

ВІСНИК

Національного університету
водного господарства та
природокористування

ISSN 2306-5478

В И П У С К 1(105)

<https://doi.org/10.31713/vs120240>

Заснований
у 1999 р.

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

Збірник наукових праць

**Сільськогосподарські
науки**

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

Телефон: (0362)63-57-31

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

Головний редактор: Мошинський В. С.,
д.с.-г.н., професор, ректор.

Заступник головного редактора: Савіна Н. Б.,
д.е.н., професор, проректор з наукової роботи та міжнародних зв'язків.

Відповідальний секретар: Вознюк Н. М.,
к.с.-г.н., професор, професор кафедри екології,
технології захисту навколишнього
середовища та лісового господарства.

Редакційна колегія:

Клименко М. О., д.с.-г.н., професор,
завідувач кафедри екології, технології захисту
навколишнього середовища та лісового
господарства (НУВГП, Рівне)

Прищепя А. М., д.с.-г.н., професор,
директор навчально-наукового інституту
агроекології та землеустрою (НУВГП, Рівне)

Лико Д. В., д.с.-г.н., професор,
завідувач кафедри екології, географії та туризму
(Рівненський державний гуманітарний
університет, Рівне)

Польовий В. М., д.с.-г.н., професор,
академік НААН України, професор кафедри
агрохімії, ґрунтознавства та землеробства
(НУВГП, Рівне)

Скрипчук П. М., д.е.н., професор, професор
кафедри менеджменту (НУВГП, Рівне)

Гриб Й. В., д.б.н., професор, професор кафедри
водних біоресурсів (НУВГП, Рівне)

Клименко О. М., д.с.-г.н., професор,
професор кафедри туризму та готельно-
ресторанної справи (НУВГП, Рівне)

Бедункова О. О., д.б.н., доцент,
професор кафедри екології, технології захисту
навколишнього середовища та лісового
господарства (НУВГП, Рівне)

Гроховська Ю. Р., д.с.-г.н., професор,
професор кафедри водних біоресурсів
(НУВГП, Рівне)

Лисиця А. В., д.б.н., доцент, професор кафедри
екології, географії та туризму (Рівненський
державний гуманітарний університет, Рівне)

Мудрак О. В., д.с.-г.н., професор, завідувач
кафедри екології, природничих та математичних
наук (Комунальний вищий навчальний заклад
«Вінницька академія неперервної освіти»
(м. Вінниця)

Ковальчук Н. С., к.с.-г.н., доцент,
доцент кафедри екології, технології захисту
навколишнього середовища та лісового
господарства (НУВГП, Рівне)

Ліхо О. А., к.с.-г.н., доцент, доцент кафедри
екології, технології захисту навколишнього
середовища та лісового господарства (НУВГП,
Рівне)

Личук Тарас, Міністерство сільського
господарства Канади, головний
науковий співробітник, керівник дослідницької
програми точного землеробства, Ph.D
(Оттава, Канада)

Панасюк Даміан, доктор філософії (Wydział
Inżynierii Środowiska), професор факультету
біології та екології, Університет кардинала
Стефана Вишинського (м. Варшава, Польща)

Матеріали збірника розглянуто і рекомендовано до видання
Вченою радою університету 23 лютого 2024 р., протокол № 2.

Адреса редколегії: 33028, м. Рівне, вул. Соборна, 11, НУВГП
© Національний університет водного господарства
та природокористування, 2024

BULLETIN
NATIONAL UNIVERSITY OF
WATER AND ENVIRONMENTAL
ENGINEERING

ISSN 2306-5478
VOLUME 1(105)

<https://doi.org/10.31713/vs120240>

Founded
In 1999

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

Collection of Scientific Papers

Agricultural Sciences

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

Tel: (0362)63-57-31

© National University of Water and
Environmental Engineering, 2024

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

Senior Editor: Moshynskiy V. S.,

Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Rector.

Deputy Editor: Savina N. B., Doctor of Economics, Professor,
Vice-Rector for Research and International Relations.

Executive Secretary: Vozniuk N. M.,

Candidate of Agricultural Sciences, Professor, Professor of

Ecology, Technologies of Environmental Protection and Forestry Department.

Scientific Editorial Board:

Klymenko M. O., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of Ecology, Technologies of Environmental Protection and Forestry Department (NUWEE, Rivne)

Pryshchepa A. M., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Director of Institute of Agroecology and Land Management (NUWEE, Rivne)

Lyko D. V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of Ecology, Geography and Tourism Department (Rivne State Humanitarian University)

Polovyi V. M., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of NAAS of Ukraine, Professor of Agrochemistry, Soil Science and Agriculture Department (NUWEE, Rivne)

Skrypchuk P. M. Doctor of Economics, Professor, Professor of Management Department (NUWEE, Rivne)

Hryb Y. V., Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of Water Bioresources Department (NUWEE, Rivne)

Klymenko O. M., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of Tourism and Hotel and Restaurant Business Department (NUWEE, Rivne)

Biedunkova O. O., Doctor of Biological Sciences, Associate Professor, Professor of Ecology, Technologies of Environmental Protection and Forestry Department (NUWEE, Rivne)

Hrokhovska Y. R., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Professor of Water Bioresources Department (NUWEE, Rivne)

Lysytsia A. V., Doctor of Biological Sciences, Professor of Ecology, Geography and Tourism Department (Rivne State Humanitarian University)

Mudrak O. V., Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology, Natural and Mathematical Sciences (Municipal Higher Educational Institution «Vinnytsia Academy of Continuing Education») (Vinnytsia)

Kovalchuk N. S., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Ecology, Technologies of Environmental Protection and Forestry Department (NUWEE, Rivne)

Likho O. A., Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of Ecology, Technologies of Environmental Protection and Forestry Department (NUWEE, Rivne)

Lychuk Taras, Department of Agriculture of Canada, chief researcher, head of the research program of precision agriculture, Ph.D (Ottawa, Canada)

Panasiuk Damian, Doctor of Philosophy, Professor of Biology and Environmental Sciences Faculty, Cardinal Stefan Wyszyński University in Warsaw (Warsaw, Poland)

All papers have been reviewed and accepted for publication
by the Academic Council of the University on February 23, 2024,
Academic Council Meeting Minutes #2.

Scientific Editorial Board Address: 33028, Rivne, vul. Soborna, 11, NUWEE
© National University of Water and Environmental Engineering, 2024

Боровий В. О., д.т.н., професор (Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, м. Умань, Черкаська область, viktor.borowoy@fes.kiev.ua), **Максютов А. О., к.пед.н., доцент** (Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, м. Умань, Черкаська область, andriy.maksyutov@udpu.edu.ua), **Брежицька О. А., к.с.-г.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, l.a.bregucka@nuwm.edu.ua)

ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ УРБАНІЗОВАНИХ ТЕРИТОРІЙ УКРАЇНИ

Проведено оцінку можливостей використання альтернативної електроенергетики для забезпечення потреб урбанізованих територій України. Охарактеризована ресурсно-сировинна база України та узагальнено напрями розвитку її енергетичного потенціалу, встановлено можливості енергозбереження на основі альтернативних технологій на урбанізованих територіях нашої держави. Охарактеризовано наукові засади та технології перетворення енергії альтернативних, природних і техногенних джерел. Охарактеризовано створення технологій використання підземних вод для опалення і водопостачання. Наведено принципи використання геотермальних енергоносіїв. Доведено енергоефективність системи функціонування сонячного та вітрового електропостачання.

В результаті дослідження встановлено, що особливе місце в системі енергопостачання урбанізованих територій України відводиться альтернативній електроенергетиці, яка характеризується досить високою собівартістю та використанням сучасних прогресивних технологій. У зв'язку з цим виникає чимало невирішених питань щодо використання альтернативних енергоносіїв на урбанізованих територіях України.

Ключові слова: технології виробництва електроенергії; енергоносіїв; енергетичний потенціал; енергоефективність; альтернативна електроенергетика; урбанізовані території.

Постановка проблеми. Україна входить до числа провідних мінерально-сировинних держав світу. Поєднання різновікових структурних елементів, що сформувалися внаслідок процесів формування земної кори, обумовило широкий діапазон корисних копалин, що складають мінерально-сировинну базу країни. Україна, яка займає всього 0,4% земної суші, володіючи при цьому 5% мінерально-сировинного потенціалу світу. В Україні розвідано 20 тисяч родовищ із 200 видами корисних копалин. Найбільше економічне значення мають кам'яне вугілля, нафта і газ, залізні і марганцеві руди, самородна сірка, кам'яна і калійна солі, нерудні будматеріали, мінеральні води [8, С. 71].

Використання корисних копалин та традиційних видів енергозабезпечення маю давню історію, проте сучасні умови диктують зовсім новий підхід щодо раціонального використання надр Землі та використання нетрадиційних або альтернативних джерел енергозабезпечення. Енергетичний сектор промисловості відіграє вирішальну роль у промисловому виробництві та забезпеченні потреб населення.

В Україні виділяють чотири напрями енергетики: традиційна енергетика на основі органічного палива (нафта, газ, вугілля, сланці, торф), гідроенергетика, атомна енергетика і відновлювані джерела енергії. Під альтернативною енергетикою розуміються чотири основні напрями: відновлювані джерела енергії (сонячна енергія, геотермальна, вітрова, біомаса, низькопотенційне тепло Землі, води, повітря, гідравлічна, енергія хвиль, припливи, відпливи морської води); вторинні відновлювані джерела енергії (тепло промислових і побутових стоків, тепло і газ векляції, тверді побутові відходи; нетрадиційні технології використання не відновлюваних і відновлюваних джерел енергії (воднева енергетика, газифікація і піроліз, каталітичні методи спалювання і переробки органічного палива, синтетичного палива); енергетичні установки (чи перетворювачі), наприклад, теплові насоси, гідропарові турбіни, установки прямого перетворення енергії – паливні елементи, фотоелектричні перетворювачі, термоелектричні генератори, термоемісійні генератори тощо [5, С. 68].

В різних країнах світу величина енергоспоживання на душу населення постійно зростає. Збільшувати виробництво енергії можна двома шляхами. Перший – за рахунок збільшення виробництва

енергії і другий – використати принципи енергоресурсозбереження, майже не збільшуючи виробництво енергії. У цьому є досить тісна взаємодія між виробництвом, споживанням енергії і енергоресурсозбереженням.

Україна володіє великим потенціалом енергозбереження. Він складає понад 40% від загального енергоспоживання. Це значить те, що майже половина виробленої енергії витрачається не раціонально, обігриваючи зовнішнє середовище. Але для реалізації такого потенціалу енергозбереження необхідні значні цільові інвестиції, яких в Україні просто немає. Потенціал відновлюваних джерел енергії в Україні є ще більшим [8, С. 71].

Отже, зважаючи на небезпечні виклики сьогодення (подолання енергетичної кризи, забезпечення енергетичної незалежності, зміцнення вітчизняної електроенергетичної системи) вкрай необхідним є розвиток та використання альтернативної електроенергетики для забезпечення потреб урбанізованих територій України.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження особливостей використання альтернативних видів енергозабезпечення відображені у працях вітчизняних та зарубіжних вчених: Булгакова В. М., Драганова Б. Х., Амерджієва Р. А. [1], Волевахи М. М., Гойса Н. І. [2], Гелетухи Г. Г., Желізної Т. А., Жовніра М. М. [3], Зіміна Л. Б. [5], Ковалко М. П., Денисюка С. П. [6], Корчемного М., Федорейко В., Щербань В. [7], Кудря С. О., Рєзцова В. Ф., Суржика Т. В., Яценко Л. В. [8], Мацевітого Ю. М., Ценципера А. І. [9], Півняка Г. Г., Бешти О. С., Табаченко М. М. [12], Разумного Ю. Т., Заїки В. Т., Степаненко Ю. В. [13], Ріхтера Л. А. [14], Твайделла У. А. [15], Фальштинського В. С., Дичковського Р. О., Табаченко М. М. [16] та інших.

Мета і завдання досліджень. Охарактеризувати можливості використання альтернативної електроенергетики для забезпечення потреб урбанізованих територій України.

Визначити конструктивне значення та потенціал використання альтернативної електроенергетики.

Виявити та охарактеризувати основні особливості, переваги та недоліки використання альтернативної електроенергетики.

Виклад основного матеріалу досліджень. Сьогодні великий інтерес викликають методи прямого перетворення енергії. До них

відносять електрохімічні, фотоелектричні, термоелектричні, термоемісійні і магнітогідродинамічні перетворювачі. Із електрохімічних перетворювачів сьогодні найбільший інтерес викликають паливні елементи. В них відбувається пряма трансформація хімічної енергії в електричну. На відміну від гальванічних елементів, тут маються витратні матеріали – паливо й окислювач.

В межах нашого дослідження варто охарактеризувати розвиток нетрадиційних технологій енергозабезпечення на основі біомаси. Біопаливо – це постійно відновлюване джерело енергії, яке може забезпечити використання енергії для тепло- і холодопостачання, виробництва електричної енергії, а також у транспортному секторі. Паливо, створене на основі біомаси, можна легко зберігати і використовувати для задоволення пікової і базової енергетичної потреби. Біологічне паливо, аналогічно традиційному буває твердим, рідким чи газоподібним, тому може безпосередньо замінити викопне паливо повністю чи частково, тобто змішуватися з традиційним в різних процентних відношеннях. В останньому випадку частіше всього навіть не потрібна модернізація обладнання [3, С. 85].

За останні десятиліття досягнуто значного прогресу в процесах одержання і обробки біомаси, що дозволило збільшити число конкурентоспроможних, надійних і ефективних технологій, наприклад, спалювання міських твердих побутових відходів, одержання біологічного газу методом анаеробного зброджування тощо. В процесі розробки технологій знаходяться нові можливості з застосуванням більш складних процесів і методів перетворення енергії (газифікація, піроліз). Розробляються технології теплопостачання з застосуванням біомаси. Паливні гранули (пілети), стружка і інші побічні продукти сільського і лісового господарства, відходів збагачувальних підприємств є сировиною для біотеплопостачання. Створення нових котлів на паливних гранулах у побутовому секторі, будівництво нових підприємств з виробництва пелет і реконструкція існуючого обладнання (котлів, бойлерів, топок) для спалювання повинні призвести до значного розширення ринку паливних гранул [4, С. 117].

Проблема підвищення якості і ефективності використання біогазу поступово виходить на передній план розвитку відповідної технології. Газова установка слугує ефективним засобом переробки

сільськогосподарських і тваринних відходів за рахунок анаеробної ферментації (листя, бадилля, стебла рослин, солома, лушпиння соняшнику, кукурудзяні качани, гній скотарських ферм і послід птахофабрик), а також комунальні відходи на очисних спорудах тощо. Їх застосування дозволяє вирішити три завдання, важливих з енергетичної, сільськогосподарської і екологічної точки зору: отримати біогаз, перетворити відходи на доходи (високоєфективні добрива), знешкодити навколишнє середовище від різних збудників захворювань людини і тварин, оскільки такі збудники гинуть в процесі бродіння біомаси.

Із вторинних відновлюваних джерел енергії особливої уваги заслуговують горючі тверді побутові відходи. Побутові й інші відходи – це одна із великих екологічних проблем сучасного суспільства. Особливість твердих побутових відходів полягає у тому, що їх можна застосовувати для одержання теплової й електричної енергії. Можливі різні методи одержання енергії з твердих побутових відходів, один з них – одержання біогазу, який є продуктом анаеробного зброджування у звалищах і являє собою суміш метану і вуглекислого газу. Сьогодні розроблені методи піролізу, газифікації і спалювання побутових і промислових відходів з одержанням синтез-газу і теплової енергії із застосуванням електродугового плазмотрона, а також плазмотрона з рідиннометалічними електродами. Це досить дорогі і складні технології, але їх потрібно використовувати для знешкодження небезпечних відходів. Особливістю цих проєктів є виробництво теплової і електричної енергії, а також будівельних матеріалів [13, С. 166].

Важливим елементом альтернативного енергозабезпечення є породні гірничі відвали – джерело теплової енергії [16, С. 10]. У нинішній час на території України у гірничовидобувних регіонах знаходяться понад 2400 породних відвалів, які негативно впливають на екологічну обстановку та ландшафт навколишнього середовища. Проблему шахтних териконів можна вирішити шляхом використання їх як нетрадиційних джерел теплової і електричної енергії. Одним із варіантів вирішення цієї проблеми є газифікація відвалів. Процес газифікації породних відвалів можливий при насиченні його вмісту горючими відходами нафтохімічного виробництва (відпрацьовані масла, мазут, бітуми, смоли, сира нафта тощо). Рівномірне насичення териконів рідкими відходами забезпечує повноту охоплення

газифікацією практично всього відвального масиву за рахунок інтенсифікації горіння органічних і неорганічних матеріалів [9, С. 23].

В Україні, перспективним також є розвиток вітрової енергетики. Вітрова енергетика – це відновлюване джерело енергії, яке швидко розвивається в світі. За останні п'ять років загальна продуктивність вітроенергетики в зростає в середньому на 32%. В Україні планується забезпечити інвесторам доступ до даних про вітрові ресурси у всіх регіонах для забезпечення реалізації високоякісних проєктів в галузі вітрової енергетики. Ключовим фактором успіху вітроенергетики є розробка рентабельних і надійних вітротурбін. Вітрові парки будуть керуватись як традиційні електростанції. Концепції вітропарків будуть мати нові системи управління і захисту навколишнього середовища для нейтралізації шумових подразників і зіткнень з птахами. Проблемою, пов'язаною з широким розповсюдженням наземних вітроелектричних установок є наявність вітру: електроенергія виробляється, коли дує вітер, а не тоді, коли вона необхідна [7, С. 976].

Перспективний розвиток вітряної енергетики може бути досягнутий на гірничовидобувних підприємствах. Розміщення вітроелектричних установок (аероагрегатів) в гірничих виробках шахт пристовбурного двору, які тепер знаходяться в режимі водовідливу (закритих шахтах), корінним чином покращать умови їхньої роботи. Шахтний повітряний потік несе з собою великий запас постійної кінетичної енергії і слугує потужним джерелом обертання вітрових коліс підземних вітроелектричних установок з постійною швидкістю і напрямком. Тим самим створюється надійний високоефективний і дешевий процес одержання електричної енергії в шахтах, які в цих умовах змінюють свої видобувні і інші виробничі функції на принципово нові, і після їх закриття стають підприємствами з вироблення екологічно чистої вітроелектричної енергії. Природна тяга повітряного потоку виникає через різницю температур на земній поверхні і в підземних виробках глибоких шахт. Під час руху повітря у гірничих виробках відбувається його контактне нагрівання за рахунок тепла вміщуючих порід, внаслідок чого об'єм нагрітого повітря зростає, а щільність знижується. Як наслідок, створюється односторонній постійно направлений рух повітряного потоку у виробках через стовбури на поверхню землі [4, С. 117].

До нетрадиційних технологій необхідно також віднести водневу енергетику. Вона цікава насамперед тому, що застосовується водень (H_2), який має теплотворну спроможність у 2,5 рази вищу ніж природний газ і запаси його необмежені, він є екологічним – єдиний продукт згоряння – вода. І ще досить важливо, що його можна використовувати у паливних елементах, де відбувається пряма трансформація хімічної енергії в електричну. Воднева енергетика сформувалась як науково-технічний напрям приблизно 30 років тому. У США, Японії, Канаді і країнах Європейського Союзу реалізується великі національні і міжнародні програми, спрямовані на швидку розробку ефективних методів виробництва, акумулявання, транспортування і практичного використання водню різними споживачами.

Одним із пріоритетних напрямів розробок є створення комплексних систем і установок, які містять в собі всі основні компоненти водневої технології (від виробництва до споживання водню). Поряд з вирішенням перспективної проблеми переведення транспорту на водневе паливо особлива увага приділяється створенню екологічно чистих систем життєзабезпечення автономних споживачів, в яких як первинні використовуються відновлювані джерела енергій [3, С. 85].

Сьогодні воднева енергетика розвивається на принципах побудови автономних енергоустановок на основі сонячних фотоелектричних, вітрових установок, а також на базі дизельних чи бензинових двигунів внутрішнього згоряння і електрогенераторів, які дозволяють виробляти теплову і електричну енергію. Застосування водню в цих установках як акумулятора енергії і проміжного енергоносія суттєво покращує експлуатаційні показники.

Таким чином, використання водню в енергетичному секторі як енергоносія і накопичувача енергії пов'язано із наступними мотиваціями стратегічного характеру. З часом водень завдяки його енергетичним, фізико-хімічним, екологічним та іншим властивостям може стати основним і універсальним енергоносієм. Водню відведена важлива роль у зниженні рівня забрудненості навколишнього середовища. Водень розглядається як основа стійкого розвитку енергетики майбутнього, оскільки він є енергоносієм, який можна не тільки безпосередньо використовувати як унікальне паливо, але короткотерміново і досить тривало зберігати, а також екологічно

чисто перетворювати запасену в ньому енергію в електричну, теплову й інші види. При цьому передбачається, що для виробництва водню насамперед будуть застосовуватись відновлювані джерела енергії (енергія вітру, біомаси, сонячної, геотермальної, гідравлічної енергії тощо). При розгляді перспектив застосування біомаси, яка грає все більш вагомую роль у паливно-енергетичному балансі багатьох країн як першоджерело енергії, важливим аспектом є можливість застосування водню в процесі біомаси для виробництва традиційних рідких органічних біопалив. Застосування сонячних і вітрових установок як первинних джерел енергії дозволяє створити повністю автономні енергоустановки, які забезпечать в різних кліматичних умовах гарантоване цілорічне покриття електричних і теплових навантажень [13, С. 166].

З початком вичерпання традиційних родовищ природного газу, все більше уваги у всьому світі приділяється некондиційним малим газовим родовищам газовмісних вод, розташованих на території України. Об'єм газу у підземних водах до глибини 10 км оцінюється в 3410 м³. Ще одне джерело широко розповсюджене в літосфері – це газогідрати – газ у твердому стані. Запаси такого газу в енергетичному еквіваленті в два рази перевищують всі розвідані на планеті запаси вугілля, нафти і газу разом взяті. Наведені цифри свідчать про те, що використання одного чи обох джерел забезпечує потреби в газі на багато десятиріч після відпрацювання традиційних газових родовищ. Сьогодні використання вищенаведених нетрадиційних джерел суттєво відмінні. Технологія видобування газогідратів не вийшла з експериментальної стадії.

Запаси водорозчинних газів у пластових водах розповсюджені і в Україні: в Харківській, Дніпропетровській, Донецькій, Сумській, Луганській, Полтавській, Чернігівській, Чернівецькій, Івано-Франківській, Львівській та Закарпатській областях, АР Крим. Загальні балансові запаси цих родовищ в Україні складають 35887 млн м³, або 42000 тис. т. умовного палива. Перспективними є три добре відомих родовища, на яких є свердловини безпосередньо біля споживачів. До таких родовищ належать Русько-Комарівська газоготермальне родовище (Закарпатська обл.), Північне-Сиваське геотермальне родовище (АР Крим), Гадяцьке газоконденсатне родовище (Полтавська обл.) [6, С. 506].

Важливим також є використання теплової енергії підземних вод. Підземні води є у багатьох місцях нашої планети, вони мають достатньо стабільну температуру у діапазоні від 7° до 12° С протягом всього року. За допомогою теплових насосів можна використовувати тепло підземних вод шляхом буріння свердловин.

Геотермальна енергія є великим ресурсом надр нашої планети. Тепло Землі єдиний енергоресурс, раціональне освоєння якого дозволяє здешевити корисну енергію порівняно з сучасною паливною енергетикою. Геотермальні ресурси пов'язані як з природними динамічними носіями теплової енергії надр – геотермальними водами (пароводяні суміші, пара, вода), так і з практично безводними (водонепроникними) нагрітими гірськими породами. Ресурси першого виду називають гідротермальними, другого – петротермальними. За прогнозними оцінками, термальні води, що мають в основному температуру 40°–80° С, розподільні в Україні (АР Крим, Карпати та інші райони) [12, С. 333].

Існує декілька способів виведення глибинного тепла на поверхню: буріння свердловин у розрахунок на сам вилив пароводяної суміші; закачування холодної води в одну із свердловин і одержання гарячої води через другу свердловину або через групу свердловин; з природних джерел; за допомогою теплообмінних пристроїв, які встановлюють на усті свердловини. Способи відбору тепла з порід Землі за допомогою свердловин визначаються геологічними умовами залягання енергоносія. Відомі два основних типи родовищ теплоносія: родовища, що пов'язані з існуючою чи недавньою вулканічною діяльністю; родовища непов'язані з вулканічною діяльністю. Найбільш розповсюджені родовища геотермальних (теплоенергетичних) вод не завжди знаходяться близько до споживачів – об'єкта теплостачання. Це викликає неможливість їх ефективної експлуатації. Тепло Землі і сьогодні залишається енергією майбутнього. Найближчим часом буде створена ефективна технологія видобутку геотермальної енергії, яка забезпечить дійсно широке використання глибинного тепла. Мета вчених – наблизити той час, коли геотермальна енергія закономірно стане в один ряд із сонячною, вітровою та ядерною.

Технології видобування електроенергії на основі енергії припливів і відпливів в основному базується на місячній гравітації. Водночас час потенціал приливної гідроенергії вже давно

визнано. В порівнянні з традиційним ГЕС, приливні енергетичні проєкти є дорогими, тому що масивні конструкції повинні бути побудовані в складних умовах та солоній воді [10].

Одним з найбільш практичних способів використання енергії припливів і відливів є стара концепція: закриття гирла річки або приливної басейну від моря з установкою електростанції в шлюзі. Під час припливів і відлив змінюється рівень моря, що викликає перепад тиску між рівнем басейну і моря. Коли ця різниця стає досить великою потік відкривається через приливні генератори, доки різниця в рівнях не стає занадто низькою для приведення в дію турбіни. Коли приплив починає повертатися і рівень моря піднімається, то басейн знову заповнюється для наступного циклу. Ці цикли відбуваються приблизно два рази в день. За допомогою нової технології, турбіни можуть бути побудовані для виробництва електроенергії в обох напрямках, а також працювати в якості насосів в обох напрямках.

