускладнювало визначення їхнього рівня смертності. Невеликі зміни в морфології яєць, такі як форма і колір, були недостатніми для оцінки смертності.

Отже, яйця, за якими спостерігали в день обприскування, не можна було класифікувати як мертві чи живі до появи грибка. На щастя, підрахунок вилуплених яєць виявився досить показовим. Крім того, показники вилуплення можна використовувати для оцінки смертності яєць під час оцінки дії різної концентрації конідій, тобто дані біологічних аналізів можна інтерпретувати для співвідношення «концентрація – смертність».

**Головні висновки.** Пошук і дослідження біоагентів, які мають акарицидні властивості, залишаються досить актуальними. Пріоритетним постає питання пошуку агента, який діє на стадію яйця в життєвому циклі *T. urticae*. У статті досліджено та встановлено, який із виділених моноспорових ізолятів *M. anisopliae* має найбільший летальний ефект щодо яєць павутинного кліща. Також з'ясовано, яка з концентрацій спорового матеріалу є найбільш оптимальною під час визначення властивостей досліджуваного мікроміцета.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Завдяки дослідженню акарицидних властивостей ізольованих варіантів *M. anisopliae* встановлено, що деякі з них є досить ефективними в боротьбі проти шкідників сої – павутинних кліщів. Результати досліджень мають практичне та теоретичне значення під час розроблення сучасних біологічних препаратів з акарицидною дією на основі ентомопатогенних грибів – паразитів *T. urticae.*

**Література**


1. Лагутенко О.Т., Пархоменко О.В. Основи сільського господарства: методичні рекомендації до проведення навчально-польової практики. Київ : НПУ ім. М.П. Драгоманова, 2013. 46 с.
2. Марков І.Л. Інтегрований захист сої від хвороб. *Агроном*. 2013. № 2. С. 152–159.
3. Бакалова А.В. Ефективність застосування інсектоакарицидів при захисті смородини чорної від акариформних кліщів в агроекологічних умовах Центрального Полісся України. *Збірник наукових праць Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2012. Вип. 14. С. 126–131. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN.
4. Гадзало Я.М. Агробіологічне обґрунтування інтегрованого захисту ягідних насаджень від шкідників у Південно-Західному Лісостепу і Поліссі України : автореф. дис. … д-ра с.-г. наук. Київ, 1999. 32 с.
5. Трибель С.О. Стійкі сорти. Зменшення енергоємності і втрат врожаїв від шкідників. *Насінництво*. 2006. № 4. С. 18–20.
6. Фокина В.Д., Покровская. С.Ф. Природоохранные аспекты химизации сельского хозяйства. Москва, 1983. 70 с.
7. Afify Abd El-Moneim M.R., Ali Fatma S., Turky A.F. Control of *Tetranychus urticae* Koch by extracts of three essential oils of chamomile, marjoram and eucalyptu. *Asian Pac J Trop Biomed*. 2012. Jan., 2 (1). P. 24–30.

**УДК 504.06:711**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-31**

# ПРОГНОЗУВАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ЩОДО ЗМЕНШЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ЗАГРОЗ ТА ОЦІНЮВАННЯ РИЗИКІВ З ВИКОРИСТАННЯМ АЕРОКОСМІЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

**Машков О.А., Жукаускас С.В., Нігородова С.А.**
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корп.2, 02000, м. Київ
e-mail mashkov_leg_52@ukr.net

Запропонована технологія прогнозування надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та оцінювання ризиків з використанням аерокосмічних технологій. Оцінюються можливості прогнозування надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та оцінювання ризиків з використанням аерокосмічних технологій. Визначена структура системи мобільного екологічного моніторингу з використанням космічних, авіаційних та наземних комплексів, яка передбачає застосування наступних підсистем: підсистема збору та експрес-аналіз даних, підсистема первинної обробка і накопичення даних, підсистема комп'ютерного картографування, підсистема оцінки стану атмосфери, підсистема оцінки стану ґрунтово-рослинних покривів, підсистема оцінки стану водного середовища території, підсистема оцінки рівня екологічної безпеки і ризику для здоров'я населення території, підсистема ідентифікації причин порушення екологічного та санітарного стану, підсистема інтелектуальної підтримки прийняття рішень. Запропонований науково-методичний апарат дозволяє визначати зони екологічного ризику безпосередньо за сукупністю екологічних показників згортання критеріїв в комплексний (скалярний) показник. Оцінки забруднення і температурного стану водних басейнів за часом дозволяють розробити рекомендації щодо виявлення нелегальних місць знаходження колекторів стічних і промислових вод, а також оптимізації розміщення пунктів гідрогеологічних спостережень. Результати прогнозування довгострокових ризиків надзвичайних ситуацій гідрологічного і гідрометеорологічного характеру дозволяють побудувати прогнозні карти розподілу ризиків повеней, підтоплень, деградації якості поверхневих вод, оцінити ризики забруднень повітря і ґрунтів. *Ключові слова:* аерокосмічні технології, екологічні ризики, моніторинг, надзвичайні ситуації, управлінські рішення.

**Predicting emergencies to reduce environmental threats and assess risks using aerospace technologies. Mashkov O. A., Zhukauskas S. V., Nigorodova S. A.** Emergency forecasting technology for reducing environmental threats and assessing risks using aerospace technologies is proposed. The possibility of forecasting emergencies for reducing environmental threats and assessing risks using aerospace technologies is evaluated. The structure of the system of mobile environmental monitoring using space, aviation and terrestrial complexes has been determined, which involves the use of the following subsystems: subsystem of data acquisition and express analysis, subsystem of primary processing and accumulation of data, subsystem of computer mapping, subsystem of assessment of the state of the atmosphere, subsystem of assessment soil and vegetation cover, subsystem of assessment of the state of the aquatic environment of the territory, subsystem of assessment of the level of ecological safety and risk to the health of the population of the territory s, subsystem of identification of causes of violation of ecological and sanitary status, subsystem of intellectual support of decision making. The proposed scientific and methodological apparatus allows to determine the zones of ecological risk directly on the set of ecological indicators of criteria folding into a complex (scalar) indicator. Estimates of pollution and temperature status of water basins over time allow us to develop recommendations for the detection of illegal locations of sewage and industrial water collectors, as well as optimize the location of hydrogeological observation points. The results of forecasting long-term risks of hydrological and hydrometeorological emergencies make it possible to construct predictive maps of flood risks, floods, degradation of surface water quality, assess the risks of air and soil pollution. *Key words:* aerospace technologies, environmental risks, monitoring, emergencies, management decisions.

**Постановка проблеми.** Світовий досвід довів, що для підвищення якості, оперативності, комплексності та ефективності системи моніторингу довкілля та прогнозування надзвичайних ситуацій необхідно поєднувати сучасні інноваційні засоби і технології: автоматизовані та автоматичні вимірювальні системи; аерокосмічні дослідження з використанням як супутників, так і літаків та безпілотних літальних апаратів; системи автоматизованої обробки даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ); геоінформаційні аналітичні системи для обробки інформації, з урахуванням закономірностей її зміни і у часі, і у просторі; комплексні багаторівневі системи моніторингу і контролю стану довкілля, які забезпечуватимуть інтегрування та комплексний аналіз даних про стан усіх складових довкілля як окремих регіо-

нів, так і усієї країни в цілому з можливістю обміну даними з аналогічними міжнародними системами моніторингу; методи та технології аналізу даних моніторингу довкілля та визначення рівня техногенної та екологічної безпеки та ін. [1, 2].

Метою роботи є оцінка можливостей прогнозування надзвичайних ситуацій щодо зменшення екологічних загроз та оцінювання ризиків з використанням аерокосмічних технологій

**Виклад основного матеріалу.** Методика прогнозування надзвичайних ситуацій, викликаних техногенними аваріями та катастрофами пожежами, з використанням розвідувальних безпілотних літальних апаратів, передбачає послідовне виконання певних процедур: визначення району моніторингу, організація моніторингової системи безпілотних літальних апаратів, розрахунок очікуваних відстаней застосування бортових пошукових систем, визначення загального часу моніторингу і його дискретизація, організація моніторингу джерела небезпечної екологічної ситуації (плановий та оперативний моніторинг) [3, 4].

Оцінка ефективності виявлення екологічної небезпеки та зменшення екологічних загроз здійснюється по наступним напрямам: аналіз біотичних наслідків чорнобильської катастрофи; оцінка рівня опромінення та антропогенних чинників впливу на біоту; оцінка біологічних наслідків Чорнобильської катастрофи; оцінка стану рослинного світу; оцінка стану тваринного світу; оцінка стану здоров'я людей; оцінка стану радіаційного забруднення атмосферного повітря; оцінка радіаційного стану поверхневих вод; оцінка рівня екологічної безпеки об'єктів атомної енергетики; оцінка поводження з радіоактивними відходами, забезпечення екологічної безпеки у зони відчуження; оцінка сучасного стану техногенних радіонуклідів у Зоні відчуження з використанням теорії екологічних ризиків.

Для організації управління режимом моніторингу використовуються наступні вимірювальні системи: супутники, повітряні, морські (річкові) лабораторії, наземні рухомі пункти спостережень.

Синтез системи мобільного екологічного моніторингу з використанням аерокосмічних технологій передбачається створення таких її підсистем [7]:

*1. Підсистема збору та експрес-аналіз даних.* Підсистема забезпечує систематичний збір, узагальнення, зберігання, використання та поширення інформації про параметри навколишнього середовища в формі, максимально адаптованої до практичного використання споживачами.

*2. Підсистема первинної обробка і накопичення даних*. Підсистема аналізує інформацію про навколишнє середовище і оцінює фактичний стан природних систем в конкретних просторово-часових межах.

*3. Підсистема комп'ютерного картографування*. Підсистема реалізує алгоритми формування комп'ютерних карт з нанесенням на них характеристик екологічної обстановки в регіоні.

*4. Підсистема оцінки стану атмосфери.* Підсистема реалізує моделі поширення атмосферних забруднень, викликаних викидами продуктів випаровування і спалювання палива в різних сферах людської діяльності.

*5. Підсистема оцінки стану ґрунтово-рослинних покривів.* Ця підсистема здійснює облік в моделях системи «ґрунт-рослинність» впливу атмосферних газів і змін освітленості на біогеохімічні цикли.

*6. Підсистема оцінки стану водного середовища території.* Підсистема оцінки стану водного середовища реалізує комплексну імітаційну модель водного режиму регіону з урахуванням сезонних змін поверхневого і річкового стоку, впливу снігового покриву, режиму опадів.

*7. Підсистема оцінки рівня екологічної безпеки і ризику для здоров'я населення території.* Підсистема вирішує завдання розробки короткоі довгострокових прогнозів, забезпечення даних для ланок управління станом навколишнього середовища, оповіщення про катастрофах, стихійних лихах і екологічно небезпечні явища.

*8. Підсистема ідентифікації причин порушення екологічного та санітарного стану*. Підсистема, здійснюючи контроль стану навколишнього середовища і джерел антропогенного впливу на нього, забезпечує безперервне спостереження за станом і якістю природно-територіальних комплексів і екосистем з урахуванням відповідних реакцій біосфери, клімату, а також змін стану здоров'я населення.

*9. Підсистема інтелектуальної підтримки прийняття рішень*. Підсистема реалізує алгоритми програмно-математичного забезпечення інтелектуальної підтримки користувача (оператора) при комплексному аналізі об'єктивної інформації, що формується системою моніторингу.

Розглянуто технологію синтезу системи екологічного моніторингу лісових масивів використанням аерокосмічних технологій. технологія передбачає: оцінку технічних можливостей супутника «Січ-2» для екологічного моніторингу; розробку методики класифікації станів лісових масивів на основі використання багатоспектральних космічних зображень; оцінку точності класифікації лісових масивів; аналіз особливостей тематичного дешифрування матеріалів ДЗЗ в системі екологічного моніторингу (за дешифрувальними ознаками). Запропоновано технологію синтезу системи екологічного моніторингу техногенних екосистем за допомогою аерокосмічних технологій, яка передбачає: врахування особливостей вивчення окремих складових геотехногенних систем за допомогою аерокосмічних досліджень; формування вимог до характеристик космічної інформації, необхідної для вирішення конкретних завдань (необхідні характеристики космічної інформації при вирішенні тематичних завдань ДЗЗ, розподіл спек-

тральних інтервалів в ДЗЗ, розподіл систем ДЗЗ по просторовому вирішенню і детальності).

Запропоновано застосовувати метод експертних оцінок до управління системою екологічної безпеки. Удосконалений метод передбачає виконання наступних процедур: визначення об'єкта моніторингу в системі управління екологічною безпекою; визначення межі розділу об'єкта моніторингу та зовнішнього навколишнього середовища; відбір екологічних експертів і визначення їх компетентності; експертне рішення питання про вплив факторів на систему екологічної безпеки; експертна оцінка керованості об'єкта моніторингу в системі управління екологічної безпеки.

Запропонована методика визначення зон екологічного ризику на основі методів ранжирування екологічних показників з використанням одного з інструментів кластерного аналізу – методом аналізу ієрархій [5, 6].

Методика передбачає наступні процедури: ранжирування показників якості функціонування; попарне порівняння елементів ієрархії; визначення пріоритетів критеріїв як нормованої суми рядків елементів матриці парних порівнянь; визначення пріоритетного напрямку побудови складної системи по максимальному впливу на головну мету. Запропонований підхід доцільно використовувати при визначенні зон екологічного ризику, виборі напрямів екологічної реабілітації зруйнованих районів, побудови перспективних екологічно чистих і безпечних районів.

Запропонована методика синтезу зони екологічного ризику на основі багатокритеріального вибору розглянута на прикладі визначення найбільш небезпечної зони після екологічного моніторингу. Відкладаємо по осях $I_1$, $I_2$, $I_3$, $I_4$ всередині кола одиничного радіусу значення небезпечних чинників показників, які відповідають кожному з чотирьох варіантів (рис.1). Далі з'єднуємо точки відповідних варіантів і отримуємо чотири чотирикутника. Обчислюємо площі кожного чотирикутника: $S_1 = 0{,}910$; $S_2 = 1{,}200$; $S_3 = 0{,}645$; $S_4 = 1{,}275$. В даному підході більш прийнятним є варіант 4 ($S_4 = 1{,}275$).

Запропонований науково-методичний апарат дозволяє визначати зони екологічного ризику безпосередньо за сукупністю екологічних показників згортання критеріїв в комплексний (скалярний) показник. Перспективами розвитку запропонованого підходу є його удосконалення з метою можливого врахування нестаціонарності і стохастичності розглянутих екосистем (рис. 2).

Запропоновано оцінювати ризик загроз екологічної та природно-техногенної безпеки регіонів. В роботі отримано статистичні оцінки інтенсивності надзвичайних ситуацій $\lambda_i$ і визначено ймовірності загрозливої екологічної ситуації $\rho_{ij}$ та функції безпеки $S_\Sigma(t)$ для розгляданої зони екологічного риска (Донецька область).

Запропонованій підхід дозволить підвищити ефективність управлінських рішень по забезпеченню екологічної безпеки, знайти найкращий компроміс між суперечливими показниками якості функціонування системи, вибрати і обґрунтувати пріоритетні напрямки розвитку складних екосистем. Підвищення ефективності заходів із запобігання і мінімізації негативних наслідків техногенних НС вимагає завчасного виявлення та комплексного оцінювання ризиків життєдіяльності на територіях підвищеної техногенно-екологічної небезпеки [8].

Відповідний інструментарій для цього надають сучасні ГІС-технології, які забезпечують: оцінювання потенційне небезпечних об’єктів і територій за ступенем природних і техногенних загроз для населення і об’єктів господарювання; аналіз ефективності організаційних і технічних заходів щодо зниження ризиків життєдіяльності в умовах можливих і реальних надзвичайних ситуацій; адекватне визначення обсягів матеріальних і фінансових ресурсів та необхідних резервів для локалізації і ліквідації негативних наслідків відповідних надзвичайних ситуацій; обґрунтування страхових тарифів для страхування від надзвичайних ситуацій виробничого персоналу, окремих груп населення, територіальної інфраструктури та ін.

**Головні висновки.** Запропонована технологія використання засобів супутникового спостереження земної поверхні та геопросторового аналізу при вирішенні задач оцінки екологічного стану довкілля. Ця технологія ґрунтується на вдосконаленні теоретичних засобів інтегрованого аналізу комплексу різнорідних та різновисотних екологічних, геолого-геофізичних, геохімічних даних і багатоканальних аерокосмічних геозображень. Оцінки забруднення і температурного стану водних басейнів за часом дозволяють розробити рекомендації щодо виявлення нелегальних місць знаходження колекторів сточних і промислових вод, а також оптимізації розміщення пунктів гідрогеологічних спостережень. Фізико-математичне і геопросторове моделювання з використанням даних ДЗЗ дохволяє розробити комплексний підхід до багатомаштабного прогнозування ризиків надзвичайних ситуацій природного характеру. На основі фізико-математичного і геопросторового моделювання з використанням даних ДЗЗ запропоновано метод побудови систем підтримки прийняття управлінських рішень та оцінки ризиків метеорологічного характеру для міських агломерацій. Результати прогнозування довгострокових ризиків надзвичайних ситуацій гідрологічного і гідрометеорологічного характеру дозволяють побудувати прогнозні карти розподілу ризиків повеней, підтоплень, деградації якості поверхневих вод, оцінити ризики забруднень повітря і ґрунтів.

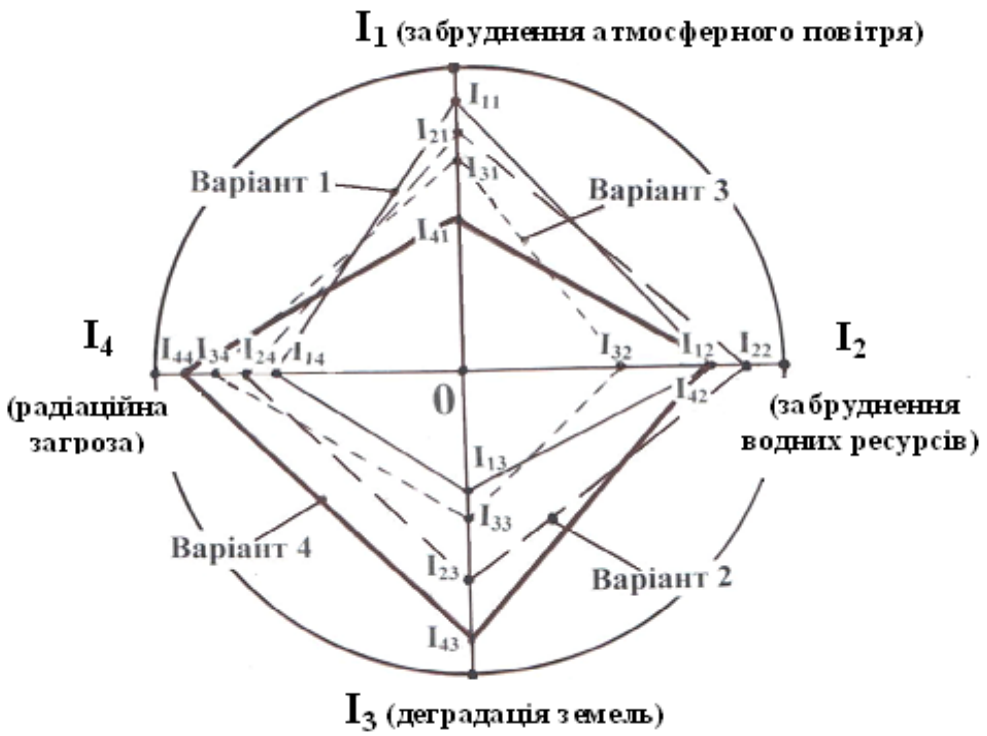



*Рис. 1. Визначення зони екологічного риску*

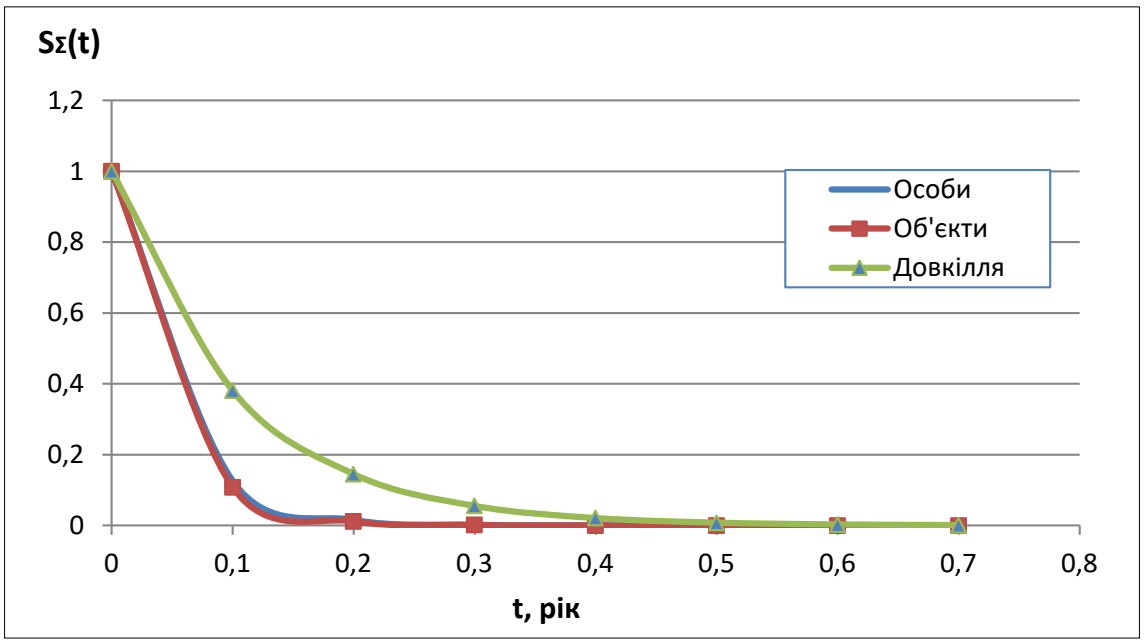



*Рис. 2. Функції безпеки об'єктів екосистеми*

$$S_{\Sigma}(t) = exp\left(-\sum_{i}^{n}\int_{0}^{t}\lambda_i(\tau)\rho_{ij}(\tau)d\tau\right),$$

$$H_{\Sigma}(t) = 1 - exp\left(-\sum_{i}^{n}\int_{0}^{t}\lambda_i(\tau)\rho_{ij}(\tau)d\tau\right),$$

$$\rho_{ij} = \frac{n_{ij}}{n_i}.$$

де $n_{ij}$– число загрозливих екологічних ситуацій $i$-го виду з порушенням $j$-й компоненти екосистеми $n_i$, – загальне число подій $i$-го типа.