В Україні майже відсутні прибережні місця, де приливний діапазон (тобто різниця між високими і низькими приливами) досить великий, щоб забезпечити ефективну експлуатацію обладнання. Там повинен бути достатньо високий рівень приливу – понад 5 м. Місце повинно також включати в себе природну затоку, яку можна буде використовувати як басейн для зберігання великого об'єму морської води під час припливу, і перебувати в межах гирла таким чином, що робота установки істотно не змінить приливний резонанс [8, С. 71].

Сьогодні вкрай перспективним є використання сонячної енергії. У середньому річна кількість сонячної радіації, що потрапляє на поверхню Землі, складає 2000–2500 кВт·год/м². Розрахунки показують, що сучасні світові енергетичні потреби можна було забезпечити за рахунок сонячної енергії, щорічно одержуваної площею у 20 тис. км², що складає всього 0,005% земної поверхні. Якщо навіть взяти до уваги, що коефіцієнт корисної дії енергетичних пристроїв, які використовують сонячне випромінювання, не перевищує 10%, то територія, що приблизно дорівнює Україні, могла б забезпечити світові енергетичні потреби за рахунок сонячної енергії, що потрапляє на неї. Відмінною особливістю сонячної енергії є те, що вона значно залежить від атмосферних умов і насамперед від хмарності. На поверхню Землі доходить лише 50% енергетичного

поток, залишкова частина поглинається і розсіюється атмосферою, відбивається хмарами і самою поверхнею [2, С. 132].

Інтенсивність сонячного випромінювання протягом доби змінюється від максимуму опівдні до нуля вночі. Тому на енергетичних системах, що використовують сонячну енергію, необхідно встановлювати спеціальні пристрої, які б акумулювали сонячну енергію у періоди випромінювання високої інтенсивності і включалися в систему у нічний час або за умов малого сонячного випромінювання. В порівнянні з традиційними джерелами енергії сонячна радіація має невелику щільність. Тому для одержання теплових потоків, достатніх для функціонування сучасних енергетичних систем і технологічних процесів, необхідно застосувати сонячні концентратори [1, С. 114].

Отже, сучасна світова практика державного будівництва орієнтується виключно на сталий розвиток енергетики. Сьогодні у більшості країн світу переваги надаються високоякісним видам палива і ефективному використанню енергосистем, що призводить до відмови від використання нафти, газу та кам'яного вугілля за рахунок виробництва штучних палив, газу і в перспективі водню із природного газу, вугілля і біомаси. В Україні також відбуваються пошуки свого пріоритетного шляху розвитку альтернативних джерел енергії. Це створює об'єктивні умови для розвитку малої ефективної енергетики і в перспективі зростання потенціалу нетрадиційної енергетики, яка працює у автономному режимі. Наведені потужності допоможуть в короткий час зняти навантаження в енергосистемі України у пікові години.

Для значного розширення потенціалу газової енергетики необхідно вирішити комплекс питань, пов'язаних з газифікацією низькосортного вугілля, рослинної біомаси, органічних відходів. Так, можна одержувати широкий асортимент енергоємної товарної продукції: при газифікації вугілля – цінну сировину для виробництва хімічних товарів і будівельних матеріалів; при газифікації рослинної біомаси і значної частини органічних відходів – добрива та ін. Сьогодні на виробництво цієї продукції витрачається досить велика кількість тепла, електроенергії і природного газу.

Таким чином, можна досягнути не тільки підвищення коефіцієнта корисної дії за рахунок ефективності енергетичного обладнання, який спалює газ, але й покращити коефіцієнт корисної

дії економіки за рахунок одержання нової товарної продукції. Звичайно цей підхід повинен лягти в основу визначення стратегічного курсу і механізму, який стимулює стійкий розвиток енергетики України.

В цьому плані може бути наведений інтерес компенсаційного механізму досягнення відповідності між поглинаючим потенціалом навколишнього природного середовища і викидами в атмосферу парникових газів (діоксиду вуглецю і ін.). Це відбувається за рахунок скорочення рівня викидів діоксиду вуглецю у атмосферне повітря внаслідок переходу на енергоощадливі, маловідходні технології і відновлювані джерела енергії, а також завдяки збільшенню поглинаючого потенціалу за рахунок висадження лісів і підвищення біопродуктивності навколишнього середовища. Такі еколого-економічні зв'язки будуть стимулювати, з одного боку, перехід господарства на маловідходні і енергоощадливі технології, а з другого – на збільшення лісних угідь, кардинальне підвищення продуктивності земель і відповідне зростання на них біопродукції. При цьому досить важливо приділити увагу розвитку поглинаючого потенціалу до економічно обґрунтованого максимального рівня, підтримці лісових екосистем у найбільш продуктивних стадіях вирощення [13, С. 392].

Наведений механізм створює методичну основу спланованого виведення держави на рівень, де спрацьовує потенціал самоорганізації, яка орієнтована на стійкий її розвиток. Такий процес може ефективно регулюватись економічними факторами: підтримкою за рахунок інвестицій пріоритетних і екологічно безпечних галузей і створення жорсткої політики відносно безперспективних підприємств, які руйнують природне середовище чи зростання екологічної напруги [17, С. 45].

Для України, яка має високопродуктивні землі і знаходиться в зоні сприятливого клімату, такий підхід може бути досить привабливим. Реалізація компенсаційного механізму зможе забезпечити функціонування енергетики України в стійкому режимі. Для цього необхідно розробити довготривалу концепцію розвитку енергетики, що забезпечує її енергоносіями і електроенергією, а також всебічне впровадження енергозберігаючої технології, максимальне впровадження вторинних і відновлюваних джерел енергії. З урахуванням світових тенденцій слід сконцентрувати

зусилля на забезпечення енергетики природними і штучним газом, повніше задіяти існуючий потенціал транспортних систем енергоносіїв і електроенергії, приступити до широкого створення гнучких технологій, які дозволять ефективно використовувати всі види енергоносіїв (вугілля, біомасу, біогаз тощо) і одержувати при цьому високоякісну продукцію (енергію, добрива, хімічну продукцію, будівельні матеріали та інше), а також забезпечити підтримку розвитку ефективних локальних систем енергопостачання, які насамперед базуються на нетрадиційних джерелах енергії.

Висновки. В результаті проведених досліджень була здійснена комплексна характеристика використання альтернативних технологій енергозабезпечення урбанізованих територій України, що дало змогу зробити наступні висновки.

За часів Радянського Союзу енергетика України була зорієнтована на застосування первинних енергоносіїв (природного газу, нафти, вугілля, сланцю, торфу тощо), запаси яких обмежені і ціни на які невпинно зростають. За таких умов особливої актуальності набувають пошуки шляхів вироблення енергії із альтернативних джерел. В останні роки цей напрям привертає велику увагу в більшості розвинутих країн світу.

Державна політика України з енергоресурсозбереження передбачає суттєве розширення об'єктів використання нетрадиційних джерел енергії. Вже в найближчі роки планується економія традиційних паливно-енергетичних ресурсів на рівні 8–10% від їх загального споживання. Завдяки цьому можуть бути заощаджені значні об'єми традиційних енергоносіїв і засобів із державного бюджету на їх одержання по імпорту.

Відповідно до стратегії розвитку нетрадиційної енергетики в Україні до 2030 р., використання біомаси має покривати близько 74% загального вкладу відновлюваних джерел енергії, що буде складати майже 9% загального споживання первинних енергоносіїв.

Таким чином, перспектива сталого розвитку енергетики України залежить від ефективності механізмів, які стимулюють цей розвиток, і від правильного вибору курсу. Орієнтирами вибору курсу є перспективи світового розвитку енергетики: подальший розвиток енергетики на основі енерго- і ресурсозберігаючих технологій; орієнтація на власні енергоресурси; виконання обмежень щодо викидів в атмосферу парникових газів на рівні 1990 р. згідно з

Кіотським протоколом. Особливе значення в реалізації програми із створення стійкої енергетики має цілеспрямована діяльність з енергозбереження – впровадження вторинних і відновлюваних ресурсів.

Отже, однією з найважливіших особливостей розвитку сучасного світу є підвищена увага світової спільноти до проблем раціональності та ефективності використання енергоресурсів, впровадження технологій енергозбереження та пошуку альтернативних джерел енергії. На сьогоднішній день у світі спостерігаються явища, які порушують усталеність цивілізованого розвитку суспільства: вичерпуються традиційні джерела енергії, зростає вартість їх видобування, інтенсивно забруднюється довкілля, руйнується біосфера, утворюється надмірна кількість органічних відходів промислового, сільськогосподарського та побутового походження.

В сучасних умовах господарювання вирішення завдання підвищення рівня енергетичної безпеки України розглядається через можливість використання потенціалу альтернативних видів палива. Досвід показує, що рівень забезпеченості енергетичними ресурсами виступає як один із основних факторів соціально-економічного розвитку країни. Використання альтернативних джерел енергії має глобальну перспективу для подальшого успішного розвитку суспільства.

1. Булгаков В. М., Драганов Б. Х., Амерджієв Р. А. Математичне та фізичне моделювання завдання енергозбереження у спорудах захищеного ґрунту : посіб. Київ : Надра. 2021. С. 111–114. **2.** Волеваха М. М., Гойс Н. І. Енергетичні ресурси клімату України : монографія. Київ : Наук. думка, 1987. 132 с. **3.** Гелетуша Г. Г., Железна Т. А., Матвєєв Ю. Б., Жовнір М. М. Використання місцевих видів палива для виробництва енергії : навч. посіб. Київ : Промислова теплотехніка, 2016. С. 85–93. **4.** Девіс А., Шуберт Р. Альтернативні природні джерела енергії в будівельному проектуванні : посіб. Київ : Техніка, 1993. 117 с. **5.** Зімін Л. Б. Теплонасосна утилізація енергії вихідних вентиляційних потоків вугільних шахт : посіб. Київ : Промислова теплотехніка, 2004. С. 68–76. **6.** Ковалко М. П., Денисюк С. П. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України : посіб. Київ : УЕЗ, 2005. 506 с. **7.** Корчемний М., Корчемний М., Федорейко В., Щербань В. Енергозбереження в агропромисловому комплексі : посіб. Тернопіль, 2001. 976 с. **8.** Кудря С. О., Резцов В. Ф., Суржик Т. В., Яценко Л. В. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України.

Київ : Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2010. 71 с. **9.** Мацевітій Ю. М., Ценципер А. І. Використання теплової енергії териконів : навч. посіб. Кривий Ріг : Енергопостачання, 2018. С. 20–23. **10.** Міжвідомча аналітично-консультативна рада з питань розвитку продуктивних сил та виробничих відносин. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2248-99-%D0%BF#Text> (дата звернення: 13.03.2024). **11.** Офіційний сайт Європейської Асоціації теплових насосів. URL: <http://www.ehpa.org/heat-pump-statistics/2010/> (дата звернення: 14.03.2024). **12.** Півняк Г. Г., Бешта О. С., Табаченко М. М. Традиційні та нетрадиційні системи енергозабезпечення урбанізованих і промислових територій України : монографія. Дніпро : Національний гірничий університет, 2013. 333 с. **13.** Разумний Ю. Т., Заїка В. Т., Степаненко Ю. В. Енергозбереження : навч. посіб. Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2005. 166 с. **14.** Ріхтер Л. А. Вторинні енергетичні ресурси чорної металургії та їх використання : монографія. Київ : Вища школа, 2018. 328 с. **15.** Твайделл У. А. Відновлювані джерела енергії : монографія. Чернівці : Видавництво Чайка, 2020. 392 с. **16.** Фальштинський В. С., Дичковський Р. О., Табаченко М. М. Новітня технологія розробки вугільних пластів на базі свердловинної газифікації : монографія. Київ : Надра, 2020. С. 10–14. **17.** Alp. Partnun, St. Antonien. Hassler Erwin. *Elektrotechnik*. Schweiz, 1985. Vol. 36, 12. P. 49–51.

REFERENCES:

1. Bulhakov V. M., Drahanov B. Kh., Amerdzhiiiev R. A. Matematychnе ta fizychnе modeliuвання завдання enerhozberezhennia u sporudakh zakhyschenoho gruntu : posib. Kyiv : Nadra. 2021. S. 111–114. **2.** Volevakha M. M., Hois N. I. Enerhetychni resursy klimatu Ukrainy : monohrafiia. Kyiv : Nauk. dumka, 1987. 132 s. **3.** Heletukha H. H., Zheliezna T. A., Matvieiev Yu. B., Zhovnir M. M. Vykorystannia mistsevykh vydiv palyva dlia vyrobnytstva enerhii : navch. posib. Kyiv : Promyslova teplotekhnika, 2016. S. 85–93. **4.** Devis A., Shubert R. Alternatyvni pryrodni dzherela enerhii v budivelnomu proektuvanni : posib. Kyiv : Tekhnika, 1993. 117 s. **5.** Zimin L. B. Teplonasosna utylizatsiia enerhii vykhidnykh ventyliatsiinykh potokiv vuhilnykh shakht : posib. Kyiv : Promyslova teplotekhnika, 2004. S. 68–76. **6.** Kovalko M. P., Denysiuk S. P. Enerhozberezhennia – priorytetnyi napriamok derzhavnoi polityky Ukrainy : posib. Kyiv : UEZ, 2005. 506 s. **7.** Korchemnyi M., Korchemnyi M., Fedoreiko V., Shcherban V. Enerhozberezhennia v ahropromyslovomu kompleksi : posib. Ternopil, 2001. 976 s. **8.** Kudria S. O., Rieztsov V. F., Surzhyk T. V., Yatsenko L. V. Atlas enerhetychnoho potentsialu vidnovliuvanykh dzherel enerhii Ukrainy. Kyiv : Instytut vidnovliuvanoi enerhetyky NAN Ukrainy, 2010. 71 s. **9.** Matsevityi Yu. M., Tsentsyper A. I. Vykorystannia teplovoi enerhii terykoniv : navch. posib. Kryvyi Rih : Enerhopostachannia, 2018. S. 20–23. **10.** Mizhvidomcha

analitichno-konsultatyvna rada z pytan rozvytku produktyvnykh syl ta vyrobnychykh vidnosyn. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2248-99-%D0%BF#Text> (data zvernennia: 13.03.2024). **11.** Ofitsiinyi sait Yevropeiskoi Asotsiatsii teplovykh nasosiv. URL: <http://www.ehpa.org/heat-pump-statistics/2010/> (data zvernennia: 14.03.2024). **12.** Pivniak H. H., Beshta O. S., Tabachenko M. M. Tradytsiini ta netradytsiini systemy enerhozabezpechennia urbanizovanykh i promyslovykh terytorii Ukrainy : monohrafiia. Dnipro : Natsionalnyi hirnychi universytet, 2013. 333 s. **13.** Razumnyi Yu. T., Zaika V. T., Stepanenko Yu. V. Enerhozberezhennia : navch. posib. Dnipropetrovsk : Natsionalnyi hirnychi universytet, 2005. 166 s. **14.** Rikhter L. A. Vtorynni enerhetychni resursy chornoj metalurhii ta yikh vykorystannia : monohrafiia. Kyiv : Vyshcha shkola, 2018. 328 s. **15.** Tvaiddell U. A. Vidnovliuvani dzherela enerhii : monohrafiia. Chernivtsi : Vydavnytstvo Chaika, 2020. 392 s. **16.** Falshtynskiy V. S., Dychkovskiy R. O., Tabachenko M. M. Novitnia tekhnolohiia rozrobky vuhilnykh plastiv na bazi sverdlovychnoi hazyfikatsii : monohrafiia. Kyiv : Nadra, 2020. S. 10–14. **17.** Alp. Partnun, St. Antonien. Hassler Erwin. *Elektrotechnik*. Schweiz, 1985. Vol. 36, 12. P. 49–51.

Borovy V. O., Doctor of Engineering, Professor (Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, Uman, Cherkasy region), **Maksiutov A. O., Candidate of Pedagogic Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, Uman, Cherkasy region), **Brezhytska L. A., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

USE OF ALTERNATIVE TECHNOLOGIES FOR ENERGY SUPPLY OF URBANIZED AREAS OF UKRAINE

In the article, there are reviews about the possibilities of using alternative electric energy to meet the needs of urbanized territories of Ukraine. It is characterized by the resource and raw material base of Ukraine and the direct development of the energy potential created by the possibility of energy supply based on the main alternative technologies in the urbanized territories of our state. It is characterized by scientific principles and technologies of transformation of alternative, natural and man-made energy sources. The creation of technologies for the use of underground water for heating and water supply is characterized. The principles of using

geothermal energy carriers are given. The energy efficiency of the functioning system of solar and wind power supply has been proven.

It has been established that one of the most important features of the development of the modern world is the increased attention of the world community to the problems of rationality and efficiency of the use of energy resources, the introduction of energy saving technologies and the search for alternative sources of energy. Today, the world is witnessing phenomena that disrupt the stability of civilized development of society: traditional sources of energy are being exhausted, the cost of their extraction is increasing, the environment is being intensively polluted, the biosphere is being destroyed, and an excessive amount of organic waste of industrial, agricultural, and household origin is being generated.

It has been proven that in modern economic conditions, the solution to the problem of increasing the level of energy security of Ukraine is considered through the possibility of using the potential of alternative types of fuel. Experience shows that the level of supply of energy resources is one of the main factors of the socio-economic development of the country. The use of alternative energy sources has a global perspective for further successful development of society.

As a result of the study, it was established that a special place in the energy supply system of urban areas of Ukraine is given to alternative electricity, which are characterized by a rather high cost and the use of modern progressive technologies. In this connection, a number of unresolved issues arise regarding the use of alternative energy sources in the urbanized territories of Ukraine.

***Keywords:* electricity production technologies; energy carriers; energy potential; energy efficiency; alternative electricity; urban areas.**

УДК 614.777-047.44(477.82-25) <https://doi.org/10.31713/vs120242>

Боярин М. В., к.геогр.н., доцент (Волинський національний університет імені Лесі Українки, Луцьк, Maria-sun@ukr.net)

ЕКОЛОГО-ГОСПОДАРСЬКА ОЦІНКА СТАНУ АГРОЛАНДШАФТІВ ВЕРХІВ'Я БАСЕЙНУ РІЧКИ ПРИП'ЯТЬ

Басейн річки Прип'ять з його складовими підсистемами (долинна, схилова і вододільна) є саморегульованою системою, яка здатна до функціонування незалежно від впливу на неї зовнішніх чинників. До верхів'я басейну річки Прип'ять на території Волинської області входять суббасейни річок Цир, Вижівка, Турія, Стохід, Стир та сама річка Прип'ять. Аналіз було виконано на основі статистичних даних у розрізі розташованих на цій території територіальних громад (ОТГ).

Розрахунок кількісної та якісної оцінки екологічної стабільності агроландшафтів ($K_{есл1}$) у верхів'ї басейну Прип'яті знаходиться у межах 0,22–5,39, отже, ландшафти басейну залежно від їх розташування охоплюють усю шкалу від нестабільних, з яскраво вираженою нестабільністю, до стабільних, з яскраво вираженою стабільністю. Розрахунок кількісної та якісної оцінки екологічної стабільності біотехнічних елементів і всього ландшафту ($K_{есл2}$) у верхів'ї басейну Прип'яті знаходиться у межах 0,13–0,78, отже, агроландшафти басейну охоплюють шкалу від нестабільних до стабільних.

У результаті аналізу структури земельних угідь адміністративних утворень ОТГ верхів'я басейну річки Прип'ять у межах Волинської області виявлено, що площі, зайняті нестабільними елементами агроландшафту, переважно розташовані у південній частині басейну в межах Волинської височини там, де беруть початок її притоки. Площі під сільськогосподарськими культурами і рослинними угрупованнями, які позитивно впливають на агроландшафт, переважно розташовані у північній частині басейну в межах Поліської низовини там, де розташовані русло самої річки Прип'ять та гирла її приток – Вижівки, Турії, Циру, Стоходу, Стиру.

Ключові слова: басейн річки; структура земельних угідь;

територіальні громади; ландшафт; екологічна стабільність ландшафтів.

Актуальність проблеми. Басейн річки Прип'ять з його складовими підсистемами (долинна, схилова і вододільна) є саморегульованою системою, яка здатна до функціонування незалежно від впливу на неї зовнішніх чинників. При басейновому підході створюються організовані об'єкти господарювання, які здійснюють вплив на окремі природні комплекси, що віддзеркалюється на стані усієї екосистеми [2; 4]. Внаслідок цього виникає необхідність визначення меж допустимого господарського використання агроландшафтів і оцінки їх сучасного стану з метою оптимізації управління природокористуванням у межах басейну річки, для формування, використання та захисту ландшафтів.

Метою дослідження є еколого-господарська оцінка стану та визначення екологічної стійкості ландшафтів верхів'я басейну річки Прип'ять у межах адміністративних утворень – територіальних громад Волинської області.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Однією із найважливіших властивостей ландшафту є його стійкість стану в часі і просторі. В екології та географії поняття стійкості ландшафту допускає багато інтерпретацій й тлумачиться по-різному, що висвітлено в роботах провідних науковців: Гродзинського М. Д. [5; 6], Гуцуляка В. М. [7], Петліна В. М. [11], Міхелі С. В. [10], Ковальчука І. П. [8]. Стійкість – це здатність ландшафтів зберігати значення своїх параметрів (свій інваріант) у певних «порогових» межах при впливі зовнішніх природних і антропогенних чинників (навантаження). Стійкість визначається за відношенням до антропогенного (техногенного) навантаження і розглядається у динамічному плані [5; 6]. У кінцевому результаті, стійкість ландшафту переважно розглядають як захисну (самоохоронну) функцію довкілля. Різноманітні аспекти вивчення впливу господарської діяльності людини на ландшафт і оцінка їх перетворень дають можливість виділити кілька напрямів досліджень, як-от: оцінка антропогенних змін ландшафтів, оцінка ландшафтів за функціональним значенням та видах природокористування, оцінка екологічних ризиків техногенного впливу на ландшафти, оцінка екологічної ємності та стійкості агроландшафтів. На особливу увагу заслуговують праці Л. Г. Руденка [12], О. Г. Голубцова, С. А. Лісовського,

Є. О. Маруняк [13], Л. Ю. Сорокіної [14], І. М. Нетробчук [1], в яких висвітлено регіональний аспект та оцінка трансформації ландшафтів, у тому числі Поліського регіону та Волинської області.

Матеріали та методи дослідження. Об'єктом досліджень є агроландшафти верхів'я басейну річки Прип'ять та її приток: Вижівки, Турії, Циру, Стоходу, Стиру. Вивчаючи питання стійкості та оптимізації ландшафтів, важливо спиратися на кількісні та якісні характеристики стану агроландшафтів. З цією метою була виконана оцінка екологічної стійкості ландшафтів ($K_{ЕСЛ}$), яка інтегрує у собі кількісні та якісні характеристики абіотичних та біотичних елементів агроландшафту. Згідно методики Є. Клементової, В. Гейніге [1; 4; 19] екологічна стійкість агроландшафтів визначається двома методами.

Перший метод оцінки здійснюється з допомогою коефіцієнту екологічної стійкості агроландшафту ($K_{ЕСЛ1}$), що ґрунтується на визначенні та співставленні площ земельних угідь, зайнятих різними елементами ландшафту, з урахуванням їх позитивного або негативного впливу на навколишнє середовище. Визначення коефіцієнта екологічної стабільності агроландшафтів ($K_{ЕСЛ1}$) обчислюється за формулою [1; 4; 19]:

$$K_{ЕСЛ1} = \frac{\sum_{i=1}^n F_{cmi}}{\sum_{j=1}^m F_{cmj}}, \quad (1)$$

де F_{cmi} – площі під сільськогосподарськими культурами і рослинними угрупованнями, які позитивно впливають на ландшафт (ліси, зелені насадження, природні луки, заповідники, заказники та орні землі, що використовуються для вирощування багаторічних трав – люцерни, конюшини, трав'яних сумішей тощо), га; F_{cmj} – площі, зайняті нестабільними елементами ландшафту (щорічно оброблювана рілля, землі з нестійким трав'яним покривом, площі під забудовою і дорожньою мережею, заростаючі і замулені водойми, місце видобутку корисних копалин та інші землі, які зазнали антропогенного впливу, га).

Розрахунки величин екологічної стійкості агроландшафтів ($K_{ЕСЛ1}$) дають можливість обґрунтувати доцільність введення їх ранжування за наступною шкалою (табл. 1).

Таблиця 1

 Оцінка екологічної стійкості агроландшафтів
за величиною $K_{ЕСЛ1}$

Коефіцієнт стійкості ландшафтів ($K_{ЕСЛ1}$)	Екологічна стійкість ландшафтів
$\leq 0,51$	Нестабільний, з яскраво вираженою нестабільністю
0,51–1,00	Нестабільний
1,01–3,00	Умовно стабільний
3,01–4,50	Стабільний
$\geq 4,51$	Стабільний, з яскраво вираженою стабільністю

Другий метод оцінки екологічної стійкості ландшафтів здійснюється за допомогою коефіцієнта екологічної стійкості біотехнічних елементів і всього ландшафту ($K_{ЕСЛ2}$), що розраховується за формулою [1; 4; 19]

$$K_{ЕСЛ2} = \frac{\sum_{i=1}^n f \cdot K_{ЕЗ} \cdot K_r}{F_T}, \quad (2)$$

де f – площа біотехнічного елементу; $K_{ЕЗ}$ – коефіцієнт, що характеризує екологічне значення окремих біотехнічних елементів; K_r – коефіцієнт геолого-морфологічної стійкості рельєфу (приймається рівним 1,0 для стабільного та 0,7 – для нестабільного рельєфу від визначеного за $K_{ЕСЛ1}$); F_T – площа всієї території.

Біотехнічні елементи ландшафту неоднаково впливають на його стійкість. Для оцінки цього впливу необхідно знати не тільки площу, яку вони займають, але й їх внутрішні властивості та якісний стан. Тому до уваги беруть наступні характеристики: вологість та профіль біотопу; структуру біомаси, фіксацію енергії, регіональну цінність території, місце розташування і морфологію поверхні тощо [1; 4; 19]. Значення біотехнічних елементів ландшафту наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Екологічне значення біотехнічних елементів ландшафту

Біотехнічні елементи	$K_{ЕЗ}$
Площа забудови, відчуження під шляхову мережу	0,0
Рілля	0,14
Виноградники	0,29
Фруктові сади	0,43

продовження табл. 2

Лісосмуги (хвойні породи)	0,38
Городи	0,50
Луки	0,62
Лісосмуги листяні породи	0,63
Пасовища	0,68
Водойми й водотоки, болота	0,79
Природні ліси	1,00

Розрахунки величин екологічної стабільності ландшафтів ($K_{ЕСЛ2}$) дають можливість обґрунтувати доцільність введення їх ранжування за наступною шкалою (табл. 3).

Таблиця 3

Оцінка екологічної стійкості агроландшафтів за величиною $K_{ЕСЛ2}$

Коефіцієнт стійкості ландшафтів ($K_{ЕСЛ2}$)	Екологічна стійкість ландшафтів
$\leq 0,33$	Нестабільний
0,34–0,50	Малостабільний
0,50–0,66	Середньостабільний
$\geq 0,66$	Стабільний

Виклад основного матеріалу дослідження. Територія басейну річки Прип'ять у межах Волинської області розташована у двох фізико-географічних краях: південний захід Східноєвропейської рівнини – Поліський і Подільський. Північна частина басейну розташована у межах фізико-географічної області – Волинське Полісся, а південна – у межах Волинської височини [15; 20].

Вітік Прип'яті знаходиться поблизу с. Будники Ковельського району. Річка протікає в напрямку на північний схід у межах Ковельського і Камінь-Каширського районів Волинської області. Поблизу с. Сенчиці Вараського району Рівненської області Прип'ять тече Поліською низовиною в слабо вираженій долині району Пінських боліт. У пониззі (останні 50 км) річка Прип'ять протікає територією Київської області (Україна) і біля м. Чорнобиль впадає у Київське водосховище Дніпра [15; 16; 17; 18; 20].

Загальна довжина річки – 775 км (на території України – 254 км), площа басейну – 114,3 тис. км² (на території України – 68,37 тис. км²). Згідно з гідрографічним районуванням території

України (2016 р.), р. Прип'ять виділяється як окремий суббасейн в районі басейну Дніпра [6]. Природною особливістю суббасейну Прип'яті є те, що її верхів'я, розташоване на території Волинської області, перетворено на магістральний канал (72 км) однієї з найбільших в Європі Верхньо-Прип'ятської осушувальної системи. Проте сама річка Прип'ять залишилася однією з небагатьох річок, заплави якої збереглися у природному стані, оскільки практично вся її територія включена до природно-заповідного фонду України. До басейну Прип'яті на території Волинської області входять суббасейни приток: Цир, Вижівка, Турія, Стохід, Стир та сама річка Прип'ять [15; 16; 20].

Суббасейни приток річки Прип'ять, в результаті господарського освоєння, зазнали значного антропогенного впливу. Так, результатом широкомасштабних осушувальних робіт, проведених в минулому столітті на території Волинської області, стала втрата природними водотоками свого первинного вигляду. Верхів'я Прип'яті та її приток, таких як Вижівка, Турія, Цир, Коростинка, Стохід, тепер стали магістральними каналами осушувальних систем. Найбільших метаморфоз зазнали малі річки. Через пониження рівня ґрунтових вод відбулося скорочення їх довжини, посилюються процеси замулення та евтрофікації. Русловипрямляючі роботи, особливо в долинах спокійних рівнинних річок, призвели не лише до їх обміління, пересихання у межени та загального різкого погіршення гідроекологічного стану, але і до зникнення значної частки гідробіонтів [9; 15; 20]. Протягом останніх років у басейні щорічно спостерігаються такі явища, як повені та паводки, під час яких затоплюються значні території населених пунктів та сільськогосподарських угідь. Як наслідок, паводковими та повеневими водами у річку виноситься велика кількість мінеральних добрив та пестицидів. Також, не менш актуальною проблемою у регіоні є незаконний видобуток бурштину, внаслідок якого найбільше потерпають ліси, ґрунти та підземні води басейну, а ландшафти потребують рекультивациі.

З метою розв'язання екологічних проблем, як у басейні р. Прип'ять, так і у Волинській області загалом, були реалізовані: «Загальнодержавна цільова програма розвитку водного господарства та екологічного оздоровлення басейну річки Дніпро на

період до 2021 року» та Регіональна екологічна програма «Екологія 2016–2022» [22; 23].

Внаслідок тривалих процесів заселення і господарського освоєння в басейні Прип'яті сформувались різноманітні форми природокористування, які здійснюють значний антропогенний вплив на ландшафти, потребують визначення меж допустимого господарського використання агроландшафтів і оцінки їх стану з метою оптимізації природокористування для формування, використання та захисту агроландшафтів [15; 20].

Тому важливим та актуальним, у межах басейну річки, є визначення стійкості ландшафтів. Стійкість ландшафту включає кількісну та якісну оцінку, яку було виконано шляхом аналізу ландшафтних елементів згідно методики [1; 4; 19]. Розрахунок екологічної стійкості агроландшафтів за показниками ($K_{ЕСЛ1}$) та ($K_{ЕСЛ2}$), які наведено в табл. 4 та рис. 1, дають необхідну інформацію для вибору господарських заходів з оптимізації агроландшафтів, їх захисту та охорони.

Розрахунок кількісної та якісної оцінки екологічної стійкості агроландшафтів ($K_{ЕСЛ1}$) у верхів'ї басейну Прип'яті знаходиться у межах 0,22–5,39, отже, ландшафти басейну залежно від їх розташування можуть бути від нестабільних з яскраво вираженою нестабільністю до стабільних, з яскраво вираженою стабільністю. Розрахунок кількісної та якісної оцінки екологічної стійкості агроландшафту ($K_{ЕСЛ2}$) у верхів'ї басейну Прип'яті знаходиться у межах 0,13–0,78, отже, ландшафти басейну можуть бути від нестабільних до стабільних (рис. 1). До верхів'я басейну річки Прип'ять на території Волинської області входять суббасейни річок Цир, Вижівка, Турія, Стохід, Стир та сама річка Прип'ять. Аналіз було виконано на основі статистичних даних у розрізі розташованих на даній території територіальних громад (ОТГ), у результаті прослідковуються такі особливості оцінки екологічної стабільності ландшафтів та екологічної стабілізації біотехнічних елементів і всього ландшафту:

- у суббасейні річки Цир, від витoku до гирла, розташовані Камінь-Каширська та Любешівська ОТГ. Екологічна стійкість ландшафтів тут визначена як стабільна, з яскраво вираженою стабільністю ($K_{ЕСЛ1} = 4,90 - 5,39$ відповідно), за значенням $K_{ЕСЛ2}$ (0,70–

0,72) стабільність біотехнічних елементів і всього ландшафту визначена як стабільна;

- у суббасейні річки Вижівка та верхів'ї Прип'яті розташовані Любомльська, Луківська, Головніенська, Смідинська, Дубечненська, Старовижівська та Ратнівська ОТГ. Екологічна стійкість ландшафтів тут визначена як умовно стабільна – стабільна, коефіцієнт стійкості ландшафтів ($K_{ЕСЛ1}$) змінюється у межах від 1,18 до 4,35 та $K_{ЕСЛ2}$ (0,20–0,67), відповідно стабільність біотехнічних елементів і всього ландшафту визначена від нестабільних до стабільних. Екологічний стан ландшафтів де бере початок річка Вижівка відноситься до умовно стабільних, а Прип'яті – до стабільних, ландшафти нижньої течії та гирла річки Вижівка відносяться до умовно стабільних.

- у суббасейні річки Турія розташовані Затурцівська, Овадненська, Турійська, Люблинецька, Ковельська, Колодяжненська, Сошичненська, Велимченська, Старовижівська частково Смідинська та Камінь-Каширська ОТГ. Екологічна стійкість ландшафтів за показником ($K_{ЕСЛ1}$) змінюється у межах від 0,90 до 4,90, відповідно стійкість ландшафтів визначена як нестабільна – стабільна, з яскраво вираженою стабільністю; коефіцієнт стійкості ландшафтів ($K_{ЕСЛ2}$) становить 0,32–0, відповідно стійкість біотехнічних елементів і всього ландшафту визначена від малостабільних до стабільних;

Екологічна стійкість ландшафтів за показником ($K_{ЕСЛ1}$) витoku річки Турія становить 0,90 – належить до нестабільних, стійкість ландшафтів середньої течії річки ($K_{ЕСЛ1}$) визначена у межах 1,72–3,61 та відносяться до умовно стабільних – стабільних, стійкість ландшафтів нижньої течії та гирла річки Турія мають ($K_{ЕСЛ1}$) – 3,86 та відносяться до стабільних. Екологічна стійкість ландшафтів за показником ($K_{ЕСЛ2}$) суббасейну річки Турія становить 0,32–0,70 відповідно стабільність біотехнічних елементів і всього ландшафту визначена від малостабільних до стабільних;

- у суббасейні річки Стохід розташовані Любешівська, Поворська, Велицька, Голобська, Доросинівська і частково Камінь-Каширська, Маневицька, Затурцівська ОТГ. Екологічна стійкість ландшафтів ($K_{ЕСЛ1}$) змінюється у межах від 0,90 до 5,39 та відповідно визначена як нестабільна – стабільна, з яскраво вираженою стабільністю. Екологічна стійкість ландшафтів, де бере початок річка

Стохід та у її нижній течії, становить ($K_{ЕСЛ1}$) – 0,72–0,90 належить до нестабільних, ландшафти середньої течії річки мають ($K_{ЕСЛ1}$) 1,69–3,86 та відносяться до умовно стабільних – стабільних, ландшафти нижньої течії та гирла річки Стохід мають коефіцієнт ($K_{ЕСЛ1}$) – 5,39 та належать до стабільних, з яскраво вираженою стабільністю. Таким чином, у суббасейні річки Стохід представлені 4 типи із 5 типів екологічної стійкості ландшафтів. Екологічна стійкість ландшафтів за коефіцієнтом ($K_{ЕСЛ2}$) у суббасейну річки Стохід становить 0,34–0,72, відповідно стабільність біотехнічних елементів і всього ландшафту визначена від малостабільних до стабільних;

- суббасейн річки Стир (середня течія) лише частково розташований на території Волинської області у межах Городищенської, Горохівської, Мар'янівської, Торчинської, Боратинської, Підгайцівської, Луцької, Ківерцівської, Копачівської, Рожищенської, Олицької, Колківської, Прилісненської та Маневицької ОТГ. Екологічна стійкість ландшафтів за коефіцієнтом ($K_{ЕСЛ1}$) змінюється у межах від 0,28 (Горохівська ОТГ) до 5,16 (Маневицька ТГ), відповідно екологічна стійкість ландшафтів визначена як нестабільна, з яскраво вираженою нестабільністю, – стабільна, з яскраво вираженою стабільністю. У частині середньої течії річки Стир, на невеликій території, представлено 5 типів із 5 екологічної стійкості ландшафтів – у південній частині суббасейну, де представлено агроландшафти у нестабільному стані, з яскраво вираженою нестабільністю.

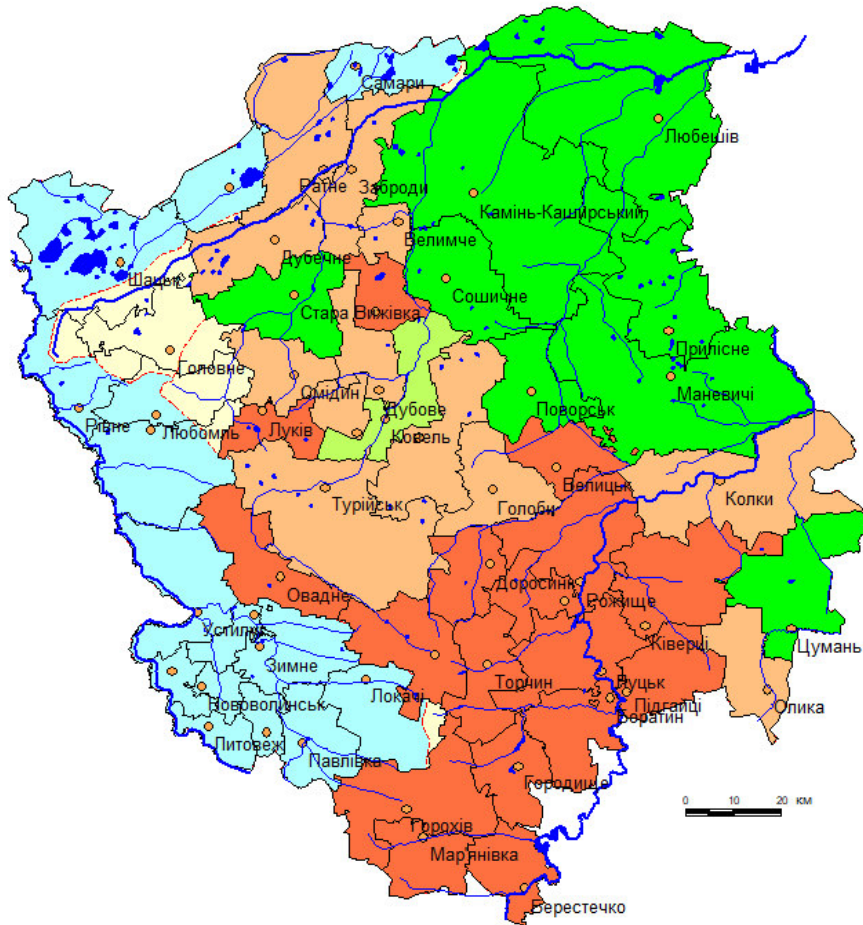
Таблиця 4

Результати розрахунку кількісної та якісної оцінки екологічної стабільності ландшафтів басейну річки Прип'ять у розрізі територіальних громад Волинської області [21; 23]

Назва громади / району	Площа земель, га	$K_{есл1}$	Оцінка стабільності ландшафту	$K_{есл2}$	Оцінка стабілізації ландшафту
1	2	3	4	5	6
Берестечківська ТГ	22198,40	0,54	Нестабільний	0,28	Нестабільний
Боратинська ТГ	28194,00	0,34	Нестабільний з яскраво вираженою нестабільністю	0,19	Нестабільний
Горохівська ТГ	49455,80	0,28	Нестабільний з яскраво вираженою нестабільністю	0,19	Нестабільний
Доросинівська ТГ	23490,30	0,72	Нестабільний	0,26	Нестабільний
Ківерцівська ТГ	47061,00	2,83	Умовно стабільні	0,13	Нестабільний
Колківська ТГ	76449,15	2,99	Умовно стабільні	0,47	Малостабільний
Копачівська ТГ	17923,68	0,49	Нестабільний з яскраво вираженою нестабільністю	0,24	Нестабільний
Луцька ТГ	38457,60	0,74	Нестабільний	0,25	Нестабільний
Мар'янівська ТГ	22977,00	0,76	Нестабільний	0,26	Нестабільний
Олицька ТГ	27030,20	1,01	Умовно стабільні	0,35	Малостабільний
Підгайцівська ТГ	28443,39	0,75	Нестабільний	0,27	Нестабільний
Рожищенська ТГ	46105,52	0,99	Нестабільний	0,30	Нестабільний
Сенкевичівська ТГ	21213,70	0,22	Нестабільний з яскраво вираженою нестабільністю	0,17	Нестабільний
Торчинська ТГ	26439,70	0,38	Нестабільний з яскраво вираженою нестабільністю	0,21	Нестабільний
Цуманська ТГ	44708,00	4,46	Стабільний	0,75	Стабільний



Камінь-Каширська ТГ	142527,60	3,86	Стабільний	0,70	Стабільний
Любешівська ТГ	123949,00	5,39	Стабільний, з яскраво вираженою стабільністю	0,72	Стабільний
Маневицька ТГ	110363,15	5,16	Стабільний, з яскраво вираженою стабільністю	0,78	Стабільний
Прилісненська ТГ	52694,30	8,0	Стабільний, з яскраво вираженою стабільністю	0,81	Стабільний
Сошичненська ТГ	39699,90	4,37	Стабільний	0,74	Стабільний
Затурцівська ТГ	38399,30	0,90	Нестабільний	0,31	Нестабільний
Оваднівська ТГ	37026,10	1,27	Умовно стабільний	0,32	Нестабільний
Велимченська ТГ	11087,50	2,66	Умовно стабільний	0,43	Малостабільний
Велицька ТГ	21157,50	1,69	Умовно стабільний	0,29	Нестабільний
Голобська ТГ	29815,70	1,3	Умовно стабільний	0,34	Малостабільний
Дубечненська ТГ	24643,70	2,1	Умовно стабільний	0,42	Малостабільний
Дубівська ТГ	20322,90	1,82	Умовно стабільний	0,40	Малостабільний
Забродівська ТГ	33423,60	2,57	Умовно стабільний	0,41	Малостабільний
Ковельська ТГ	26849,90	3,02	Стабільний	0,63	Середньостабільний
Колодажненська ТГ	46630,10	2,19	Умовно стабільний	0,43	Малостабільний
Луківська ТГ	16277,90	1,18	Умовно стабільний	0,20	Нестабільний
Люблинецька ТГ	11460,00	1,34	Умовно стабільний	0,35	Малостабільний
Поворська ТГ	29721,40	3,49	Стабільний	0,70	Стабільний
Ратнівська ТГ	48066,10	2,53	Умовно стабільний	0,45	Малостабільний
Сереховичівська ТГ	16767,00	1,43	Умовно стабільний	0,26	Нестабільний
Смідинська ТГ	22697,10	1,72	Умовно стабільний	0,39	Малостабільний
Старовижівська ТГ	28434,10	3,61	Стабільний	0,67	Стабільний
Турійська ТГ	86478,30	1,48	Умовно стабільний	0,35	Малостабільний



Оцінка екологічної стійкості ландшафтів
у розрізі територіальних громад за показником Кесл2

Умовні позначення

■ стабільний (понад 0,66)	гідрографічна мережа
■ середньостабільний (0,50 - 0,66)	центри територіальних громад
■ малостабільний (0,33 - 0,50)	кордони басейнів
■ нестабільний (менше 0,33)	■ басейн р. Західний Буг
	■ басейн р. Прип'ятя

Рис. 1. Оцінка екологічної стійкості ландшафтів за коефіцієнтом ($K_{ЕСЛ2}$)

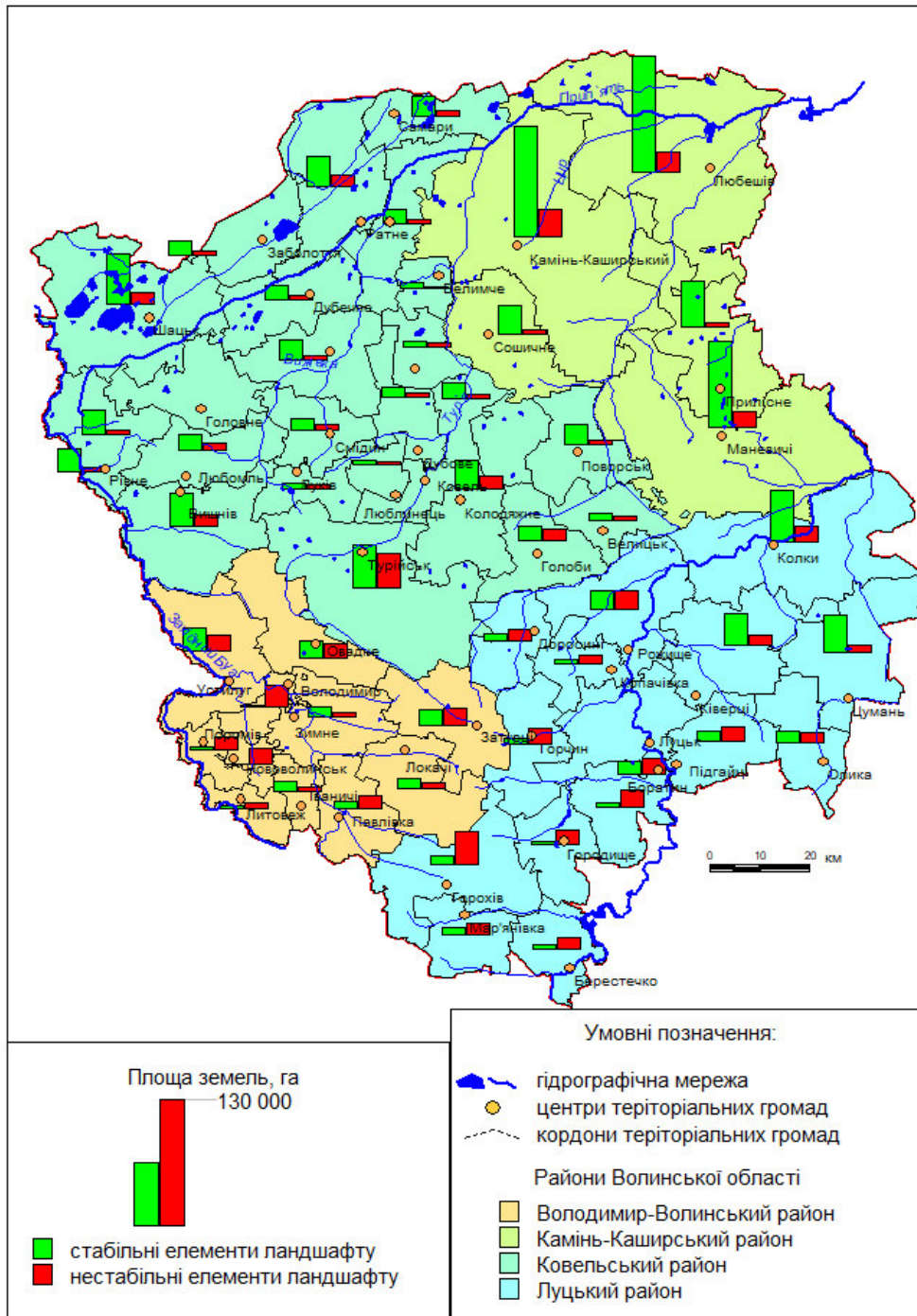


Рис. 2. Структура стабільних та нестабільних елементів агроландшафтів у розрізі районів та ОТГ Волинської області

Тут розташовано ОТГ (Горохівська, Мар'янівська, Рожищенська, Городищенська, Боратинська), де найбільший відсоток земель аграрного призначення, а саме ріллі – яка становить понад 65% і найменше лісів та лісовкритих земель – не більше 15–25%. Відповідно далі за течією річки екологічний стан агроландшафтів поступово змінюється і у північно-східній частині суббасейну він стає стабільним, з яскраво вираженою стабільністю, що забезпечується незначними площами орних земель – 15–25% та значними площами лісів та лісовкритих земель (45 – понад 55%), великою кількістю об'єктів ПЗФ на території ОТГ (Цуманська, Маневицька, Прилісненська, Колківська). Екологічна стійкість ландшафтів ($K_{ЕСЛ2}$) суббасейну річки Стохід, становить 0,13–0,81 відповідно стабільність біотехнічних елементів і всього ландшафту визначена від нестабільних до стабільних.

Аналізуючи структуру земельних угідь адміністративних утворень ОТГ на території басейну річки Прип'ять у межах Волинської області, можна вказати, що площі зайняті нестабільними елементами ландшафту (рис. 2) (щорічно оброблювана рілля, землі з нестійким трав'яним покривом, під забудовою і дорожньою мережею, водойми, місце видобутку корисних копалин та інші ділянки та ін) у переважній більшості розташовані у південній частині басейну в межах Волинської височини там, де беруть початок її притоки – Вижівка, Турія, Стоход та середня течія річки Стир. Площі під сільськогосподарськими культурами і рослинними угрупованнями, які позитивно впливають на ландшафт (ліси, зелені насадження, природні луки, об'єкти ПЗФ, багаторічні трави, тощо) у переважній більшості розташовані у північній частині басейну в межах Поліської низовини там, де розташовані гирла її приток – Вижівки, Турії, Циру, Стоходу та витік самої річки Прип'ять. Таким чином, під час аналізу екологічного стану агроландшафтів найбільш важливим є дотримання співвідношення площ природних та антропогенно змінених земельних угідь, згідно з дослідженнями Реймерса Н. Ф., екологічна рівновага зберігається, якщо відсоткове співвідношення природних (стабільних) та антропогеннозмінених (нестабільних) земель становить 60 : 40 відповідно. Отже, в результаті виконаного аналізу, виявлено пряму залежність екологічного стану агроландшафтів – чим більші площі земель зайняті стабільними елементами ландшафту, тим стабільнішим є агроландшафт.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Отже, на основі проведеного аналізу екологічного стану агроландшафтів верхів'я басейну річки Прип'ять у межах адміністративних утворень ОТГ можна зробити наступні висновки:

Розрахунок кількісної оцінки екологічної стійкості ландшафтів верхів'я басейну Прип'ять за коефіцієнтом ($K_{ЕСЛ1}$) знаходиться у межах 0,22–5,39, отже, агроландшафти басейну залежно від їх розташування можуть бути від нестабільних, з яскраво вираженою нестабільністю, до стабільних, з яскраво вираженою стабільністю. Оцінки екологічної стійкості ландшафтів верхів'я басейну Прип'ять за коефіцієнтом ($K_{ЕСЛ2}$) знаходиться у межах 0,20–0,81, агроландшафти басейну залежно від їх розташування можуть бути від нестабільних до стабільних.