**Література**


1. Машков О.А., Мамчур Ю.В., Жукаускас С.В. Напрями удосконалення системи екологічного моніторингу з застосуванням дистанційно-пілотованих літальних апаратів / Екологічні науки: науково-практичний журнал. Київ. ДЕА, 2018. № 2(21). С. 22–29.
2. Машков О.А., Нігородова С.А. Сучасні проблеми формування державної політики в галузі розробки еколого-економічної системи природо-користування та природоохоронної діяльності на основі теорії екологічних ризиків / «Проблеми екологічної безпеки» XVI міжнародна науково-технічна конференція: Матеріали конференції – Кременчук: ПП Щербатих О.В., 2018. С. 66.
3. Машков О.А., Пашков Д.П., Бондар О.І., Шевченко Р.Ю., Патлашенко Ж.І., Тимошенко М.М. Рубрикатор завдань у сфері екологічного моніторингу за допомогою космічних систем ДЗЗ та ГІС (нормативно-методичний документ). Київ : вид ДЕА, 2018. 26 с.
4. Машков О.А., Мамчур Ю.В., Жукаускас С.В. Методологія протидії екологічним загрозам, ризикам та екологічному тероризму: системний підхід / НАУКОВИЙ ЧАСОПИС Академії національної безпеки, № 3-4 (19-20) 2018, С. 8–31.
5. Bondar A.I., Mashkov O.A., Zhukaskas S.V., Nygorodova S.A. Methodology of counteraction to environmental threats, risks and environmental terrorism: a system approach / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019. № 1(24). Т. 1. pp. 5–17.
6. Машков О.А., Фролов В.Ф., Жукаускас С.В., Нігородова С.А., Вишемирська С.В., Радецька С.В. Особливості використання методів дистанційного зондування землі для контролю екологічного та технічного стану водних техноекосистем / Інтелектуальні системи прийняття рішень і проблеми обчислювального інтелекту: матеріали міжнародної наукової конференції, с. Залізний Порт, 21–25 травня 2019 р. Херсон : Видавництво ФОП Вишемирський В.С., 2019. С. 105–109.
7. Машков О.А., Фролов В.Ф., Жукаускас С.В., Нігородова С.А. Системне застосування методів дистанційного моніторингу екологічного та технічного стану водних техноекосистем / Екологічні науки: науково-практичний журнал / К.: ДЕА, 2019. № 2(25), 2019, С. 28–39.
8. Bondar A.I, Mashkov O.A., Zhukaskas S.V., Nygorodova S.A. Ecological threats, risks and environmental terrorism: system definition / Екологічні науки: науково-практичний журнал. Київ : ДЕА, 2019. № 2(25), 2019, pp. 113–122.

**УДК 537.52:621.373**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-32**

# ОБЕЗЗАРАЖИВАЮЩАЯ ОБРАБОТКА И ОЧИСТКА ВОДЫ, ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ И КОНВЕРСИЯ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ПОМОЩИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСНЫХ РАЗРЯДОВ

**Бойко Н.И., Макогон А.В.**
Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»
ул. Кирпичова, 2, 61002, м. Харьков
qnaboyg@gmail.com, boyko@kpi.kharkov.ua

Экологическое состояние водных ресурсов, окружающей среды, питьевой воды в Украине находится на неудовлетворительном уровне из-за выбросов неочищенных или недоочищенных сточных вод, токсичных газовых выбросов промышленных и коммунальных предприятий, устаревших систем водоснабжения потребителей. Эта ситуация требует разработки и внедрения энергоэффективных технологий обработки сточных вод, очистки газовых выбросов, доочистки питьевой воды. Большой интерес в этом направлении представляют газоразрядные, плазменные технологии. В НТУ «ХПИ» создана установка по конверсии (паровому риформингу) выбросов коксового газа (как прямого, так и обратного) предприятий с использованием импульсных разрядов (коронного и барьерного). Установка апробирована в 2012 году на Ясиновском коксохимическом заводе (ЯКХЗ) (город Макеевка, Украина). Кроме того, экспериментально исследовано влияние микро- и наносекундных разрядов в газовых пузырях на воду, используемую в коксовом производстве. В результате экспериментов удалось уменьшить концентрацию фенолов на 60% (с 358 мг/л до 143 мг/л), а роданидов на 94% (с 536 мг/л до 32 мг/л). Удалось также снизить концентрацию аммиака $NH_3$ на 37% (с 57 мг/л до 35,7 мг/л), при обработке раствора $NH_4NO_3$ в воде и инактивировать 100% бактерий группы *E.coli* с исходной концентрацией $10^6$ КОЕ/см$^3$ (КОЕ – колоние-образующих единиц) при обработке водопроводной воды такими разрядами. Приведенные результаты исследований указывают на большие возможности и перспективы для использования высоковольтных импульсных разрядов в различных технологиях. Перспективным является создание и внедрение установок с использованием газоразрядных методов для обеззараживания и очистки сточных вод, бассейнов, доочистки питьевой воды, глубинных вод, очистки и конверсии газовых выбросов. *Ключевые слова:* окружающая среда, высоковольтные импульсные разряды, очистка сточных вод.

**Знезаражувальна обробка і очищення води, знешкодження і конверсія газових викидів підприємств за допомогою високовольтних імпульсних розрядів. Бойко Н.І., Макогон А.В.** Екологічний стан водних ресурсів, навколишнього середовища, питної води в Україні знаходиться на незадовільному рівні через викиди неочищених або недоочищених стічних вод, токсичних газових викидів промислових і комунальних підприємств, застарілих систем водопостачання споживачів. Така ситуація вимагає розробки і впровадження енергоефективних технологій обробки стічних вод, очищення газових викидів, доочистки питної води. Значний інтерес у цьому напрямі представляють газорозрядні, плазмові технології. В НТУ «ХПІ» створено установку по конверсії (парового риформінгу) викидів коксового газу підприємств (як прямого, так і зворотного), з використанням імпульсних розрядів (коронного і бар'єрного). Установка апробована в 2012 році на Ясинівському коксохімічному заводі (ЯКХЗ) (місто Макіївка, Україна). Крім того, експериментально досліджено вплив мікро- і наносекундних розрядів у газових бульках на воду, що використовується в коксовому виробництві. В результаті експериментів вдалося зменшити кількість фенолів на 60% (з 358 мг / л до143), а роданідів на 94% (з 536 мг/л до 32 мг/л). Вдалося також знизити концентрацію аміаку ($NH_3$) на 37% (з 57 мг/л до 35,7 мг/л), при обробці розчину $NH_4NO_3$ у воді та інактивувати 100% бактерій групи *E.coli* з вихідною концентрацією $10^6$ КУО/см$^3$ (КУО – колоніє-утворюючих одиниць) при обробці водопровідної води такими розрядами. Наведені результати досліджень вказують на великі можливості і перспективи для використання високовольтних імпульсних розрядів у різних технологіях. Перспективним є створення та впровадження установок із використанням газорозрядних методів для знезараження і очищення стічних вод, басейнів, доочистки питної води, глибинних вод, очищення і конверсії газових викидів. *Ключові слова:* навколишнє середовище, високовольтні імпульсні розряди, очищення стічних вод.

**Disinfecting water treatment and purification, neutralization and conversion of gas emissions from enterprises using high-voltage pulse discharges. Boyko N., Makogon A.** The ecological state of water resources, the environment, and drinking water in Ukraine is at an unsatisfactory level due to emissions of untreated or insufficiently treated wastewater, toxic gas emissions from industrial and municipal enterprises, and outdated water supply systems for consumers. This situation requires the development and implementation of energy-efficient technologies for wastewater treatment, purification of gas emissions, and after-treatment of drinking water. The gas-discharge, plasma technologies are of great interest in this direction. NTU "KhPI" created a facility for the conversion (steam reforming) of coke oven gas emissions (both direct and reverse) using pulsed discharges (corona and barrier). The installation was tested in 2012 at the Yasinovsky Coke and Chemical Plant (YAKHZ) (Makeevka city, Ukraine). In addition, the effect of micro- and nanosecond discharges in gas bubbles on water used in coke production was experimentally investigated. As a result of the experiments, the concentration of phenols was reduced by 60% (from 358 mg / l to 143 mg / l), and of thiocyanates by 94% (from 536 mg / l to 32 mg / l). It was also possible to reduce the concentration of ammonia $NH_3$ by 37% (from 57 mg / l to 35.7 mg / l), by

treating a solution of $NH_4NO_3$ in water and inactivate 100% of the bacteria of the E. coli group with an initial concentration of 106 CFU / $cm^3$ (CFU – colony-forming units) in the treatment of tap water with such discharges. The above research results indicate great opportunities and prospects for the use of high-voltage pulsed discharges in various technologies. The creation and implementation of installations using gas-discharge methods for disinfecting and treating wastewater, pools, after-treatment of drinking water, deep water, and the purification and conversion of gas emissions are promising. *Key words*: environment, high-voltage pulsed discharges, wastewater treatment.

**Постановка проблемы**. Современное экологическое состояние водных ресурсов Украины является неудовлетворительным, в том числе из-за сбросов неочищенных или недоочищенных сточных вод коммунальных и промышленных предприятий, что непосредственно влияет на качество грунтовых вод и экосистему в целом [1].

По данным Государственного агентства водных ресурсов Украины [2] на 2018 год главными загрязнителями в стране стали:

1. АК «Киеводоканал» – объем сброшенных загрязненных сточных вод составляет 283,3 млн куб. м.
2. Меткомбинат «Азовсталь» (Мариуполь) – 139,8 млн куб. м.
3. «Днепровский меткомбинат» (Каменское) – 64, 57 млн куб. м.
4. «Запорожсталь» – 53,87 млн куб. м.
5. КП «Днепрводоканал» – 53, 02 млн куб. м.

Две трети основных загрязнителей расположены в пяти областях: Днепропетровская – 24, Донецкая – 19, Львовская – 7, Харьковская – 7, Луганская – 6. Около 75% крупнейших предприятий с наибольшим количеством сбросов сточных вод относятся к коммунальной отрасли. Помимо всего прочего устаревшие системы водоснабжение потребителей на 60–70% негативно сказывается на качестве питьевой воды.

По результатам исследований качества водопроводной воды в Харькове и в области «Харьковским областным лабораторным центром Министерства здравоохранения Украины» [3] в 2018 году выявлено, что не все образцы соответствуют нормам.

В Харькове из 161 пробы 2,5% не соответствует нормам: превышена мутность в 1,4 раза, цветность в 1,2 раза, содержание кремния в 2,6 раз, а по микробиологическому показателю – 0,6% .

В Харьковской области из 1 594 проб нормам не отвечают 18,9% по таким критериям, как общая жесткость, мутность, цветность, запах, привкус, содержание железа, аммиака, сульфатов, хлоридов, сухого остатка, кремния. В некоторых районах процент критически высок, например, в Близнюковском районе – 55,6%, Боровском – 45,8%, Сахновщинском – 44,4%, Змиевском – 40,3%, Печенежском – 38,5%, Чугуевском – 33,3%.

По микробиологическим показателям в целом по Харьковской области не соответствует норме 4,4% образцов. При этом не соответствуют норме в Сахновщинском районе – 58%, Лозовском – 28%, Купянском – 13%, Близнюковском – 15% образцов от общего количества заборов воды.

По результатам исследований той же лаборатории в 2019 году из 57 проб природных источников Харькова по санитарно-химическим показателям не соответствует –15,8%, по микробиологическому показателю –17,9% образцов.

По Харьковской области из 2и278 проб воды из колодцев и источников предельно-допустимая концентрация нитратов выше нормы в 44% случаев, а микробиологический показатель в 28% образцов.

По результатам шестого национального сообщения Украины по изменению климата [4], подготовленного во исполнение статей 4 и 12 Рамочной конвенции ООН об изменении климата и статьи 7 Киотского протокола, представлены данные о тенденциях выбросов предприятий шести газов прямого действия: диоксида углерода ($CO_2$), метана ($CH_4$), закиси азота ($N_2O$), гидрофторуглеродов (ГФУ), перфторуглеродов (ПФУ) и гексафторида серы (SF6). Выбросы $CO_2$ в энергетике и промышленности в 1990 г. составляли 719 млн т. и снизились к 2011 г. до 305 млн т. В 2011 г. выбросы $CO_2$ возросли на 6% по сравнению с 2010 г. 95% выбросов $CO_2$ связаны с использованием ископаемых топлив в процессах сжигания или в технологических процессах. Выбросы $CH_4$ являются вторыми после $CO_2$ по доле в суммарном объеме. В 2011 г. они составили 63,3 млн т., выбросы закиси азота – 32,06 млн т., а гидрофторуглеродов, перфторуглеродов и гексафторида серы в Украине 0,2% от общих выбросов на 2011 г. Такая ситуация требует разработки и внедрений энергоэффективных технологий обеззараживающей обработки и очистки воды и газовых выбросов.

**Связь авторских наработок с важными научными и практическими задачами**. Работа по данному направлению проводится на кафедре «Инженерная электрофизика» в НТУ «ХПИ» в рамках научно-исследовательских тем Министерства образования и науки Украины: «Исследование новых энергоэффективных методов обработки веществ, в том числе воды, с использованием высоковольтной техники» (номер госрегистрации № 0118U001573), «Исследование электрофизических процессов при проектировании и эксплуатации установок традиционной и нетрадиционной высоковольтной энергетики» (номер госрегистрации № 0116U000878), «Энергоэффективная технология длительного хранения пищевых продуктов и очистки воды на основе комплекса высоковольтных импульсных воздействий» (номер госрегистрации № 0115U000531).

**Анализ последних исследований и публикаций**. Хорошо себя зарекомендовал при обработке воды такой метод, как озонирование [5–7]. Его преимущество: озон не меняет pH воды, эффективно инактивирует микроорганизмы, вырабатывается на

месте, не требуя хранения и перевозки. Недостатки: дороговизна, токсичность озона, образование побочных продуктов окисления, не влияет на химически стойкие соединения.

Нашел применение также экологичный, безопасный метод очистки воды при помощи ультрафиолета [7; 8]. Ультрафиолет эффективно инактивирует большинство видов бактерий. Основной недостаток – зависимость эффективности очистки ультрафиолетом от мутности воды.

Одна из перспективных и активно развивающихся в последнее время технологий – обработка воды при помощи микро- и наносекундных разрядов непосредственно вблизи воды или в газовых пузырях в ней [9–11].

Электрические разряды в газовых пузырях приводят к различным физико-химическим процессам, плазмохимическим реакциям, к образованию активных частиц с высоким окислительным потенциалом, таких как озон – 2,07 В, пероксид водорода –1,77 В, атомарный кислород – 2,42 В, гидроксил ОН – 2,85 В [11], возникновению широкополосного электромагнитного излучения, сильного импульсного электрического поля, что обеспечивает эффективную инактивацию микроорганизмов в воде и очистку ее от химических загрязнений.

**Цель.** Показать перспективность и конкурентоспособность энергоэффективных технологий на основе высоковольтных импульсных разрядов для обеззараживающей обработки и очистки воды, очистки газовых выбросов предприятий от нежелательных, токсичных газовых примесей, для конверсии газовых выбросов.

**Изложение основного материала**. Авторами ведутся исследования по разработке и внедрению энергоэффективных установок для очистки сточных вод, газовых выбросов коммунальных и промышленных предприятий, доочистке питьевой воды при помощи импульсных высоковольтных разрядов.

На рис. 1 приведена блок-схема установки по конверсии (паровому риформингу) выбросов коксового газа (как прямого, так и обратного) в синтез-газ (смесь водорода и окиси углерода) с использованием импульсных разрядов (коронного и барьерного) [12]. Апробация установки проведена в 2012 году на Ясиновском коксохимическом заводе (ЯКХЗ) (город Макеевка, Украина). На рис. 1 показаны следующие обозначения: 1 – вход коксового газа из стояка или подающего патрубка в установку для парового риформинга (конверсии), 2 – патрубок для отвода части коксового газа из стояка или подающего патрубка в экспериментальную установку для риформинга, 3 – задвижка, 4 – патрубок с отводом для ввода водяного пара, 5 – вход водяного пара в установку, 6 – инжектор парогазовой смеси, 7 – патрубок для нагрева парогазовой смеси, 8 – нагреватель парогазовой смеси, 9 – патрубок-отвод для отбора проб газа до реакторов, 10, 15 – высоковольтные изоляторы, 11 – реактор с коронным разрядом, 12, 13 – генераторы высоковольтных импульсов, 14 – реактор с барьерным разрядом, заполненный катализатором, 16 – патрубок для отвода газа после реакторов, 17 – заслонка (шибер), 18 – выход газа после риформинга в реакторах (здесь производится отбор проб для определения компонентного состава газа после реакторов).

В реакторах происходит паровой риформинг по известной реакции:

$$CH_4+H_2O+W_{мол}=CO+3\times H_2,$$

где $W_{мол}$ – вводимая удельная энергия, приходящаяся на одну молекулу.

Результаты эксперимента в заводских условиях приведены в таблице 1.

На рис. 2 показана блок-схема экспериментальной установки для обеззараживающей обработки и очистки воды при помощи микро- и наносекундных разрядов в газовых пузырях.

По схеме на рис. 2 компрессор обеспечивает подачу газовой смеси в реактор. Насос перекачивает воду из реактора со скоростью до 120 л/час. Из бака с водой происходит подача обрабатываемого материала. Микро- и наносекундные разряды в газовых пузырях формируются генератором высоковольтных импульсов (ГВИ). Успешно проверен вариант работы

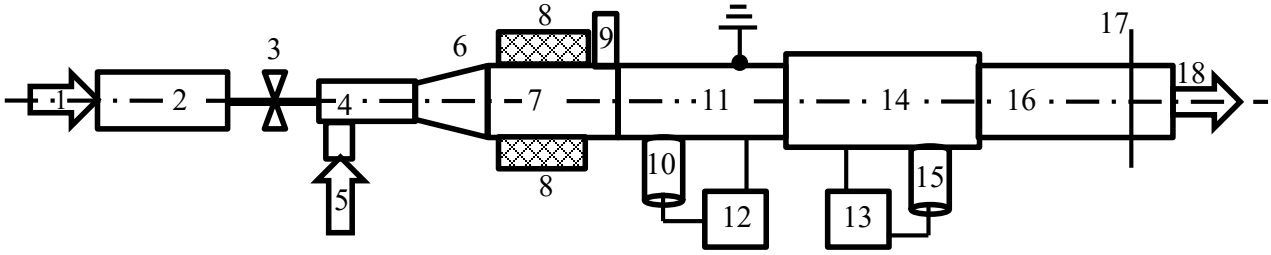



*Рис. 1. Блок-схема конверсии (парового риформинга) коксового газа в синтез-газ*

Таблица 1

| Место отбора | Состав газа, проценты объемные | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $CO_2$ | $O_2$ | $C_mH_n$ | CO | $H_2$ | $CH_4$ | $N_2$ |
| До реакторов | 1,0 | 0,7 | 2,3 | 6,3 | 60,4 | 26,0 | 3,3 |
| После реакторов | 4,5 | 0,6 | 0,0 | 2,6 | 83,3 | 7,8 | 1,2 |

схемы при дополнительном использовании генератора озона (ГО) для барботирования воды озоном и получения разрядов в воздушно-озоновых пузырях.

В работе [13] экспериментально исследовано влияния микросекундных разрядов в газовых пузырях на обработку воды, использованную в коксовом производстве, с целью ее очистки от фенолов и роданидов. По данным лаборатории Харьковского коксового завода фенолов уменьшено на 60% (с 358 мг/л до143), а роданидов на 94% (с 536 мг/л до 32 мг/л). Частота следования разрядов достигала 10000 имп/с при амплитуде импульсов напряжения на реакторе в виде газового пузыря и слоя води 8 кВ.

В [14] показана возможность использования полученных наносекундных импульсов в газовых пузырях в воде для уменьшения концентрации аммиака $NH_3$ на 37% (с 57 мг/л до 35,7 мг/л) при обработке раствора $NH_4NO_3$ в воде в течение $t$=18 мин импульсами длительностью $t_p$≈60 нс, со средней амплитудой импульсов напряжения $U$≈30 кВ, средней амплитудой импульсов тока $I$≈25 А, частотой следования $f_{rpt}$≈2381 имп/с. При обработке 3 л водопроводной воды, обсемененной бактериями *E.coli*

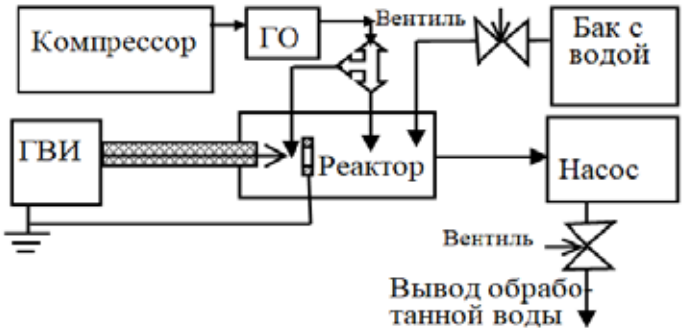



*Рис. 2. Блок-схема экспериментальной установки*

с концентрацией $10^6$ КОЕ/см$^3$, при помощи таких же импульсов в течение 7 минут по данным лаборатории КП «Санэпидсервис» (г. Харьков), достигнута 100 - процентная инактивация бактерий [15].

**Перспектива использования результатов исследований**. Приведенные результаты исследований указывают на большие возможности и перспективы использования высоковольтных импульсных разрядов в различных технологиях. Перспективным является создание и внедрение установок с использованием газоразрядных методов для очистки сточных вод, бассейнов, доочистки питьевой воды, глубинных вод, очистки газовых выбросов.

## Литература

1. Моніторинг та екологічна оцінка водних ресурсів України. URL: http://monitoring.davr.gov.ua/EcoWaterMon/GDKMap/Index (дата обращения: 28.09.2019).
2. Держводагенство. ТОП-100 найбільших підприємств-забруднювачів вод у 2018 році. URL: https://www.davr.gov.ua/news/top100-najbilshih-pidpriyemstvzabrudnyuvachiv-vod-u-2018-roci (дата обращения: 28.09.2019).
3. Державна установа «Харківський обласний лабораторний центр Міністерства охорони здоров'я України». URL: http://labcenter.kh.ua/ (дата обращения: 28.09.2019).
4. Шосте національне повідомлення України з питань зміни клімату / Державне агентство екологічних інвестицій України. Міністерство надзвичайних ситуацій України. Національна академія наук України. Український науково-дослідний гідрометеорологічний інститут. 2013. 306 с.
5. Белых И.А., Высеканцев И.П., Грек А.М., Сакун О.В., Марущенко В.В. Токсическое действие озона на микроорганизмы Staphylococcus aureus, дрожжеподобные грибы Candida albicans и споровые формы Bacillus subtilis.. *Современные проблемы токсикологии*. 2010. С. 45–49.
6. Цхе А.А. Интенсификация процессов очистки воды и аппараты для их реализации: автор. дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук. Томск, 2013. 22 с.
7. Гончарук В.В., Кучерук Д.Д., Самсони-Тодоров А.О., Скубченко В.Ф. Современные технологии очистки воды. *Наука та інновації*. 2006. № 5. С. 66–77.
8. Жолдакова З.И., Тульская Е.А., Костюченко С.В., Ткачев А.А. Ультрафиолетовое обеззараживание как элемент многобарьерной схемы очистки воды для защиты от патогенов, устойчивых к хлорированию. *Гигиена и санитария*. 2017. С. 531–535. DOI: http://dx.doi.org/10.1882/0016-9900-2017-96-6-531-535.
9. Kruszelnicki J., M. Lietz A., J. Kushner M. Atmospheric pressure plasma activation of water droplets. *Journal of Physics D: Applied Physics*. №36. P. 1–77. DOI: https://doi.org/10.1088/1361-6463/ab25dc.
10. Gershman S., Mozgina O., Belkind A., Becker K., and Kunhardt E. Pulsed Electrical Discharge in Bubbled Water. *Contributions to Plasma Physics*. 2007. Vol. 46. №. 1–2. P. 1–7. DOI: 10.1002/ctpp.200710002.
11. Bo Jiang, Jingtang Zheng, Shi Qiu, Mingbo Wu, Qinhui Zhang , Zifeng Yan, Qingzhong Xue. Review on electrical discharge plasma technology for wastewater remediation. *Chemical Engineering Journal*. 2014. P. 348–368.
12. Бойко Н.И., Евдошенко Л.С., Иванов В.М., Коняга С.Ф. Электротехнология получения синтез-газа с использованием объемных высоковольтных импульсных разрядов: коронного и барьерного. *Електротехніка і електромеханіка*. 2014. № 4. С. 44–49.
13. Бойко Н.И., Макогон А.В. Экспериментальная установка для очистки воды при помощи разрядов в газовых пузырях. *Технічна електродинаміка*. 2017. № 5. С. 89–95. DOI: https://doi.org/10.15407/techned2017.05.089.
14. Boyko N.I., Makogon A.V. Experimental Plant for Water Purification with the Help of Discharges in Gas Bubbles. Technical electrodynamics. 2017. № 5. P. 89–95. DOI:10.20998/2074-272X.2017.4.08.
15. Бойко Н.И., Макогон А.В. Микро- и наносекундные разряды в газовых пузырях для обеззараживания и очистки воды. *Електротехніка і електромеханіка*. 2019. № 3. С. 50–54. DOI: 10.20998/2074-272X.2019.3.08.