Аналізуючи структуру земельних угідь адміністративних утворень ОТГ на території басейну річки Прип'ять у межах Волинської області, можна вказати, що площі зайняті нестабільними елементами ландшафту переважно розташовані у південній частині басейну в межах Волинської височини там, де беруть початок її притоки. Площі під сільськогосподарськими культурами і рослинними угрупованнями, які позитивно впливають на ландшафт, у переважній більшості розташовані у північній частині басейну в межах Поліської низовини там, де розташовані русло самої річки Прип'ять гирла її приток – Вижівки, Турії, Циру, Стоходу та Стиру. В результаті виконаного аналізу, виявлено пряму залежність екологічного стану ландшафтів – чим більші площі земель зайняті стабільними елементами ландшафту, тим стабільнішим є ландшафт. На перспективу доцільно аналізувати подальші зміни структури ландшафтів верхів'я басейну Прип'ять з метою визначення трансформації їх стану.

1. Боярин М. В., Нетробчук І. М. Оцінка екологічної стійкості ландшафтів річок басейну Західного Бугу у Волинській області. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2018. № 1–2 (29). С. 40–46. URL: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2018-29-04> (дата звернення: 02.02.2024). 2. Boiaryn M., Biedunkova O., Netrobchuk I., Radzii V., & Voloshyn V. Assessment of ecological sustainability of the landscape of the Prypiat River basin within the Volyn region. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26(12). P. 99–111. doi: 10.48077/scihor12.2023.99. 3. Боярин М. В., Нетробчук І. М., Музиченко О. С. Оцінка екологічної стійкості ландшафтів Волинської області. *Актуальні*

проблеми хімії, матеріалознавства та екології : матеріали III Міжнародної наукової конференції (Луцьк, 1–3 червня 2023 року). Луцьк : видавництво «Терен», 2023. С. 152–154. **4.** Вознюк Н. М., Копилова О. М., Стецюк Л. М. Екологічна стійкість ландшафту водного басейну як один із факторів формування стану гідроєкосистеми (на прикладі р. Стир). *Вісник НУВГП. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2019. Вип. 1(85). С. 26–31. **5.** Гродзинський М. Д. Ландшафтна екологія : підручник. Київ : Знання, 2014. 550 с. **6.** Гродзинський М. Д. Стійкість геосистем до антропогенних навантажень. К. : Лікей, 1995. 233 с. **7.** Гуцуляк В. М. Ландшафтознавство: теорія і практика : навч. посіб. Чернівці : Рута, 2005. 124 с. **8.** Іванов Є. А., Ковальчук І. П. Антропогенізація ландшафтів: підходи, діагностування, моделювання. *Науковий вісник Чернівецького університету*. 2012. № 612. С. 54–59. **9.** Зузук Ф. В., Колошко Л. К., Карпюк З. К. Осушені землі Волинської області та їх охорона : монографія. Луцьк : Волин. нац. ун-т ім. Лесі Українки, 2012. 294 с. **10.** Міхелі С. В. Дослідження антропогенних змін ландшафтів в Україні : концептуальні засади, центри розвитку, результати. *Наукові записки Вінницького педуніверситету. Географія*. 2013. № 25. С. 12–19. **11.** Петлін В. М. Проблеми теорії та методології антропогенного ландшафтознавства. *Наукові записки Вінницького педуніверситету. Географія*. 2013. № 25. С. 20–25. **12.** Руденко Л. Г. Про критичний екологічний стан компонентів природи в регіонах України. *Український географічний журнал*. 2010. № 2. С. 60–68. **13.** Руденко Л. Г., Голубцов О. Г., Лісовський С. А., Маруняк Є.О., Чехній В. М. Ландшафтна програма Черкаської області: методичні підходи та основні результати планування. *Український географічний журнал*. 2013. № 2. С. 30–39. **14.** Сорокіна Л. Ю. Оцінка антропогенної трансформації ландшафтів транскордонного Поліського регіону. *Український географічний журнал*. 2013. № 3. С. 25–33. **15.** *Характеристика басейну р. Прип'ять в межах Волинської області* : вебсайт Регіонального офісу водних ресурсів у Волинській області. URL: <https://www.vodres.gov.ua/node/1168> (дата звернення: 02.02.2024). **16.** Khilchevskiy V. K., Netrobchuk I. M., Sherstyuk N. P., & Zabokrytska M. R. Environmental assessment of the quality of surface waters in the upper reaches of the Pripjat basin in Ukraine using different methods. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2022. Vol. 31(1). P. 71–80. doi:10.15421/112207 **17.** Khilchevskiy V. K., Kurylo S. M., Sherstyuk N. P., & Zabokrytska M. R. The chemical composition of precipitation in Ukraine and its potential impact on the environment and water bodies. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2019. Vol. 28(1). P. 79–86. doi:10.15421/111909 **18.** Khilchevskiy V. K., Kurylo S. M., & Sherstyuk N. P. Chemical composition of different types of natural waters in Ukraine. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2018. Vol. 27(1). P. 68–80. doi:10.15421/111832 **19.** Клементова Е., Гейніге В. Оцінка екологічної стійкості сільськогосподарського

ландшафту. *Меліорація та водне господарство*. 1995. № 5. С. 24–35. **20.** Нетробчук І. М. Оцінка антропогенного навантаження та екологічної збалансованості ландшафтів річкової долини верхньої Прип'яті в межах Волинської області. *Науковий вісник Чернівецького університету*. Чернівці, 2012. Вип. 612–613. С. 64–67. **21.** Фондові матеріали Управління Держгеокадастру Волинської області. URL: <http://eco.voladm.gov.ua>. (дата звернення: 02.02.2024). **22.** Сучасний екологічний стан та перспективи екологічно безпечного стійкого розвитку Волинської області / за ред. В. О. Фесюка. К. : ТОВ «Підприємство ВІ ЕН ЕЙ», 2016. 316 с. **23.** Паспорт Волинської області. 2022. URL: <https://voladm.gov.ua/article/pasport-oblasti/>. (дата звернення: 02.02.2024).

REFERENCES:

1. Boiaryn M. V., Netrobchuk I. M. Otsinka ekolohichnoi stiikosti landshaftiv richok baseinu Zakhidnoho Buhu u Volynskii oblasti. *Liudyna ta dovkillia. Problemy neoekolohii*. 2018. № 1–2 (29). S. 40–46. URL: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2018-29-04> (data zvernennia: 02.02.2024).
2. Boiaryn M., Biedunkova O., Netrobchuk I., Radzii V., & Voloshyn V. Assessment of ecological sustainability of the landscape of the Prypiat River basin within the Volyn region. *Scientific Horizons*. 2023. Vol. 26(12). P. 99–111. doi: 10.48077/scihor12.2023.99.
3. Boiaryn M. V., Netrobchuk I. M., Muzychenko O. S. Otsinka ekolohichnoi stiikosti landshaftiv Volynskoi oblasti. *Aktualni problemy khimii, materialoznavstva ta ekolohii : materialy III Mizhnarodnoi naukovoï konferentsii (Lutsk, 1–3 chervnia 2023 roku)*. Lutsk : vydavnytstvo «Teren», 2023. S. 152–154.
4. Vozniuk N. M., Kopylova O. M., Stetsiuk L. M. Ekolohichna stiikist landshaftu vodnoho baseinu yak odyń iz faktoriv formuvannia stanu hidroekosystemy (na prykladi r. Styr). *Visnyk NUVHP. Ser. Silskohospodarski nauky*. 2019. Vyp. 1(85). S. 26–31.
5. Hrodzynskiy M. D. Landshaftna ekolohiia : pidruchnyk. Kyiv : Znannia, 2014. 550 s.
6. Hrodzynskiy M. D. Stiikist heosystem do antropohennykh navantazhen. K. : Likei, 1995. 233 s.
7. Hutsuliak V. M. Landshaftoznavstvo: teoriia i praktyka : navch. posib. Chernivtsi : Ruta, 2005. 124 s.
8. Ivanov Ye. A., Kovalchuk I. P. Antropohenizatsiia landshaftiv: pidkhody, diahnostuvannia, modeliuwannia. *Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytetu*. 2012. № 612. S. 54–59.
9. Zuzuk F. V., Koloshko L. K., Karpiuk Z. K. Osusheni zemli Volynskoi oblasti ta yikh okhorona : monohrafiia. Lutsk : Volyn. nats. un-t im. Lesi Ukrainky, 2012. 294 s.
10. Mikheli S. V. Doslidzhennia antropohennykh zmin landshaftiv v Ukraini : kontseptualni zasady, tsenry rozvytku, rezultaty. *Naukovi zapysky Vinnytskoho peduniversytetu. Heohrafiia*. 2013. № 25. S. 12–19.
11. Petlin V. M. Problemy teorii ta metodolohii antropohennoho landshaftoznavstva. *Naukovi zapysky Vinnytskoho peduniversytetu. Heohrafiia*. 2013. № 25. S. 20–25.
12. Rudenko L. H.

Pro krytychnyi ekolohichniy stan komponentiv pryrody v rehionakh Ukrainy. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal*. 2010. № 2. S. 60–68. **13.** Rudenko L. H., Holubtsov O. H., Lisovskyi S. A., Maruniak Ye.O., Chekhonii V. M. Landshaftna prohrama Cherkaskoi oblasti: metodychni pidkhody ta osnovni rezultaty planuvannia. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal*. 2013. № 2. S. 30–39. **14.** Sorokina L. Yu. Otsinka antropohennoi transformatsii landshaftiv transkordonnoho Poliskoho rehionu. *Ukrainskyi heohrafichnyi zhurnal*. 2013. № 3. S. 25–33. **15.** *Kharakterystyka baseinu r. Prypiat v mezhakh Volynskoi oblasti* : vebсайт Rehionalnoho ofisu vodnykh resursiv u Volynskii oblasti. URL: <https://www.vodres.gov.ua/node/1168> (data zvernennia: 02.02.2024). **16.** Khilchevskiy V. K., Netrobchuk I. M., Sherstyuk N. P., & Zabokrytska M. R. Environmental assessment of the quality of surface waters in the upper reaches of the Pripjat basin in Ukraine using different methods. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2022. Vol. 31(1). P. 71–80. doi:10.15421/112207 **17.** Khilchevskiy V. K., Kurylo S. M., Sherstyuk N. P., & Zabokrytska M. R. The chemical composition of precipitation in Ukraine and its potential impact on the environment and water bodies. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2019. Vol. 28(1). P. 79–86. doi:10.15421/111909. **18.** Khilchevskiy V. K., Kurylo S. M., & Sherstyuk N. P. Chemical composition of different types of natural waters in Ukraine. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2018. Vol. 27(1). P. 68–80. doi:10.15421/111832 **19.** Klementova E., Heinihe V. Otsinka ekolohichnoi stiikosti silskohospodarskoho landshaftu. *Melioratsiia ta vodne hospodarstvo*. 1995. № 5. S. 24–35. **20.** Netrobchuk I. M. Otsinka antropohennoho navantazhennia ta ekolohichnoi zbalansovanosti landshaftiv richkovoii dolyny verkhnoi Prypiati v mezhakh Volynskoi oblasti. *Naukovyi visnyk Chernivetskoho universytet*. Chernivtsi, 2012. Vyp. 612–613. S. 64–67. **21.** Fondovi materialy Upravlinnia Derzhheokadastru Volynskoi oblasti. URL: <http://eco.voladm.gov.ua>. (data zvernennia: 02.02.2024). **22.** Suchasnyi ekolohichniy stan ta perspektyvy ekolohichno bezpechnoho stiikoho rozvytku Volynskoi oblasti / za red. V. O. Fesiuka. K. : TOV «Pidpriemstvo VI EN EI», 2016. 316 s. **23.** Pasport Volynskoi oblasti. 2022. URL: <https://voladm.gov.ua/article/pasport-oblasti/>. (data zvernennia: 02.02.2024).

Boiaryn M. V., Candidate of Geographical Sciences (Ph.D.), Associate Professor (Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk, Maria-sun@ukr.net)

ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC ASSESSMENT OF THE STATE OF LANDSCAPES OF THE UPPER REACHES OF THE PRIPYAT RIVER BASIN

The Pripyat River basin with its component subsystems (valley, slope and watershed) is a self-regulating system that is capable of functioning independently of the effect of external factors. The upper reaches of the Pripyat River basin in the territory of the Volyn region include the sub-basins of the Vyzhivka, the Turia, the Tsyр, the Stokhid, the Styr rivers, and the Pripyat itself. The analysis was performed on the basis of statistical data in the section of territorial communities located on this territory. As a result, the following features of the assessment of ecological stability of landscapes and ecological stabilization of biotechnical elements and the entire landscape are followed.

The quantitative and qualitative assessment of the ecological stability of landscapes (K_{LES1}) in the upper reaches of the Pripyat basin varies in the range of 0.22–5.39, therefore, depending on their location, the landscapes of the basin vary from unstable with pronounced instability to stable, with pronounced stability. The quantitative and qualitative assessment of the ecological stabilization of biotechnical elements and the entire landscape (K_{LES2}) in the upper reaches of the Pripyat basin is in the range of 0.13–0.78, thus the landscapes of the basin vary from unstable to stable.

The analysis of the land structure of the administrative divisions of the upper reaches of the Pripyat River basin within the boundaries of the Volyn region found that the areas occupied by unstable elements of the landscape are mostly located in the southern part of the basin within the boundaries of the Volyn highlands where its tributaries originate. The areas under agricultural crops and plant groupings which have a positive effect on the landscape are mostly located in the northern part of the basin within the Polissia lowlands where the riverbed of the Pripyat itself and the mouths of its tributaries, the Vyzhivka, the Turia, the Tsyр, the Stokhid, the Styr, are located.

Keywords: river basin; land structure; territorial communities; landscape; ecological stability of landscapes.

Бумар Г. Й., к.б.н., Лозко П. П., начальник відділу Копищенського ПНДВ (Поліський природний заповідник, galinabumar777@gmail.com, lozkoravlo@gmail.com), **Борисюк Б. В., к.с.-г.н., доцент** (Поліський національний університет, м. Житомир, bborisur1@gmail.com), **Статник І. І., к.с.-г.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, i.i.statnik@nuwm.edu.ua)

ПОШИРЕННЯ ЯЛІВЦЮ ЗВИЧАЙНОГО (JUNIPERUS COMMUNIS L.) НА ТЕРИТОРІЇ ПОЛІСЬКОГО ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА

У статті викладено матеріали дослідження ендемічної флори, зокрема рідкісного виду ялівцю звичайного, що зростає в північній частині Українського Полісся на території Поліського природного заповідника. Зазначено, що цей вид виявляє високу чутливість до змін екологічних умов, що робить його важливим біоіндикатором антропогенного впливу. Зважаючи на ту обставину, що ялівець звичайний не включений до Червоної книги України, цей вид входить до складу раритетних фітоценозів. Саме угруповання сосново-дубових, а також соснових лісів з наявністю ялівцю звичайного включені до Зеленої книги України.

Результати дослідження показали, що за останні десятиріччя ареал поширення цього виду в Поліському заповіднику значно зменшився внаслідок лісових пожеж.

У статті описується середовище зростання ялівцю, зокрема його поширення в сухих та свіжих борах, що розташовані на верхніх частинах схилів і піщаних пагорбах, а також у вологих борах та на окраїнах боліт у вигляді пригнічених поодиноких особин.

На окремих ділянках сухих та свіжих борів вид утворює густі різновікові зарості на площі від 0,2 до 0,5 гектарів (квартали 22, 24) в ярусі підліска. Саме такі місця є оптимальними для його зростання в цьому регіоні. Також досліджено, що соснові ліси ялівецево-лишайникові не потерпають від зміни ґрунтових вод. Вони можуть зростати в екстремальних умовах (при дефіциті вологи) і відрізняються малорухомістю. Протягом тривалого часу майже не змінюється їх просторова структура. Лише з віком насадження

старіють. При обстеженні старих заростей ялівцю спостерігається суцільне обростання стовбура і гілок першого порядку кущистими лишайниками, що з часом приводить до суховершинності та їх відмирання.

Зазначається, що останніми роками фіксується відносно низька чисельність одно- і дворічного самосіву ялівцю звичайного, що ймовірно пов'язано із сильними засухами 2016–2017 років.

Автори наводять дані щодо збереження цього виду в Поліському заповіднику та Копищанському природоохоронному науково-дослідному відділенні, де проводяться заходи щодо його охорони та протипожежної профілактики.

Ключові слова: лісництво; заповідник; куртини; деревостан; свіжі бори; вікова структура.

Вступ. Ендемічна флора чутлива до зміни екологічних умов і може бути важливим біоіндикатором рівня антропогенного впливу на ареал їх існування. Ялівець звичайний – рідкісний вид у межах рівнинної частини України. Трапляється лише окремими острівцями в північній частині Українського Полісся [1; 2].

У Поліському заповіднику ялівець перебуває біля південної межі свого ареалу, поширений на території Копищанського природоохоронного науково-дослідного відділення (ПНДВ) Поліського природного заповідника. Як рідкісна для рівнинної частини України порода ялівець у заповіднику взятий під особливу охорону. Лісові пожежі є основним лімітуючим фактором для цього виду. Зазначається, що в місцях зростання ялівцю здійснюються профілактичні заходи з недопущення лісових пожеж.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Екологічні особливості та умови поширення ялівцю звичайного в лісах Поліського природного заповідника (ППЗ) вперше описав Л. С. Балашов у 1974 році.

В Україні зростають дев'ять видів рослин роду *Juniperus* L. Серед 70 видів рослин цього роду, який поширений у північній півкулі, ареал виду *Juniperus communis* L. є найбільш поширеним серед лісових формацій України. Зважаючи на ту обставину, що ялівець звичайний не включений до Червоної книги України [3], цей вид входить до складу раритетних фітоценозів. Угрупування сосново-

дубових, а також соснових лісів з наявністю ялівцю звичайного включені до Зеленої книги України [4].

У різних природно-кліматичних зонах біоценотичне оточення *Juniperus communis* L. має певні відмінності, що впливає на поширеність його життєвих форм [5]. Кліматичні та антропогенні зміни впливають на природні процеси, які проходять у рослинних формаціях Поліського природного заповідника. Динамічні зміни цих процесів спонукають зміну складу біоморфних форм рідкісних видів рослин. Збереження, відновлення природних ареалів є важливим чинником стабільності та розвитку популяцій рідкісних видів рослин [6].

Мета, завдання та методи досліджень. Мета полягала в дослідженні сучасного стану популяції ялівцю звичайного в Копищанському природоохоронному науково-дослідному відділенні Поліського природного заповідника, поширення якого на даній території було вперше описано 48 років тому. Для досягнення поставленої мети протягом останніх п'яти років проводилися маршрутні обстеження території Копищанського лісництва, закладалася пробна ділянка площею 0,2 га в кварталі 22 цього лісництва, здійснювалася оцінка поширення ялівцю звичайного на досліджуваній території.

При виконанні досліджень використовувалися методи спостереження, порівнянь, вимірювання, аналізу.

Результати досліджень. За тривалий період (1974–2021 рр.) у популяціях ялівцю відбулися помітні зміни, особливо у віковій та просторовій структурах соснових лісів ялівцевих під впливом антропогенних та природних факторів середовища, що відображено у статті. На початку проведення досліджень пробна ділянка представляла собою асоціацію сосняку наземнокуничникового з більш менш сформованим підліском з ялівцю із зімкнутістю 0,1–0,2.

У зв'язку з величезними пожежами, які мали місце на території Копищанського лісництва в різний період часу (1983, 2009, 2017 роки), ареал цього виду в заповіднику значно скоротився. В кварталах 11–13 зарості ялівцю були повністю знищені вогнем у 1983 та 2009 роках. Вид зустрічається куртинами або поодинокими особинами в кварталах 22–24, 33, 34, 44, 46 і 63 Копищанського ПНДВ та на суміжних землях міжколгоспного лісництва Олевського АПК на орієнтовній площі близько 1000 га (рис. 1).

Поширення ялівцю звичайного
на території Поліського природного заповідника (2021р)

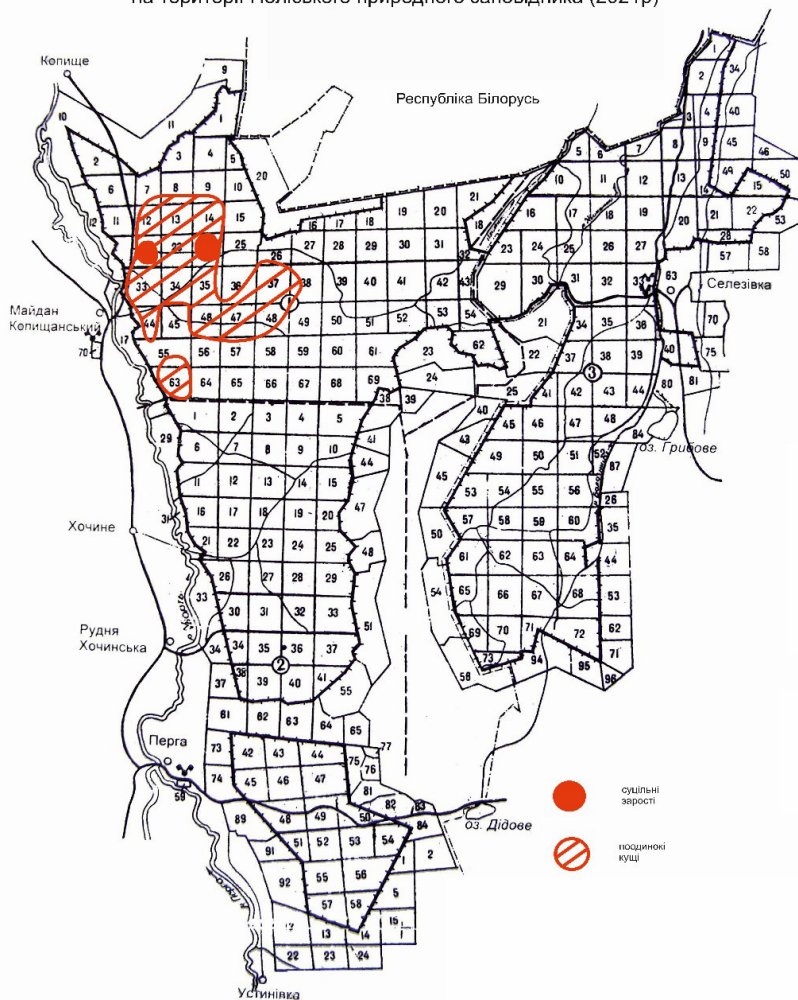


Рис. 1. Поширення ялівцю в Копищанському ПНДВ

У 1981 році ялівець також був відмічений в сухих соснових лісах кварталів 37, 38, 48 Копищанського ПНДВ Поліського природного заповідника.

Також ялівець зростає в сухих та свіжих борах (сосняках лишайникових), які поширені на верхніх частинах схилів, піщаних пагорбів, що формуються на піщаних ґрунтах із мало виявленим гумусовим горизонтом. Деровостан тут розріджений, низькобонітетний (ліси IV–V бонітету), сосни низькорослі з розлогими кронами, вкриті лишайниками. Переважно в трав'яно-чагарниковому ярусі домінують *Corynephorus canescens*, *Calluna vulgaris*, *Koeleria*

glauca, *Festuca ovina*, *Vaccinium vitis-idaea*; доміанти мохово-лишайникового ярусу – *Cladonia alpestris*, *C. rangiferina*, *Dicranum polysetum*, *Polytrichum piliferum*.

Лісова підстилка складається з хвої, яка повільно розкладається і підкислює ґрунт.

Ялівець звичайний також зрідка зустрічається у вологих борах та по країнах боліт у вигляді пригнічених поодиноких особин.

На окремих ділянках сухих та свіжих борів вид утворює густі різновікові зарості на площі від 0,2 до 0,5 гектарів (квартали 22, 24) в ярусі підліска. Саме такі місця є оптимальними для його зростання в цьому регіоні. Кліматичні фактори тут компенсуються едафічними (Балашов, 1974).

Сухі соснові ліси лишайникові охороняються як рідкісні в системі EUNIS, Додатком 1 Оселищної Директиви та на національному рівні.

Одна з ділянок ялівцю в урочищі «Кривульки» (квартал 22 Копищанського лісництва) була описана більш детально Л. С. Балашовим у 1974 році.



Рис. 2. Соснові ліси ялівцеві (урочище «Кривульки»)

Тенденції динаміки основних показників оселища ялівцю на пробній площі за тривалий період приведено в табл. 1.

Таблиця 1

Динаміки основних показників оселища ялівцю звичайного

Опис пробної площі	Роки спостережень		
	1974	1982	2021
Рельєф, РГВ	Основа південного схилу піщаної гриви	Південний схил піщаної гриви, РГВ – більше 4 м	Південний схил піщаної гриви, РГВ – більше 4 м
Тип ґрунту	-	Дерново-слабодзолистий	Дерново-слабодзолистий
Склад насадження	10 С, різновікове, у другому ярусі поодинокі береза	10 С, різновікове, однарусне	10 С, однарусне, різновікове
Вік насадження	80–90, 20–30	90–100, 30–40 років	Вік окремих старих сосен 120–130 років, переважають соснові деревостани віком 70 років
Зімкнутість крон	0,3–0,4	0,5	0,5–0,6
Підріст	-	Поодинокі сосна	Зрідка сосна
Тип лісу	Сосняк наземнокуничниковий	Сосняк лишайниково-різнотравний	Сосняк лишайниково-зеленомоховий
Підлісок	Ялівець, з покриттям 0,1–0,2, поодинокі екземпляри крушини, зіноваті, горобини, дуба, здичавілої вишні	Різнорічковий ялівець, розміщення куртинне	Розміщення ялівцю куртинне
Трав'яно-чагарниковий ярус	Трав'яний покрив розріджений (20% покриття), складається майже виключно з кунічника наземного	<i>Thymus serpyllum</i> L., <i>Festuca ovina</i> , <i>Hypericum perforatum</i> L., <i>Chamaecytisus zingeri</i> (Nenuk) Klaskova, <i>Trientalis europaea</i> L. – поодинокі по всій площі	Поодинокі <i>Festuca ovina</i> , <i>Chamaecytisus zingeri</i> (Nenuk) Klaskova, <i>Trientalis europaea</i> L.
Моховий ярус	<i>Pleurozium Schreberi</i> і <i>Dicranum polysetum</i> та лишайник роду <i>Cladonia</i>	Лишайники, зелені мохи – куртинно	Лишайники плямами, зелений мох – 30%

продовження табл. 1

Стан ялівцю	Ялівець у цій асоціації має життєздатний вигляд, добрий приріст і рясно плодоносить	Ялівець має життєздатний вигляд, добрий приріст і рясно плодоносить	Популяція ялівцю старіє, низький відсоток молодого самосіву ялівцю
-------------	---	---	--

Як свідчать матеріали обліку часом сосняк наземнокуничниковий трансформувався в сосняк лишайниково-різнотравний, а на кінцевій стадії в сосняк лишайниково-зеленомоховий.