**УДК 502+004.7**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-33**

# ЗАВАДОСТІЙКИЙ КЛАСТЕР ДЛЯ ЗАДАЧ З ЕКОЛОГІЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

**Копитовський М.В.[1], Павлов В.Г.[2]**
[1]Національний авіаційний університет
пр. Космонавта Комарова, 1, 03058, м. Київ
m.kopytovskiy@gmail.com
[2]Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
пр. Перемоги, 37, 03056, м. Київ
pavlovvg@ukr.net

У зв'язку з підвищення ролі екологічної безпеки у сучасних умовах виникає необхідність у здійсненні безперервного екологічного моніторингу та менеджменту. Цю функцію згідно Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» покладають на національну інформаційну систему охорони навколишнього природного середовища, як мережі загальнодержавної автоматизованої інформаційно-аналітичної системи забезпечення доступу до екологічної інформації. Ця мережа будується на базі територіальних екологічних інформаційних центрів, до складу яких підключені автоматизовані інформаційно-аналітичні системи. Мета дослідження: підвищення завадостійкості інформаційно-аналітичні системи на основі Oracle Glassfish Open Server зі застосуванням балансувальника навантаження NGINX. Метод дослідження – попередній теоретичний аналіз та наступна практична реалізація. Об'єктом дослідження є процес побудови завадостійкої кластерної системи зі застосуванням сучасних технологій. Предмет дослідження – кластерна серверна система, яка забезпечує оптимальний розподіл ресурсів та за рахунок цього має підвищену надійність зберігання інформації та захищеність. Технічні та програмні засоби: Oracle Glassfish, NGINX. Отримані результати та їх новизна: кластерна система на базі Oracle Glassfish Open Server та балансувальника навантаження NGINX. Значущість виконаної роботи та висновки: визначена роль інформаційно-аналітичних систем у екологічному менеджменті, розглянути основні загрози інформації в комп'ютерних системах, проаналізовані основні види балансування навантаження у кластерних системах, на практиці реалізована завадостійка система з кластеру із 5-ти вузлів та балансуванням навантаження на базі NGINX, здійснено тестування завадостійкості кластеру шляхом почергового відключення серверів. Рекомендації щодо використання результатів: цю систему можна використовувати як складник інформаційної системи охорони навколишнього природного середовища.Галузь застосування та ступінь впровадження матеріалів досліджень: автоматизовані інформаційно-аналітичні системи територіальних екологічних інформаційних центрів. Прогнозовані припущення про розвиток об'єкту та предмету дослідження: можлива реалізація цієї системи у більших масштабах, додавання різноманітних додаткових систем таких, як хмарне сховище для збереження цілісності та доступності при «падінні» цієї мережі. *Ключові слова:* завадостійка система, Oracle Glassfish, NGINX, відмовостійкий кластер, балансувальник, навантаження.

**High availability cluster for environmental management tasks. Kopytovskyi M., Pavlov V.** Due to the increasing role of environmental safety in the current environment, there is a need for continuous environmental monitoring and management. According to the Law of Ukraine "On Environmental Protection", this function is entrusted to the national environmental information system as a network of the national automated information and analytical system for providing access to environmental information. This network is built on the basis of territorial ecological information centers, which include automated information-analytical systems. Purpose of the study: Increase the high availability of Oracle Glassfish Open Server based information and analytics systems using NGINX load balancer. The research method is preliminary theoretical analysis and subsequent practical implementation. The object of the study is the process of building a high availability cluster system using modern technologies. The subject of the study is a clustered server system that provides optimal allocation of resources and has increased reliability of information storage and security. Hardware and Software: Oracle Glassfish, NGINX. The results obtained and their novelty: Oracle Glassfish Open Server cluster system and NGINX load balancer. Significance of work performed and conclusions: the role of information-analytical systems in environmental management is determined, the main threats of information in computer systems are considered, the main types of load balancing in cluster systems are analyzed, cluster interference by shutting down servers in turn. Recommendations for the use of results: This system can be used as part of the environmental information system. Field of application and degree of implementation of research materials: automated information-analytical systems of territorial ecological information centers. Estimated assumptions about the development of the object and object of the study: possible implementation of this system on a larger scale, the addition of various additional systems, such as cloud storage, to maintain the integrity and availability in the "downfall" of the network. *Key words:* High-Availability system, Oracle Glassfish, NGINX, High-Availability cluster, Load balancer.

**Постановка проблеми.** Протягом тисячоліть основним критерієм досконалості окремої держави або людства в цілому був рівень технічного розвитку. При цьому навколишня природа розглядалися суто як інструмент досягнення прогресу, як невичерпне джерело природних ресурсів, як комора, в яку потім складувалися відходи людської діяльності. Це не могло продовжуватися вічно, і людство все частіше стало стикатися з тим, що порушення природного балансу починає діяти проти нього. Вирубка лісів, забруднення джерел пітної води, викиди до атмосфери токсичних речовин – це лише частка наших

руйнівних дій по відношення до природного середовища. Людство стало перед вибором: продовжувати залишатися гармонічною частиною екосистеми або вступити з нею в конфлікт, який би привів к його самознищенню.

На щастя, ми ще маємо час, хоча його і обмаль, щоб привести нашу діяльність до відповідності зі законами природи, на це спрямовані зусилля екологів як у світі, так і в Україні. З прийняттям Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» [1] було введено поняття «екологічна безпека» та встановлені гарантії екологічних прав громадян, серед яких одним з головних є вільний доступ до інформації про стан навколишнього природного середовища, тобто екологічної інформації.

Для забезпечення цих гарантій визначені повноваження місцевих рад по здійсненню екологічного інформаційного забезпечення, а саме: створення та функціонування місцевих екологічних автоматизованих інформаційно-аналітичних систем. На ці системи також покладалися функції «збору, обробки, збереження та аналізу інформації про стан навколишнього природного середовища, прогнозування його змін та розробки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних управлінських рішень» [1], тобто проведення державного моніторингу навколишнього природного середовища.

Більш конкретні кроки по створенню національної інформаційної системи охорони навколишнього природного середовища були сформульовані у Законі України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» [2], де одним з основних принципів національної екологічної політики є доступність, достовірність та своєчасність отримання екологічної інформації. Саме ці властивості інформації повинна забезпечити будь-яка інформаційно-аналітична система (ІАС), яка є складовою системи екологічного менеджменту [3].

Основними функціями ІАС є:

1) аналітична обробка даних;
2) створення та управління базами даних;
3) обробка запитів, що надаються користувачами.

Для забезпечення цих функцій ІАС повинна мати наступні властивості:

1) проведення обробки інформації у реальному часі;
2) консолідація інформації у центрі обробки даних;
3) оптимізація рішення за певними критеріями;
4) стійкість по відношенню до зовнішніх завад.

Для того, щоб забезпечити останню властивість, яка пов'язана з необхідністю своєчасного отримання доступної та достовірної екологічної інформації потрібно здійснити аналіз можливих загроз інформації в комп'ютерних системах та підвищення завадостійкості серверів.

Насамперед, це добре відомі різновиди атак типу «відмова в обслуговуванні». Подібна загроза особливо небезпечна в ситуаціях, коли затримка з наданням ресурсів мережі абоненту може привести до тяжких для нього наслідків. Наприклад, відсутність у абонента даних, необхідних для прийняття рішень може бути причиною його нераціональних або неоптимальних дій.

Крім того, останні тенденції показують на появу нових типів атак – прихованих атак. В цьому випадку підконтрольні атакуючому комп'ютери отримують доступ до цільового сервісу на цілком законних підставах (наприклад відвідують веб-сайт компанії) і завантажують канал ресурсоємними операціями (атака погіршення якості) або в певний момент «вибухають» беззмістовним трафіком, що ставить перед системами захисту нові нетривіальні задачі виявлення і протидії.

**Виклад основного матеріалу.** Завадостійкість кластеру забезпечується за рахунок розподілення обслуговування запитів від користувачів інтернет-ресурсів між серверами у режимі резервування. Якщо внаслідок атак доступ до ресурсів одного або навіть декількох серверів стане тимчасове неможливим, то навантаження буде розподілено між тими серверами, що залишаються в робочому стані. Основну роль в цьому розподілі відіграє балансувальник навантаження.

Балансувальники навантаження управляють потоком інформації між сервером і кінцевим пристроєм (ПК, ноутбук, планшет або смартфон). При цьому неважливо, йде мова про локальний сервер або про сервер у дата-центрі або у загальнодоступній хмарі, реалізований він у вигляді фізичного серверу або віртуалізованого. Балансувальник навантаження дозволяє серверам ефективно переміщувати дані, запобігає їхньому перевантаженню та оптимізує використання ресурсів доставки додатків. Балансувальники також проводять постійні перевірки працездатності серверів, щоб терміново здійснити видалення неробочих серверів з пулу, поки вони не будуть відновлені. Деякі балансувальники навантажень навіть запускають створення нових віртуалізованих серверів прикладних програм, щоб впоратися зі збільшенням попиту [4].

Існує багато методів балансування навантаження з використанням різних алгоритмів для застосування у кожної конкретної ситуації:

– Найменший спосіб підключення спрямовує трафік до сервера з

найменшими активними з'єднаннями. Найбільш корисно, коли в трафіку є нерівномірно розподілений між серверами велика кількість стійких з'єднань.

– Метод найменшого часу відгуку спрямовує трафік на сервер із

найменшими активними з'єднаннями та найменшим середнім часом відгуку.

– Метод Round Robin обертає сервери, спрямовуючи трафік на перший доступний сервер, а потім

переміщує цей сервер до нижньої черги. Найбільш корисно, коли сервери мають однакові характеристики та не існує багато стійких з'єднань.

– IP Hash – IP-адреса клієнта визначає, який сервер отримує запит.

Для перевірки стійкості серверів до впливу атак був розгорнутий тестовий полігон з кластером у складі п'яти робочих серверів GF1 – GF5 та сервером з балансувальником навантаження. При цьому використовувалися комп'ютери з наступними характеристиками:

**Сервери: GF1 – GF5**

Процесор: AMD A8-3870K
Оперативна пам'ять: 4xKingston DDR3-1866 8192MB
Операційна система: Windows Server 2012 R2

**Сервер з балансувальником: NGINX LOAD BALANCER**

Процесор: AMD A8-3870K
Оперативна пам'ять: 1xKingston DDR3-1866 4096MB
Операційна система: Ubuntu Server 18.04.2

NGINX – це відомий багатофункціональний веб-сервер, який крім балансування навантаження може використовуватися як зворотний проксі, поштовий проксі та кеш HTTP. Безперечною перевагою NGINX є відкритий код та умови безкоштовного розповсюдження.

Процес встановлення та конфігурації NGINX на Ubuntu Server описаний достатньо детально [5], тому зупинимось на сутності процесу тестування. Воно полягало у тому, що шляхом почергового вимкнення серверів імітувалися наслідки атак, що призвели до їхньої непрацездатності. Внаслідок цього запити користувачів будь-якого додатку, який був розгорнутий на непрацездатному сервері, за допомогою балансувальника автоматично перенаправлялися на інший працездатній сервер кластеру. Таким чином, за допомогою динамічного резер-

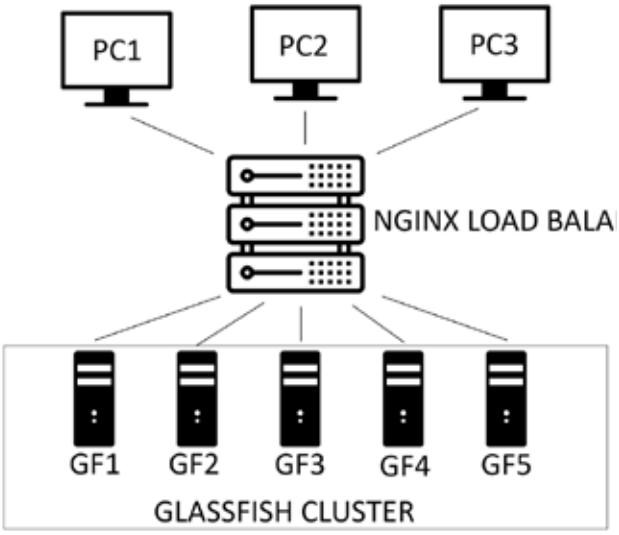



*Рис. 1. Схема кластеру*

вування підвищується завадостійкість кластеру, а користувач отримує більш надійний доступ до ресурсів інформаційно-аналітичної системи з екологічного менеджменту.

У балансувальнику NGINX використовувався алгоритм Round Robin, реалізований за допомогою блокуючого кінцевого автомату [6].

На рис. 2 та рис. 3 проілюстровані результати цього тестування. У розгорнутому кластері для наочності з самого початку були вимкнути сервера GF3, GF4 та GF5. Далі з тих двох серверів, що залишилися у працездатному стані, по черзі вимикається то перший – GF1 (рис. 1), то другий – GF2 (рис. 2).

Запит від користувача на доступ до певного додатку направляється до серверу з балансувальником навантаження з IP-адресою 192.168.56.103, який вже самостійно вирішує задачу з перенаправлення цього запиту до одного з працездатних серверів (GF1 або GF2). Як бачимо у рядку з назвою

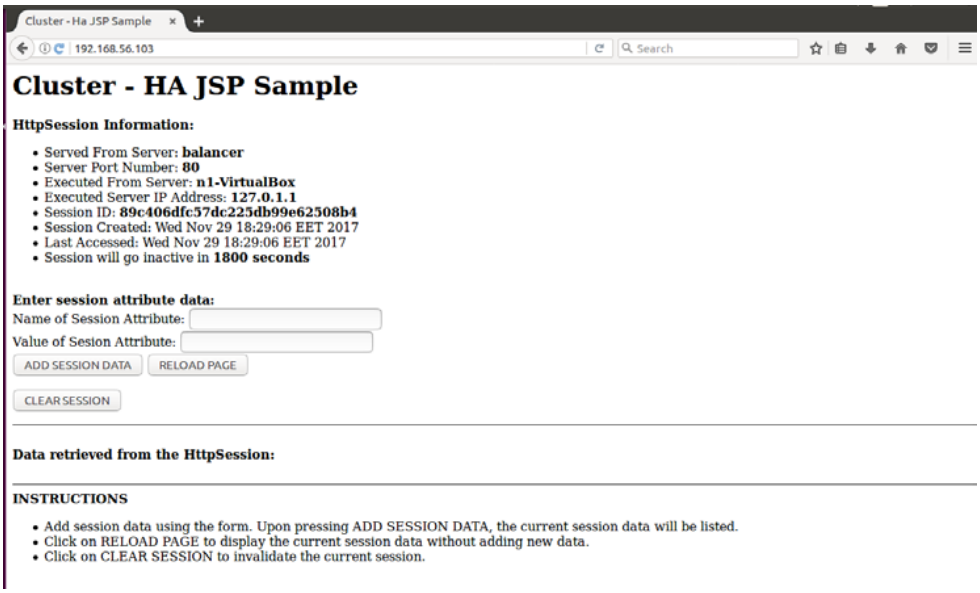



*Рис. 2. Перенаправлення запиту на другий сервер*

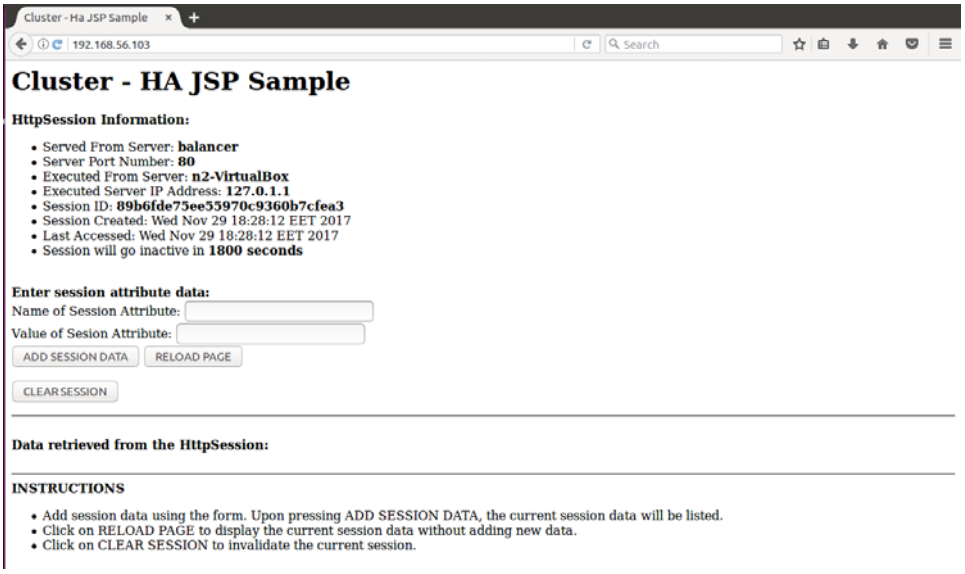



*Рис. 3. Перенаправлення запиту на перший сервер*

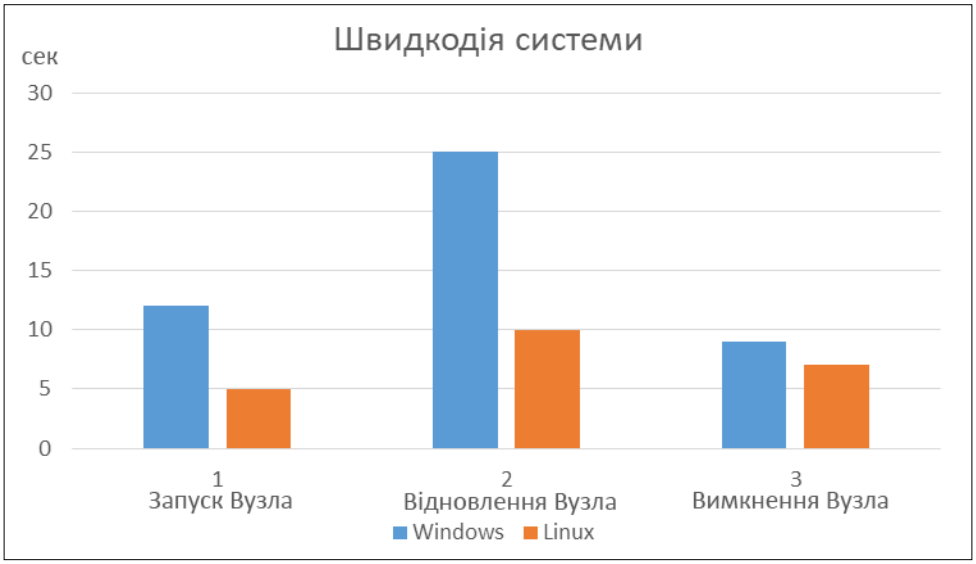



*Рис. 4. Порівняння швидкодії вузла Glassfish на Windows Server та Ubuntu*

"Executed From Server" вказано, який саме сервер зараз обслуговує цей запит. Таким чином, за допомогою використання у кластері балансувальника навантаження його серверних вузлів користувач отримує надійний доступ до інформації, якщо у працездатному стані залишається хоча б один із серверів.

У другому експериментальному дослідженні з'ясовувався вплив вибору операційної системи, на якої побудований серверний вузол Glassfish, на його швидкодію та час відновлення. Для тестування були обрані операційні системи Windows Server та Linux Ubuntu. За результатами експериментальних досліджень, які представлені на рис. 4, можна побачити, що вузол Glassfish, розгорнутий на основі Linux Ubuntu, має більшу швидкодію та менший час відновлення.

Таким чином, експериментально доведено, що при розгортанні серверних вузлів Glassfish на Linux Ubuntu отримуємо більш продуктивну інформаційно-аналітичної системи з екологічного менеджменту.

**Головні висновки.** Визначена роль інформаційно-аналітичних систем у екологічному менеджменті. Розглянуто основні загрози інформації в комп'ютерних системах. Проаналізовані основні види балансування навантаження у кластерних системах.

На практиці реалізована завадостійка система з кластеру із 5-ти вузлів та балансуванням навантаження на базі NGINX. Здійснено тестування завадостійкості кластеру шляхом почергового відключення серверів. Експериментально доведено більшу продуктивність розгортання вузлів Glassfish на базі Linux Ubuntu.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Рекомендації щодо використання результатів: цю систему можна використовувати як склад-

ник інформаційної системи охорони навколишнього природного середовища.

Галузь застосування та ступінь впровадження матеріалів досліджень: автоматизовані інформаційно-аналітичні системи територіальних екологічних інформаційних центрів.

Прогнозовані припущення про розвиток об'єкту та предмету дослідження: можлива реалізація цієї системи у більших масштабах, додавання різноманітних додаткових систем таких, наприклад хмарне сховище для збереження цілісності та доступності при «падінні» мережі.

**Література**


1. Про охорону навколишнього природного середовища. Закон України від 26 червня 1991 № 1268-XII / Верховна Рада України. *Відомості Верховної Ради України*. 1991. № 41. ст. 546. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12 (дата звернення: 23.09.2019).
2. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року: Закон України від 28 лютого 2019 № 2699-VIII / Верховна Рада України. *Відомості Верховної Ради України*. 2019. № 16. Ст. 70. URL: https://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/2697-19 (дата звернення: 23.09.2019).
3. Нестеров А.К. Информационно-аналитические системы. URL: http://odiplom.ru/lab/informacionno-analiticheskie-sistemy.html (дата звернення: 23.09.2019).
4. Learn All about Load Balancers. U RL: https://avinetworks.com/what-is-load-balancing/ (дата звернення: 25.09.2019).
5. NGINX Configuration. URL: http://nginx.org/ru/docs/http/ngx_http_proxy_module.html (дата звернення: 27.09.2019).
6. Owen Garett. Inside NGINX: How We Designed for Performance NGINX & Scale. URL: https://www.nginx.com/blog/inside-nginx-how-we-designed-for-performance-scale/ (дата звернення: 28.09.2019).