З віком зростає зімкнутість соснового деревостану з 0,3–0,4 до 0,6. Місцями на пробній площі є відкриті прогалини, де переважно концентруються зарості ялівцю. З деревостану випала береза, а з трав'яно-чагарникового ярусу зник куничник наземний. Зросло проективне покриття зелених мохів до 30%. Проективне покриття лишайників дещо зменшилось. У підліску переважає різновіковий ялівець звичайний, розміщення по площі куртинне. Зімкнутість в куртинах 0,7, максимальна висота 6–7 м, середня 5 м. Підлісок життєздатний. У трав'яно-чагарниковому ярусі основний аспект створюють лишайники, а в місцях, де сконцентрований густий підлісок ялівцю – зелені мохи.

При обстеженні старих заростей ялівцю спостерігається суцільне обростання стовбура і гілок першого порядку кущистими лишайниками, що з часом приводить до суховершинності та їх відмирання.

У Поліському природному заповіднику Л. С. Балашовим (1974) виявлено три форми ялівцю: 1) звичайна кущоподібна з висхідними гілками заввишки 2,4–4,0 м; 2) сланка з гілками, що стеляться і підводяться кінцями на 0,7–1,0 м; 3) пірамідальна деревовидна з притиснутими до головного стовбура гілками заввишки 5–6 м.

За даними досліджень 2021 року на пробній площі переважають особини звичайної кущоподібної форми (86,4%) (рис. 3) та сланкої (13,1%) (рис. 5). На ділянці виявлено лише одну особину пірамідальної форми (рис. 4). На відкритих місцях окремі куртини ялівцю, особливо кущоподібної та сланкої форм, досягають до 10 м у діаметрі. Куртини утворюються однією рослиною за рахунок утворення при основі головного стовбура великої кількості бічних гілок, які багаторазово розгалужуються в усі боки.



Рис. 3. Кущова форма



Рис. 4. Пірамідальна форма



Рис. 5. Сланка форма ялівцю звичайного

На час досліджень 2021 року чисельність одно- і дворічних особин була вдвічі нижчою, ніж 40 років тому. Помітно зросла кількість особин старшого віку (більше 20 років) (табл. 2).

Таблиця 2

Зміни вікової структури популяції ялівцю звичайного на пробній ділянці

Вікові групи	Форми ялівцю звичайного			всього
	кущоподібна	пірамідальна	сланка	
1982 рік				
1-2-річні	102			102/53
3-10-річні	64	1	9	74/38
10-20-річні	9		8	17/9
Всього	175/90,7	1/0,5	17/8,8	193/100
2021 рік				
1-2-річні	58			58/24,6
3-10-річні	8		16	24/10,2
10-20-річні і старші	138	1	15	154 /65,2
Всього	204/86,4	1/0,5	31/13,1	236/100

Соснові ліси ялівцево-лишайникові не потерпають від зміни рівнів ґрунтових вод, оскільки належать до глибоководних лісів. Вони зростають в екстремальних умовах (при дефіциті вологи) і відрізняються малорухомістю. Протягом тривалого часу майже не змінюється їх просторова структура. Лише з віком насадження старіють.

Останніми роками фіксується відносно низька чисельність 1–2-річного самосіву ялівцю звичайного, що, ймовірно, пов'язано із сильними засухами 2016–2017 років.

Соснові ліси ялівцево-лишайникові досить прості за своєю структурою. Деревний ярус в них один і утворений тільки сосною. В ярусі підліска переважно зростає ялівець поодинокими кущами або невеликими заростями. Інші кущі в підліску, як правило, відсутні або зустрічаються зрідка. Трав'яно-чагарниковий ярус і мохово-лишайниковий можуть бути виражені по-різному залежно від конкретних умов.

Соснові ліси ялівцево-лишайникові – це світлі хвойні ліси, деревний ярус в них часто розміщується куртинами, тому зімкнутість крон коливається від 0,2 до 0,6. Два кущі ялівцю на вертикальному розрізі досить розлогі сланкої та кущоподібної форми, висотою до 6 м. Зарості ялівцю концентруються навколо старого 350-річного дуба черешчатого. Такі зарості ялівцю є місцями просування зеленого моху на підвищені сухі ділянки.

У межах густих куртин ялівцю живого наземного покриву практично немає. Мохові синузії знаходять оптимальні для себе умови при середній зімкнутості крон ялівцю 0,5–0,6. Відкриті ділянки сосняків ялівцево-лишайникових заселяють лишайники роду *Cladonia*.

Висновки. За останні десятиріччя ареал поширення ялівцю звичайного в Поліському заповіднику значно зменшився внаслідок лісових пожеж. Ялівець починає плодоносити з 10-річного віку. В роки спостережень особливо рясно плодоносили особини старші 20 років. В останнє десятиріччя на пробній площі фіксується мало одно- і дворічних сіянців ялівцю, що пов'язано із сильними засухами останніх років у вегетаційний період. Схожість насіння в природних популяціях надзвичайно низька, незважаючи на те, що ялівець в окремі роки рясно плодоносить.

1. Мулярчук С. О. Поширення ялівцю звичайного (*Juniperus communis* L) на Лівобережному Поліссі України. *Укр. ботан. журн.* 1962. № 6. Т. 19. С. 97–99.
2. Балашов Л. С. Ялівець звичайний (*Juniperus communis* L) в лісах Поліського заповідника та його фітоценотична роль. *Укр. ботан. журн.* 1974. № 4. Т. 31. С. 525–527.
3. Червона книга України. Рослинний світ / за ред. Я. П. Дідуха. К. : Глобалконсалтинг, 2009. 900 с.
4. Зелена книга України / за заг. ред. Я. П. Дідуха. К. : Альтерпрес, 2009. 448 с.
5. Лисенко Г. М., Кузюра Л. Ю. Угруповання звичайно-соснових та сосново-дубових лісів звичайно-ялівцевих на території Ічнянського національного природного парку: ценотичні особливості та соціологічний статус. *Збірник статей II Всеукраїнські науково-практичні читання пам'яті професора І. І. Гордієнка*. Ніжин : НДУ імені Миколи Гоголя, 2022. С. 43–46.
6. Бумар Г. Й. Результати багаторічного популяційного моніторингу рідкісних видів рослин в Поліському природному заповіднику. *Моніторинг та охорона біорізноманіття в Україні. Сер. Conservation Biology in Ukraine*. Вип. 16, Т. 1. С. 25–34.

REFERENCES:

1. Muliarchuk S. O. Poshyrennia yalivtsiu zvychainoho (*Juniperus communis* L) na Livoberezhnomu Polissi Ukrainy. *Ukr. botan. zhurn.* 1962. № 6. Т. 19. S. 97–99.
 2. Balashov L. S. Yalivets zvychainyi (*Juniperus communis* L) v lisakh Poliskoho zapovidnyka ta yoho fitotsenotychna rol. *Ukr. botan. zhurn.* 1974. № 4. Т. 31. S. 525–527.
 3. Chervona knyha Ukrainy. Roslynniy svit / za red. Ya. P. Didukha. K. : Hlobalkonsaltynh, 2009. 900 s.
 4. Zelena knyha Ukrainy / za zah. red. Ya. P. Didukha. K. : Alterpres, 2009. 448 s.
 5. Lysenko H. M., Kuziura L. Yu. Ugrupovannia zvychaino-sosnovykh ta sosnovo-dubovykh lisiv zvychaino-yalivtsevykh na terytorii Ichnianskoho natsionalnogo pryrodnoho parku: tsenotychni osoblyvosti ta sozolahichniy status. *Zbirnyk statei II Vseukrainski naukovo-praktychni chytannia pamiati profesora I. I. Hordiiienka*. Nizhyn : NDU imeni Mykoly Hoholia, 2022. S. 43–46.
 6. Bumar H. Y. Rezultaty bahatorichnoho populiatsiynoho monitorynhu ridkisnykh vydiv roslyn v Poliskomu pryrodnomu zapovidnyku. *Monitorynh ta okhorona bioriznomanittia v Ukraini. Ser. Conservation Biology in Ukraine*. Vyp. 16, T. 1. S. 25–34.
-

Bumar H. Y., Candidate of Biological Sciences (Ph.D.), Lozko P. P., Head of the Department of Kopychyntsi PNDV (Polissia Natural Reserve, galinabumar777@gmail.com, lozko pavlo@gmail.com), Borysiuk B. V., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor (Polissia National University, Zhytomyr, bborisur1@gmail.com), Statnyk I. I., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, i.i.statnik@nuwm.edu.ua)

EXPANSION OF COMMON JUNIPER (*JUNIPERUS COMMUNIS* L.) IN THE TERRITORY OF POLISSIA NATURE RESERVE

The article presents research materials on the endemic flora, particularly the rare species of common juniper, growing in the northern part of the Ukrainian Polissia within the territory of the Polissia Nature Reserve. It is noted that this species exhibits high sensitivity to changes in ecological conditions, making it an important bioindicator of anthropogenic impact. Considering that the common juniper is not included in the Red Book of Ukraine, this species is part of the rare phytocenoses. Specifically, the communities of pine-oak forests, as well as pine forests with the presence of common juniper, are included in the Green Book of Ukraine.

The research results show that over the last decade, the distribution range of this species in the Polissia Reserve has significantly decreased due to forest fires.

The article describes the habitat of the juniper, including its occurrence in dry and fresh pine forests located on the upper parts of slopes and sandy hills, as well as in wet pine forests and on the edges of swamps in the form of suppressed individual specimens. In some areas of dry and fresh pine forests, the species forms dense multi-aged stands covering an area from 0,2 to 0,5 hectares (quarters 22, 24) in the undergrowth layer. Such places are optimal for its growth in this region. It is also investigated that pine forests with juniper-lichen communities are not affected by changes in groundwater levels. They can grow in extreme conditions (with moisture deficit) and are characterized by low mobility. Their spatial structure remains almost unchanged for a long time. Only with age do the plantations age. When

inspecting old juniper stands, there is continuous overgrowth of the trunk and branches of the first order by bushy lichens, which over time leads to drying and dying off.

***Keywords:* forestry; reserve; curtains; tree stand; fresh berries; age structure.**

Гриб Й. В., д.б.н., професор, Троцюк В. С., к.с.-г.н., доцент, Войтишина Д. Й., здобувач, Шерінга І. О., студентка (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, y.v.hryb@nuwm.edu.ua, v.s.trotsyuk@nuwm.edu.ua)

ФУНКЦІЯ ПРОМІЖНИХ ЕКОТОНІВ (БІОМІВ) РІЧКОВОЇ МЕРЕЖІ У ФОРМУВАННІ ЯКОСТІ ВОДИ І ВИДОВОГО РІЗНОМАНІТТЯ АБОРИГЕННОЇ ІХТІОФАУНИ

Водна біокосна екосистема залежить від стану підсистем поверхні водозбору, складу ектонів водного середовища, є результатом поєднання живої і косної речовини. Біом, як елементарна первісна одиниця водної екосистеми, формує склад флори і фауни річково-озерної мережі, сприяє процесам самоочищення водного середовища, формує «плівку життя» (за В. І. Вернадським). В цілому мегаекосистема водного об'єкта – це територіально-просторове біологічне формування сукупності водних і суходільних ценозів басейну, що створює і продукує видове різноманіття флори і фауни. При проведенні моніторингу річкової мережі основна увага приділяється характеристиці русла як гідроекологічного коридору відведення стічних, поверхневих і підземних вод та шляхів міграції аборигенної іхтіофауни. Водночас на бокові ектони як додаткові локалітети формування біомів водного середовища практично не зверталось уваги. Біом можна характеризувати як первинну продукційну ланку живої речовини водного середовища, обмежену фізико-географічними та ландшафтними умовами формування проміжних зон між водним середовищем і суходолом, що формують і зберігають видове різноманіття флори і фауни, є банком збереження рідкісних видів живої природи, синтезує кисень і знижує вміст CO₂ в атмосферному повітрі, а разом з суходільними біогеоценозами формують кліматичні умови, інтенсивність атмосферних опадів, живлять водне середовище. За В. І. Вернадським біоми є природними локалітетами згущення органічної речовини і є елементарними комірками водних екосистем.

Ключові слова: ектон; біом; гідроекологічний коридор; іхтіофауна; екосистема.

Вступ. Функціонування річкових екосистем характеризується постійним стоком у руслах річок, який сформований підземними та ґрунтовими водами, поверхневим стоком з поверхні водозбору від атмосферних опадів та стічними і зливовими водами від урбанізованих територій. Внаслідок впливу стресових ситуацій природного і антропогенного походження русла річок є зоною ризику для аборигенної іхтіофауни. Водночас, розглядаючи екосистему річки як генералізовану річкову водну екосистему, що складається із русла та додаткової мережі, ми повинні враховувати вплив біотичної складової у формуванні іхтіоценозу та якості води, тобто ми повинні визнати функціонування додаткової мережі (приток першого і другого порядку, стариць, заплавних озер, луків та боліт) як дрібніших екосистем, як біомів, що характеризують поперечне січення (заплавне) басейну у чотиривимірній системі оцінювання річкової екосистеми. Розглядаючи концепцію, що річка живе заплавою, за чисельністю проміжних екотонів (біомів) можна визначити продуктивність водної екосистеми.

Постановка проблеми. Річки та озера планети Земля займають майже 3% території суходолу. Русла річок є гідроекологічними коридорами, або коридорами відведення поверхневого стоку, шляхами міграції аборигенної іхтіофауни. Бокові екотони є місцями локалізації і розвитку живої речовини, насамперед живого корму для риб, видового різноманіття та розвитку аборигенної іхтіофауни. Саме заплава річки з її озерами, старицями і староріччями, притоками першого і другого порядку, які формують життя водного середовища, є місцями відтворення. Для оперативного прийняття заходів з оптимізації стану водних мегаекосистем була проведена класифікація біомів (табл. 1).

Регіональні біоми (за особливостями формування поверхні водозбору) – це русла річок Полісся, Лісостепу та Степу, характеризуються різними величинами питомої ваги підсистем [1]. Антропогенна трансформація значно змінила структуру басейнів і далека від оптимальної. Якість водного середовища формується залежно від питомої ваги домішок, що скидаються від урбанізованих територій та агроекосистем, а також стану трансформації підсистем, тобто якості води (I_e) можна описати залежностями:

- за концентрацією домішок і витратами води ($C;Q$);
- за станом підсистем поверхні водозбору (K_e);

- за переробною здатністю русла річки (L_1-L_0) $K \tau$.
де C_i – провідні характеристики чинників впливу на якість води; Q – витрати води, $\text{м}^3/\text{с}$; K_e – коефіцієнт антропогенної трансформації поверхні водозбору; L_0, L_1 – вихідні (реперні та фактичні) величини БСК₅; K – інтенсивність самоочищення; τ – тривалість процесу самоочищення або терміну добігання води від джерела забруднення до гирла за гідроекологічними коридорами.

Таблиця 1

Класифікація біомів річкових басейнів

№ з/п	Види біомів	Характер впливу	Особливості прояву
1	Регіональні басейнові	Гідрологічний режим	Фізико-географічні умови формування ландшафтів
2	Біоми руслові (зимувальні ями, стариці, староріччя)	Локалізація видів аборигенної іхтіофауни	Формується стійкість складу річкової екосистеми
3	Біоми прибережних заплав	Умови збереження і відтворення популяції аборигенної іхтіофауни	Формується стійкість екосистеми
4	Біоми озерних систем	Формування локальних іхтіоекосистем	Формування ізольованих екосистем
5	Біоми очисних споруд урботериторій	Зниження впливу антропогенних домішок	Знижує вміст антропогенних домішок та дрифт біогенів за гідроекологічним коридором
6	Біоми руслових водосховищ	Формування локальних іхтіоекосистем	Динаміка складу популяцій, формування панівних видів

продовження табл. 1

7	Гідроекологічні коридори середовища	Канали міграції аборигенної іхтіофауни, пропуск стоку поверхневих і підземних вод	З'єднуюча ланка екосистем басейну та шляхів міграції риб
8	Локальні рибовідтворювальні ділянки	Сумарний вплив проміжних екотонів в створі спостережень	Збереження природних умов відтворення і життєдіяльності іхтіофауни
9	Біоми приток першого порядку	Природний стік	Оздоровлення річкової мережі

На локальні біоми діють:

а) антропогенні чинники впливу (розорювання, урбанізація, стічні води);

б) природні чинники (залісненість, залугованість, заболоченість, їх питома вага);

в) компенсаційні чинники (скидання очищених стічних і зливових вод.

Вивченість проблеми. На початку ХХІ ст. вийшла карта «Україна. Стан природного середовища та його стійкість до технічного навантаження» авторів д.геогр.н. В. А. Барановського та д.геогр.н. П. Г. Шишченко, де серед показників використано потенціал стійкості поверхневих вод. За вихідними даними використано співвідношення кольоровості води (r), коефіцієнту витрат води (Q) та кількість днів протягом вегетаційного періоду з температурою води вище 16°C ($a/365$). Щодо перших двох характеристик необхідно зробити деякі зауваження:

1. Кольоровість води залежить від впливу заболочених територій та мінералізації торфів (Полісся), розкладу вищої водної рослинності та питомої ваги стічних вод у русловому потоці [2].

2. Витрати води зарегульованих малих річок залежать від інтенсивності розорювання території, випаровування та транспірації вологи вищою водною рослинністю, забору води для зрошення, інфільтрації та впливу осушення прилеглих територій [1].

Нами в цей же період була опрацьована концепція визначення стану водного середовища залежно від впливу трьох складових: мінералізації води, трофо-сапробіологічних характеристик та токсичності домішок [4]. В той же період вийшла наша монографія з визначення впливу господарської діяльності на якість водного середовища за течією нижче урбанізованих територій, формуючи «гарячі точки» забруднень. За якістю води на сьогодні ні одна річкова мережа не може бути прийнятною для питного водопостачання.

Нами опрацьована формула для визначення стійкості екосистеми річкового русла за співвідношенням чисельності екстремальних ситуацій в створі спостережень до чисельності межових екотонів або переробною здатністю русла:

$$ST = [C_i Q (L_1 - L_0) k t] / n , \quad (1)$$

де C_i – маса сторонніх домішок, г/м³; L_1, L_0 – БСК₅ від джерела забруднення і в кінцевому створі, мг/дм³10⁶; k – коефіцієнт самоочищення води у період літньої межени; Q – витрати води у створі спостережень в той же період, м³/с; t – тривалість вегетаційного періоду, діб; n – чисельність екотонів у руслі річки.

Залежність індексу I_e від стану трансформації підсистем поверхні водозбору описується різними величинами K_e , що формуються різними співвідношеннями розораності та природних чинників (залісненості, залугованості, заболоченості басейнів та компенсаційними заходами). Коефіцієнти парної кореляції I_e та K_e склали для Полісся $r = 0,744$, Лісостепу $r = 0,784$ та Степу $r = 0,722$.

Стає зрозумілим, що на сьогодні необхідна переорієнтація в методах оцінки стану екологічної ситуації у водних басейнах, коли вилучення однієї із складових системи веде до формування кризової ситуації у цілому руслі річки (табл. 2).

Розробка ключа у паспортизації біомів, розташованих у поперечному січенні басейну, дає можливість об'єктивної оцінки стану розвитку екосистеми. Чим більша чисельність межових екотонів, тим більша стійкість екосистеми (за коефіцієнтом трансформації басейну) (табл. 2).

Найбільш стійкими, у порівнянні з досліджуваними руслами річок, були басейни річок Десна і Горинь ($K_{тр} = 1,19 - 1,50$), найбільш

вразливими були басейн річки Льва, заплавних озер Скоринь, Лучне, Тучне, Тухове, Верхнє і Нижнє ($K_{тр} = 4,0 - 14,0$).

Залежно від чисельності проміжних екотонів у руслах річок, формується видове різноманіття аборигенної іхтіофауни. У гирлах правобережних приток річки Прип'ять (річок Горинь і Стир) формуються повноцінні популяції промислових видів риб, в тому числі реофілів: білизни, в'язя, головня, морени, щуки і судака при інтенсивному розвитку смітної риби, як корму для вищої ланки трофічного ланцюга.

У зарегульованих руслових водосховищах, внаслідок деградації середовища проживання, вилучаються популяції всіх видів риб-реофілів при залишку смітної риби (табл. 3).

В нетрансформованій річковій екосистемі концентрація домішок залежить від витрат води, тобто:

$$C_i = M_i/Q + b_i, \quad (2)$$

де C_i – концентрація домішок, мг/дм³; M_i – маса домішок в створі спостережень, мг; Q – витрати води, м³/с; b_i – концентрація домішок в природному фоні (може бути прийнята за реперними характеристиками в період межені), мг/дм³.

Прибережна смуга водоохоронної зони виступає як елемент захисту від твердого стоку. Лучна заплава, як елемент життя річкового русла, відіграє важливу роль у збереженні і відтворенні аборигенної іхтіофауни через: а) депонування мулів, винесених з основного русла під час повені; б) очищення води під час нерестового періоду; в) формування умов нересту; г) формування нерестового субстрату з минулорічних лучних трав; д) захисту русла від поверхневого стоку зависів з поверхні водозбору. Тобто існує концепція «річка живе заплавою».

Згідно з затвердженим положенням щодо збереження придаткової мережі, кожен водотік повинен мати узаконену прибережну смугу, ширина якої залежить від довжини русла. Розрахункова ширина прибережної смуги розраховується наступним чином:

$$b = b_0 + b_0(d_{сер.звж}), \quad (3)$$

де b – розрахункова ширина прибережної смуги, м; b_0 – еталонна початкова ширина прибережної смуги, що залежить від довжини русла, м; $d_{\text{сер. зваж.}}$ – середньозважений нахил прибережної смуги, градуси (при нахилі прилягаючої території до 3° ширина прибережної смуги приймається 50 м).

$$b_0 = 5\sqrt{L}, \quad (4)$$

де L – довжина річки, м.

Струмки, канали осушувальної мережі мають ширину прибережної смуги 10,0 м.

Відмічається неоднорідне поширення аборигенної іхтіофауни у водному середовищі р. Горинь: чим більша чисельність заплавних екотонів, тим більша чисельність видів і продуктивність риб. Найбільша чисельність і локалізація популяцій у створах Морозовичі – Деражно – Дубровиця – Висоцьк, що характеризується множинністю екотонів, життєвим простором, де формується кормова база за рахунок біогенів з верхньої лісостепової ділянки русла (табл. 2).

Окремо слід звернути увагу на збагачення зоопланктоном р. Горинь після очисних споруд РВО «Азот», поєднане з буферним ставом зливової каналізації. Однак, цей процес нівелюється кислим дренажним стоком з відвалів фосфогіпсу, що губить маточне поголів'я в зимовий період у зимувальній ямі нижче за течією. Тобто оцінку якості води водного середовища, як основного чинника існування екосистеми, можна формалізувати наступним чином:

$$I_e = (M_{c_i} (Q_{\text{річ}} + Q_{\text{екотон}})(L_1 - L_0) K V \tau), \quad (5)$$

де M_{c_i} – маса домішок у досліджуваному створі гідроекологічного коридору, г/м³; $Q_{\text{річ}}$ – витрати річкової води, м³/с; $Q_{\text{екотон}}$ – витрати води, що надходять з придаткової мережі, м³/с; L_1 – БСК₅ в створі спостережень, мг/дм³10⁶; L_0 – БСК₅ у витоці русла річки, мг/дм³10⁶; K – коефіцієнт переробної здатності або споживання розчиненого кисню біотою (приймається від 0,05 для гумінових кислот до 0,2–0,3 для фітопланктону та 0,5 – для стічних вод в літній період); V – швидкість потоку, м/с; τ – тривалість спостережень, діб.

Таблиця 2

 Формування складу аборигенної іхтіофауни за створами
спостережень у басейні р. Горинь

№ з/п	Створи спостережень	Протяжність русла, км	Множинність екотонів	Склад аборигенної іхтіофауни
1	с. Морозовичі, залізничний міст	430,0	Зимувальна яма, староріччя, заплавні луки, русло, стариці	<u>Судак, короп</u> , окунь, плітка, лин
2	с. Шубків	370,0	Староріччя, стариці, лучна заплава, русло	<u>Короп, товстолоб</u> , лящ, плітка, окунь
3	с. Хотинь	300,0	Зимувальна яма, кар'єри, стариці, джерела	Плітка, <u>лин</u> , щука, <u>сом</u> , окунь, головень
4	с. Бегень	288,0	Очисні споруди РВО «Азот», староріччя, лучна заплава, природні нерестовища	<u>Лящ, щука</u> , <u>сом</u> , головень, карась
5	смт Деражне	278,0	Староріччя, озера, лучна заплава, притоки, джерела	<u>Короп, лящ</u> , щука, сом, головень, морена
6	смт Степань	210,0	Староріччя, лучна заплава, джерела, стариці	<u>Підуст</u> , короп, сом, головень
7	смт Дубровиця – с. Селець	117,0	Староріччя, лучна заплава, болота, озера, стариці, зимувальна яма, притоки	<u>Сом, лящ</u> , судак, щука, окунь, короп, карась, плітка
8	смт Висоцьк	90,6	Староріччя, стариці, озера, заплавні луки, зимувальна яма, притоки (р. Чаква)	<u>Сом</u> , судак, окунь, щука, карась, короп, плітка
9	с. Заслuchчя (р. Случ-притока р. Горинь)	302,0	Озера, заплавні луки, притоки, стариці, болота	<u>Щука</u> , судак, карась, лин, сом, окунь

Примітка: підкреслені основні популяції промислових видів риб, формування популяцій інтродукованих видів риб з фермерських

рибоводних господарств. В створі с. Бегень на лівобережжі є давнє нерестовище щуки.