# СИСТЕМА ЕКОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ ДЛЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ

**УДК 502.37:349.6**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-34**

## ДИФЕРЕНЦІЙНІСТЬ РІВНІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ ТА ЕКОСВІДОМОСТІ ПРИ ОЦІНЦІ ВПЛИВУ СУЧАСНОГО РЕСУРСО-ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ НА ДОВКІЛЛЯ

**Шевченко Р. Ю., Доценко К.О.**
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, 03035, м. Київ
azimut90@ukr.net

Розглядається пріоритетні завдання екологічної освіти в процесі компетентної оцінки впливу на довкілля. Розроблені структурно-параметричні схеми рівнів екологічної освіти та проведена їх кореляційна класифікація, що відповідатиме трьом рангам: компетентністної, подієвої та територіальної організації. Створена матриця рівнів екологічної свідомості із двох еколого-економічних параметрів: «людини як частини біоти» (пересічний громадянин) та «людини, як приватного власника» (еколого-економічний фактор). Кожен сегмент заданий параметром відповідності, що знайшло своє застосування в кореляційній схемі-алгоритмі особливості проведення оцінки впливу на довкілля, яка чітко дає відповідь на передумови (освітній рівень), поточний стан (екологічна свідомість) та результат (оцінка впливу на довкілля). Таким чином можна розрахувати фактор передбачення потенційних патогенних загроз навколишнього середовища від економічної та побутової діяльності людини та спрогнозувати ризики й розробити програми запобігання небезпечним природно-техногенним факторам впливу на довкілля. Наводяться факти конструктивного та деструктивного впливу на природне середовище України під впливом багатьох сучасних чинників. Визначена пріоритетність та провідна роль всеукраїнської екологічної освіти та просвіти населення за для забезпечення національної екологічної безпеки, запровадження екологічної грамотності в повсякденних умовах та під час природних та техногенних небезпек. Представлена карта зміни фізико-географічних зон України за останні тридцять років. Не аби який рівень впливу на фактор антропогенного ґенезу їх трансформації стало наслідком низького рівня екологічної освіти та екоцентричної свідомості, який є найнижчим на європейському континенті. Запропоновані рекомендації щодо підвищення рівня екологічної освіти, освіченості та підняття рівня екологічної свідомості через запровадження національних екологічних всеобучів, розвитку екоінформаційної мережі екологічного сповіщення та оповіщення, запровадження курсів підвищення кваліфікації на всіх підприємства, а також для кожного пересічного громадянина України. *Ключові слова:* наскрізна екологічна освіта, екологічна освіта, екологічна свідомість, рівні освіти та освіченості, еколого-економічна діяльність, оцінка довкілля, освітній потенціал, громадянська екологічна позиція.

**The differentiation of levels of environmental education and environmental awareness in assessing the impact of modern resource management on the environment. Shevchenko R., Dotsenko K.** Priorities of environmental education in the process of competent environmental impact assessment are considered. Structural-parametric schemes of levels of environmental education have been developed and their correlation classification has been carried out, which will correspond to three ranks: competence, event and territorial organization. A matrix of levels of environmental consciousness has been created from two ecological and economic parameters: "human being as part of a biota" (average citizen) and "human being as a private owner" (ecological and economic factor). Each segment is defined by a parameter of correspondence, which has found its application in the correlation scheme-algorithm features of the environmental impact assessment, which clearly gives the answer to the prerequisites (educational level), the current state (environmental consciousness) and the result (environmental impact assessment). Thus, one can calculate the predictor of potential pathogenic environmental threats from human economic and domestic activity, and predict the risks and develop programs to prevent dangerous natural and man-made environmental factors. The facts of constructive and destructive influence on the natural environment of Ukraine under the influence of many modern factors are presented. The priority and leading role of all-Ukrainian environmental education and public education for the determination of national ecological security, introduction of environmental literacy in everyday conditions and during natural and man-made hazards have been determined. The map of change of physical-geographical zones of Ukraine for the last thirty years is presented. Not that the level of influence on the factor of anthropogenic genesis of their transformation is due to the low level of environmental education and ecocentric consciousness, which is the lowest on the European continent. Recommendations are offered on improving the level of environmental education, education and raising the level of environmental awareness through the introduction of national environmental education, development of eco-information network environmental notification and notification, introduction of training courses for all businesses, as well as for every average citizen of Ukraine. *Key words*: end-to-end environmental education, environmental education, environmental awareness, educational and educational levels, environmental and economic activities, environmental assessment, educational potential, civic environmental position.

**Постановка проблеми.** Екологічна освіта – є пріоритетним напрямком гуманітарної політики цивілізованих країн світу. Розвиток відкритого демократичного суспільства надає громадянам можливості доступу до публічної інформації діяльності органів державної влади та місцевого самоврядування, в тому числі проведення громадського моніторингу антропогенного впливу на довкілля. Заявлена Україною і конституційно затверджена європейська та атлантична інтеграція зобов'язує державу проводити суспільні обговорення у будь-яких питань зміни природного ландшафту та прислуховуватися до думки місцевої громади стосовно доцільності або недоцільності будівництва або подальшого функціонування потенційно небезпечної промислової чи транспортної інфраструктури. Реалізація відповідних стандартів поки є надзвичайною проблемою в системі державного управління «держава-територіальна громада та її екологічна обізнаність та освіченність-промислова інфраструктура-довкілля».

Рівні екологічної освіти розроблені автором та представлені на рис. 1.

Екологічна свідомість формується рівнем екологічної освіти та перетворюється в екологічну освіченість, рівні якої розроблені та представлені на рис. 2.

**Актуальність дослідження.** В умовах нерозвиненої ринкової економіки України, незрілістю українського громадянського суспільства, низького рівня екологічних знань, дає необмежені патогенні можливості корумпованим можновладцям, несумлінним бізнесменам та неконтрольованим інвесторам впливати та змінювати навколишнє природне середовище України: нещадна вирубка лісів Карпатських гір, осушення боліт та малих річок, знищення родючих ґрунтів, тотальна урбоуралізація (забудова сільських ландшафтів малоповерховими міськими масивами) тощо. Не зважаючи на те, що в Україні більшість закладів вищої освіти готують бакалаврів, магістрів, докторів філософії та наук із екології – це не змінює загальносуспільний рівень екологічних знань та свідомість. Як казала Олена Георгіївна Боннер (1923–2011 рр.) – радянська і російська громадська діячка, правозахисниця, дисидентка, публіцистка, дружина академіка А. Д. Сахарова «… у нас люди мають вищу освіту не маючи при цьому середньої…», що повністю відображає стан освіченості взагалі та екологічної зокрема. Таким чином, дослідження ролі екологічної освіти при оцінці впливу на довкілля є колосальним і значущим.

**Зв'язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Наукова праця кореспондується із практичними задачами еколого-освітньої роботи Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління, екоцентричною підготовкою магістрів екології не лише як фахівців, а як й громадських активістів – висококваліфікованих кадрів-природоохоронців. В рамках реалізації вищезазначених амбітних завдань планується відкрити підготовку магістрів-бакалаврів із унікальною спеціалізацією «Екологія та охорона навколишнього природного середовища».

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Український науковий інформаційний простір з питань екологічної освіти дуже насичений. Це наукові праці Г. Білявського, Н. Пустовіт, Н. Гудкової. Вони визначають високим рівнем методичної підготовки при проведенні еколого-освітніх заходів, інноваційним з яких є методика організації екскурсійної діяльності природоохоронними територіями прийомами інтерпретації.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Теоретичні аспекти екологічної освіти та просвіти при оцінці впливу на довкілля є розробленими на високому методологічному рівні, але не має практичних результатів її реалізації: не працює

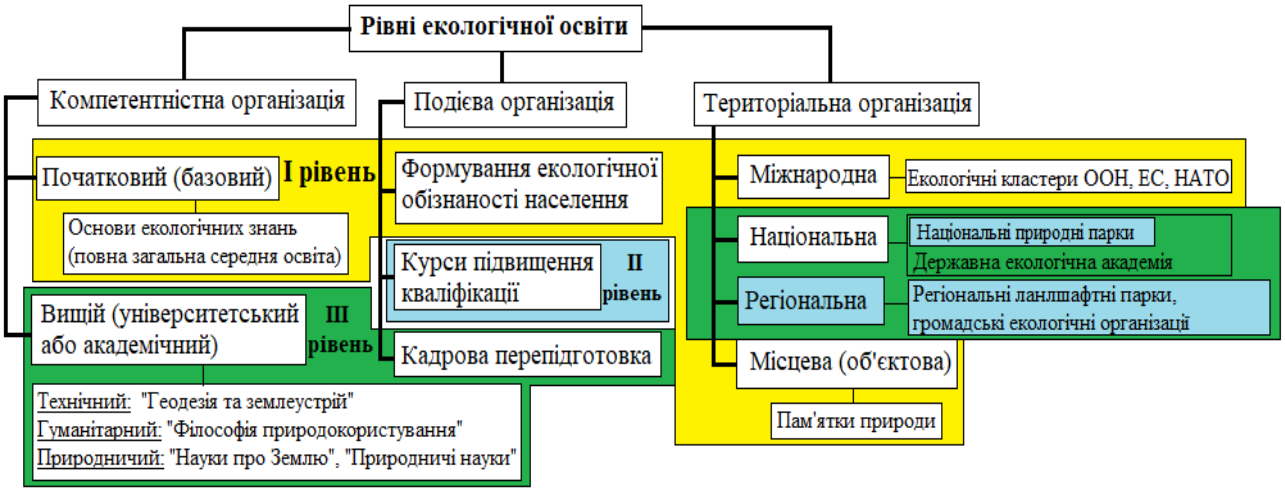



*Рис. 1. Рівні екологічної освіти в Україні*

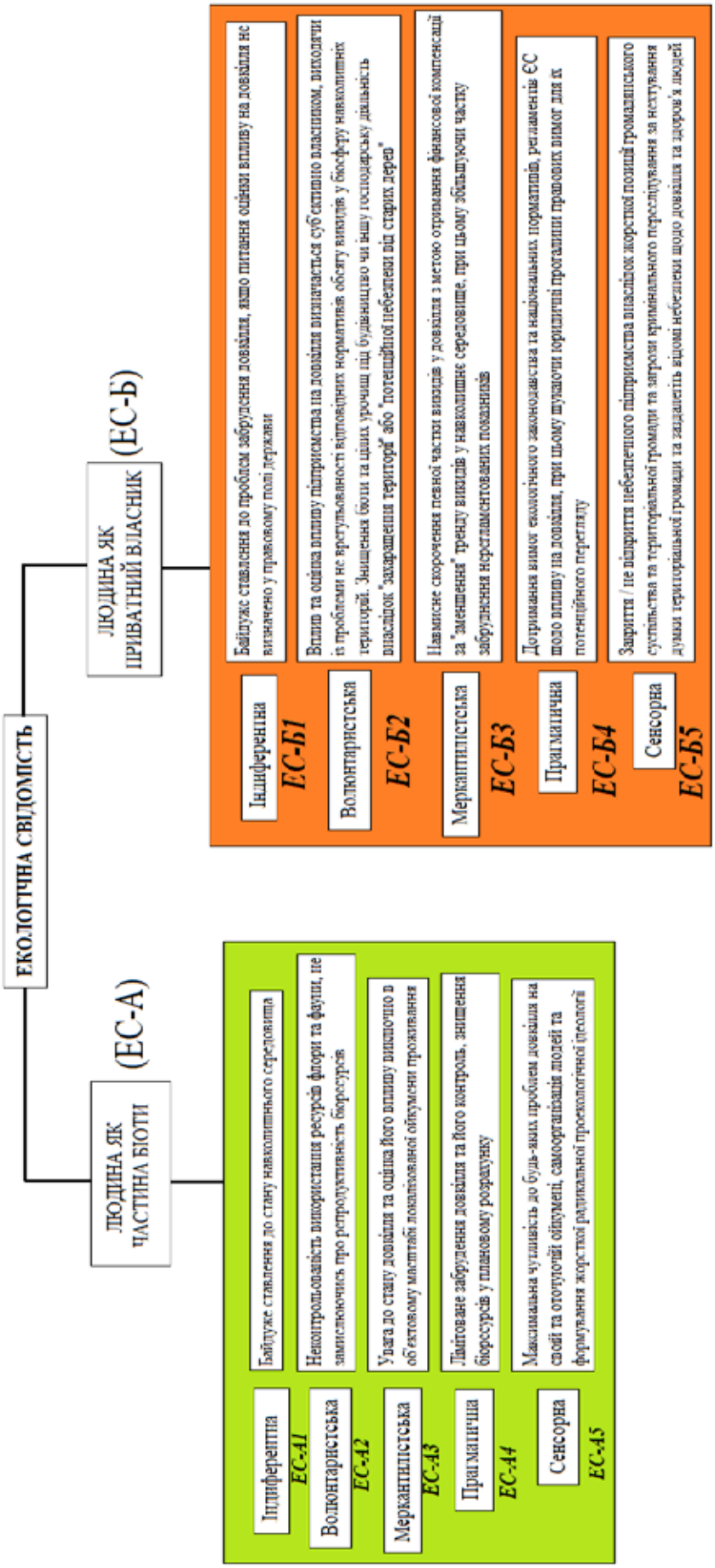



*Рис. 2. Рівні екологічної свідомості в Україні*

(не виконується) природоохоронне законодавство України, нема державного нагляду за його дотриманням, не існує загальнонаціонального «всеобучу» з питань екологічної та ядерної безпеки, проблем побутової екології та техноекології, низька компетентність правового запобігання несанкціонованого патогенного впливу на навколишнє природне середовище та його юридичний захист й державна охорона як національного надбання.

**Новизна.** Пропонується починати розвивати національну освітню екологічну мережу для потреб поширення екологічних та природоохоронних знань, їх правових засад, організація курсів підвищення кваліфікації та цільових навчальних програм із реальним контролем знань, поширювати та інформувати громадкість про поточний та прогнозований стан та результати незалежної оцінки впливу на довкілля з метою виховання екологічної культури, що стане наслідком реального запобігання надзвичайним ситуаціям природного, техногенного, соціально-політичного та військового характеру, які як відомо, взаємопов'язані та взаємозалежні. Розроблені рівні екологічної освіти та свіжості та кореляційний алгоритм визначення диференційності їх рівнів в оцінці впливу на довкілля.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Екологічна освіченість населення та науково обґрунтоване поширення екологічних знань на академічних засадах та апробованих методиках популяризації відповідних знань, навичок та вмінь стане реальним втіленням в дію статей Конституції України: 3, 13, 14, 16, 27, 50 [1] і цей перелік не вичерпним. Це стане запорукою по-перше, високого рівня освіченості як гуманітарної так й технічної, по-друге – це поліпшить стан та контроль, а як наслідок управління територіями на екологічних засадах.

**Викладення основного матеріалу.** У відповідності до Закону України «Про оцінку впливу на довкілля» (№ 2059-VIII) [2], який був введений у дію 18.12.2017 р. встановлені правові, технічні та технологічні засади оцінки антропогенного впливу на навколишнє природне середовище, а саме найважливіше у ньому те, що будь-яка антропогенна діяльність: побудова промислових та енергетичних об'єктів, стратегічних підприємств, розробка корисних копалин тощо повинна пройти демократичну процедуру громадського обговорення. Також зазначено термінологічне обґрунтування дефініції «громадськість», зазначені особливості гласності в системі оцінки впливу на природу. Інноваційним є формування публічного звіту про оцінку впливу на природу та управління моніторингом антропогенного впливу.

Особливостями впровадженого правового документу є не зрілість сучасного українського суспільства та не проінформованість, часто-густо екологічна не освіченість представників територіальної громади, радикально активні з яких виступатимуть проти будь-яких вчинків та новацій, навіть раціональних, обґрунтованих з природоохоронної та ресурсозбережувальної точки зору.

Для запобігання негативних наслідків практичної реалізації відповідного закону необхідне якомога широке та доступне впровадження екологічної освіти. При цьому, необхідно зазначити, що вона має включати не лише підготовку фахівців різних рівнів вищої освіти та спеціалістів вищої кваліфікації, а й післядипломну освіту, еколого-просвітницьку роботу, еколого-природоохоронну просвіту різних верств населення, в т.ч. включаючи андрогогічну освіту – освіту людей третього віку, які, як показує практика останніх п'яти років, є найбільш чутливими до проблем місцевого територіального планування. Це є проблеми масової рубки дерев в міських урочищах, т.з. очищення території для будівництва великих житлових комплексів, торговельно-розважальних закладів, а також станцій технічного обслуговування транспорту та його паливної заправки.

Не завжди зміна природного ландшафту є наслідком лобіювання комерційних інтересів промислово-фінансових груп. Це може бути проектування та будівництво автошляхів значення яких має статус міжнародного транспортно-логістичного коридору, в цілях національної безпеки та оборони, яке, наприклад, на теперішній час є проблемою, що викликана відчуженням земель у приватних власників. При тому джерело конфліктної ситуації може ґрунтуватися на майновому чи адміністративному статусі відповідного землевласника. Прикладом є будівництво Подільсько-Воскресенського мостового переходу у м. Києві, де із 2003 р. виникають непередбачувані ситуації із призупиненням будівництва, пов'язаними із судовими позовами до проектних організацій та замовника, яким виступає Київська міська державна адміністрація. Другий приклад може бути сигналом про жорсткі методи адміністративно-командного управління викликані напіввоєнним станом в Україні, коли у квітні 2019 р. Національним центром управління та випробування космічних засобів, без урахування думки місцевої територіальної громади, була улаштована космічна станція-обсерваторія за військовими супутниками зв'язку та навігації.

Роль екологічної освіти в теперішніх умовах є недооціненою, особливо це стосується не загальної підготовки кваліфікованих фахівців із вищою освітою: студентів, аспірантів та докторантів, а насамперед загальносуспільною екологічною грамотністю. Освітнє та наукове інформування в галузі побутової екології, перепідготовка та освітньо-екологічна діяльність в Україні має стати пріоритетом Міністерства енергетики та захисту довкілля України. Відповідний заклад вищої освіти, який буде проводити еколого-освітнє навчання та екоінформування повинен мати потужний науковий, навчально-методичний та інструментарний потенціал проведення заходів не лише популяризації екологічних знань, а й мати багаторічний досвід оцінки впливу

на довкілля. Відомо, що за останній час вдало були проведені науково-дослідні роботи наступного змісту: «Оцінка патогенного впливу на навколишнє природне середовище Донецької та Луганської області (в зоні проведення Операції Об'єднаних Сил)», «Розробка рубрикатора завдань екологічного моніторингу антропогенного впливу засобами геоінформаційних систем та дистанційного зондування Землі», «Професійна підготовка щодо поводження із небезпечними відходами» тощо.

За останній час в Україні розроблений та успішно апробований ряд еколого-просвітницьких навчальних програм для підвищення екологічної та природоохоронної грамотності широких верств населення України. Наприклад, ексклюзивним курсом, що набуває популярності серед працівників природно-заповідного фонду, громадських природоохоронних організації є «Інтерпретація природної спадщини України», основна мета якого не лише ознайомлювати із територіальною організацією унікальних пам'яток природи різними інноваційними формами організації екскурсійної діяльності, а також з прийомів т.з. «евакуації природних об'єктів», які підлягають вимушеному знищенню в суспільних цілях.

Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» значний правовий наголос робить на правову відповідальність за несанкціонований патогенний вплив на навколишнє середовище, описує нові інституційно-процесуальні роз'яснення серед громадян України за відповідні дії. Запроваджується при місцевих державних адміністраціях спеціалізований Уповноважений центральний орган, який проводить консультації із населенням, а також спільно із потенційно невдоволеними представниками громади забезпечує громадське обговорення планованої діяльності та звіту з оцінки впливу на довкілля.

Для забезпечення такої діяльності доцільно проводити курси підвищення кваліфікації за тематикою: «Організація та здійснення державного правового нагляду (контролю) за дотриманням вимог законодавства про збереження об'єктів рослинного і тваринного світу, занесених до Червоної та Зеленої книг України, формування, збереження і використання екологічної мережі». Тематичні лекції таких курсів повинні відповідають нормам чинного законодавства. Їх мета – це інформування населення та територіальні громади про правові особливості оцінки впливу на довкілля, його контроль та моніторинг.

Таким чином першочергове завдання екологічної освіти – це не тільки підготовка студентства та навчання найбільш активних верств населення, а і запровадження національних (всеукраїнських) «всеобучів» з основ екологічних знань.

Необхідно сформувати основні концептуальні засади організації та реалізації екологічної освіти з оцінки впливу на довкілля. Це насамперед вивчення досвіду екологічного паблік-рілейшнз у Європейському Союзі, приділення основної уваги до суспільного та громадського досвіду реагування на вплив на довкілля, попередження та запобігання надзвичайним ситуаціям природного та антропогенного характеру, організації структур екологічного оповіщення та інформатизації мешканців потенційно-небезпечних природно-техногенних територіальних комплексів.

За оцінками Державної служби із попередження надзвичайних ситуацій [3], 54% території нашої держави є еколого-небезпечними, 10% з яких – є об'єктами критичної інфраструктури, переважна більшість з яких територіально знаходяться в зоні активних бойових дій, що пов'язані із життєзабезпеченням населення. Це Донецька фільтрувальна станція, відкриті і закриті шахтні та кар'єрні комплекси, підприємства тепло та ядерної енергетики. Мешканці відповідних територій потребують знань основ екологічних знань в царині екологічної безпеки, первинного екологічного аудиту, охорони праці в повсякденних умовах та під час надзвичайних ситуацій.

Проблемних природних та антропогенних ландшафтів в Україні вистачає й у найменш урбанізованих та промислових краях держави. Наприклад, Центральна та Північна Україна зазнає швидкоплинного впливу зміщення агрометеорологічних та кліматичних умов. Центральна геофізична обсерваторія ім. Б. Срезневського у березні 2019 р. зафіксувала зміщення кліматичних поясів України із Півдня на Північ на 200 км, в наслідок чого фактично зникає фізико-географічна зона Полісся, змінюються температурні градієнти показників водних, наземних, підземних, а також повітряних та навколоземних просторів над Україною [4]. На рис. 3 представлено порівняльні карти зміни фізико-географічних зон України. Очікується різки коливання синоптичних явищ баричного поля топографії висотної синоптики, а це надзвичайні ситуації, екстремальні природні явища, не притаманні представники флори та фауни на широтах України. Наприклад, не викликає вже подиву виникнення прісноводних медуз у водосховищах Дніпра. Ініційовано їх виникнення підвищенням кислотного та сольового гідрохімічного дисбалансу.

Це все потребує роз'яснення населенню про зміни довкілля України. Доводити достовірність необхідно маючи наступний технічний арсенал-інструментарій: геодезичний та фотограмметричний комплекс дистанційного моніторингу довкілля, квадракоптер, станції GPS-координування, картографічний сканер та плотер, геоінформаційне програмне забезпечення; фізико-хімічні мобільні лабораторії для оперативного виїзду на об'єкт дослідження, які можуть використовуватися також з метою участі в екологічних виставках та форумах. Необхідним постає укладання ряду договорів про співробітництво із провідними урядовими, неурядовими науковими інституціями та організаціями, які відомі своїми форумами, виїзними просвітницькими акціями та флеш-мобами,

*Рис. 3. Україна. Зміна фізико-географічних зон (1989–2019 рр.).*

особливо продуктивна співпраця потенційно може відбуватися із Всеукраїнською екологічною лігою, коли проводяться презентації новітньої науково-популярної екологічної літератури.

Оцінка впливу на довкілля реалізується в системі екологічної освіти для широких верств наукової громадськості та діячів природоохоронної сфери через наукові фахові журнали «Екологічні науки» (атестований з технічних та біологічних наук), «Екологічна безпека», «Екологічна безпека та природокористування», «Геоінформатика» тощо. У склад екологічного освітнього хабу необхідно залучати наукові технопарки КНУ ім. Т. Шевченка, НТУУ «КПІ» ім. І. Сікорського, які також проводять еколого-просвітницьку роботу в суспільних цілях через міжнародну співпрацю у відповідності до «Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті». Постає питання налагодження контактів із науково-просвітницькими центрами країн ЄС та Азії, США, Бразилії, де функціонують еколого-просвітницькі станції оцінки впливу на довкілля. Прес-центр цих установ організовують постійні радіо та телевізійні інтерв'ю провідних науковців закладу у популярних ЗМІ та мережі Інтернет.

Враховуючи вищевикладене автором розроблений алгоритми оцінки впливу на довкілля з урахуванням рівнів екологічної освіти та свідомості, спираючись на рис. 1 та 2. (рис. 4).