Методи і об'єкти досліджень. При дослідженні водних об'єктів використані апробовані гідрохімічні, гідрологічні, гідробіологічні, токсикологічні, іхтіологічні, ландшафтні методи досліджень.

Основними характеристиками стану водного середовища були вміст органічного вуглецю, мінеральних форм азоту і фосфору, зависів, вміст токсичних домішок (іони Cu^+ , Fe^{2+}). Іхтіологічні характеристики вивчали за лімнофільними та реофільними аборигенними видами риб. Стан підсистем поверхні водозбору вивчали за фізико-географічними регіонами України за співвідношенням трансформованих і природних підсистем (розораності, лісистості, залугованості, заболоченості, заозерності).

Об'єктами досліджень були правобережні притоки р. Прип'ять – річки Горинь, Стир а також озерні системи і руслові водосховища.

Наукова новизна. Вперше проведено дослідження заплавних екотонів у басейнах річок Горинь, Стир, Льва та приток середньої течії річок Дніпра, Десни, Удаю, озерних систем басейну річки Прип'ять. Розроблено класифікацію заплавних екотонів, їх символізацію та визначено їх значимість (табл. 3 і 4). Надано чисельність і динамічні зміни проміжних екотонів і віднесення їх до коефіцієнту трансформації підсистем поверхні водозбору та класу якості води.

Таблиця 3

Індексація проміжних екотонів водних басейнів та експертна оцінка їх вагомості у річково-озерній мережі

№ з/п	Елементи «осередків життя»	Водний об'єкт			Символ у формулі «осередків життя»
		річка	озеро	водосховище	
1	Регіональні басейнові	+++	+++	+++	p
2	Притоки I і II порядку з непорушеними басейнами і високою якістю води	+++	+++	+++	p
3	Заплавні озера та стариці	+++	+++	+	os
4	Джерела	+++	+++	+	d

продовження табл. 3

5	Заплавні луки – нерестовища	+++	+++	+	z
6	Заплавні болота	+	+	+	b
7	Зимувальні ями	+++	+++	+++	j
8	Підняття дна (банки), острови, перекати	+++	++	++	o
9	Незаболочені мілководдя з заростями очерету	++	++ (не більше 12%)	++ (не більше 12%)	a
10	Виклинювання підземних вод під водним дзеркалом	++	+++	+	w
11	Сполучення у системі «річка – озеро», «озеро – озеро»	+++	+++	++	s
12	Локальні рибовідтворювальні ділянки	+++	+++	+++	R
13	Гідроекологічні коридори середовища	+++	+++	+++	h
14	Скупчення осередків життя (русло+ притока+ зимувальна яма+ нерестовище)	+++	+	++	sh
Функціональні показники					
14	Розчинений кисень, насиченість 100%	+++	+++	+++	Rh
15	Екологічна якість води	+++	+++	+++	le

Примітка: експертна оцінка вагомості екотонних природних характеристик: +++ – надзвичайно важлива, ++ – дуже важлива, + – важлива.

Таблиця 4

Результати досліджень чисельності екотонів «осередків життя» у басейнах річок і озер

№ з/п	Водні об'єкти	Морфологічні характеристики (довжина русла (км), площа водного дзеркала (км ²))	Коефіцієнт множинності екотонів *	Коефіцієнт трансформації басейну, K _{тр} (клас)	Формула «осередків життя»
1. Річки					
1	Прип'ять (до смт Річиця)	748.0 (досліджуване верхів'я 100.0)	81/27 (0,27)	3,37 (3)	$p^4 o s^{10} d^5 b^2 r^3 n^3$

продовження табл. 4

2	Льва (л.п. р. Ствиж)	100.0	125/10 (0,10)	12,5 (4)	$p^2os^3d^2j$
3	Горинь (п.п. р. Прип'ять)	659.0	350/232 (1,05)	1,5 (2)	$p^4os^{40}d^{98}z^{10}b^2$ $j^{30}a^2s^3r^8h^2$
4	Стир (п.п. р. Прип'ять)	437,0 (лівий рукав) 494.0 (правий)	280/179 (0,40)	1,56 (2)	$p^{21}os^{300}d^{20}z^{10}b^{10}$ $j^{30}o^2s^3r^6h^2$
5	Десна (л.п. р. Десна)	1126,0 (в межах України 591.0)	530/445 (0,47)	1,19 (2)	$p^{30}os^{40}d^{98}z^{10}b^2$ $j^{30}o^3s^{20}r^9h^2$
6	Удай (л.п. р. Сула)	321,0	96/60 (0,18)	1,60 (2)	$p^{15}os^5d^5z^3b^5$ $j^{10}o^2a^{10}r^5$
2. Водосховища					
7	Хрінницьке руслове на р. Стир	2000	39/25 (1,25)	1,56 (2)	$p^3os^2d^2z^2b$ $j^3o^2a^4s^2r^2h^4$
3. Озера					
8	Світязь	24,2	28/16 (0,66)	1,75 (2)	$p^3oszbj^5oa^2wr^2$
9	Скоринь (басейн р. Прип'ять)	0,172	40/11 (0,63)	3,63 (3)	$zbja^6w$
10	Любязь (басейн р. Прип'ять)	0,51	34/17 (0,33)	2,0 (3)	$p^2os^2z^2bj^2a^5$ srh
11	Нобель (басейн р. Прип'ять)	0,49	40/20 (0,41)	2,0 (2)	$p^2os^3z^2b^2j^2a^5$ wsrh
12	Лучне (басейн р. Прип'ять)	0,042	42/8 (2,2)	5,3 (3)	bja^6
13	Тучне (басейн р. Прип'ять)	0,046	45/9 (2,0)	5,0 (3)	$paja^6$
14	Тухове (басейн р. Льва)	0,026	16/4 (6,5)	4,0 (3)	pja^2
15	Верхнє (басейн р. Льва)	0,050	20/5 (1,0)	14,0 (3)	$dzja^4$
16	Нижнє (басейн р. Льва)	0,015	18/3 (2,0)	6,0 (3)	a^3

Результати досліджень. Основою формування «плівки життя» басейну водного об'єкта (гідроекологічного коридору та заплавних екотонів) є динаміка водного режиму русла. Від висоти затоплення заплави та її тривалості залежить сполучення русла з екотонами.

В створі с. Оженин на річці Горинь ми спостерігали два піки підняття рівня води: зимово-весняний (березень-квітень), що відповідає рівню виходу повеневих вод на заплаву і формування нерестових умов (при поєднанні заплавних екотонів), спадом рівня повеневих вод та літнє підняття рівня води у червні, що відповідає рівню затоплення заплавних екотонів, сполучення їх з руслом.

Формування іхтіоценозу заплавних біомів. Лімітуючими чинниками формування популяції аборигенної іхтіофауни були наявність сполучення з основним руслом, вміст розчиненого кисню, маса корму, чисельність іхтіофауни, кормовий коефіцієнт співвідношення у популяції риб «хижак – жертва», природна смертність, а також життєвий простір. Відсутність або зниження значень однієї з характеристик означає вразливість ценозів водного середовища та стійкість популяції риб.

У штучних екосистемах життєвий простір особин складає від 2,5 м³ водного середовища до 5,0 м³ при пасовищній технології годівлі риб та наявності природного корму (зоопланктону) до 5,0 г на 1 м³ водного середовища. У зв'язку з проточністю води та дрифтом планктону об'єм життєвого простору при концентрації 0,02 г/м³ складатиме більше 100 м³ на одну особину планктофага.

Зрозуміло, що кормова база буде одним з провідних чинників продуктивності водойми. У непротічних системах і оптимальних умовах нересту спостерігається загущеність посадки і тугорослість. Тому найбільша чисельність аборигенної іхтіофауни спостерігається у локальних рибовідтворювальних ділянках на руслах річок (біомах), де є згущеність плівки життя (корми, якість води, кисневий режим, наявність хижаків) та величина життєвого простору.

Залежно від умов у екотонах формується специфічний склад риб – лімнофілів, реофілів, а також періодична зміна сукцесій екосистеми. Так, в ізольованих поліських водоймах спостерігається періодична зміна складу риб. У суворі зими внаслідок дефіциту розчиненого кисню гине щука, залишається стійкий до його дефіциту карась, лин. В нерестовий період екземпляри щуки, що вижили, як подавлена популяція не розвивається, так як ікра виїдається

карасем і популяція щуки деградує. Лише на 3–4 рік, коли виживають окремі екземпляри щуки, динаміка відношення «карась – щука» міняється і розвивається щуча популяція, яка подавляє карася, тобто в локальних біомах формується однаковий тип вищої ланки трофічного ланцюга, обумовлений лімітуючими чинниками їх життєвого простору. Звичайними представниками застійних водойм є лин, окунь, карась, в'юн, ротань, а протічних – судак, щука, сом, окунь, підуст (табл. 5).

Основними процесами глибокого біологічного доочищення забруднених стоками поверхневих вод є тривалість контакту забруднень з гідробіонтами. Так, очищення води на біофільтрах та аеротенках складає лічені години при активній аерації. Очищення води у біологічних ставках та водорослево-рачкових ставках складає до 6 днів. Добігання води у річках від витoku до гирла складає також до 5–6 днів. В той же час додаткова мережа функціонує як реактивна система активізації процесів самоочищення та як зони сталого мешкання аборигенних видів риби та формування природної кормової бази. За В. І. Вернадським біоми річкових басейнів можна розглядати як елементи згущення «плівки життя», а також як біокосні системи, що поєднують водне і косне середовища (суходільні біоценози), взаємопов'язані обміном речовини та енергії. Тут формується потік енергії від простіших організмів (бактеріопланктону та зоопланктону) до вищої ланки трофічного ланцюга.

В оптимальних умовах водного середовища (якість води, газовий режим, кормова база, життєвий простір) формуються популяції аборигенних видів риби, зокрема сома, ляща, щуки, судака, підуста, плотви та інтродукованих видів – коропа, товстолаба, білого амура, веслоноса.

Таблиця 5

Порівняльна характеристика залежності видового складу аборигенної іхтіофауни правобережних приток р. Прип'ять (річки Горинь, Устя, Стир, Іква) та їх руслових водосховищ від зарегульованості русел

№ з/п	Вид риби	Досліджувані створи в басейнах річок						
		р. Стир, гирло, с. Зарічне)	Хрінницьке водосховище (басейн р. Стир)	Млинівське водосховище (басейн р. Іква)	р.р. Стир, Іква від водосховища до с. Торговиця	Басівкутське водосховище (басейн р. Устя)	р. Устя від створу водосховища до впадіння в р. Горинь	р. Горинь, гирло (с. Висоцьк)
1	Щука	++++	+++++	++++	+++++	++	+	++++
2	Судак	++	++	-	++	++	-	+++
3	Плітка	+++++	+++++	+++++	+++++	++++	++	+++++
4	Головень	++++	+	+	+++	-	-	++++
5	В'язь	++	+	+	++	-	-	++
6	Краснопірка	+++	++++	++++	++++	+	-	++++
7	Білізна	+++	+	+	+++	-	-	+++
8	Вівсянка	+++++	+++++	+++++	+++++	+++	+++	+++++
9	Лин	++	+++++	++	+++	+	-	++
10	Рибець	+++	-	-	++	-	-	+++
11	Підуст	+++	-	-	++	-	-	+++
12	Пічкур	+	-	-	-	-	-	+
13	Верховодка	+++++	++++	++++	+++	+++++	+++	+++++
14	Плоскирка	+++++	++++	++++	++++	+++	-	+++++
15	Лящ	+++++	+++	++++	++++	+++	-	+++++
16	Клепець	++	-	-	++	-	-	++
17	Гірчак	+	++	++	+	++	+	+
18	Карась звичайний	++	+	-	++	-	-	++
19	Карась сріблястий	+++	++++	++++	++++	++++	+++	+++
20	Короп ставовий	+++	++	+	++	+	-	+++

Рибопродуктивність і чисельність популяцій риб за біомами слід розглядати за кормовою базою, життєвим простором, якістю водного середовища.

$$R = f(m, n, I_e, R, N, C_i). \quad (6)$$

$$C_i = M/Q. \quad (7)$$

Тобто зрозуміло, чому кормові ділянки річок Горинь, Стир характеризуються найвищою рибопродуктивністю, що формується сумарним впливом продуктивності проміжних біомів при підвищенні якості води.

Біоми руслових коридорів є зоною ризику, яка формується від дефіциту розчиненого кисню, скидання забруднених і токсичних стоків, хлорованих стічних вод.

Закономірності реабілітації порушених природних екосистем:

1. У водному середовищі працює закон збереження речовини та енергії, який реалізується в процесі синтезу живої речовини із неживої: біогенні домішки стічних вод (CNP) під дією сонячного опромінення синтезуються біотою (мікроводоростями та вищою водною рослинністю) у живу речовину постійно, що забезпечує сталість існування природного середовища.

2. Сукупність гідробіонтів, сформована на трансформованій енергетичній базі (забруднення) переводить водне середовище на новий рівень сукцесійних змін, формує чисту воду. Тобто реалізується золоте правило існування екосистеми: повернення стану середовища від забрудненого до еталонного.

3. Не дивлячись на зростаючий рівень урбанізації та збільшення об'єму скидної води, природне середовище реалізує свій стан за рахунок додаткової мережі (екотонів) та розкладу органічних домішок нижньої ланки трофічного ланцюга – бактеріопланктоном.

4. Властивість води підвищувати питому вагу при температурі +4°C забезпечує вертикальну стратифікацію та збереження аборигенної іхтіофауни у підлідний період, а холодна вода формує на поверхні водного дзеркала льодовий покрив.

5. Складові елементи додаткової мережі (болота, ветленди, лучна заплава, стариці, озера, притоки першого і другого порядку) забезпечують стійкість і знижують вразливість водного середовища від впливу антропогенних домішок.

6. Регулювання русла річок греблями порушує шляхи міграції аборигенних видів риб (кормових, кисневих, осінніх, зимових) а також перекриває шляхи міграції при точкових забрудненнях та реотаксис аборигенної іхтіофауни (річкового вугра, щуки та інших видів).

7. Ліквідація точкових джерел забруднення річково-озерної мережі може бути забезпечена шляхом упорядкування природокористування місцевими громадами та впровадження плати за воду, а також скидання забруднених стоків.

Висновки. 1. При існуючому кризовому стані у водокористуванні необхідна державна програма «Відновлення стану річкової мережі і якості води» із фінансовим забезпеченням за розділами «Очисні споруди. Русла. Проміжні екотони. Заліснення. Якість води. Рибопродуктивність».

2. Стійкість, вразливість і рибопродуктивність річкових русел (гідроекологічних коридорів) обумовлена множинністю проміжних зон (екотонів). Спрямлені русла малих річок низькопродуктивні, є магістральними каналами відведення стоку меліоративних систем.

3. Гідроекологічні коридори середовища є зоною ризику та реактивною системою доочищення домішок, стабільність якої генерується дотацією біогенних елементів з поверхні водозбору та гідробіонтами, що надходять з умовно очищеними комунальними стоками, а також, інокуляцією гідробіонтів проміжних екотонів.

4. Антропогенна складова за внесенням домішок перевищує природну: за стоком солей – до 50%, токсичних домішок – до 10%, що формує третій клас якості води, а також періодичні формування кризових явищ у річковій мережі.

1. Гриб Й. В., Клименко М. О., Сондак В. В., Гринк В. І., Войтишина Д. Й. Відродження екосистем трансформованих басейнів річок та озер (Рекомендації до розробки ОВНС) : монографія /за ред. д.б.н. Гриба Й. В. Рівне : НУВГП, 2012. 246 с. 2. Гриб Й. В., Клименко М. О., Савицький О. Л., Войтишина Д. Й. Використання боліт і торфовищ в очищенні поверхневого стоку та адаптація передового досвіду в умовах України. *Екологія боліт і торфовищ*. К., 2012. С. 59–69. 3. Клименко М. О., Гриб Й. В., Мантурова О. В. Рибопродуктивність і видове різноманіття заплавних озер басейну річки Прип'ять. *Природа Західного Полісся і прилеглих територій*. Луцьк, 2001. С. 213–221. 4. Гриб Й. В., Петрук А. М., Борщевська І. М., Войтишина Д. Й., Михальчук М. А. Біоіндикація стану водного середовища у комплексному

оцінюванні токсичності слабopотічних водойм. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сер. Сільськогосподарські науки*. 2023. Вип. 2(102). С. 31–51.

REFERENCES:

1. Hryb Y. V., Klymenko M. O., Sondak V. V., Hrynk V. I., Voityshyna D. Y. Vidrozhennia ekosystem transformovanykh basiniv richok ta ozer (Rekomendatsii do rozrobky OVNS) : monohrafiia /za red. d.b.n. Hryba Y. V. Rivne : NUVHP, 2012. 246 s. 2. Hryb Y. V., Klymenko M. O., Savytskyi O. L., Voityshyna D. Y. Vykorystannia bolit i torfovyyshch v ochyshchenni poverkhnevoho stoku ta adaptatsiia peredovoho dosvidu v umovakh Ukrainy. *Ekolohiia bolit i torfovyyshch*. K., 2012. S. 59–69. 3. Klymenko M. O., Hryb Y. V., Manturova O. V. Ryboproduktyvnist i vydove riznomanittia zaplavnykh ozer basinu richky Prypiat. *Pryroda Zakhidnoho Polissia i prylehlykh terytorii*. Lutsk, 2001. S. 213–221. 4. Hryb Y. V., Petruk A. M., Borshchevska I. M., Voityshyna D. Y., Mykhalchuk M. A. Bioindykatsiia stanu vodnoho seredovyscha u kompleksnomu otsiniuvanni toksychnosti slaboprotichnykh vodoim. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Ser. Silskohospodarski nauky*. 2023. Vyp. 2(102). S. 31–51.

Hryb Y. V., Doctor of Biological Sciences, Professor, Trotsiuk V. S., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Voityshyna D. Y., Applicant, Sherinha I. O., Senior Student (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

FUNCTION OF INTERMEDIATE ECOTONES (BIOMES) OF THE RIVER NETWORK IN FORMING WATER QUALITY AND SPECIES DIVERSITY OF ICHTHIOFAUNA

A water biocoenotic ecosystem depends on the condition of the subsystems of the catchment surface, the composition of the ecotones of the aquatic environment, and is the result of the combination of living and non-living matter. The biome, as an elementary primary unit of the aquatic ecosystem, shapes the composition of the flora and fauna of the river-lake network, facilitates the processes of self-purification of the aquatic environment, and forms the "film of life" (according to V. I. Vernadsky). In general, the megaecosystem of a water body is a territorially-spatial biological formation of the

aggregate of aquatic and terrestrial cenoses of the basin, which creates and produces the species diversity of flora and fauna. When monitoring the river network, the main focus is on the characterization of the riverbed as a hydro-ecological corridor for the discharge of wastewater, surface, and groundwater, and the migration routes of indigenous ichthyofauna. Meanwhile, the lateral ecotones as supplementary localities for the formation of aquatic biomes have received practically no attention. A biome can be characterized as the primary production link of living matter in the aquatic environment, limited by the physico-geographical and landscape conditions of the formation of transitional zones between the aquatic environment and the land, which form and preserve species diversity of flora and fauna, serve as a repository for the conservation of rare species of living nature, synthesize oxygen, and reduce CO₂ content in the atmospheric air, and together with terrestrial biogeocenoses, form climatic conditions, the intensity of atmospheric precipitation, and nourish the aquatic environment. According to V. I. Vernadsky, biomes are natural localities of organic matter concentration and are elementary cells of aquatic ecosystems.

***Keywords:* ecotone; biome; hydro-ecological corridor; ichthyofauna; ecosystem.**

Гунчак М. В., к.с.-г.н., директор (Чернівецька філія державної установи «Інститут охорони ґрунтів України», м. Чернівці),
Романова С. А., к.с.-г.н., заступник генерального директора з наукової діяльності, Грищенко О. М., к.с.-г.н., учений секретар (Державна установа «Інститут охорони ґрунтів України», м. Київ, grischenkoel@ukr.net), **Мороз О. С., к.с.-г.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, o.s.moroz@nuwm.edu.ua)

ФІТОСАНІТАРНИЙ МОНІТОРИНГ ЯБЛУНЕВИХ НАСАДЖЕНЬ ЗАХІДНОГО ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Досліджено особливості чисельності, шкідливості, поширення, розвитку шкідників та хвороб яблуні у 2016–2020 рр. в умовах Західного Лісостепу України. Дослідженнями встановлено, що найбільш поширеним шкідником в умовах даного регіону у 2016–2020 роках була яблунева плодожерка (інтенсивність льоту метелика першого покоління досягала 8,4 екземплярів/феромонну пастку, а метелика другого покоління – до 6,5 екземплярів/феромонну пастку). Крім того, економічні пороги шкідливості перевищили зелена яблунева попелиця (до 22,9 колоній/100 листків), листовійки (до 7,4% пошкоджень), яблунева міль (до 2,5 гнізд/дерево), кліщі (до 450,8 личинок/100 листків). Серед хвороб найбільше уражували яблуневі сади парша та борошниста роса. Парша у 2016–2020 рр. уразила до 28,2% листків та до 16,6% плодів яблуні. Борошниста роса під час вегетації 2016–2020 рр. уразила до 15,3% листків яблуні. Плодова гниль у 2016–2020 рр. уразила до 12,2% плодів яблуні.

Ключові слова: яблуна; фітосанітарний моніторинг; шкідники; хвороби.

Постановка проблеми. Для ефективного запобігання втрат врожаю і раціонального використання матеріальних ресурсів потрібне прийняття конкретних оперативних рішень щодо проведення тих або інших заходів боротьби із шкідниками та хворобами. Необхідну для цього інформацію надає фітосанітарний

моніторинг, який характеризує стан насаджень, видовий склад, поширеність шкідливих і корисних організмів, їх чисельність, заселеність чи ураженість рослин тощо. Саме показники рівня чисельності шкідливих об'єктів та їх природних ворогів повинні визначати вибір засобів захисту культури. Ведення багаторічного моніторингу шкідливих організмів дає змогу оцінювати стан саду, виявляти осередки і причини появи хвороб, визначати оптимальні строки і кількість обробок [1, С. 115].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання особливостей виявлення та обліку шкідників і хвороб сільськогосподарських культур та прогнозу їх розвитку вивчали Кулешов А. В., Білик М. О., Довгань С. В., Омелюта В. П., Трибель С. О., Станкевич С. В., Забродіна І. В. та інші.

Станкевич С. В., Забродіна І. В. та ін. стверджують, що сучасний захист рослин спирається на значний обсяг інформації, що характеризує поширення, розвиток, економічне значення шкідників. Тільки в результаті своєчасного одержання і повноцінної обробки цієї інформації можна прийняти оптимальні рішення, що забезпечують профілактичну спрямованість захисних заходів і їх високу рентабельність [2, С. 3–4].

Кулешов А. В., Білик М. О., Довгань С. В. [3, С. 17; 4, С. 27] зазначають, що основними завданнями фітосанітарного моніторингу є контроль за появою, розвитком і розповсюдженням шкідливих організмів, виявлення змін у видовому складі, розвитку і поширеності шкідливих організмів залежно від екологічних факторів та антропогенного впливу, а також прогноз і облік втрат урожаю сільськогосподарських культур від шкідливих організмів, визначення їх шкідливості та ефективності проведених захисних заходів.

Фіалковський Л. Г. та ін. [5, С. 11–12], Александрюк О. Г. та ін. [6, С. 7] стверджують, що сучасний захист рослин спирається на значний обсяг інформації, що характеризує поширення, розвиток, економічне значення шкідливих організмів, стан і розвиток посівів та насаджень. Саме на основі такої інформації можна прогнозувати обсяги застосування засобів захисту рослин для збереження потенційного врожаю сільськогосподарських культур. І лише в результаті своєчасного одержання і повноцінної обробки цієї інформації можна прийняти оптимальні рішення, що забезпечують профілактичну спрямованість захисних заходів і їх високу рентабельність.

Важливим є забезпечення систематичного обліку і контролю стану популяції шкідливих організмів, щоб захисні заходи проводились тільки в тому випадку, коли чисельність чи розвиток шкідливого організму перевищує економічний поріг шкідливості.

Мета і завдання дослідження. Метою досліджень було вивчення фітосанітарного стану яблуневих насаджень Західного Лісостепу України.

Досліди з вивчення фітосанітарного стану яблуневих насаджень проводились у 2016–2020 роках в яблуневому саду Української науково-дослідної станції карантину рослин Інституту захисту рослин НААН на насадженнях яблуні 2005 року садіння на сорту Айдаред на підщепі М-106. Схема садіння: 4 x 2,5 м. Система утримання ґрунту – під багаторічними травами.

Дослідна ділянка розміщена на чорноземі опідзоленому середньо змитому важкосуглинковому ґрунті з середнім вмістом гумусу – 2,1% та слабокислою реакцією ґрунтового розчину (рН – 5,1). Забезпеченість ґрунту рухомим сполуками фосфору низька (P_2O_5 – 45 мг/кг ґрунту), рухомими сполуками калію – середня (K_2O – 66 мг/кг ґрунту), азотом, що легкогідролізується – дуже низька (76 мг/кг ґрунту). Агроекологічна оцінка в балах складає 43 із 100.