З кореляційної схеми випливає те, що рівень екологічної освіти формує рівень екологічної світоглядності в залежності від статусності людини (пересічна особа або власник підприємства). В залежності від цього обирається кон'юнктура суб'єктивної оцінки впливу на довкілля з переліку вищезазначених методик та часових характеристик моніторингу показників впливу.

Треба визнати, що в Україні надзвичайно висока мережа закладів вищої освіти із підготовкою фахівців в галузі екології та надзвичайно низький рівень екологічної свідомості та світоглядності. У порівнянні з нашою державою, в країнах ЄС відповідний градієнт вже формує загальноєвропейську екоцентричну політику.

**Головні висновки.** Ефективна та обґрунтована оцінка впливу на довкілля від господарської діяльності може бути впроваджена через розвиток наскрізної екологічної освіти від громадських вуличних лекцій до закладів середньої та вищої освіти, курсів підвищення кваліфікації з екології на всіх підприємствах та організаціях незалежно від від їх спеціалізації та форми власності, відкритості або закритості технологічних процесів тощо. Цільова аудиторія як для фахівців та науковців, так і через підвищення рівня екологічних знань громадянського суспільства: активісти, не байдужі люди та навіть діти. Без цього не можна бути й вести мову про реальну євроатлантичну інтеграцію та соціальну еколого-орієнтовану демократію та тестом на цивілізаційність України. Не виконання цих вимог відкине Україну до еколого-небезпечних країн щодо перебування іноземців та патогенним для життєдіяльності самих громадян. Це треба робити негайно, тому що деградація країни вже набуває шалених обертів.

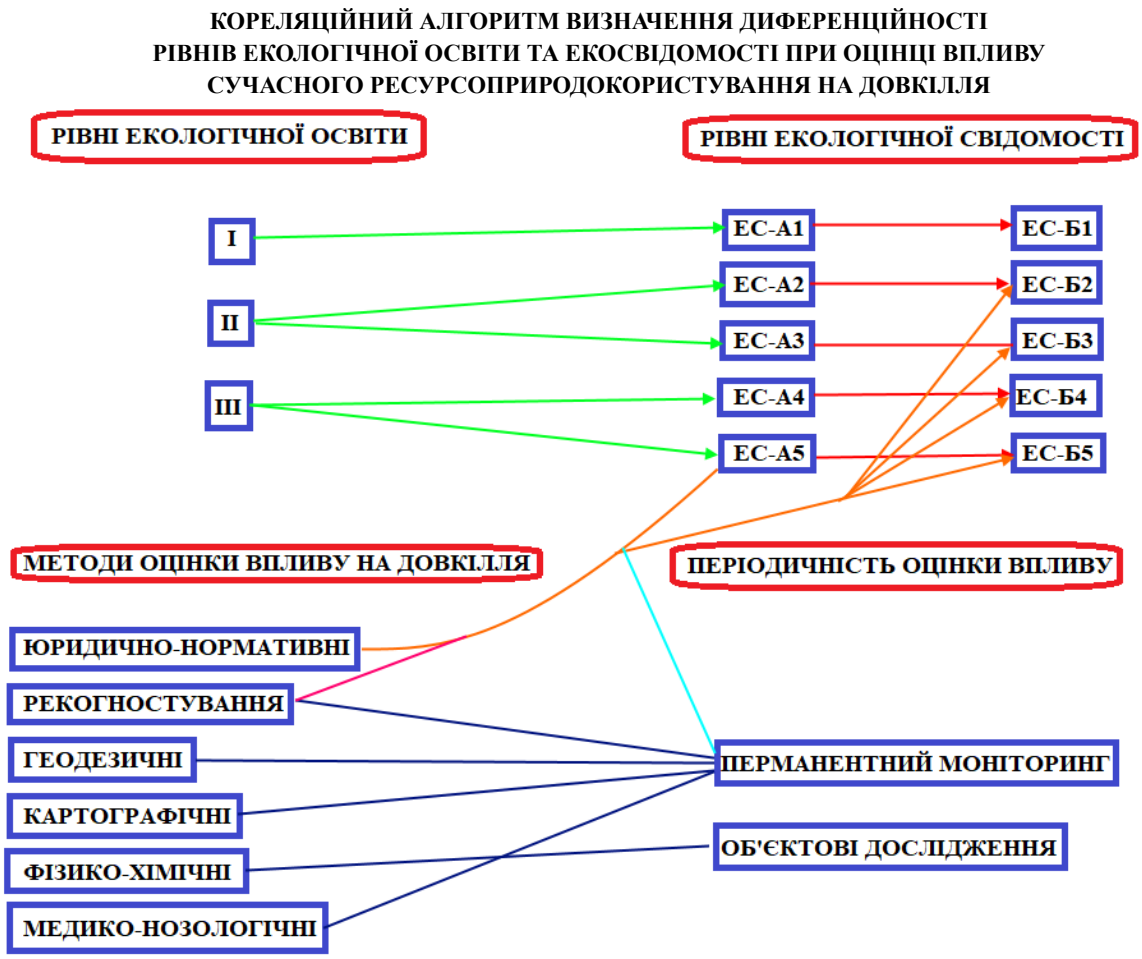



*Рис. 4. Кореляційна схема-алгоритм особливості проведення оцінки впливу на довкілля (лініями вказана послідовність відповідних дій)*

**Перспективи використання результатів дослідження.** Наукова стаття може стати поштовхом та основою для підготовки відповідної навчальної програми курсів підвищення кваліфікації та перепідготовки кадрів та включення до навчальної програми підготовки фахівців із вищої освіти зі спеціальності 101 – «Екологія» Державної екологічної академії післядипломної освіти та управління та інших закладів вищої освіти України.

На основі розроблених рівнів екологічної освіти, свідомості та застосовуючи створену кореляційну схему, яка дозволятиме робити довгострокові прогнози в оцінці впливу сучасного ресурсо- та природокористування на довкілля та коректувати ці інші аспекти кадрового забезпечення із врахуванням регіональних особливостей та економічних розрахунків з метою зменшення соціоосвітніх патогенних факторів описаних в статті процесів.

## Література

1. Конституція України. Київ, 2006–2019 рр.
2. Закон України «Про оцінку впливу на довкілля». Відомості Верховної Ради, 2017, № 29, ст. 315.
3. Оперативна інформація про стан навколишнього середовища та оцінка впливу на довкілля: https://www.dsns.gov.ua/
4. Зміни кліматичних зон України: https://agronews.ua/node/119302

**УДК 378.1+371.212**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-35**

# ІНФОРМАЦІЯ ПРИРОДНИЧО-НАУКОВОГО НАПРЯМУ ЯК СПОСІБ РОЗВИТКУ ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ ЛЮДИНИ

**Бобро О.В.**
ДЗ «Південноукраїнський національний
педагогічний університет імені К.Д. Ушинського»
вул. Фонтанська дорога, 4, 65039, м. Одеса
Bobro@ukr.net

Постановка проблеми. Актуально у наш час використовувати у навчанні студентів зв'язки між різними природничими науками, це призводить до формування складних знань, що підтверджуються даними з різних джерел. У статті розкрито значення таких дисциплін, як екологія, валеологія, основи медичних знань у сучасному освітньому просторі та для формування здорової молодої особистості. Новизна. Отримана інформація про наявність знань із природничих наук у студентів першого курсу технічного університету. Виявлено вміння студентів використовувати ці знання на практиці. В результаті дослідження сформовано декілька груп студентів з різним ставленням до свого здоров'я та навколишнього середовища. Методи дослідження. Анкетування студентів та статистична обробка отриманих даних. Були опитані студенти технічного університету за допомогою тесту «Аналіз способу життя» (Boston Stress Test). Тестування проводилось наприкінці першого курсу, коли у молоді вже відбулося адаптування до нової системи навчання в університеті. Результати дослідження. Тестування студентів проводилось у два етапи: перше виявило прогалини у знаннях з екології та здоров'язберігаючих технологій. Ці питання охоплювали досить широкий спектр наукової інформації, а саме: вплив різноманітних екологічних факторів на фізіологічні процеси у людському організмі; вплив фізіологічного та психологічного стресу на особистість, тощо. Після отримання інформації пройшли повторне тестування та переглянули своє ставлення до деяких відповідей. На основі зібраного практичного матеріалу визначалась наявність та якість знань медико-біологічної спрямованості у студентів технічних вузів. Було виявлено особливості самооцінки здоров'я у цієї групи студентів та обґрунтовано теоретичне значення поглибленого викладання екології та здоров'язберігаючих технологій у технічних вузах. Висновки. За допомогою тесту було встановлено, що 15% студентів групи потребують уваги та прикладу батьків, щоб сформувати позитивний погляд на навколишнє середовище; 20% студентів цієї групи мають сформований комплексний погляд на взаємодію людини з довкіллям; 25% студентів цієї групи отримали нові навички використання наукових знань у реальному житті. Також було встановлено, що 40% студентів змогли швидко застосувати нову інформацію на практиці та підвищити свою опірність різноманітним стресовим факторам. *Ключові слова:* анкетування, стан екології, захворюваність, моніторинг здоров'я, здоров'язберігаючі технології, оцінка здоров'я.

**Information of the natural scientific direction as a method for developing human ecological consciousness. Bobro O.** Introduction. It is actually in teaching students to use the connections between various natural sciences, this leads to the formation of complex knowledge that is confirmed by data from various sources. The importance of such disciplines as ecology, valeology, bases of medical knowledge, psychology in the formation of a healthy and modern personality is revealed. Purpose. It was determine, on the basis of the collected practical material, the quality and quantity of knowledge of medical and biological orientation in students of technical universities. It was denitrify the peculiarities of health self-assessment in these students. It was substantiate the theoretical importance of in-depth teaching of ecology and health-saving technologies in technical universities. Methods. Students' questioning and statistical processing of received data. Were interviewed students of the technical university using the test "Analysis of lifestyle" (Boston Stress Test). The students were interviewed at the end of the first year when they have adapted to the new training system in university. Results. Several medical and biological interviews were conducted as well as student testing. Interviews revealed that students of the first year of technical university after conversation about environmental and medical problems faced by residents of the big city have raised interest and a number of questions. These questions covered a fairly wide range of scientific information. After receiving information about physiological and psychological stress, the students took the questionnaire seriously and revised their attitude towards some answers. Originality. It was obtained information about knowledge of the natural sciences in first-year students of the technical university. It was obtained the ability of students to use this knowledge in practice was revealed. As a result, were revealed several groups of students with a different attitude to their health and environment. Conclusion. Using the test, it was found that 15% of students in this group need attention from their parents to form a positive outlook on the environment. It was revealed that 20% of students in this group need to form an integrated approach to the system "Human – Environment". It was found that 25% of students in this group received new skills in using science in real life. It was found that 40% of students were able to quickly apply new knowledge in practice and increase their resistance to stress. Perspectives for further research. In the future, it is planned to present disciplines information potential of the medical-biological profile, life safety, ecology in order to form students' and cadets' active personal standing in the field of education for health improvement skills. *Key words:* questionnaires, state of ecology, morbidity, health monitoring, health-saving technologies, health assessment.

**Постановка проблеми.** Реалії сьогодення надають оновлені вимоги до викладання багатьох дисциплін. Зараз вже ні у кого не викликає сумнівів значення викладання основ екології у профілактичній медицині, викладання комплексних предметів у природничій галузі, поєднання екології, основ медичних знань, валеології. На перший план виходять міжпредметні зв'язки, знання становляться комплексними, доповнюють одне одного та підтверджуються даними з різних джерел. Все це має обґрунтування у нашому житті. Такі дисципліни, як екологія, основи медичних знань, валеологія є базовими та необхідними для студентів педагогічних та й не тільки ЗВО. Взаємодія цих предметів має позитивне значення для формування сучасного світогляду у підростаючого покоління. Дисципліни, завдяки яким студенти не тільки пізнають внутрішню структуру людини та її внутрішній світ, а й розуміють пагубність дії отруйних факторів (як у фізичному, так й у психологічному сенсі) особливо на дитячий організм, розуміють, що від стану навколишнього середовища, вміння берегти та відновлювати природні ресурси залежить економічне зростання нашої країни.

**Актуальність дослідження**. На жаль, у наш час постійно доповнюється інформація про всілякі екологічні катастрофи та їх прямий вплив на здоров'я людини. Зараз вже відомий факт, що погіршення складу повітря у великих містах напряму впливає на стан здоров'я. Виявлено, що у повітрі міста зустрічаються оксиди вуглецю, азоту які безпосередньо впливають на стан бронхо-легеневої системи і, як не дивно, системи травлення, що ще раз доводить чутливість дитячого організму до отруйних та подразнюючих речовин.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблемами екології навколишнього середовища та здоров'я людини опікуються В.М. Пестунов, О.С. Стеценко які висунули гіпотезу про єдність Всесвіту та людини. Е.В. Печенкина, О.Н. Головко висвітлюють нову парадигму екологічного навчання у середній та вищій школах. Вони дійшли висновку, що необхідно підготувати кадри у педагогічних ЗВО, які мають достатню кваліфікацію у галузі екології та спроможні викладати у технічних ЗВО, де багато питань екологічного характеру з хімії та географії. К.В. Кликова, В.М. Гуляєв, О.В. Проценко приділяють увагу екологічному вихованню майбутніх фахівців біологічної галузі та висловлюють необхідність формування фундаменту біосферного мислення ще з дошкільного віку. Вплив екологічних факторів на стан здоров'я підростаючого покоління вивчають І.П. Гутько, Н.А. Барабаш. Екологічним вихованням студентів займається Л.М. Курняк. Формуванню цілісного відношення до здоров'я приділяє увагу Б.Т. Долинский, який визначає необхідність підготовки з природничих наук у професійній діяльності майбутніх педагогів [1]. В.П. Горащук займається організацією виховного процесу та викладання предметів медико-біологічного профілю у студентів-педагогів [2]. Стан здоров'я студентів та вплив на нього екологічних факторів та геомагнітного випромінювання Землі досліджує А.І. Босенко [3]. О.Е. Куркчи досліджує вплив різних видів випромінювання на людину та тривалої роботи за комп'ютером на механізми адаптації у студентському віці. Проблемами збереження здоров'я молоді опікуються Т.М. Редько, В.П. Кураев, Л.А. Лавренко. Т.В. Дерев'янко, І.М. Звягольська вважають, що студенти медичних факультетів мають володіти достатнім рівнем екологічної культури та свідомості для якісного виконання своїх фахових обов'язків. А.В. Зубаренко, Л.Г. Кравченко пропонують нову концепцію сучасної стратегії профілактики захворювань у дитячому та юнацькому віці та говорять про необхідність та пріоритетність профілактичних заходів триланкової стратегії: первинна профілактика – попередження впливу факторів зовнішнього середовища, що здатні викликати зміни у здоров'я; вторинна профілактика налаштована на попередження рецидивів; третинна профілактика, що містить елементи реабілітації, особливо у дитячому віці.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Згідно Декларації прав дитини, що проголошена резолюцією 1386 (XVI) Генеральної Асамблеї ООН від 20.11.1959 р. та Декларації і плану дій «Світ, придатний для життя дітей», проголошеною резолюцією S-27,2 спеціальної сесії Генеральної Асамблеї ООН від 10.05.2002 р. держави, що взяли участь у підписані цього документу, мають створити середовище для забезпечення здоров'я та благополуччя дітей та усунути низку екологічних проблем та тенденцій [2].

**Новизна.** Вперше за допомогою системи тестів було проілюстровано студентам стан їхнього здоров'я та вплив на здоров'я стану навколишнього середовища.

**Формулювання мети статті.** На основі зібраного практичного матеріалу визначити якість та кількість знань медико-біологічної спрямованості у студентської молоді різнопрофільних вищих навчальних закладів. Визначити особливості самооцінки здоров'я у вищезазначених груп. Обґрунтувати теоретичне значення поглибленого викладання екології та здоров'язберігаючих технологій у ЗВО.

**Методи дослідження.** Було опитано студентів технічного ЗВО за допомогою тесту «Анализ стиля жизни» («Бостонського тесту визначення рівня стресостійкості») [4]. Опитування студентів відбувалось наприкінці першого курсу, коли вже було пройдено адаптацію до нової системи навчання у ЗВО та сформовано новий динамічний стереотип.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** У зв'язку з погіршенням загального стану екології у країні, особливо у великих місцях а також з урахуванням того, що зараз у спеціалізованих ЗВО ска-

совують дисципліни загального профілю викликало зацікавленість виявити зацікавленість студентів технічного профільного ЗВО у знаннях щодо екологічного стану навколишнього середовища, стану свого організму та здоров'язберігаючих технологій. Було проведено зустрічі зі студентами ЗВО, де існує невелика кількість годин вищезазначених дисципліни, що дає тільки загальне уявлення про екологічний стан навколишнього середовища, екології людини та не викладаються основи медичних знань, або валеологія.

**Виклад основного матеріалу.** Було проведено тестування студентів, а також декілька бесід медико-біологічної спрямованості. Спостереження виявило, що у студентів 1-го курсу технічного ЗВО після ознайомчої бесіди про екологічні та медичні проблемами, з якими стикаються жителі великого міста виникла зацікавленість та низка запитань що охоплювали доволі широкий діапазон наукової інформації. Для студентів було відкриттям, що екологічна обстановка впливає на стан здоров'я людини і безпосередньо, і опосередковано, а також зменшує адаптованість організму та опірність стресам.

Для студентів було цікавим дізнатися, що стрес, який проявляється назовні порушенням кровообігу, збільшенням кров'яного тиску, серцебиттям, запамороченням та всілякими психоемоційними проявами, розгортається як багатоланкова реакція спочатку у самому організмі, а й тільки потім проявляється зовні. По-перше, студентів було ознайомлено з поняттям про гомеостаз як внутрішню середу організму та встановлено, що стресові фактори – це фактори, які викликають порушення параметрів гомеостазу. До них відносяться такі параметри організму, як біохімічні, біоелектричні, фізіологічні (склад крови, рівень цукру у крові, рівень гормонів, рівень артеріального тиску тощо [5].

Для ілюстрації необхідності отримувати знання про стан навколишнього середовища та внутрішньої середи організму студентам було запропоновано пройти тест «Анализ стиля жизни» («Бостонського тесту визначення рівня стресостійкості»). Виявилось, що при проходженні тесту виникла низка питань, після обговорення яких та повторного перегляду тесту рівень стресостійкості у багатьох випадках підвищився. У цьому тесті запропоновані запитання, що охоплюють багато сторін життя людини: підіймаються питання загально-медичного стану людини, його поглядів та морально-етичних норм, а також психологічного стану. Таким чином, кожне питання Бостонського тесту потребувало обговорення та надання додаткової інформації.

Інформацію про здорове харчування, харчову та біологічну цінність їжі учні отримують ще у школі на уроках основ здоров'я, але питання у тесті потребували надання інформації про склад їжі та вплив на неї різноманітних добрив та хімічних речовин. У подальшому численні лекції про шкоду паління, що проходили у школі, було доповнено практичною інформацією з питань з тесту, які свідчать про підвищення рівня стресу у прихильників тютюнопаління. Питання про алкогольні напої сприяло продовженню дискусії. Зацікавлення викликала інформація, що слабоалкогольні напої та усілякі енергійні напої мають низку хімічних сполук, що приводять до виникнення ерозій та виразок на протязі усього шлунково-кишкового тракту. Окрім цього, як з'ясували студенти, алкоголь не тільки не заспокоює при наявності стресу, а навпаки ще й підвищує його рівень, що було доведено численними дослідженнями у експериментальній нейрофізіології наприкінці 20-го століття. Навіть таке загальне питання «Чи почуваєте Ви себе здоровим» викликало неоднозначну реакцію. З'ясувалось, що багатьох турбує біль у ділянках шиї та попереку, що пов'язано з довготривалим сидінням не тільки на парах у ЗВО, а й подальшому у всіляких «гаджетах» та соціальних сітях [6].

Питання про наявність активних фізичних навантажень як мінімум двічі на тиждень не викликало особливих емоцій. З'ясувалось, що навчальне навантаження, зміна соціального оточення впливає на спортивні вподобання студентів. Ті студенті, які займались спортом останні 3-5 років, продовжують це робити. У інших фізична активність залежить від оточення: якщо нові подруги чи товариші показують позитивний приклад, то поодинокі заняття фізичною культурою присутні. Якщо у новому найближчому оточенні немає фанатів здорового способу життя, то звичка до дозованих фізичних навантажень так і не сформувалась. Багато зі студентів обмежуються уроками фізкультури у ЗВО. Наявність цього питання у тесті на стресостійкість переконала деякий відсоток опитуваних почати відноситись до свого організму з відповідальністю та включити посильні фізичні навантаження у свій розклад дня [7]. Питання про наявність 7-8 годинного сну теж викликала зацікавленість, а інформація про пряму залежність нестачі сну та зниження стресостійкості було доповнено розповіддю про існуванням різних фаз сну, особливостей кожної з них та можливості керувати своїм сном.

Друга частина питань тесту стосувалась наявності морально-етичних меж та психологічної сталості особистості. Відомо, що в наш час психологічний стрес зустрічається частіше, ніж тільки фізіологічний, що впливає безпосередньо на системи організму. Поняття про психологічний стрес вперше запропонував R. Lazarus у 1984 році. Він і поділив стресові фактори та ті, що погрожують життєдіяльності організму та руйнують адаптаційні системи організму людини [8], та на психологічні фактори, що обтяжують психофізіологічний стан людини й тільки потім приводять до фізіологічних змін у організмі. Не останню роль у цьому процесі відіграють і забруднення повітря, води, продуктів хар-

чування в частості отруєння їх неорганічними сполуками, що викликає у людини хворобливий стан та знижує рівень стресостійкості організму.

Дискусію викликали питання соціально-психологічної спрямованості. Студенти отримали інформацію, що в період розвитку стресу відчувається тривога, яка посилюється та заважає відновленню спокою та психоемоційного стану – формується хронічний стресовий синдром. Відбуваються усі ці реакції як при фізіологічному, так и при психологічному стресі [9]. Після цього студенти вже свідомо провели повторне анкетування та переглянули своє відношення до деяких відповідей. Так, на питання про задоволення базових потреб більшість студентів відповіли вже позитивно, що їх потреби задоволені та немає підстав до «стресування». Після обговорення питання про заняття суспільною діяльністю студенти усвідомили, що допомога іншим – це запорука тренування своїх морально-етичних якостей та впевненість у підтримці суспільства у випадку виникнення незвичайної ситуації. Питання про ефективну організацію особистого часу наштовхнуло на думку про практичне використання інформації про тайм-менеджмент. Додатково студенти з'ясували, що одним зі стресогених факторів є часовий цейтнот та відсутність інформації з необхідних питань [10]. Вся надана нова інформація допомогла студентам визначити, що поняття про фізіологічний та психологічний стрес існують не тільки на папері. На жаль, стреси чекають на людину у навколишньому середовищі, і людині під силу набувати знання про Всесвіт і навколишнє середовище та використовувати їх на практиці з користю для усіх оточуючих.

Таким чином було сформовано цілісне уявлення про стан наявності знань про екологію, валеологію та здоров'язберігаючі технології у студентів першого курсу технічного ЗВО та вміння використовувати ці знання на практиці.

**Головні висновки**. За допомогою тесту «Анализ стиля жизни» («Бостонського тесту визначення рівня стресостійкості») було зазначено:

− частина студентів, 15% випадків, потребує уваги зі сторони батьків, тому що немаючу позитивного прикладу поваги до інформації не можуть використати набуті у процесі навчання знання на корить собі та іншім. Завдяки чому не мають достатнього рівня культури здоров'я.

− частина студентів, 20% випадків, використовують знання про свій організм однобічно для отримання спортивних результатів та потребують формування комплексного погляду на систему «Людини – Навколишнє середовище».