Обліки заселення фітофагами та наявності та розвитку хвороб проводились за загальноприйнятими методиками [7–8] відповідно до фаз рослини-господаря: набрякання бруньок, зелений конус, висування бутонів, відокремлення бутонів, рожевий бутон, цвітіння, кінець цвітіння, формування, ріст та дозрівання плодів. Статистичну обробку результатів досліджень проведено за загальноприйнятими методиками [9].

При польових дослідах у кожному варіанті використовувалося по 10 облікових дерев (1 дерево – 1 повторність).

Для обліку парші оглядали 200 листків з різних боків крони і визначали ступінь їх ураження за відповідною шкалою. Для визначення ураження плодів паршею проводили облік на 100 плодах (по 25 облікових плодів з кожного боку крони) на 5 рівномірно розміщених деревах [7].

Інтенсивність або ступінь розвитку хвороби визначали у відсотках поверхні рослин чи окремих їх органів, вкритих плямами чи нальотами за відповідними окомірними відсотковими шкалами або в умовних балах за відповідними шкалами із характеристикою симптомів хвороби [7].

Відсоток ураження визначали шляхом множення кількості уражених листків чи плодів на 100 і діленням добутку на число взятих для обліку листків чи плодів.

Поширення хвороби (Π) (кількість уражених рослин чи окремих їх органів у відсотках) визначали за формулою [7]:

$$\Pi = \frac{n * 100}{N}, \quad (1)$$

де Π – поширення хвороби; N – загальна кількість рослин у пробі; n – кількість уражених органів (рослин), %.

Відсоток розвитку хвороби або ступінь ураження (R , %) вираховували за формулою [7]:

$$R = \frac{\sum (r * b) * 100}{P * B}, \quad (2)$$

де R – розвиток хвороби, %; $\sum (r * b)$ – сума добутків кількості рослин (r) на відповідний бал ураження (b); P – кількість листків чи плодів, узятих для обліку, шт.; B – найвищий бал шкали, за якою проводиться оцінка ураження в досліді.

Виклад основного матеріалу дослідження. Результатами фітосанітарного моніторингу встановлено, що у 2016–2020 рр. найпоширенішими шкідниками були яблунева плодожерка, зелена яблунева попелиця, листовійки, кліщі, яблунева міль та яблуневий квіткоїд (рис. 1).

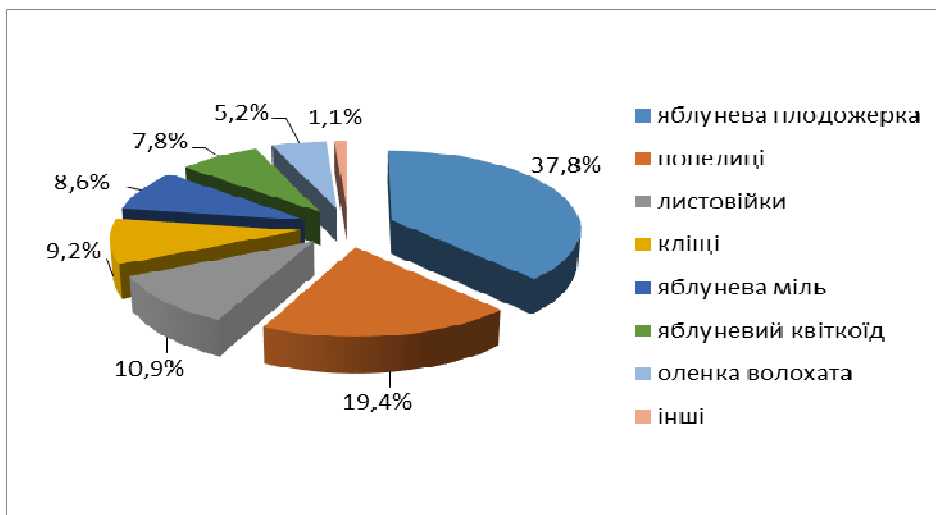


Рис. 1. Видовий склад фітофагів в яблуневих насадженнях Західного Лісостепу України у 2016–2020 рр.

У фенофазі «набрякання бруньок» у 2016–2020 роках у яблуневих насадженнях було встановлено наступних шкідників, чисельність яких не перевищувала економічного порогу шкідливості (ЕПШ): каліфорнійську щитівку (0,4–0,9 личинок на 2 м² кори гілок за ЕПШ 1 личинка на 2 м² кори гілок) та яйця яблуневої листоблішки (2,1–2,6 гнізд/дерево за ЕПШ 5,0 гнізд/дерево). Зимуючі стадії зеленої яблуневої попелиці не перевищували ЕПШ (30 яєць/100 листків) у 2017 та 2019 роках (25,7 та 28,2 яєць/100 листків відповідно) та перевищили ЕПШ у 2016, 2019 та 2020 роках (35,3; 35,6 та 38,1 яєць/100 листків). Зимуючі стадії кліщів не перевищували ЕПШ (2000 яєць/2 м 1–3 р. гілок) у 2016, 2017 та 2018 роках (1000,8; 1025,1 та 1498,3 яєць/2 м 1–3 р. гілок) та перевищували ЕПШ у 2019 та 2020 роках (2130,3 та 2212,4 яєць/2 м 1–3 р. гілок). Листовійки у 2016–2020 роках перевищували ЕПШ: 1,1–1,5 яйцекладок/2 м гілки за ЕПШ 1,0 яйцекладок/2 м гілки та в подальшому збільшили свою чисельність.

У фенофазу «зелений конус» чисельність імаго сірого брунькового довгоносика не перевищувала ЕПШ (20,0 екземплярів/дерево) у 2016, 2017 та 2018 роках (15,9; 19,5 та 18,3 екз./дерево), а перевищувала ЕПШ у 2019 та 2020 роках (22,4 та 24,2 екз./дерево). Самки і личинки зеленої яблуневої попелиці не перевищували ЕПШ (5,0 колоній/100 квіткових розеток) у 2017, 2018, 2019 та 2020 роках (4,5; 4,8; 4,5 та 3,3 колоній/100 квіткових розеток) та перевищували ЕПШ у 2016 році (7,2 колоній/100 квіткових розеток).

У фазу «висування бутонів» імаго букарки не перевищувала ЕПШ (40,0 екз./дерево) у 2016, 2017, 2018 та 2020 роках (28,7; 34,3; 38,1 та 37,8 екз./дерево), а значно перевищувала ЕПШ у 2019 році (45,7 екз./дерево). Чисельність яблуневого квіткоїда не перевищувала ЕПШ (40,0 екз./дерево) у 2016 та 2020 роках (27,2 та 35,7 екз./дерево) та перевищувала ЕПШ у 2017, 2018 та 2019 роках (45,6; 42,8 та 51,4 екз./дерево). Значного поширення та шкідливості інших шкідників не спостерігалось.

У фенофазу «відокремлення бутонів» перевищення ЕПШ фітофагами не відбувалося, проте незначні пошкодження у 2016–2020 роках яблуневим насадженням завдавали яблунева міль (0,6–0,9 гусениць/100 листків), листовійки (2,2–5,7 гусениць/100 квіткових

розеток) та яблуневий пильщик (4,8–8,8 екземплярів/дерево). В подальшому погодні умови сприяли збільшенню чисельності цих шкідників.

У фенофазі «рожевий бутон» у 2016–2020 роках ЕПШ перевищили: зелена яблунева попелиця (5,1–7,3 колоній/100 квітк. розеток) при ЕПШ (5,0 колоній/100 квітк. розеток) та оленка волохата (15,8–20,7 екз./дерево). Чисельність кліщів у 2016 та 2017 роках перевищувала рівень ЕПШ (300,0 особин/100 листків) і становила 300,7 та 370,2 особин/100 листків, чому сприяли високі, як для даного періоду, середньодобові температури повітря, а у 2018–2020 роках значної шкідливості даних фітофагів не спостерігалось (110,5–280,3 особин/100 листків). У 2016 році рівень ЕПШ (6,0 гусениць/100 квіткових розеток) перевищили листовійки (7,6 гусениць/100 квіткових розеток), а у 2017–2020 роках шкідливість листовійок була значно нижчою ЕПШ (3,2–3,7 гусениць/100 квіткових розеток).

Під час цвітіння яблуні ЕПШ був перевищений оленкою волохатою (16,4–27,2 екз./дерево) у 2016–2020 роках, яблуневим квіткоїдом у 2019 та 2020 роках (42,3–47,5 екз./дерево), у 2016 та 2020 роках яблуною плодожеркою (2,3 та 2,6 екз./феромонну пастку) і листовійками (6,1 та 6,0 гусениць /100 квіткових розеток), у 2016 році зеленою яблуною попелицею (20,3 колоній/100 листків) та у 2020 році листомінуючими молями (57,5 мін/100 листків).

Кінець цвітіння характеризувався збільшенням чисельності у 2016–2020 роках яблунової молі (1,1–1,5 гнізд/дерево), зеленої яблунової попелиці (8,4–16,6 колоній/100 листків), оленки волохатої (13,3–33,7 екз./дерево), чисельність кліщів перевищувала ЕПШ у 2016 році і становила (450,8 особин/100 листків).

У період «формування плодів» чисельність ЕПШ перевищили зелена яблунева попелиця (15,1–18,4 колоній/100 листків), а чисельність листовійок (2,9–5,1% пошкоджень) та кліщів (175,3–300,6 особин/100 листків) була на рівні ЕПШ.

Під час росту плодів (плід розміром ліщини) у 2016–2020 роках значно збільшилася чисельність зеленої (15,1–22,9 колоній/100 листків) та сірої (6,5–9,1 колоній/100 листків) яблуневих попелиць, листовійок (3,8–6,3% пошкоджень) та яблунової плодожерки (4,3–8,4 екземплярів/феромонну пастку).

Під час росту плодів, коли плід був розміром волоського горіха, ЕПШ перевищили яблунева міль (1,1–2,5 гнізд/дерево), зелена

яблунева попелиця (13,2–18,4 колоній/100 листків), листовійки (3,4–7,4% пошкоджень) та яблунева плодожерка (3,5–6,5 екз./феромонну пастку).

У II–III декаді липня у 2016–2020 роках ЕПШ перевищили: листовійки (5,5–6,8% пошкоджень) та яблунева плодожерка (4,5–6,1 екз./феромонну пастку), жарка та суха погода стримувалася на рівні нижчому ЕПШ чисельність зеленої яблунової попелиці (8,3–13,1 колоній/100 листків) та п'ядуна зимового, який завдавав яблуневим насадженням 2,9–5,4% пошкоджень.

У I–II декаді серпня у 2016–2020 роках рівень ЕПШ перевищили лялечки листовійок (5,7–6,5% пошкоджень) та метелики II покоління яблунової плодожерки (3,7–5,8 екз./феромонну пастку), а зелена яблунева попелиця не завдавала значних пошкоджень яблуневим насадженням (7,1–11,3 колоній/100 листків).

У фенофази «дозрівання плодів» ЕПШ перевищили гусениці III покоління яблунової плодожерки (2,3–3,2 екземплярів/феромонну пастку), метелики II покоління яблунової плодожерки (3,5–5,7 екз./феромонну пастку) та листовійки (4,8–6,0% пошкоджень).

Поширення та розвиток парші у 2016–2020 роках (рис. 2) було відмічено у період формування плодів (1,3–2,2%). Під час росту плодів, коли плід мав розмір волоського горіха, поширення парші збільшилося до 4,4–14,1% ураженого листя, у II–III декаді липня хвороба уражала до 6,9–19,4% листків яблуні та до 3,2–8,8% плодів яблуні, а у I–II декаді серпня – 6,1–28,2% листків та 10,6–13,1% плодів. Під час «дозрівання плодів» парша яблуні набула найбільшого поширення: до 12,1–28,2% ураженого листя та до 10,2–16,6% уражених плодів.

У результаті досліджень було відмічено поширення та розвиток борошнистої роси (рис. 3): у фенофази «висування бутонів» хвороба уразила 1,1–3,1% листків яблуні, а у фенофази «рожевий бутон» рівень ураження зріст до 1,2–8,4%. Далі погодні умови сприяли розвитку борошнистої роси, внаслідок чого, рівень поширення хвороби у фенофазі «ріст плодів» (плід розміром волоського горіха) становив 7,3–15,3%. В подальшому жарка та суха погода стримували розвиток хвороби.

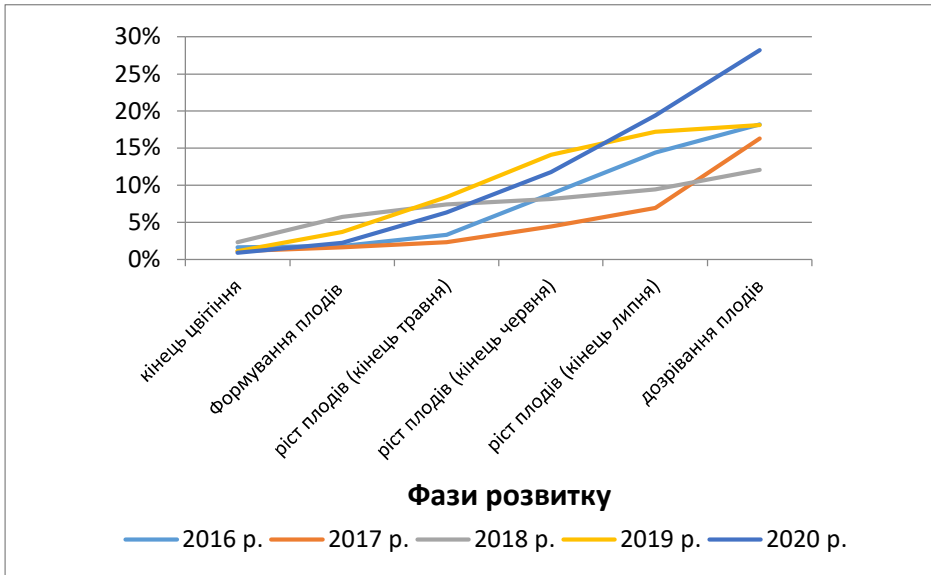


Рис. 2. Ураження яблуні паршею в умовах Західного Лісостепу України у 2016–2020 рр.

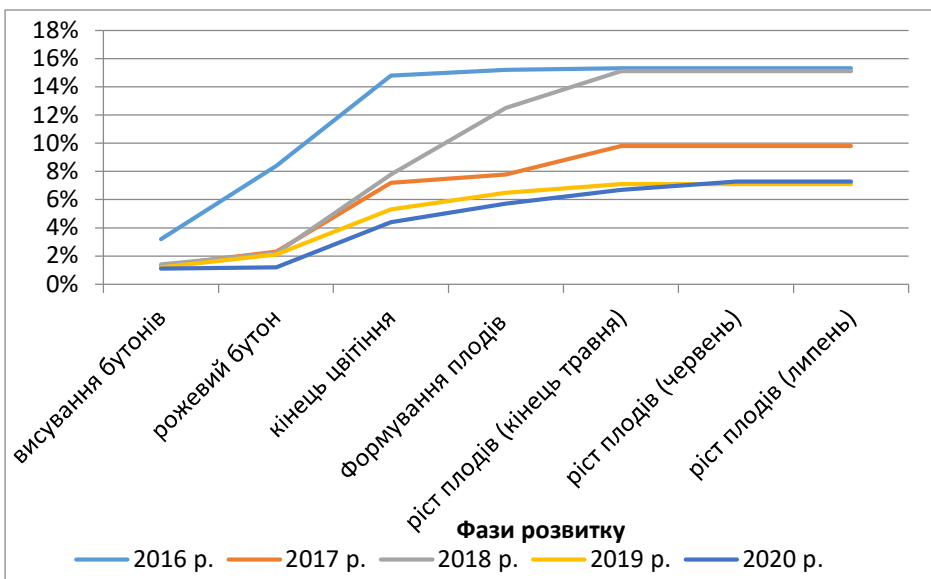


Рис. 3. Ураження листя яблуні борошнистою росю в умовах Західного Лісостепу України у 2016–2020 рр.

Поширення моніліозу спостерігалось у фенофазі «ріст плодів», коли плід мав розмір волоського горіха (2,2–6,2%) та збільшувалося впродовж вегетації яблуні до 4,5–9,8% у фенофазі «дозрівання плодів». Плодова гниль уразила від 3,7–5,8% плодів яблуні у фенофазі «ріст плодів» (плід розміром волоського горіха) та до 8,2–12,2% плодів під час їх дозрівання.

Висновки. У результаті проведеного фітосанітарного моніторингу виявлено, що найбільш поширеним шкідником в умовах Західного Лісостепу України у 2016–2020 рр. була яблунева плодожерка (інтенсивність льоту метелика першого покоління досягала 8,4 екз./феромонну пастку, а метелика другого покоління – до 6,5 екз./феромонну пастку). Крім того, економічні пороги шкідливості перевищили зелена яблунева попелиця (до 22,9 колоній/100 листків), листовійки (до 7,4% пошкоджень), яблунева міль (до 2,5 гнізд/дерево), кліщі (до 450,8 личинок/100 листків). Серед хвороб найпоширенішими були борошниста роса, парша, моніліоз та плодова гниль. Парша у 2016–2020 рр. уразила до 28,2% листків та до 16,6% плодів яблуні. Борошниста роса під час вегетації 2016–2020 рр. уразила до 15,3% листків яблуні. Плодова гниль у 2016–2020 рр. уразила до 12,2% плодів яблуні.

1. Гунчак М. В. Фітосанітарний моніторинг яблуневих насаджень в Південно-Західному Лісостепу. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»*. 2017. Вип. 2. С. 115–125.
2. Станкевич С. В., Забродіна І. В., Васильєва Ю. В., Туренко В. П., Кулешов А. В., Білик М. О. Моніторинг шкідників і хвороб сільськогосподарських культур : навч. посіб. Харків : ФОП Бровін О.В., 2020. 624 с.
3. Кулешов А. В., Білик М. О., Довгань С. В. Фітосанітарний моніторинг і прогноз. Харків : Еспада, 2011. 608 с.
4. Довгань С. В. Моделі прогнозу розвитку та розмноження фітофагів. Херсон : Айлант, 2009. 208 с.
5. Прогноз фітосанітарного стану яблуневих садів Чернівецької області та рекомендації щодо їх захисту у 2016 році / під ред. Л. Г. Фіалковського. Чернівці, 2016. 32 с.
6. Прогноз фітосанітарного стану агроценозів Чернівецької області та рекомендації щодо захисту рослин у 2017 році / за ред. О. Г. Александрюка. Чернівці, 2017. 100 с.
7. Методики випробування і застосування пестицидів / за ред. проф. С. О. Трибеля. Київ, 2001. 448 с.
8. Облік шкідників і хвороб сільськогосподарських культур / під ред. В. П. Омелюти. К. : Урожай, 1986. 293 с.
9. Valli V., Stahl F., Feit E. *Field Experiments*. 2017. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-05542-8_3-1.

REFERENCES:

1. Hunchak M. V. Fitosanitarnyi monitorynh yablunevykh nasadzenh v Pivdenno-Zakhidnomu Lisostepu. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovooho tsentru «Instytut zemlerobstva NAAN»*. 2017. Vyp. 2. S. 115–125.
2. Stankevych S. V., Zabrodina I. V., Vasylieva Yu. V., Turenko V. P., Kulieshov A. V., Bilyk M. O. Monitorynh shkidnykiv i khvorob silskohospodarskykh kultur : navch. posib. Kharkiv : FOP Brovin O.V., 2020. 624 s.
3. Kulieshov A. V., Bilyk M. O., Dovhan S. V. Fitosanitarnyi monitorynh i prohnoz. Kharkiv : Espada, 2011. 608 s.
4. Dovhan S. V. Modeli prohnozu rozvytku ta rozmnozhenia fitofahiv. Kherson : Ailant, 2009. 208 s.
5. Prohnoz fitosanitarnoho stanu yablunevykh sadiv Chernivetskoï oblasti ta rekomendatsii shchodo yikh zakhystu u 2016 rotsi / pid red. L. H. Fialkovskoho. Chernivtsi, 2016. 32 s.
6. Prohnoz fitosanitarnoho stanu ahrotsenoziv Chernivetskoï oblasti ta rekomendatsii shchodo zakhystu roslyn u 2017 rotsi / za red. O. H. Aleksandriuka. Chernivtsi, 2017. 100 s.
7. Metodyky vyprobuvannia i zastosuvannia pestytsydiv / za red. prof. S. O. Trybelia. Kyiv, 2001. 448 s.
8. Oblik shkidnykiv i khvorob silskohospodarskykh kultur / pid red. V. P. Omeliuty. K. : Urozhai, 1986. 293 s.
9. Valli V., Stahl F., Feit E. Field Experiments. 2017. doi: https://doi.org/10.1007/978-3-319-05542-8_3-1.

Hunchak M. V., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Director (Chernivtsi branch of the State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine», Chernivtsi), **Romanova S. A., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Deputy General Director for Scientific Activities,** **Hryshchenko O. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Scientific Secretary** (State Institution «Soils Protection Institute of Ukraine», Kyiv), **Moroz O. S., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

PHYTOSANITARY MONITORING OF APPLE PLANTATIONS OF THE WESTERN FOREST STEPPE OF UKRAINE

The peculiarities of the number, harmfulness, distribution, development of pests and diseases of apple trees in 2016–2020 in the conditions of the Western Forest Steppe of Ukraine were studied. Research has established that the most widespread pest in the conditions of this region in 2016–2020 was the apple borer (the flight

intensity of the first-generation butterfly reached 8.4 specimens/pheromone trap, and the second-generation butterfly – up to 6.5 specimens/pheromone trap). Additionally, the economic thresholds of harmfulness were exceeded by the green apple aphid (up to 22.9 colonies/100 leaves), leafrollers (up to 7.4% damage), apple leaf miners (up to 2.5 nests/tree), and mites (up to 450.8 larvae/100 leaves). In 2016–2020, the economic thresholds of harmfulness in the "bud swelling" phenophase were exceeded by the overwintering stages of leafrollers (1.1–1.5 egg masses/2 m), mites (1000–2212.4 eggs/2 m of 1–3 year branches), and green apple aphid (25–38.1 eggs/100 leaves), which subsequently increased in number. In the "green tip" and "bud development" phenophases, "bud separation," except for the gray bud weevil (18.3–4.2 specimens/tree), *Neocoenorrhinus pauxillus* (34.3–45.7 copies/tree) and apple flower borer (27.2–51.4 copies/tree), significant distribution and harmfulness of other pests were not noted. In the "pink bud" phenophase, the economic thresholds of harmfulness exceeded: green apple aphid (5.1–7.3 colonies/100 flower rosettes) and blossom feeder (15.8–20.7 copies/tree). During the flowering of the apple tree, the economic thresholds of harmfulness was exceeded by the apple flower-eater (18.3–47.5 copies/tree), codling moth (1.8–2.6 copies/pheromone trap), leafrollers (3.7–6.1 caterpillars/100 flower rosettes), leaf-mining moths (18.4–57.5 min/100 leaves) and hairy moth (16.4–27.2 specimens/tree). The end of flowering was characterized by an increase in the number of apple moths (1.1–1.5 nests/tree), green apple aphids (8.4–16.6 colonies/100 leaves), blossom feeder (13.3–33.7 copies/ tree). During fruit growth (a fruit the size of a hazel nut), the number of green (15.1–22.9 colonies/100 leaves) and gray (6.5–9.1 colonies/100 leaves) apple aphids, leafhoppers (3.8– 6.3% of damage) and apple borer (4.3–8.4 specimens/pheromone trap). During the growth of the fruit, when the fruit was the size of a walnut, economic thresholds of harmfulness exceeded apple moth (1.1–2.5 nests/tree), green apple aphid (13.2–18.4 colonies/100 leaves), leafrollers (3.4–7.4% of damage) and apple borer (3.5–6.5 specimens/pheromone trap). In the 2nd–3rd decade of July, the following were exceeded by leafrollers (5.5–6.8% damage) and apple fruit-eater (4.5–6.1 specimens/pheromone trap), in the "fruit ripening" phenophase – apple fruit borer (3.5–5.7 copies/pheromone trap) and

leafhoppers (4.8–6.0% damage). Among the diseases, apple orchards were most affected by scab and powdery mildew. As a result of the research, the spread and development of powdery mildew was noted (from 1.1–3.1% in the "pink bud" phenophase to 7.3–15.3% in the "fruit growth" phenophase). The prevalence of moniliosis was observed in the "fruit growth" phenophase, when the fruit was the size of a walnut (2.2–6.2%) and increased during the apple tree vegetation to 4.5–9.8% in the "fruit ripening" phenophase. Fruit rot affected from 3.7–5.8% of apple fruits in the "fruit growth" phenophase (fruit the size of a walnut) and up to 8.2–12.2% of fruits during their ripening. The spread and development of scab was noted during the period of fruit formation (1.3–2.2%). During fruit growth, the spread of scab increased (up to 8.1–11.8% of affected leaves). During fruit ripening, apple scab became more widespread (up to 28% of affected leaves and up to 15% of affected fruits).

Keywords: apple tree; phytosanitary monitoring; pests, diseases.