− частина студентів, 25% випадків усвідомлюють, що не мають звичок використовувати знання про здоровий спосіб життя та взаємодію з оточуючим середовищем на практиці.

− значна частина студентів, 40% випадків, має інформацію про себе та навколишній світ, але залюбки б проходили тренінги та тестування стосовно вдосконалення своїх знань про взаємодію людини з довкіллям.

Таким чином тестування зі стресостійкості та міні-тренінг з надання інформації медико-біологічного профілю допомагає виявити прогалини у формуванні світогляду у студентської молоді.

**Перспективи використання результатів дослідження.** У подальшому планується розкрити інформаційний потенціал з дисциплін природничих дисциплін: екології, валеології та основ медичних знань з метою формування у студентів активної особистої позиції у галузі виховання навичкам оздоровлення.

## Література


1. Долинський Б.Т. Визначення сутності поняття «здоров'я» та його роль у професійній діяльності вчителя початкової школи. *Вісник Чернігівського національного педагогічного університету. Серія: Педагогічні науки. Фізичне виховання та спорт.* 2016. Вип. 136. С. 63–67.
2. Основи організації навчально-виховного процесу з предмета «Основи здоров'я» в загальноосвітній середній школі / Горащук В.П., Босенко А.І., Бобро О.В., Борщенко В.В., Холодов С.А. Одеса: «Рекламсервіс», 2015. 72 с.
3. Босенко А.И., Кузнецова А.А. Адаптация центральной нервной системы студенток-спортсменок к геомагнитному полю земли. *Вестник МГПУ им. І.П. Шамякина.* 2013. № 10. С. 19–21.
4. Психодиагностика стресса: практикум / сост. Куприянов Р.В., Кузьмина Ю.М.; Казань : КНИТУ, 2012. 212 с
5. Коваль І.А. Діагностика і диференційна діагностика гострого стресового розладу та посттравматичного стресового розладу в загальномедичній практиці. *Проблеми сучасної психології.* 2015. Вип.27 С. 210–218.
6. Варавін А., Рибалка О., Ушакова Н. Вплив комп'ютера на здоров'я людини. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Валеологія: сучасність і майбутнє».* 2017. Вип. 21. 34–37.
7. Самосюк Н.И., Самосюк И.З., Федоров С.Н., Чухраева Е.Н., Жуков В.А. Вегетативно-сосудистая дистония: диагностика и лечение с включением современных методов физиотерапии. *Журнал образования, здоровья и спорта.* 2015. № 5 (7). С. 117–152.
8. Самоукина Н.В. Психология профессиональной деятельности : монографія. СПб : СПбУ, 2003. 224 с.
9. Маркова М.В., Козира П.В. Постстресові дезадаптивні стани на тлі соціальних змін: аналіз проблеми. *Медична психологія*. 2015. № 1. С. 8–13.
10. Нехорошкова Ю.В. Сучасне медико-біологічне уявлення про стрес: біологія, медицина та психологія (огляд літератури та власні дослідження). *Актуальные проблемы транспортной медицины*. 2012. № 1 (27). С. 83–95.

# СТОРІНКА МОЛОДОГО ВЧЕНОГО

**УДК 504.4.06(1/9):628.14:622.53**
**DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-36**

# ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ БУДІВНИЦТВА ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ШАХТИ «ЛЮБЕЛЬСЬКА» № 1-2

**Доценко О.О.**
Науково-дослідна установа
«Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»
вул. Бакуліна, 6, 61166, м. Харків
olenadotsenko@ukr.net

Розглянуто і вивчено: актуальність будівництва нової сучасної шахти «Любельська» № 1-2, загальні відомості про проект шахти, основні вихідні дані для проектування. Вивчено дані для техніко-економічної пропозиції і зовнішні умови будівництва. Розглянуто й оцінено місце розташування шахти, транспортні комунікації, гідрологічні умови, запаси вугілля, сприятливі гірничо-геологічні умови і зовнішні умови для будівництва шахти. Оцінені висока якість і ринкова конкурентоспроможність вугілля шахти. Визначений ряд важливих проблем щодо екологічної безпеки та соціального захисту місцевого населення, які виникають при будівництві та експлуатації об'єктів шахти та потребують обов'язкового вирішення для реалізації проекту з урахуванням факторів негативного впливу. З цією метою здійснена оцінка екологічних і соціальних наслідків будівництва і експлуатації шахти «Любельська» № 1-2, всіх інфраструктурних систем, які до неї належать, з обґрунтуванням достатності та ефективності заходів щодо збереження екологічних і соціальних умов проживання місцевого населення при подальшому розвитку регіону. Виконано аналіз ефективності комплексу заходів, які планується реалізувати для забезпечення мінімізації негативних впливів при будівництві та експлуатації об'єктів шахти на компоненти природного середовища, а також на соціально-економічні умови проживання населення. Передбачені природоохоронні заходи для запобігання надходженню забруднюючих речовин у гідрографічну мережу на період будівництва шахти, проходки стволів, на період експлуатації шахти і в умовах виникнення аварійних ситуацій. Встановлено, за результатами виконаної в проекті оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС), що відведення шахтних вод в р. Рата через канал «Бутинський» під час будівництва шахти «Любельська» № 1-2 не буде здійснювати вплив на природне середовище в умовах контролю стану окремих його компонентів та в умовах реалізації комплексу природоохоронних заходів. Результати моніторингових досліджень існуючого стану соціального середовища свідчать, що місцевим населенням позитивно сприймається створення при реалізації проекту біля 3,0 тисяч додаткових робочих місць із високим рівнем заробітної плати. Розраховані неканцерогенний, канцерогенний і соціальний ризики, які свідчать про допустимість господарської діяльності згідно з рішеннями, прийнятими в проекті будівництва та експлуатації шахти «Любельська» № 1-2. Розроблені та запропоновані, крім традиційного підходу до вирішення природоохоронних проблем, інноваційні методи очищення шахтних вод і, тим самим, методи захисту поверхневих водойм та підземних вод від забруднення шахтними водами.

Намічені подальші перспективи досліджень. Виділено принципи охорони навколишнього середовища, намічені обсяг і підстави проведення оцінки екологічного та соціального впливу, вивчені законодавчі акти і ступінь участі громадськості в процесі екологічної експертизи, екологічні вимоги нормативних документів. Висвітлено необхідність виконання регулярного екологічного моніторингу при будівництві та експлуатації шахти. *Ключові слова:* вугільна шахта, коксівне вугілля, техніко-економічне обґрунтування, шахтні води, програма комплексного моніторингу, природоохоронні заходи.

**Environmental aspects of the construction and operation of the mine "Lubelskaya" № 1-2. Dotsenko O.** Considered and studied: the relevance of the construction of a new modern mine "Lubelskaya" № 1-2, general information about the design of the mine, the basic input data for the design. The data for the feasibility study and the external conditions of construction were studied. The mine location, transport communications, hydrological conditions, coal reserves, favorable mining and geological conditions and external conditions for the construction of the mine are reviewed and evaluated. The high quality and market competitiveness of coal mines are appreciated. A number of important problems on environmental safety and social protection of the local population that arise during the construction and operation of mine facilities and requiring a mandatory solution for the implementation of the project, taking into account the factors of negative impact, were identified. To this end, an assessment was made of the environmental and social consequences of the construction and operation of the Lubelskaya mine № 1-2, of all the infrastructure systems included in it, with justification of the sufficiency and effectiveness of measures to preserve the environmental and social conditions of the local population during the further development of the region. The analysis of the effectiveness of the complex of measures that are planned to be implemented to ensure minimization of negative impacts during the construction and operation of mine facilities on the components of the environment, as well as on the socio-economic conditions of the population. Environmental measures are envisaged to prevent the entry of pollutants into the hydrographic network for the period of construction of the mine, sinking of the shafts, for the period of operation of the mine and in the event of emergency situations. It was established, according to the results of the environmental impact assessment (EIA) carried out in the project, that mine water discharge to the river. Rata through the Butynsky canal during the construction of the Lubelskaya mine № 1-2 will not affect the environment under the condition of monitoring the state of its individual components and in the context of the implementation of a set of environmental measures. The results of monitoring studies of the existing state of the social environment indicate that the local population positively perceives the creation of about 3.0 thousand additional jobs with high wages during the implementation of the project. Non-carcinogenic, carcinogenic and social risks are calculated, which indicate the

admissibility of economic activity in accordance with the decisions taken in the construction and operation of the Lubelskaya mine № 1-2. In addition to the traditional approach to solving environmental problems, innovative methods for cleaning mine water and, thereby, methods for protecting surface water bodies and groundwater from pollution by mine water have been developed and proposed. Further research prospects are outlined. The principles of environmental protection are highlighted, the scope and grounds for assessing environmental and social impact are outlined, legislative acts and the degree of public participation in the environmental review process, the environmental requirements of regulatory documents are examined. The need for regular environmental monitoring during the construction and operation of the mine is highlighted. *Key words:* coal mine, coking coal, a feasibility study, mine water, an integrated monitoring program, environmental protection measures.

**Постановка проблеми**. Будівництво нової сучасної шахти надзвичайно важливо для нашої країни. Це дасть можливість майже наполовину замістити імпорт коксівного вугілля, потреба в якому значно зросла останнім часом. В даний час особливо актуальні проблеми країни з забезпеченням промисловості і населення електричною енергією. Вирішити проблеми з поставками коксівного вугілля на металургійні комбінати і ТЕС країни може будівництво та експлуатація потужної нової шахти «Любельська» № 1-2 Львівсько-Волинського вугільного басейну [1]. Є всі підстави для будівництва шахти «Любельська» № 1-2. Львівсько-Волинський вугільний басейн здатний внести достатній позитивний внесок у вуглезабезпечення ТЕС України.

Вугілля шахти «Любельська» № 1-2 належить до марки «К» – коксівне вугілля і «Ж» – жирне вугілля. Рядове вугілля шахти характеризується низьким вмістом золи (12,50–19,30%), середнім вмістом летких речовин (22,80–30,50%), низьким вмістом сірки (0,88-3,90%) і фосфору (0,023–0,080%), високою теплотворною здатністю (24,14–30,71 МДж/кг) і доброю коксованістю, що робить його якісною сировиною для виробництва коксу.

Важливість будівництва шахти «Любельська» № 1-2 неможливо переоцінити в енергетичному аспекті для країни і соціальному – для Львівського регіону.

**Актуальність дослідження.** При будівництві та експлуатації об’єктів шахти виникає ряд важливих проблем щодо екологічної безпеки та соціального захисту місцевого населення, які потребують обов’язкового вирішення для реалізації проекту з урахуванням факторів негативного впливу.

Тому необхідно здійснити оцінку екологічних і соціальних наслідків будівництва і експлуатації шахти «Любельська» № 1-2 і всіх інфраструктурних систем, які до неї належать, з обґрунтуванням достатності та ефективності заходів щодо збереження екологічних і соціальних умов проживання місцевого населення при подальшому розвитку регіону [1; 2].

З цією метою приводиться аналіз ефективності комплексу заходів, які планується реалізувати для забезпечення мінімізації негативних впливів при будівництві та експлуатації об’єктів шахти на компоненти природного середовища, а також на соціально-економічні умови проживання населення.

**Зв’язок авторського доробку із важливими науковими та практичними завданнями.** Для оцінки екологічного та соціального впливу в дослідженні технічної здійсненності проекту необхідні наступні дані:

1. Відомості про природні умови і величини прогнозованих екологічних і соціальних впливів;
2. Забезпечення відповідності проекту українським і міжнародним екологічним нормам. Профілактика виникнення серйозних екологічних та соціальних проблем, що перешкоджають технічної здійсненності проекту;
3. Формування надійної системи екологічного і соціального контролю, закриття та рекультивації шахти [3; 4].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Металургійна промисловість в Україні розвинена, але існує брак коксівного вугілля. Таким чином, високоякісне коксівне вугілля шахти «Любельська» № 1-2 буде забезпечене стабільним потенційним ринком. Проектована шахта «Любельська» розташована поблизу динамічного центральноєвропейського промислового регіону і західноєвропейського ринку вугілля; вона знаходиться в 30 км від українсько-польського кордону, в безпосередній близькості від розгалуженої залізничної мережі. З огляду на географічне положення Любельського родовища, основними ринками збуту є центрально- і західноєвропейський ринки коксівного вугілля. Згідно з прогнозами ТЕО вугілля шахти «Любельська» № 1-2 може задовольнити вимоги металургійної промисловості, що виробляє продукцію для країн Східної Європи [1].

Львівсько-Волинський кам’яновугільний басейн розташований у західній частині України і є вуглевидобувним регіоном з 1950 року. У басейні було побудовано і експлуатувалося 22 вугільних шахти. У зв’язку з виснаженням запасів частина з них закрита, а частина знаходиться в стадії загасання. Любельське вугільне родовище було відкрито в 1970 році. Попередньо оцінені запаси родовища становлять близько 600 млн т. Родовище поділено на п'ять ділянок (блоків) (рис. 1). Шахта розташована в південній частині і складається з двох блоків: Блок № 1 і Блок № 2. Поле шахти передано в промислове освоєння.

**Метою роботи** є оцінка потенційно можливого впливу на компоненти природного середовища при будівництві та експлуатації шахти, екологічної безпеки видобутку вугілля на шахті «Любельська» № 1-2.

**Виклад основного матеріалу**. Перспективами видобутку цього вугілля займається акціонерна компанія «Сі-Сі-Ай-Любеля». Проект нале-

жить Lubel Coal Company Ltd і здійснюється її дочірнім підприємством «Сі-Сі-Ай-Любеля» (ДП «Сі-Сі-Ай-Любеля»).

З 1996 року ця компанія проводить роботи з метою побудувати шахту по видобутку вугілля в Жовківському районі Львівської області. З тих пір тут виконано величезний обсяг пошукових та науково-дослідних робіт, в результаті яких виявлено ділянки для видобутку вугілля з загальними балансовими запасами до 700 млн т, які в перспективі дозволять побудувати п'ять нових вугільних шахт. Зазначена компанія вже має спеціальний дозвіл на користування на поле шахти «Любельська» № 1-2. Поле шахти «Любельська» розділене на 3 ділянки (блоки).

Проектним інститутом «Луганськдіпрошахт» був розроблений проект будівництва шахти, який пройшов комплексну державну експертизу і отримав позитивний висновок. Британська консалтингова компанія «Wardell Armstrong» розробила банківське техніко-економічне обґрунтування (ТЕО) будівництва шахти.

Проектна потужність шахти «Любельська» № 1-2 становить: по рядовому вугіллю – 8 млн т на рік, по товарній продукції – 6,0 млн т. Проведено також геологічне вивчення ділянки «Любельська» № 3. Реалізація проекту «Любельська» № 1-2 матиме позитивний соціальний ефект, бо дозволить створити 3 тис. робочих місць і до 7 тис. супутніх робочих місць.

Місце будівництва майбутньої шахти має надзвичайні економічно-інфраструктурні характеристики. Шахта «Любельська» № 1-2 розташована в Західній Україні, в 40,0 км на північ від м. Львів. В адміністративному відношенні центральний проммайданчик шахти «Любельська» № 1-2 розташован між селами Любеля та Кулява, на землях Кулявскої сільської ради Жовківського району Львівської області (рис. 2).

Гідрографічна мережа району досліджень представлена річками Біла, Деревенька, Болотня і Рата, меліоративним каналом «Бутинський», куди запроектовано відведення шахтних вод після відповідної їх підготовки. Напрямок течії річок – із заходу на схід. Русло річок вузьке і дрібне, швидкість течії невелика. Річки Біла, Деревенька і Болотня впадають в річку Рата, яка є притокою транскордонної річки Західний Буг [5]. Річкова вода поповнюється, в основному, за рахунок дощових опадів, сніготанення та водозливів. Також у районі будівництва шахти існують глибокі меліоративні і дренажні канали.

Для ***запобігання надходженню забруднюючих речовин у гідрографічну мережу***, на період будівництва шахти та проходки стволів і в умовах виникнення аварійних ситуацій проектом передбачається:

1) будівництво ставків-відстійників із резервною ємністю 200 тис. м$^3$ достатньою для акумуляції та відстоювання шахтних вод як в умовах звичайного режиму, так і в умовах аварійних ситуацій;

2) попереднє очищення шахтної води в горизонтальних відстійниках, облаштованих надбудованими насосними, і далі – освітлення та розбавлення дренажними та дощовими водами у ставку-відстійнику шахтних вод перед скиданням у гідрографічну мережу;

3) перекачування розбавлених шахтних вод в осушну систему в регульованому режимі з використанням автоматичних систем контролю та регулювання витрат і якості шахтних вод [6];

4) відведення шахтних вод в меліоративний канал «Бутинський» і далі – в р. Рата (приток р. Західний Буг) з екологічно обґрунтованими витратами, при виникненні аварійних ситуацій, які можливі в умовах проходження зон тектонічних порушень і збільшенням притоку в шахту.

5) обґрунтування умов відведення шахтних вод, розведених дощовими й дренажними водами, які будуть відповідати «Правилам охорони поверхневих вод від забруднення стічними водами» і нормативним вимогам до гранично-допустимих скидань (ГДС) речовин у водойми (в аварійних умовах та на період будівництва шахти і проходки стволів).

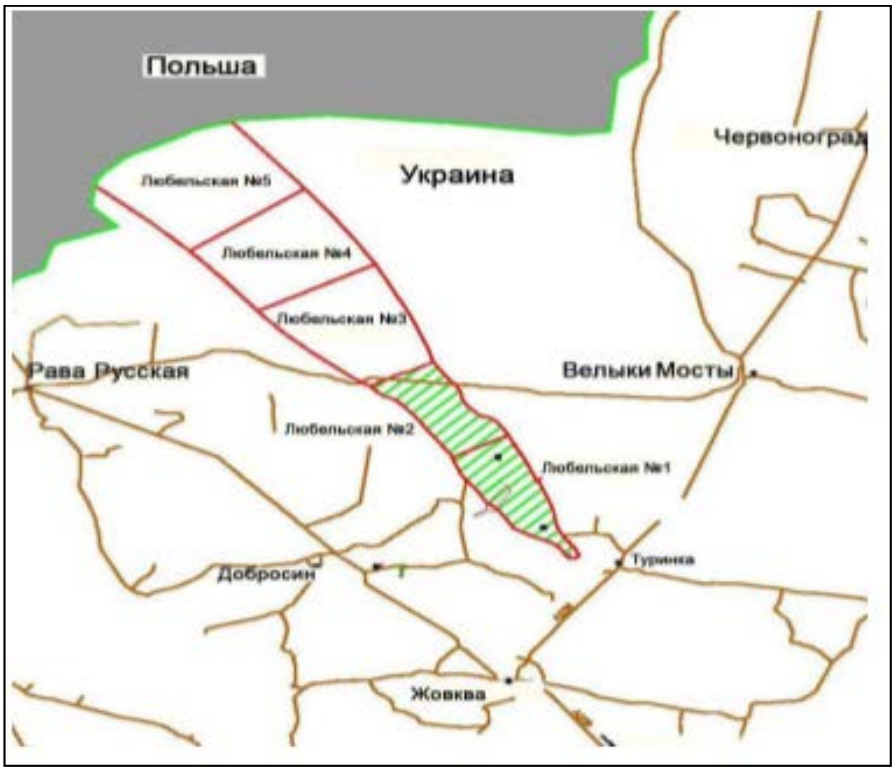



*Рис. 1. Схема Любельського родовища*

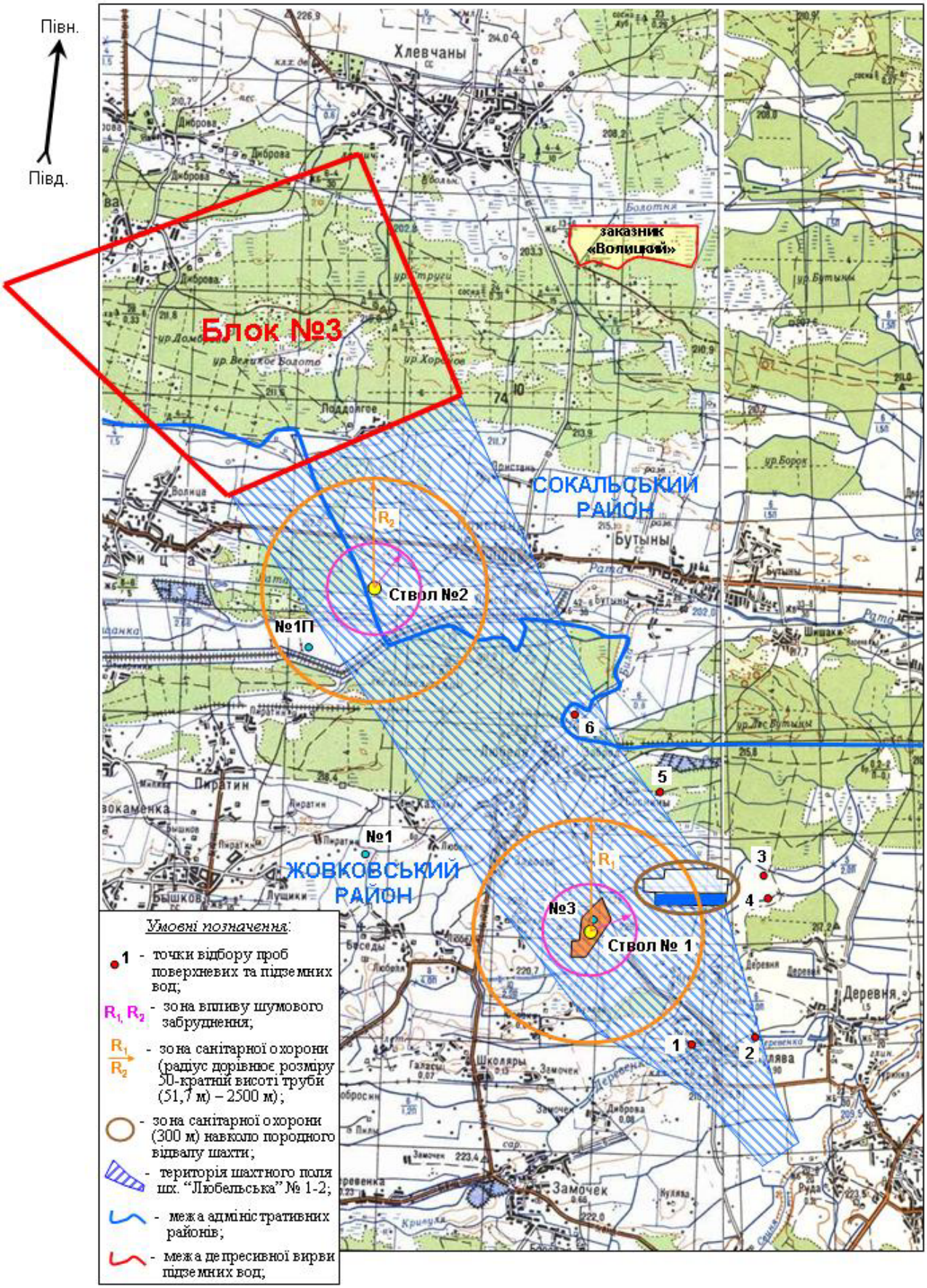



*Рис. 2. Ситуаційна схема розташування об'єктів шахти «Любельська» № 1-2*

Згідно з результатами виконаної в проекті оцінки впливу на навколишнє середовище (ОВНС), відведення шахтних вод в р. Рата через осушну систему (канал «Бутинський») під час будівництва шахти «Любельська» № 1-2 не буде здійснювати вплив на природне середовище в умовах контролю стану окремих його компонентів в районі проходження каналу та в умовах реалізації комплексу природоохоронних заходів для дотримання екологічних і санітарних обмежень [2].

На ***період експлуатації*** шахти заплановано:

1) очищення побутових стічних вод об'єктів шахти і збагачувальної фабрики на спорудах повного біологічного очищення побутових стоків – установці «Джерело»;

2) зменшення скидання зворотних шахтних вод за рахунок використання знезараженої шахтної води на виробничі потреби;

3) глибока доочистка очищених побутових стоків та накопичення їх у

1) ставку дощових вод із природною аерацією;

4) очищення дощових вод центрального проммайданчика шахти спільно з виробничими стоками (періодичними) в двосекційних акумулюючих ємностях перед скиданням в існуючі осушні канали і далі в гідрографічну мережу;

5) для запобігання надходження забруднюючих речовин, які містяться в високомінералізованих шахтних водах, у підземні та поверхневі води проектом передбачається реалізація інноваційної технології демінералізації шахтних вод із використанням сучасної установки високого тиску з мембранами підвищеної селективності, яка використовується для обесолювання високомінералізованої води методом зворотнього осмосу в комплексі з випаровуванням [7]. Запропонована технологія забезпечує:

1) маловідходну, екологічно чисту систему очищення високо- мінералізованих шахтних вод (вода буде відповідати показникам ДСанПіН 2.2.4-171-10) [7];

2) випаровування концентрату, який утворюється в результаті знесолення шахтних вод, з отриманням конденсату і товарних продуктів – $Na_2SO_4$ і технічного NaCl, $CaCl_2$;

3) використання опрісненої води на потреби шахти [7].

Таким чином, при дотриманні прийнятих у проекті граничнодопустимих скидів (ГДС) умов режиму відведення зворотних шахтних вод у канал «Бутинський» і далі – в р. Рата та їх гідрохімічного складу, проектована діяльність в період будівництва стволів шахти та в період її експлуатації не надасть негативного впливу на поверхневі водні об'єкти та підземні води, що не виключає необхідності проведення моніторингових досліджень [8].

Згідно з результатами моніторингових досліджень існуючого стану ***соціального середовища*** дуже позитивно сприймається місцевим населенням створення при реалізації проекту біля 3,0 тисяч додаткових робочих місць із високим рівнем заробітної плати за умов реалізації природоохоронних заходів [9], оскільки підприємств для працевлаштування в цих селах, як і в навколишніх, немає і життєвий рівень населення дуже низький.

Крім того, з точки зору респондентів, будівництво та експлуатація шахти «Любельська» з урахуванням реалізації запланованих в проекті природоохоронних рішень, не приведе до небажаних наслідків для умов проживання населення. Респонденти не очікують і впливу на здоров'я жителів прилеглих до шахти сіл, що підтверджується виконаними розрахунками ризику впливу планованої діяльності на здоров'я населення:

– ***оцінка неканцерогенного ризику*** відповідно до критеріїв

неканцерогенного ризику згідно з таблицею 1 (Методичні рекомендації «Оцінка ризики для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря», затверджені Наказом МОЗ від 13.04.2007 № 184) [9], неканцерогенний ризик шкідливих ефектів від планованої діяльності оцінюється як ризик прийнятний, оскільки сума коефіцієнтів небезпеки становить 0,40, що не перевищує 1,0 – граничної величини прийнятного ризику. Ризик шкідливих ефектів зовсім незначний;

– ***оцінка канцерогенного ризику*** включала в себе ***розрахунок індивідуального канцерогенного ризику*** та ***визначення популяційного ризику (PCR):***

– розрахований ***індивідуальний канцерогенний ризик*** відноситься до мінімального (De Minimis), і класифікується як бажана (цільова) величина;

– ризику при проведенні оздоровчих і природоохоронних заходів;

– за класифікацією ВОЗ популяційних рівнів ризику;

– ***популяційний ризик (PCR)*** буде дуже низьким, тобто прийнятним для населення прилеглих сел Любеля, Кулява, Деревня, Бутини, Сороки і Залози;

– ***оцінка соціального ризику планованої діяльності***. Згідно з проведеними розрахунками, рівень соціального ризику господарської діяльності в залежності від варіанту розрахунку становить $3{,}4*10^{-5}$, $1{,}2*10^{-5}$, що більше $1*10^{-6}$ [9]. Відповідно до класифікації рівнів соціального ризику;

– (таблиця И1 в Зміні № 1 до ДБН А.2.2.-1-2003) [9], ***соціальний ризик*** при планованій діяльності класифікується як ***«умовно прийнятний».***

Таким чином, розраховані неканцерогенний, канцерогенний і соціальний ризики свідчать про допустимість господарської діяльності згідно з рішеннями, прийнятими в проекті будівництва та експлуатації шахти «Любельська» № 1-2.

Робота має практичну цінність, оскільки результати досліджень дозволили визначити перелік природоохоронних заходів, необхідних для оздоровлення екологічної ситуації в регіоні під час будівництва та експлуатації шахти, оцінити їх достатність і ефективність. Це дозволить реалізувати проект будівництва шахти «Любельска» № 1-2 з урахуванням факторів, які можуть спричиняти негативний вплив на компоненти природного середовища.

На початковому етапі розробки проекту з метою забезпечення екологічних прав громадян місцевим органам самоврядування для розгляду і узгодження надається «Заява про наміри» і її короткий зміст публікується в місцевих ЗМІ, проводяться громадські слухання зі складанням протоколів обговорень. На етапі відведення земельних ділянок під забудову об'єктів шахти проводяться повторні збори місцевих громад та обговорення екологічних проблем. Контакти з громадськістю не перериваються і продовжуються на договірній основі.

**Головні висновки.** Таким чином, виконавши комплексне дослідження стану природних ресурсів, умов будівництва, якості вугілля і кон'юнктури ринку, гірничотехнічних параметрів і умов видобутку, в тому числі і з екологічної точки зору, а також оцінку економіко-фінансових параметрів і переваг проекту, можна зробити висновок, що проект будівництва шахти «Любельська» № 1-2 економічно доцільний, екологічно безпечним при постійному контролі стану компонентів природного середовища.

Для запобігання впливу об'єктів шахти на природне середовище, проектом передбачений комплекс науково обґрунтованих заходів організаційного, технологічного й інженерного характеру [10, 11], які спрямовані на захист:

1) атмосферного повітря в межах розрахункової зони (зниження забруднення атмосфери);

2) підземних і поверхневих вод (запобігання забруднення підземних і поверхневих вод);

3) геологічного середовища (зниження впливу на ландшафти);

4) ґрунтового покриву в районі будівництва й експлуатації запроектованих об'єктів, а також у межах санітарно-захисної зони;

5) рослинності й тваринного світу;

6) соціального середовища;

7) техногенного середовища (контроль за газопроявленням і деформацією земної поверхні).

Крім традиційного підходу до вирішення природоохоронних проблем, були розроблені та запропоновані інноваційні методи очищення шахтних вод і методи захисту поверхневих водойм та підземних вод від забруднення шахтними водами.

**Перспективи досліджень.** Досвід розробки родовища показує, що збільшення виробничої потужності шахти не чинитиме значного впливу на екологічний стан регіону та здоров'я людей. Оцінка екологічного та соціального впливу, проведена також і компанією «Wardell Armstrong», підтверджує, що проект не призведе до яких-небудь екологічних або соціальних проблем надалі.

Відповідно до міжнародних рекомендацій і законодавства України, громадські консультації щодо шахти «Любельська» № 1-2 триватимуть протягом усього періоду експлуатації вугільної шахти.

Незважаючи на екологічно та соціально прийнятні наслідки будівництва шахти, надзвичайно важливим є проведення моніторингу компонентів природного середовища з метою оперативного реагування при виникненні змін їх стану та при необхідності подальшої розробки технологічних природоохоронних заходів, спрямованих на зниження техногенного навантаження на довкілля.

**Література**


1. Проект будівництва шахти «Любельська» № 1-2 Львівсько-Волинського кам'яновугільного басейну України (коригування). Том І. Пояснювальна записка – Організація будівництва. – Кн. №5, П3759-П35. Державне підприємство «Проектування будівництва підприємств вугільної промисловості «ПІВДЕНДІПРОШАХТ». Харків, ДП «ПІВДЕНДІПРОШАХТ». 2016. 84 с.
2. Водний кодекс України, 1995 р. // *Відомості Верховної Ради України*. 1995. № 24. 99 с.
3. Меркулов В.А. Охрана природы на угольных шахтах [Текст] / В.А. Меркулов. М. : Недра, 1981. 184 с.
4. Черкинский С.Н. Санитарные условия спуска сточных вод в водоемы [Текст] / С.Н. Черкинский. Москва : Стройиздат, 1971. 208 с.
5. Звіт «Оцінка та обґрунтування екологічно прийнятних рішень з охорони водного середовища в умовах проходження стволів шахти «Любельська» № 1-2 та розроблення проекту ГДС в «Бутинський» канал на період будівництва». Кн. № 1 «Оцінка та обґрунтування екологічно прийнятних рішень з охорони водного середовища в умовах проходження стволів шахти «Любельська» № 1-2» [Текст]. Харків, УКРНДІЕП. 2011 р.
6. Доценко Е.А. Экологическое обоснование корректировки системы отведения шахтной воды на период проходки стволов шахты «Любельская» № 1-2 Львовско-Волынского угольного бассейна [Текст] / Е.А. Доценко, М.В. Бабаев, Н.К. Маркина // *Проблемы охраны окружающей природной среды и экологической безопасности* : сбр. науч. тр. УКРНИИЭП. Харьков : Райдер, 2015. Вип. XXXVII. С. 143–152.
7. Михайленко В.Г. Ресурсосберегающий комплекс деминерализации шахтной воды [Текст] / В.Г. Михайленко, М.В. Бабаев, А.Е. Хиневич // *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення:* матеріали IV Міжнародної наук.-практ. конф.: (8–12 вересня 2008 р, Харків) : зб. наук. статей. Харків, УКРНДІЕП, 2008. С. 387–391.

8. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища України у 2016 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://menr.gov.ua/news/31445.html.
9. Гриценко А.В., Маркіна Н.К., Бабаєв М.В., Доценко О.О., Гумен Я.М., Пилипенко Л.В. Оцінка очікуваних екологічних та соціальних наслідків будівництва вуглевидобувної шахти «Любельська» № 1-2 [Текст] / // *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки* : збр. наук. праць УКРНДІЕП. Харків : Райдер, 2018. Вип. 40. С. 115–132.
10. Доценко О.О. Особливості організації та проведення моніторингу підземних та поверхневих вод у районі розташування вуглевидобувної шахти «Любельська» № 1-2 Волино-Подільського вугільного басейну [Текст] / О.О. Доценко, Н.К. Маркіна, О.О. Дмитрієва, М.В. Бабаєв // *Проблеми охорони навколишнього природного середовища та екологічної безпеки* : збр. наук. праць УКРНДІЕП. Харків : Райдер, 2017. Вип. XXXVIII. С. 12–20.
11. Доценко Е.А. Программа комплексного мониторинга в условиях отведения шахтных вод по мелиоративному каналу в реку Рата (приток реки Западный Буг) [Текст] / Е.А. Доценко, Н.К. Маркина, М.В. Бабаев // *Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення*: матеріали X Міжнародної наук.-практ. конф.: (7-8 вересня 2014 р, Харків) : зб. наук. статей. Харків, УКРНДІЕП, 2014. С. 164–172.

УДК 581.526.2
DOI https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-4-27-37

# СИНАНТРОПНА ФРАКЦІЯ ФЛОРИ ПОЛІГОНУ ЗАХОРОНЕННЯ ТОКСИЧНИХ ВІДХОДІВ ГЕКСАХЛОРБЕЗОЛУ ПОБЛИЗУ М. КАЛУШ ІВАНО-ФРАНКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

**Рудейчук-Кобзєва М.Я.**
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника
вул. Галицька, 201, 76008, м. Івано-Франківськ
biologym@ukr.net

На хімічному концерні «Хлорвініл» (тепер – ТОВ «Оріана-Галев») у м. Калуш Івано-Франківської області протягом 1970–2000 рр. здійснювалося промислове хімічне виробництво хлорорганічних сполук, яке базувалося на прямому хлоруванні вуглеводневої сировини, головним чином метану. Воно супроводжувалося утворенням токсичних хлорорганічних відходів, 90% яких припадало на гексахлорбензол (ГХБ). Полігон для захоронення токсичних відходів було введено в експлуатацію з 1973 року до 2000 року. Гексахлорбензол (ГХБ) – стійкий органічний забрудник, який характеризується високим біоакумуляційним потенціалом і тривалим періодом напіврозпаду в трофічних ланцюгах живлення. Рослинність, яка спонтанно поселяється на таких порушених землях, є природними фітомеліорантами, а також природними зеленими фільтрами, що затримують пил та очищують повітря від шкідливих домішок. Саме тому метою нашого дослідження стало вивчення особливостей синантропної фракції флори Калуського полігону захоронення токсичних відходів гексахлорбензолу. Враховуючи те, що флора цієї території раніше не досліджувалась, першорядного значення набуває детальне дослідження процесів її відновлення, зокрема її синантропної фракції. Синантропна фракція флори полігону захоронення токсичних відходів гексахлорбензолу налічує 67 видів, які формують 19 родин і 55 родів. Це становить 55,37% від загальної кількості видів флори полігону. Апофітна фракція налічує 45 видів, адвентивна – 22 види. Аналіз натуралізації адвентивних видів рослин показав переважання серед них евапофітів, що пов'язано з інтенсивним відновленням території полігону, який призводить до формування антропогенних екотопів. Адвентивна фракція флори формується переважно завдяки видам Ірано-Туранського походження. *Ключові слова:* синантропна флора, гексахлорбензол (ГХБ), полігон захоронення токсичних відходів, екологічні групи рослин.

**Synanthropic fraction of the flora of hexahllorbenzene toxic waste landfill situated near Kalush of Ivano-Frankivsk region. Rudeichuk-Kobzieva M.** At chemical concern "Chlorvinil" (now – LLC "Oriana-Halev") in the city of Kalush in the Ivano-Frankivsk region during 1970–2000, industrial chemical production of organochlorine compounds was carried out, which was based on direct chlorination of hydrocarbon raw materials, mainly methane. Production was accompanied by the formation of toxic chlorine organic waste, 90% of which was attributable to hexachlorobenzene (HCB). The landfill for toxic waste disposal (Polygon) was commissioned from 1973 to 2000. Hexachlorobenzene (HCB) is a persistent organic contaminant that is characterized by high bioaccumulation potential and a long half-life in the food chain. Vegetation, which spontaneously settles on such disturbed lands are natural phytomeliorants, as well as natural green filters that detain dust and purify the air of harmful impurities. That is why the purpose of our study was to study the peculiarities of the synanthropic fraction of the flora of the Kalush landfill of toxic waste of hexachlorobenzene. Considering that the flora of this territory was not previously studied, the detailed study of the processes of its restoration, including its synanthropic fraction, becomes paramount. The synanthropic fraction of the flora of the landfill for the toxic waste of hexachlorobenzene has 67 species, which form 19 families and 55 genera. This amounts to 55.37% of the total number of species of the Polygon flora. Apophitic faction totals 45 species, adventive – 22 species. Analysis of the naturalization of adventive plant species showed a predominance of evapofits among them, which is associated with an intensive restoration of the territory of the landfill, which leads to the formation of anthropogenic ecotopes. The adventive fraction of flora is formed mainly due to species of Iran-Turanian origin. *Key words:* synanthropic fraction of the flora, hexachlorobenzene (HCB), landfill, ecological plant groups.

**Постановка проблеми.** Техногенні екотопи – це первинні і вторинні неоекотопи, які у своєму поширенні пов'язані з антропогенними формами рельєфу і є місцем зростання того чи іншого виду рослин. У них змінено всі екологічні фактори, необхідні для існування рослин. Рослини в техногенних екотопах виконують важливу функцію – оптимізацію, тобто покращення навколишнього середовища [1].

**Актуальність дослідження.** Враховуючи те, що флора цієї території раніше не досліджувалась, першорядного значення набуває детальне дослідження процесів її відновлення, зокрема її синантропної фракції.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Мета роботи – вивчити синантропну фракцію флори полігону захоронення токсичних відходів гексахлорбензолу та дослідити її особливості в умовах техногенної трансформації біотопу. Для досягнення поставленої мети виконували такі завдання: встановили систематичну характеристику видів, визначили належність видів до синантропної флори, здійснили екологічний аналіз синантропної флори.

**Новизна.** Вперше досліджено синантропну флору полігону захоронення гексахлорбензолу та здійснено її екологічний аналіз.

**Методологічне або загальнонаукове значення.** Територія дослідження, згідно з фізико-географічним районуванням України, розташована

в Передкарпатській височинній області гірського краю Українських Карпат. За геоботанічним районуванням України досліджувана територія припадає на Івано-Франківсько-Коломийський район Самбірсько-Івано-Франківського округу Східнокарпатської гірської підпровінції Європейської широколистянолісової області.

Флору полігону вивчали із застосуванням маршрутних і стаціонарних методів дослідження. Назви видів рослин наведено за переліком С.Л. Мосякіна й М.М. Федорончука [2].

Належність видів до синантропної фракції флори визначали на підставі переліку, поданого В.В. Протопоповою [3]. Аналіз адвентивної фракції флори проводився згідно з класифікацією Я. Корнася [4], модифікованою В.В. Протопоповою [3]. Екоморфи, що мають схожі адаптивні ознаки за відношенням до клімату, розглядаються як клімаморфи [5].

Під час складання екологічних характеристик видів використано екологічні шкали, які запропонував Я.П. Дідух. Для екологічного аналізу синантропної фракції флори нами було обрано такі фактори: режим зволоження (Hd), вміст засвоюваних форм азоту (Nt), вміст карбонатів (Ca), загальний сольовий режим (Sl) та кислотний режим ґрунту (Rc) [6].

**Виклад основного матеріалу.** На хімічному концерні «Хлорвініл» (тепер – ТОВ «Оріана-Галев») у м. Калуш Івано-Франківської області протягом 1970–2000 рр. здійснювалося промислове хімічне виробництво хлорорганічних сполук, яке базувалося на прямому хлоруванні вуглеводневої сировини, головним чином метану. Воно супроводжувалося утворенням токсичних хлорорганічних відходів, 90% яких припадало на гексахлорбензол (ГХБ).

Гексахлорбензол (далі – ГХБ) – стійкий органічний забрудник, який утворюється внаслідок промислового хімічного виробництва на основі тетрахлориду вуглецю, полівінілхлориду та перхлоретилену. ГХБ характеризується високим біоакумуляційним потенціалом і тривалим періодом напіврозпаду в трофічних ланцюгах живлення [7].

Унаслідок недотримання гідрогеологічних і ландшафтно-екологічних умов, порушення герметичності складування та корозії металевих ємностей, в яких зберігались відходи, відбулася міграція токсиканта у ґрунт і підземні води. Протягом 2010–2012 років було здійснено заходи з вилучення та вивезення з полігону суміші токсичних відходів гексахлорбензолу та забрудненого ґрунту.

Сьогодні на полігоні спостерігаються природні сукцесійні процеси рослинного покриву [8].

За результатами власних польових досліджень встановлено, що спонтанна флора полігону захоронення гексахлорбензолу представлена 121 видом із 86 родів, що належать до 30 родин, 3 класів і 2 відділів.

Дослідження проводили протягом 2012–2017 рр. Предметом дослідження була синантропна флора полігону, об'єктом дослідження – рослинний покрив полігону. Синантропна фракція флори полігону захоронення гексахлорбензолу охоплює 67 видів, які належать до 2 відділів (*Equisetophyta* та *Magnoliophyta*), 3 класів (*Equisetopsida*, *Magnoliopsida* та *Liliopsida*), 19 родин і 55 родів. Це становить 55,37% від загальної кількості видів флори полігону.

З них до відділу *Magnoliophyta*, класу *Magnoliopsida* належать 60 видів, 19 родин, 48 родів. До класу *Liliopsida* належать 6 видів із 1 родини та 5 родів. Із вищих спорових рослин на території полігону у складі синантропної фракції присутній один вид – *Equisetum arvense* L.

Під час аналізу флор значна роль надається 10 провідним родинам, які відображають основні властивості флори [9–11] і є головною частиною спектра. Аналізуючи систематичну структуру синантропної флори, встановлено домінування перших трьох родин: *Asteraceae*, *Brassicaceae*, *Fabaceae,* що становлять 56,89% від загального обсягу синантропної фракції флори. Перше місце посідає родина

Таблиця 1

**Спектр провідних родин флори полігону захоронення ГХБ**

| № | Родини | Кількість родів у родині | | Кількість видів у родині | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | в абс. ч. | у % | в абс. ч. | у % |
| 1 | *Asteraceae* Bercht. & J.Prels | 17 | 36,96 | 19 | 32,75 |
| 2 | *Brassicaceae* Burnett | 6 | 13,04 | 7 | 12,07 |
| 3 | *Fabaceae* Lindl. | 4 | 8,69 | 7 | 12,07 |
| 4 | *Poaceae* Barnhart | 5 | 10,87 | 6 | 10,34 |
| 5 | *Chenopodiaceae* Vent | 2 | 4,35 | 5 | 8,62 |
| 6 | *Polygonaceae* Juss. | 3 | 6,52 | 4 | 6,93 |
| 7 | *Caryophulaceae* Jusst. | 3 | 6,52 | 3 | 5,17 |
| 8 | *Lamiaceae* Martynow | 3 | 6,52 | 3 | 5,17 |
| 9 | *Apiaceae* Lindl | 2 | 4,35 | 2 | 3,44 |
| 10 | *Plantaginaceae* Juss. | 1 | 2,18 | 2 | 3,44 |
| Всього: | | 46 | 100% | 58 | 100% |

*Asteraceae.* Така висока позиція родини характерна майже для всіх природних флор земної кулі, зокрема для синантропної флори України [3]. Також панівна позиція цієї родини характерна загалом для флори Прикарпаття [12].

Друге місце належить родині *Brassicaceae.* Зростання ролі цієї родини внаслідок синантропізації флори зафіксовано також для інших територій [13]. В.В. Протопопова для території України пов'язує це з інвазією родів, характерних для ксеричних територій Середземноморської та Ірано-Туранської областей [3].

Третє місце посідає родина *Fabaceae,* що свідчить про значний вплив середземноморського елемента у формуванні синантропної флори. Десять провідних родин репрезентують 58 видів (86,57%) та 46 родів (83,64%). Інші родини представлені 9 видами і 9 родами, тобто родини є монотипними (табл. 1).

Є обернено пропорційна залежність між рангом систематичної одиниці та пристосованістю її до навколишнього середовища, тобто чим нижчий ранг таксономічної одиниці, тим більше вона залежна від навколишнього середовища, а відповідно, і більш чутливо реагує на його зміни. Тому доцільним є здійснення аналізу середньої ланки систематичної структури – родового спектра. Провідними родами синантропної флори полігону захоронення ГХБ є *Chenopodium* (3 види) та *Trifolium* (3 види). Роди *Persicaria*, *Rorippa*, *Melilotus*, *Plantago*, *Artemisia*, *Cirsium* та *Poa* налічують по 2 види, решта родів (46) є моновидовими.

Згідно з класифікацією синантропної флори Я. Корнася [4], виділено дві фракції – апофітну й адвентивну. Апофітна фракція (автохтонна флора) представлена 45 видами (67,2%), адвентивна фракція (алохтонна флора) – 22 видами (32,8%).

Автохтонна фракція синантропної флори полігону захоронення ГХБ налічує 45 видів, що належать до 16 родин і 36 родів. До евапофітів належать 26 видів (57,8%) – *Artemisia vulgaris* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Cirsium vulgare* (Savi) Ten., *Eupatorium cannabinum* L., *Taraxacum officinale* Wigg. aggr., *Elytrigia repens* (L.) Nevski, *Lolium perenne* L., *Poa annua* L., *Rumex crispus* L., *Melilotus albus* Medik, *Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Trifolium repens* L., *Daucus carota* L. та ін.

Геміапофіти налічують 13 видів (28,9%) – *Bidens tripartita* L., *Carduus crispus* L., *Cerastium holosteoides* Fries, *Chenopodium glaucum* L., *Viola tricolor* L., *Rorippa palustris* (L.) Bess, *Potentilla anserina* L., *Vicia cracca* L., *Heracleum sibiricum* L. та ін.

Частка спонтанних апофітів налічує 6 видів (13,3%) – *Trifolium arvense* L., *Mentha arvensis* L., *Tanacetum vulgare* L., *Odontites vulgaris* Moench, *Rorippa sylvestris* (L.) Bess, *Poa compressa* L.

Синантропній флорі полігону захоронення токсичних відходів ГХБ, як і багатьом іншим флорам України, властиве домінування апофітної фракції [14; 15] .

Віднесення видів до адвентивних мігрохроноелементів прийнято за класифікацією адвентивних рослин України В.В. Протопопової [3]. Адвентивна фракція полігону налічує 22 види, що належать до 9 родин та 22 родів. У складі адвентивних видів полігону за часом занесення переважають археофіти – 17 видів (77,27%). На частку кенофітів припадає 5 видів (22,73%).

За ступенем натуралізації адвентивні рослини полігону захоронення ГХБ поділено на три групи: епекофіти, агріофіти та ефемерофіти. Переважають епекофіти – 19 видів (86,4%), частка агріофітів становить 2 види (9,01%), ефемерофіти представлені 1 видом (4,59%).

Аналіз результатів розподілу адвентивного елемента за первинними ареалами дав змогу виділити 9 ареалогічних груп. За основу їх виділення використана розроблена для адвентивного елемента флори України класифікація В.В. Протопопової [3]. Виділені ареалогічні групи об'єднані в 6 еле-

Таблиця 2

**Спектр адвентивних мігроелементів та ареалогічних груп флори полігону захоронення ГХБ**

| Тип мікроелемента | Ареалогічні групи | Кількість видів | | |
|---|---|---|---|---|
| | | у групі | **всього** | **у %** |
| Середземноморсько-ірано-туранський | Середземноморсько-ірано-туранська | 3 | 3 | 13,64 |
| Ірано-туранський | Ірано-туранська | 4 | 6 | |
| | Центральноазійська | 1 | | |
| | Середньоазійська | 1 | | |
| Середземноморський | Середземноморська | 5 | 5 | 22,72 |
| Азійський | Азійська | 1 | 2 | 9,09 |
| | Індо-малайська | 1 | | |
| Північноамериканський | Північноамериканська | 4 | 4 | 18,18 |
| Європейський | Південноєвропейська | 1 | 1 | 4,54 |
| Невизначений | | 1 | 1 | 4,54 |
| Всього | | 22 | 22 | 100% |

ментів флори. Первинний ареал одного виду не встановлений. У складі адвентивних мігроелементів флори полігону захоронення ГХБ переважають види Ірано-Туранського походження (ірано-туранська, центральноазійська, середньо азійська групи) (табл. 2).

За системою класифікації клімаморф К. Раункієра [5], у складі синантропної фракції флори полігону захоронення ГХБ гемікриптофіти об'єднують 30 видів (44,78%), терофіти – 29 видів (43,28%), геофіти – 7 видів (10,45%), криптофіти – 1 вид (1,49%).

Одним із найважливіших екологічних факторів є ступінь зволоження субстрату [16]. У результаті проведеного аналізу види синантропної флори щодо режиму зволоження розподілені так: мезофіти – 27 видів (40,3%), субмезофіти – 20 видів (29,85%), гігромезофіти становлять 15 видів (22,39%), гігрофіти – 4 види (5,97%), до ксерофітів належить 1 вид (1,49%). Із мезофітів найбільш поширені *Chenopodium glaucum* L., *Chenopodium polyspermum* L., *Trifolium repens* L., *Vicia cracca* L., *Cirsium vulgare* (Savi) Ten., *Tanacetum vulgare* L., *Poa annua* L. та ін.

Важливим складовим елементом ґрунту, який визначає його родючість і лімітує поширення багатьох видів, є азот. Щодо вмісту його засвоюваних форм у ґрунті, рослини синантропної фракції флори розподіляються на такі екогрупи: нітрофіли – 32 види (47,76%), гемінітрофіли – 25 видів (37,31%), еунітрофіли – 8 видів (11,95%), субанітрофіли – 2 види (2,98%).

Карбонати виступають материнською породою зі специфічною флорою, а також беруть участь у процесах ґрунтоутворення, тому є важливою характеристикою ґрунтів [17]. За вимогами до вмісту карбонатів у ґрунті виділено 4 екологічні групи. Переважають акарбонатофіли – 29 видів (43,28%) – рослини нейтральних екотопів, що витримують незначний вміст карбонатів у ґрунті, та гемікарбонатофоби – 28 видів (41,79%) – рослини, які уникають карбонатних субстратів. Гемікарбонатофіли налічують 9 видів (13,44%), карбонатофоби – 1 вид (1,49%).

Важливою характеристикою екологічної специфіки флори є відношення видів до загального сольового режиму, який впливає на різні процеси ґрунтотворення і визначає адаптацію рослинних організмів [17]. Проведений аналіз показав, що більшість видів належить до семіевтрофів – 43 види (64,18%). Це, зокрема, *Poa compressa* L., *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv., *Taraxacum officinale* Weber in Wiggers., *Lamium album* L., *Artemisia absinthim* L., *Viola tricolor* L. та ін.

Евтрофи об'єднують 19 видів (28,36%), субглікотрофи – 3 види (4,48%) та мезотрофи – 2 види (2,98%).

У складі досліджуваної флори виділено 4 екологічні групи за відношенням до кислотного режиму ґрунту, з яких найбільш численними є субацидофіли – 36 видів (53,73%) – *Srergularia rubra* (L.) J. et C. Presl., *Trifolium repens* L., *Stachys palustris* L., *Plantago major* L. та ін. Нейтрофіли налічують 27 видів (40,31%), ацидофіли – 3 види (4,48%), базофіли – 1 вид (1,49%).

**Головні висновки.** Після рекультивації ґрунтового покриву на території полігону захоронення відходів ГХБ відбуваються природні процеси відновлення рослинності, яка у зв'язку з неоднорідністю гідрологічних та едафічних умов вирізняється широким спектром екологічних, біоморфологічних і таксономічних груп.

Синантропна фракція флори полігону захоронення токсичних відходів гексахлорбензолу налічує 67 видів, які формують 19 родин і 55 родів. Це становить 55,37% від загальної кількості видів флори полігону. Апофітна фракція налічує 45 видів, адвентивна – 22 види. Аналіз натуралізації адвентивних видів рослин показав переважання серед них евапофітів, що пов'язано з інтенсивним відновленням території полігону, який призводить до формування антропогенних екотопів. Адвентивна фракція флори формується переважно завдяки видам Ірано-Туранського походження.

Отже, синантропна флора полігону вирізняється біоморфологічним та екологічним різноманіттям.

**Перспективи використання результатів дослідження** базуються на можливості використання результатів дослідження як навчально-методичних матеріалів на кафедрі біології та екології Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.

**Література**


1. Екоморфологічний аналіз ранньоквітучих видів рослин в техногенних екотопах південного сходу України / Глухов О.З., Хархота Г.І., Прохорова С.І., Агурова І.В., Жуков С.П. // *Екологія та ноосферологія*. 2011. Т. 22. № 3–4. С. 48–57.
2. Mosyakin S.L., Fedoronchuk M.M. Vascular Plants of Ukraine a nomenclatural checklist. Kyiv : M.G. Kholodny Institute Botany, 1999. 345 p.
3. Протопопова В.В. Синантропная флора Украины и пути ее развития. Киев : Наукова думка, 1991. 204 с.
4. Kornaś J. A geographical-historical classification of synantropic plants. *Mater. Zakl. Fitisoc. Stos. U.W.* 1968. ґ 25. P. 33–41.
5. Raunkiaer C. The Life forms of Plants and Statical Plant Geographie. Oxford, 1934. 632 p.
6. Didukh Ya.P. The ecological scales of the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication. Kyiv : Phytosociocentre, 2011. 176 p.
7. Kaupp H., McLachlan M.S. Distribution of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans (PCDD/Fs) and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) within the full sice range of atmospheric particles. *Atmospheric Environ*. 2000. 34, N 1. P. 73–83.

8. Parpan V.I., Shumska N.V., Rudeichuk-Kobzeva M.J., Mylenka M.M. Syntaxonomy of vegetation of Kalush hexachlorobenzene toxic waste landfill (Ivano-Frankivsk region). *Vìsn. Dnìpropetr. Unìv. Ser. Bìol. Ekol.* 2016. № 24 (2). P. 364–370.
9. Толмачев А.И. Введение в географию растений. Ленинград : Изд-во ЛГУ, 1974. 244 с.
10. Шмидт В.М. Статистические методы в сравнительной флористике. Ленинград : Изд-во Ленинград. ун-та, 1980. 176 с.
11. Новосад В.В. Флора Керченско-Таманского региона. Киев : Наукова думка, 1992. 280 с.
12. Ткачик В.П. Флора Прикарпаття. Львів : НТШ, 2000. 254 с.
13. Бурда Р.И. Антропогенная трансформация флоры. Київ : Наукова думка, 1991. 168 с.
14. Аркушина Г.Ф. Урбанофлора Кіровограда : автореф. дис. … канд. біол. Наук : 03.00.05 – «Ботаніка». Ялта, 2007. 20 с.
15. Губарь Л.М. Урбанофлора южной части Малого Полесья : автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Киев, 2006. 20 с.
16. Дідух Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів. Київ : Наукова думка, 1994. 280 с.
17. Дідух Я.П., Плюта П.Г., Протопопова В.В. та ін. Екофлора України / відпов. ред. Я.П. Дідух. Київ : Фітосоціоцентр, 2000. Т. 1. 284 с.

# ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Адамчук Валерій Васильович (Київ)** – доктор технічних наук, професор, академік Національної академії аграрних наук України, Навчально-науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» Національної академії аграрних наук України.

**Алексєєва Анна Олександрівна (Миколаїв)** – старший викладач, Чорноморський національний університет імені Петра Могили.

**Аллан Вентцель (Таллін, Естонська Республіка)** – директор "PulsTECH" LLC.

**Барабаш Олена Василівна (Київ)** – кандидат біологічних наук, доцент, Національний транспортний університет.

**Безпальченко Віолета Михайлівна (Херсон)** – кандидат хімічних наук, доцент, Херсонський національний технічний університет.

**Берестовой Анатолій Михайлович (Маріуполь)** – доктор технічних наук, професор кафедри автомобільного транспорту, Приазовський державний технічний університет.

**Бистрянцева Анастасія Миколаївна (Херсон)** – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри алгебри, геометрії та математичного аналізу, Херсонський державний університет.

**Бобро Олена Валеріївна (Одеса)** – кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри біології та охорони здоров'я, ДЗ «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського».

**Бобро Олена Валеріївна (Одеса)** – кандидат медичних наук, доцент, доцент кафедри біології та охорони здоров'я, ДУ «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського».

**Бойко Микола Іванович (Харків)** – доктор технічних наук, професор кафедри інженерної електрофізики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».

**Борисов Віталій Валерійович (Мелітополь)** – аспірант кафедри екологічної безпеки та раціонального природокористування, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького.

**Бровко Ірина Степанівна (Київ)** – кандидат біологічних наук, виконавчий директор ТОВ «Інститут Агробіології».

**Войтюк Юлія Юріївна (Київ)** – кандидат геологічних наук, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка Національної академії наук України.

**Волков Данило Володимирович (Маріуполь)** – аспірант кафедри автомобільного транспорту, Приазовський державний технічний університет.

**Гомеля Микола Дмитрович (Київ)** – доктор технічних наук, професор, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

**Гордій Наталія Михайлівна (Кам'янець-Подільський)** – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри екології, Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка.

**Григор'єва Людмила Іванівна (Миколаїв)** – доктор біологічних наук, професор, Чорноморський національний університет імені Петра Могили.

**Данілян Анатолій Григорович (Одеса)** – старший викладач кафедри суднових енергетичних установок і систем, механік I розряду, консультант-експерт ООО НПФ «Эко-Авто-Титан» (Україна), Міжнародна академія екології, Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія».

**Двірна Тетяна Сергіївна (Київ)** – кандидат біологічних наук, науковий співробітник лабораторії охорони біорізноманіття та рослинних ресурсів відділу систематики та флористики судинних рослин, Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного Національної академії наук України.

**Дем'янюк Олена Сергіївна (Київ)** – доктор сільськогосподарських наук, Інститут агроекології та природокористування Національної академії аграрних наук України.

**Дишель Галина Олександрівна (Одеса)** – старший викладач кафедри біології та охорони здоров'я, ДУ «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К.Д. Ушинського».

**Дібольский Сергій (Херсон)** – студент, Херсонський національний технічний університет.

**Дмитрієва Олена Олексіївна (Харків)** – доктор економічних наук, заступник директора з наукових робіт та маркетингу наукових досліджень, завідувач лабораторії, Український науково-дослідний інститут екологічних проблем.

**Доценко Олена Олександрівна (Харків)** – науковий співробітник лабораторії, Екологічна гідрогеологія та оцінювання екологічного стану територій Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем».

**Доценко Костянтин Олександрович (Київ)** – провідний спеціаліст відділу проведення державних закупівель, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

**Євтушенко Костянтин В'ячеславович (Київ)** – кандидат біологічних наук, науковий співробітник, Інститут зоології імені І. І. Шмальгаузена Національної академії наук України.

**Жукаускас Сергій Вікторович (Київ)** – заступник начальника управління з питань оцінки впливу на довкілля та дозвільно ліцензійної діяльності і контролю Мінприроди України, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

**Захматов Володимир Дмитрович (Київ)** – доктор технічних наук, професор, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління; науковий консультант "PulsTECH" (Естонська Республіка).

**Зінченко Наталія Юріївна (Київ)** – старший викладач кафедри харчової хімії, Національний університет харчових технологій.

**Іванець Олег Романович (Львів)** – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри зоології, Львівський національний університет імені Івана Франка.

**Камаєв Віктор Сергійович (Київ)** – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

**Ковба Анастасія Миколаївна (Київ)** – студентка магістратури кафедри машин та апаратів хімічного і нафтопереробного виробництва, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

**Колдоба Ірина Вікторівна (Харків)** – старший науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут екологічних проблем.

**Копитовський Максим Валерійович (Київ)** – магістр кафедри компютеризованих систем захисту інформації, Національний авіаційний університет.

**Котинський Андрій Валерійович (Київ)** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри екологічної безпеки та охорони праці, Національний університет харчових технологій.

**Кошелєв Олександр Іванович (Мелітополь)** – доктор біологічних наук, професор, професор кафедри екологічної безпеки та раціонального природокористування, Мелітопольський державний педагогічний університет імені Богдана Хмельницького.

**Кравченко Ірина Йосипівна (Київ)** – кандидат економічних наук, асистент кафедри обліку і аудиту, Національний університет харчових технологій.

**Кратюк Олександр Леонідович (Житомир)** – кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри експлуатації лісових ресурсів, Житомирський національний агроекологічний університет.

**Куденко Анастасія Володимирівна(Київ)** – магістр з мікробіології та вірусології. Мікробіолог ТОВ «Інститут агробіології».

**Кузнєцов Сергій Іванович (Херсон)** – кандидат технічних наук, доцент кафедри хімії і екології, Херсонський національний технічний університет.

**Кураєва Ірина Володимирівна (Київ)** – доктор геологічних наук, професор, Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення імені М.П. Семененка Національної академії наук України.

**Лисенко Геннадій Миколайович (Ніжин)** – кандидат біологічних наук, доцент, Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя.

**Литвинюк Леонтій Каленикович (Київ)** – кандидат технічних наук, Навчально-науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» Національної академії аграрних наук України.

**Луньова Оксана Володимирівна (Київ)** – кандидат технічних наук, доцент, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

**Майборода Олена Іванівна (Київ)** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри харчової хімії, Національний університет харчових технологій.

**Майзеліс Антоніна Олександрівна (Харків)** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, кафедра технічної електрохімії, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».

**Макогон Артем Віталійович (Харків)** – аспірант кафедри інженерної електрофізики, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут».

**Малєєв Володимир Олексійович (Херсон)** – кандидат сільсько-господарських наук, доцент, Херсонський національний технічний університет.

**Машков Олег Альбертович (Київ)** – доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, проректор з наукової роботи, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

**Мінарченко Валентина Миколаївна (Київ)** – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри фармакогнозії та ботаніки, Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, провідний науковий співробітник лабораторії охорони біорізноманіття та рослинних ресурсів відділу систематики та флористики судинних рослин, Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного Національної академії наук України.

**Міхеєв Володимир Сергійович (Київ)** – заступник Голови, Державне космічне агентство України.

**Ничик Оксана Василівна (Київ)** – кандидат технічних наук, доцент кафедри екологічної безпеки та охорони праці, Національний університет харчових технологій.

**Нігородова Світлана Анатоліївна (Київ)** – Національний Координатор Програм грантів ГЕФ, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

**Нікіфоренко Віктор Михайлович (Київ)** – директор ТОВ «Порт Формат».

**Новодворський Володимир Валерійович (Київ)** – аспірант кафедри машин та апаратів хімічного і нафтапереробного виробництва, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

**Павлов Валерій Георгійович (Київ)** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри обчислювальної техніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

**Пасічник Сергій Валентинович (Ніжин)** – кандидат біологічних наук, доцент, Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя.

**Пелепчук Ольга Сергіївна (Одеса)** – кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри теорії та методики фізичного виховання і спорту, ДУ «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського».

**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.

**Подгурська Ірина Олександрівна (Київ)** – магістр з біотехнологій, директор ТОВ «Інститут Агробіології».

**Попова Інна Вадимівна (Київ)** – кандидат технічних наук, доктор філософських наук, доцент кафедри харчової хімії, Національний університет харчових технологій.

**Присяжний Володимир Ілліч (Київ)** – начальник, Національний центр управління та випробувань космічних засобів.

**Романовська Ольга Романівна (Одеса)** – старший викладач кафедри гуманітарних дисциплін, Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія».

**Рубановська Наталія Василівна (Кам'янець-Подільський)** – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри біології та методики її викладання, Кам'янець-Подільський національний університет імені Івана Огієнка.

**Рудейчук-Кобзєва Мар'яна Ярославівна (Івано-Франківськ)** – аспірант кафедри біології та екології, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника.

**Руденко Михайло Миколайович (Київ)** – кандидат технічних наук, доцент, Воєнно-дипломатична академія імені Євгенія Березняка.

**Семенова Олена Іванівна (Київ)** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри екологічної безпеки та охорони праці, Національний університет харчових технологій.

**Сімурова Наталія В'ячеславівна (Київ)** – кандидат хімічних наук, доцент кафедри харчової хімії, Національний університет харчових технологій.

**Слонов Михайло Юрійович (Київ)** – кандидат технічних наук, доцент, Воєнно-дипломатична академія імені Євгенія Березняка.

**Спатару Катерина Вадимівна (Київ)** – бакалавр з біотехнологій, лаборант-мікробіолог ТОВ «Інститут Агробіології».

**Степова Олена Валеріївна (Полтава)** – кандидат технічних наук, доцент, Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка.

**Тимченко Ірина Андріївна (Київ)** – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, лабораторії охорони біорізноманіття та рослинних ресурсів відділу систематики та флористики судинних рослин, Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного Національної академії наук України.

**Тірон-Воробйова Наталія Борисівна (Одеса)** – кандидат технічних наук у галузі «біотехнологія», старший викладач кафедри загальнонаукових дисциплін, Дунайський інститут Національного університету «Одеська морська академія».

**Тогачинська Ольга Василівна (Київ)** – кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри екологічної безпеки та охорони праці, Національний університет харчових технологій.

**Томілін Юрій Андрійович (Миколаїв)** – доктор біологічних наук, професор, Чорноморський національний університет імені Петра Могили.

**Туровська Галина Іванівна (Рівне)** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри охорони праці та безпеки життєдіяльності, Національний університет водного господарства та природокористування.

**Фіцайло Тетяна Василівна (Київ)** – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник відділу геоботаніки та екології, Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного Національної академії наук України.

**Футорна Оксана Андріївна (Київ)** – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, Науково-навчальний центр «Інститут біології та медицини» Київського національного університету імені

Тараса Шевченко; Національний медичний університет імені О.О. Богомольця; науковий співробітник лабораторії охорони біорізноманіття та рослинних ресурсів відділу систематики та флористики судинних рослин, Інститут ботаніки імені М.Г. Холодного Національної академії наук України.

**Хамула Сергій Васильович (Київ)** – кандидат технічних наук, доцент, Воєнно-дипломатична академія імені Євгенія Березняка.

**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.

**Хлестова Ольга Анатоліївна (Маріуполь)** – доцент, завідувач кафедри охорони праці й навколишнього середовища, Приазовський державний технічний університет.

**Хоренжая Ірина Віталіївна (Київ)** – кандидат технічних наук, головний консультант секретаріату, Комітет Верховної Ради України з питань екологічної політики, природокористування та ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи.

**Чабанюк Ярослав Васильович (Київ)** – доктор сільськогосподарських наук, головний радник ТОВ «Інститут Агробіології».

**Шахман Ірина Олександрівна (Херсон)** – кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри екології та сталого розвитку імені професора Ю.В. Пилипенка, ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет».

**Швед Дмитро Миколайович (Київ)** – кандидат технічних наук, провідний інженер кафедри машин та апаратів хімічного і нафтопереробного виробництва, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

**Швед Микола Петрович (Київ)** – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

**Шевченко Роман Юрійович (Київ)** – кандидат географічних наук, доцент кафедри заповідної справи, Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління.

**Щербак Микола Володимирович (Київ)** – кандидат технічних наук, начальник відділу пожежної безпеки «ГіпроГражданСтрой»; науковий консультант “PulsTECH” (Естонська Республіка).

**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.

**Наукове видання**

# ЕКОЛОГІЧНІ НАУКИ

НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ **4(27)**

- ***Екологія і виробництво***
- ***Проблеми еколого-збалансованого розвитку***
- ***Зміна клімату***
- ***Екологія та економіка природокористування***
- ***Біологічна безпека***
- ***Теоретико-методологічні питання в галузі охорони довкілля***
- ***Розвиток природно-заповідного фонду України***
- ***Збереження біорізноманіття***
- ***Інноваційні аспекти підвищення рівня екобезпеки***
- ***Поводження з відходами***
- ***Сторінка молодого вченого***

Адреса редакції:
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
вул. Митрополита Василя Липківського, 35, корпус 2, Київ, 03035;
тел./факс (+38 044) 206-30-34;
www.ecoj.dea.kiev.ua
e-mail: info@ecoj.dea.kiev.ua

Видавничий дім «Гельветика»
E-mail: mailbox@helvetica.com.ua Свідоцтво суб’єкта видавничої справи
ДК № 6424 від 04.10.2018 р.

Підписано до друку 18.12.2019. Формат 64х90/8.
Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman. Цифровий друк.
Ум.-друк. арк. 28,13. Тираж 100. Замовлення № 1119/259.
Ціна договірна. Віддруковано з готового оригінал-макета