УДК 338.3:502.315

<https://doi.org/10.31713/vs120246>

Diudiaieva O. A., Senior Lecturer, Expert on exporting products to the EU, Rutta O. V., Assistant (Kherson State Agrarian and Economic University, Kherson, dyudyaeva.olga@gmail.com, happyness8@ukr.net), **Biedunkova O. O., Doctor of Biological Sciences, Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne, o.o.biedunkova@nuwm.edu.ua)

SUSTAINABLE WASTE MANAGEMENT INITIATIVES FOR A SAFE ENVIRONMENT

The current issue regarding the implementation of environmental standards and requirements in Ukraine, including in terms of waste management, separate collection of the mixture, is not the only one. Three or four decades ago, almost all European countries had similar problems. The implementation and modern technologies, the implementation of innovative projects in individual countries and even at the level of individual regions today have successful results and significant experience in solving them. European countries have been following this path since the early 1990s and plan to achieve 65–75% recycling in 2030. Ukraine prescribed the same indicators in the Strategy. The «road map», which the country received after signing the Association Agreement and obtaining the status of a candidate for EU membership in June 2022, obliges Ukraine to implement the environmental standards of the European Union and to implement national environmental legislation to the European one.

Over the past five years, a number of legislative and by-laws have been adopted in Ukraine. This is the Law of Ukraine on Waste Management, developed in accordance with the EU Framework Directive on Waste Management, the National Waste Management Strategy until 2030, the goal of which is to reduce the share of household waste disposal from 95% to 30%, the National Waste Management Plan until 2030. The implementation of the majority of the main provisions of the Law was slowed down by a number of economic and political reasons, including the military invasion of the territory of Ukraine by Russian troops.

Given Ukraine's limited experience in waste management in terms of separate collection, it is important to find and implement sustainable initiatives in this area. The article examines the results of the implementation of such initiatives at the regional level in one of the most ecological countries – Switzerland.

Keywords: waste management; separate garbage collection; environmental standards; environmental protection legislation; sustainable environmental initiatives; innovative solutions (technologies).

Problem statement. The basis for a quality comfortable life is the implementation of environmental norms and standards for clean air, water resources, food quality and safety.

A few decades ago, environmental issues were not discussed in Ukraine due to the lack of environmental awareness and culture of civil society, and contradictions in government and business structures. However, the European integration vector of the country's development and the targeted and consistent work of civil society organizations have led to a comprehensive recognition of the importance of these issues by society.

This state of affairs is not unique to Ukraine – almost all European countries faced similar problems about 3–4 decades ago and, today, have successful experience in solving them.

The European Union's environmental standards, which are binding on its member states, should become a «roadmap» for Ukraine, which received EU candidate status in June 2022, to ensure a quality standard of living. Unlike Ukraine's environmental legislation, which has been declarative in many respects, EU law defines quantitative and qualitative results that each country must achieve within a certain period of time.

The signing of the Association Agreement between Ukraine, on the one hand, and the European Union and its Member States, on the other hand [1] (hereinafter – the Agreement), has created new opportunities for the adoption of standards, including in the field of environmental protection, and the adaptation of domestic waste management legislation to European norms.

The amendments to the Law of Ukraine «On Waste» in 2018 and the entry into force of the Law of Ukraine «On Waste Management» in

July 2023 [2] will allow us to build a modern waste management infrastructure and establish transparent rules for this activity.

The Law [2] has been developed taking into account the norms of the EU Directives on waste, waste disposal, industrial emissions and will facilitate compliance with the waste management hierarchy and the introduction of extended producer responsibility. This law is a real opportunity to introduce a European approach to waste management for the first time since Ukraine's independence and to get on a par with the EU member states. The law will be a good foundation for building a circular economy, which means the restoration and rational consumption of natural resources, and is part of the European Union's Green Deal. And the experience of implementing sustainable waste management initiatives in European countries will help to find acceptable ways to solve the problem of waste management at the national level.

The aim and objectives of the study are to analyze the solutions to waste management problems in Ukraine and the prospects for implementing sustainable initiatives in this area on the example of Switzerland.

Summary of the main research material. The enactment of the Law of Ukraine «On Waste Management» on 09 July 2023 has been one of the steps towards fulfilling the obligations undertaken by Ukraine when signing the Agreement, including the approximation of three EU directives that Ukraine must implement.

As early as 1 January 2018, when the amendments to the Law on Waste came into force, Ukraine was supposed to switch to separate waste collection. Sorting and a new approach to waste management are generally among the commitments that Ukraine has made under the Agreement [1]. However, colorful bins have not yet appeared in the yards and streets of Ukrainian cities. Unfortunately, the main participants and implementers of most waste sorting projects were only volunteer projects.

Over the past five years, Ukraine has adopted the necessary legislation and regulations. These include the National Waste Management Strategy until 2030 [3], which aims to reduce the proportion of household waste disposal from 95% to 30%, and the National Waste Management Plan until 2030 [4]. As noted above, the

framework law «On Waste Management» was adopted in accordance with the EU Waste Management Framework Directive [5].

The Law [2] lays down the principle of extended producer responsibility, which creates a mechanism for financing separate waste collection and recycling. This also applies to the future development and adoption of sectoral laws on packaging, waste electrical and electronic equipment, batteries and accumulators, waste oil and tyres. This process was partially slowed down by the end of the previous Verkhovna Rada's term, the Covid-19 pandemic, and the full-scale military invasion of Ukraine by Russian troops. This also applies to the draft law on municipal waste, which includes household waste. That is why experts call the National Waste Management Plan an «umbrella» for the country as a whole, as the regions have to develop their own plans on their own [6].

The Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine has developed guidelines for regions to develop regional waste management plans. These plans should contain not only an assessment of the current waste situation in the region, but also plans and a strategic vision for action. This includes a detailed description of where landfills are located and how separate collection should be implemented, in what fractions, and how containers should be used (if necessary, according to the plans). Moreover, the conditions for such separate collection differ for each region. The plans should provide an analysis of waste flows from various sources at all stages of their existence - from information on their generation to the final stage of transportation. A forecast should be made of the waste streams generated in the future. Therefore, the household waste management system and the entire tariff policy should be formed exclusively at the local level. Thus, the state of implementation of separate waste collection directly depends on decisions made at the local level by local administrations.

According to experts, it is impossible to introduce sorting in a comprehensive manner, to provide funding through tariffs and people. The sorting infrastructure requires billions of dollars in investment, as it is supposed to use 250–260,000 containers at a time, as a minimum, a large number of sorting stations and an extensive network. However, local governments, which have been delegated all the powers, are unable to implement this, as they lack funding sources. The issue will be

resolved when the law on extended producer liability comes into force. It should stipulate that everything, starting with the infrastructure for collection, sorting and recycling, is funded by producers of packaged goods. Such a draft law has been submitted to the Verkhovna Rada of Ukraine for consideration on several occasions.

In the pre-war years, Ukraine had a fairly strong processing industry. There were 16 high-capacity glass plants, about 36 registered plastic recyclers, of which about 17 were operating. In 3 years, the volume of plastic processing increased from 15 to 50 thousand tonnes. Moreover, the fact that not all plants were operating or operating unstably was due to a lack of secondary raw materials. Therefore, many domestic companies purchased recycled materials, specifically plastic, in Europe. For example, in one year, the pulp and paper industry imported 355,000 tonnes of raw materials from other countries and paid about \$58–60 million for it. Thus, instead of investing in its own collection infrastructure, the money is spent on purchasing raw materials from other countries.

Before the adoption of the Law [2], without waiting for the necessary laws to be implemented, there was a good trend in Ukraine to introduce separate waste collection in many local communities. Since 2015, when separate waste collection was introduced in 398 settlements, their number has increased 3–4 times in five years (respectively, in 2016, there were 575 such settlements, in 2017 – 822, in 2018 – 1181) [6].

Local communities faced a number of problems when implementing the separate collection system. These included the lack of a transparent and perfect tariff system, and the absence of landfills that met all standards.

But despite these challenges, the implementation of an innovative model of solid waste management has had positive results in local communities in Kyiv (Kyiv Without Waste volunteer initiative), Kyiv (Vyshhorod) and Mykolaiv (Bashtanka) regions. The State Fund for Regional Development and the city budget were used to purchase garbage trucks and containers, including those for separate waste collection. We also worked with the public to raise their environmental awareness and awareness of waste management.

Over time, there were so many people willing to sort waste that the project's stations could not cope with the load. But those who were

sorting had problems selling the raw materials: the volumes they collected were too small for profitable cooperation with processors who work with huge volumes. Moreover, at the collection stage, the raw materials need to be accumulated and properly packaged for export. And if this process takes a long time, it is not economically viable. In order to obtain large volumes, larger areas must be covered. But even this activity is not profitable enough, which is why extended producer responsibility is needed to compensate for processing costs.

According to the Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine, the number of landfills in Ukraine has hardly changed in recent years, ranging from 5,800 to 6,000. However, there has been a steady increase in the number of unauthorized landfills. Over the past three years, about 2,500 have appeared.

The National Plan [4] provides for the preparation of a new draft law on waste disposal, in line with the European Landfill Directive. The main problem with the existing landfills is that most of them have long since reached the end of their useful life and are overloaded. Building new modern landfills requires large financial outlays. This issue can be resolved either by raising tariffs for waste management or by attracting investment and introducing sustainable initiatives (innovative technologies).

What is currently being done in Ukraine. Landfills are undergoing certification to decide whether the landfill will be closed, whether it will be rehabilitated, or whether there is a possibility to make it safer. Biogas plants are already being built at many landfills to use the gas produced to generate heat and electricity.

The construction of a modern incinerator is also very expensive (from \$200 million to \$600 million). It is cheaper to build a modern, environmentally friendly landfill. But, in any case, it will be difficult, almost impossible for Ukraine to solve these issues on its own, especially given the state of the national economy amid the war and its consequences, without external investment and the introduction of innovative technologies.

European countries have been following this path since the early 90s and plan to reach 65–75% recycling in 2030. Ukraine has set the same targets in its Strategy [3].

Given Ukraine's limited experience in waste management in terms of separate collection, it is important to note the need to find and

implement sustainable initiatives in this area. Including those that have already been implemented or are being implemented in European countries and have excellent implementation results.

The management of waste sorting is one of the most important tasks for the authorities of one of the most «environmentally friendly» countries in Europe – Switzerland. How it all started. A tax on garbage bags has been introduced throughout Switzerland. However, the authorities of the canton of Geneva decided not to introduce a tax on garbage bags in the near future, but decided to launch an information campaign aimed at teaching the population, and especially the younger generation, to sort kitchen waste better.

Each Swiss resident produces an average of more than 700 kg of garbage and municipal solid waste (MSW) per year.

The good news is that about half of this volume is utilized and recycled [7].

Swiss residents throw away twice as much waste as residents of the Czech Republic, Japan, Poland and Costa Rica. According to the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD), in 2018, the average citizen of an average OECD country threw away 525 kg of waste.

It is not surprising that Switzerland had to create sophisticated waste recycling systems, and this step was inevitable and objectively necessary, as the amount of household waste produced in Switzerland has more than doubled over the past 50 years. At the same time, the amount of household waste separately collected for recycling has increased more than sevenfold, to 52% of total MSW in 2018. In 2000, Switzerland stopped taking waste to landfills altogether, which means that everything that is not recycled or disposed of is simply incinerated to generate energy. You won't find the scary and poisonous smells around landfills in Switzerland anymore.

The so-called «little green bin» project was proposed. According to representatives of the Geneva cantonal authorities, the problem is not that taxpayers do not sort their waste, but that they do it worse than in other cantons. First of all, several goals were pursued. For example, in the canton of Valais, in order not to fill the taxable garbage bag, waste was mixed with sorted materials, which reduced the quality of sorting. The first goal is to avoid this phenomenon. Secondly, the application of such taxation would be unfair to different segments of the population,

both rich and poor. Another reason is that it would encourage the emergence of «garbage tourism» to the neighboring canton. The problem of «garbage tourism» does exist. There have been cases of Swiss «tourists» taking garbage from the border areas of Vaud and Neuchâtel to France. For example, in 2017, 10 tonnes of waste were seized at customs, which the citizens of the Confederation tried to smuggle to waste collection points in neighboring French cities.

Paid garbage bags were first introduced in 1975 in St Gallen. The main purpose and reason were to improve the waste sorting process.

In the late 1990s and early 2000s, most German-speaking cantons followed suit. In French-speaking Switzerland, it was decided not to rush to introduce a similar measure.

In 2011, the Federal Court of Justice of Switzerland ruled that paid packages became mandatory almost throughout the country. However, some French-speaking cantons did not comply with this requirement until 2013, and the German-speaking canton of Nidwalden only gave in in 2014.

In the only Italian-speaking canton of Ticino, the issue of mandatory use of paid garbage bags was put to a popular referendum in 2017, which resulted in 66 municipalities out of 115 being «forced» to introduce a tax on garbage bags.

As a result, a special surcharge on garbage bags is now in place everywhere in Switzerland, except for Geneva.

What is the cost of the proposed initiative? For example, in Lausanne, where all residents are required to use paid garbage bags, a package of 10–35-litre bags costs 19.50 Swiss francs (20 garbage bags – 39 Swiss francs). In Geneva, in a Migros supermarket, one pack of 20–35-litre bags are sold for 2.50 Swiss francs. The cost of one bag including tax is therefore 1.95 Swiss francs compared to 0.12 Swiss francs in Geneva [7].

In Geneva, they want to solve the problem of waste sorting and recycling in a different way. The cantonal government plans to recycle up to 60% of all waste by 2030. Today, this figure is just over 50%, and the share of food waste is 30% [8, C. 8].

Geneva is trying to cope with the accumulated organic waste by launching a major new information campaign, the "little green bin", aimed at sorting food waste. One of the focuses of this campaign is new compostable bags.

To encourage people to sort their waste better, the authorities of the city and its suburbs offered tens of thousands of bags to residents of the canton free of charge at the start of the project. Later, they started selling them in shops. A similar campaign in Geneva in 2016 increased the recycling rate of organic waste by almost 50% in five years.

Another example of a sustainable waste management initiative implemented in the canton of Geneva (Switzerland) is the Eco21 program. It was developed by the public law institution SIG (Services Industriels de Geneve), which is governed by the Geneva Constitution and the law on their organization. As part of the Eco21 Program, SIG is developing ways and concrete steps to improve the overall balance of the canton. The first question that the program developers asked themselves was: How to reduce the amount of waste that goes to incineration plants every year?

Half of the waste that fills Geneva's bins is recyclable. This includes even a third of organic waste, or about 32,000 tonnes per year. Fruit and vegetable peels, expired food, wilted flowers, and food scraps. This organic waste, which is 90% water, is difficult to incinerate.

However, even in a country as highly regulated as Switzerland, there are still some shortcomings in terms of compliance. For example, due to a lack of proper sorting, half of the recyclable waste at the Cheneviers factory is incinerated. This means additional costs for society and an impact on the overall ecological state of the environment. Although it can be recycled as compost.

But, according to Florence Amoudry-Frazier, project leader of the *Waste and Circular Economy* project, which is part of the *SIG-eco21* program, there are ways to reduce the waste of local resources. Firstly, in order to contribute to solving industrial and environmental problems, it is necessary to promote the desire for more thoughtful consumption and to activate the implementation of the circular economy, avoiding the production of waste. Secondly, it is important to give preference to sorting at the source in order to maximize the use of the material. This requires serious educational efforts and awareness-raising along the entire value chain, from production to consumption.

While the dominant model for generations has been that of a linear economy (extract, produce, consume, discard), the circular economy represents a comprehensive or integrated approach. This involves rethinking the entire cycle, from raw materials to recycling, including

design, production, distribution and use, to ensure that the process continues as long as possible.

In light of the current challenges posed by climate change, the circular economy is the foundation for building the economy of the future.

According to the local authorities, various structures and institutions in Geneva are actively focusing on alternatives and opportunities to implement a circular economy, thus demonstrating their vision of combining the environment and the economy. This process builds on the capacities of the financial structure, within which several companies have already taken steps and are sharing best practices to make better use of natural resources. Changing the model requires a deep collective transformation.

The *SIG-eco21* program was launched in 2007 by SIG to support the canton's efforts to reduce energy consumption and CO₂ emissions. Since 2020, the SIG has been offering support on the topic of waste and the circular economy, guided by experts to identify opportunities, financial assistance and ready-made methods tailored to the needs of each individual. This support helps to create a strategy to reduce waste and optimize waste sorting.

The new waste management law, which was approved by the Confederation Council, aims to drastically reduce waste by introducing mandatory sorting, banning single-use plastic products in restaurants and public events, and disposing of waste on-site in the canton to limit the carbon footprint of transportation.

Implementation of the law's provisions should lead to a 25% reduction in municipal waste incineration. Moreover, the law is in line with the steps proposed by the *SIG-eco21* program, which emphasize the following: consume less and do better. Consuming local, sustainable, repairable and recyclable products is a guarantee of quality and value. This philosophy of life leads to a change in the way we produce and consume. This involves replacing imports, which have a significant environmental impact, with circular practices that link demand to available resources in the urban (cantonal) areas. In this way, environmental impacts are better controlled.

SIG has joined forces with Helvetia Environment to meet its ambitious environmental targets. Helvetia Environment is a Swiss industrial and municipal waste collection and recycling company

founded in 2005 and headquartered in Carouge, Canton of Geneva. The company was the result of the merger of several Swiss companies specializing in waste collection and recycling. The company has had 13 sites across Switzerland and is one of the main Swiss players in the waste treatment, recycling and disposal sector, processing more than 500,000 tonnes of waste per year [8, C. 9].

As part of the SIG-Helvetia Environment joint project, the PoleBio site has been created to process organic waste, which will process up to 48,000 tonnes of waste per year. The facility is being built to replace the Châtillon plant operated by SIG and will be commissioned in 2024. The facility will have a dual purpose: waste processing (recycling) and production of organic fertilizers (compost, liquid biofertilizers), which can replace imported mineral fertilizers. As a result, farmers and landscapers in the canton will have access to high-quality local resources for their crops.

The plant will also produce 25 GWh per year of energy in the form of biomethane, which will be injected into the SIG gas network and supply the equivalent of 4,000 Geneva households, while also meeting the needs of the hauliers. The solar power plant that will cover the roof will provide the equivalent of 300 households with electricity.

Saving energy and CO₂ and limiting waste are among the key elements of the canton of Geneva's environmental transition. They contribute to the conservation of natural resources and the climate, as well as the phase-out of nuclear power. In line with the objectives of the Confederation and the canton, the program aims to make Geneva an efficient region through partnerships with companies and local associations, as well as with Geneva's own professionals.

This program offers concrete solutions for individuals, businesses, companies, communities and owners. It enables results to be shared across the territory and facilitates networking to accelerate circular approaches.

In cooperation with the services of the Canton of Geneva, the program's main mission is to contribute to the reduction of incinerated waste.

This support includes diagnostics, action proposals, advice and financial incentives. This can take several forms: raising awareness of waste prevention and sorting among the public and employees, supporting the creation of resource centers, developing digital platforms

for the exchange of material resources between companies, piloting projects to reintroduce food container guidelines, developing a waste guide for new neighborhoods, etc. Occupations related to the circular economy, such as repair specialists, second-hand workers, and local know-how, are becoming more and more common and this trend is not changing.

Thus, very ambitious goals have been set – to be sustainable; the material footprint of Greater Geneva must be reduced from 19 tonnes to 6 tonnes, or even 3 tonnes per inhabitant per year. Such goals are worthy of emulation [8, C. 9].

Conclusions. Thus, the implementation of waste management in terms of waste sorting and household waste has a number of positive consequences.

Anything eventually becomes waste. However, materials from old products can be partially or fully used in the production of new items, reducing the total amount of waste. This will reduce the environmental impact, as less new raw materials will need to be used.

Addressing waste management issues significantly eliminates hazards to humans and the environment. Toxic waste can pollute air, soil, surface and groundwater. Hazardous waste management therefore requires stricter environmental protection measures.

The majority of household waste is made up of recyclable packaging, which makes it possible to reuse waste.

Timely waste sorting eliminates the need for additional payments by consumers for waste removal and storage, thereby saving some money.

Public health depends on many factors, including economic and genetic ones. The deterioration of the economic situation in the country and the growth of environmental pollution leads to an increase in the incidence of diseases such as allergies, upper respiratory tract diseases, and other pathologies, as well as a growing number of children with congenital diseases, as well as a high proportion of chronic disease exacerbations and malignant tumors associated with exposure to chemical carcinogens. Reducing the accumulated waste that spoils our health.

1. Угода про Асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони : ратифіковано Законом України від

16.09.2014 р. № 1678-VII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text (дата звернення: 20.03.2024). **2.** Про управління відходами : Закон України від 20.06.2022 р. № 2320-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 20.03.2024). **3.** Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року : розпорядження Кабінету Міністрів України від 08.11.2027 р. № 820-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text> (дата звернення: 25.03.2024). **4.** Про затвердження Національного плану управління відходами до 2030 року : розпорядження Кабінету Міністрів України від 20.02.2019 р. № 117-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/117-2019-%D1%80#Text> (дата звернення: 25.03.2024). **5.** Directive (EU) 2019/883 of the European Parliament and of the Council of 17 April 2019 on port reception facilities for the delivery of waste from ships, amending Directive 2010/65/EU and repealing Directive 2000/59/EC. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/883/oj> (дата звернення: 02.04.2024). **6.** Сортувати як у Європі: коли кольорові баки з'являться у кожному дворі? *Medium*. 05 вересня, 2019 р. URL: <https://medium.com/@reforms> (дата звернення: 23.10.2023). **7.** Suzanna Misika How solid waste and other waste is collected and disposed of in Switzerland. June 11, 2020. *SWI swissinfo.ch*. URL: <https://www.swissinfo.ch/eng/society/45827788> (дата звернення: 27.10.2023). **8.** Réinventer demain grâce à nos déchets. Eco-responsable. Vive la vie. Automne 2022. Genève. URL: www.sig-ge.ch (дата звернення: 23.10.2023).

REFERENCES:

1. Uhoda pro Asotsiatsiiu mizh Ukrainoiu, z odniiei storony, ta Yevropeiskym Soiuzom, Yevropeiskym spivtovarystvom z atomnoi enerhii i yikhnimy derzhavamy-chlenamy, z inshoi storony : ratyfikovano Zakonom Ukrainy vid 16.09.2014 р. № 1678-VII. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011#Text (дата зvernennia: 20.03.2024). **2.** Pro upravlinnia vidkhodamy : Zakon Ukrainy vid 20.06.2022 r. № 2320-IKh. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата zvernennia: 20.03.2024). **3.** Pro skhvalennia Natsionalnoi stratehii upravlinnia vidkhodamy v Ukraini do 2030 roku : rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 08.11.2027 r. № 820-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text> (дата zvernennia: 25.03.2024). **4.** Pro zatverdzhennia Natsionalnoho planu upravlinnia vidkhodamy do 2030 roku : rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 20.02.2019 r. № 117-r. URL:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/117-2019-%D1%80#Text> (data zvernennia: 25.03.2024). **5.** Directive (EU) 2019/883 of the European Parliament and of the Council of 17 April 2019 on port reception facilities for the delivery of waste from ships, amending Directive 2010/65/EU and repealing Directive 2000/59/EC. URL: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2019/883/oj> (accessed: 02.04.2024). **6.** Sortuvaty yak u Yevropi: koly kolorovi baky zivliatsia u kozhnomu dvori? *Medium*. 05 veresnia, 2019 r. URL: <https://medium.com/@reforms> (data zvernennia: 23.10.2023). **7.** Suzanna Misika How solid waste and other waste is collected and disposed of in Switzerland. June 11, 2020. SWI swissinfo.ch. URL: <https://www.swissinfo.ch/eng/society/45827788> (accessed: 27.10.2023). **8.** Réinventer demain grâce à nos déchets. Eco-responsable. Vive la vie. Automne 2022. Genève. URL : www.sig-ge.ch (accessed: 23.10.2023).

Дюдяєва О. А., ст. викладач, експерт з експорту продукції до ЄС, Рутта О. В., асистент (Херсонський державний аграрно-економічний університет, м. Херсон, dyudyaeva.olga@gmail.com, happyness8@ukr.net), **Бєдункова О. О., д.б.н., професор** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Півне, o.o.biedunkova@nuwm.edu.ua)

СТІЙКІ ІНІЦІАТИВИ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ ДЛЯ БЕЗПЕЧНОГО ДОВКІЛЛЯ

Нагальне питання щодо впровадження екологічних норм та вимог в Україні, в тому числі в частині управління відходами, роздільного збирання сміття, не є унікальним. Три-чотири десятиліття назад майже всі європейські країни мали подібні проблеми. Впровадження сучасних технологій, реалізація інноваційних проєктів в окремих країнах та навіть на рівні окремих регіонів мають на сьогодні успішні результати та значний досвід щодо їх вирішення. Європейські країни рухаються цим шляхом з початку 90-х років і планують вийти на 65–75% переробки у 2030 році. Україна прописала такі ж показники у Стратегії. «Дорожня карта», яку отримала країна після підписання Угоди про асоціацію та набуття статусу кандидата члена-країни ЄС у червні 2022 року, зобов'язує Україну впроваджувати екологічні стандарти

Європейського Союзу та імплементувати національне природоохоронне законодавство до європейського.

За останні п'ять років в Україні прийнято низку законодавчих та підзаконних актів. Це Закон України Про управління відходами», розроблений згідно з рамковою Директивою ЄС про управління відходами, Національна стратегія поводження з відходами до 2030 року, метою якою є зниження частки захоронення побутових відходів з 95% до 30%, Національний план управління відходами до 2030 року. Впровадження більшості на виконання основних положень Закону уповільнювалось низкою економічних та політичних причин, у тому числі воєнного вторгнення на територію України російських військ.

Враховуючи незначний досвід України щодо управління відходами в частині роздільного збору важливим є пошук та впровадження стійких ініціатив в цій сфері. В статті розглянуто результати впровадження таких ініціатив на регіональному рівні в одній з найбільш екологічній країні – Швейцарії.

***Ключові слова:* управління відходами; роздільне збирання сміття; екологічні стандарти; природоохоронне законодавство; стійкі екологічні ініціативи; інноваційні рішення (технології).**

Караїм О. А., к.е.н., доцент, Караїм В. П., аспірант (Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, olha.karaim@vnu.edu.ua, karaim.volodymyr@vnu.edu.ua),
Бєдункова О. О., д.б.н., професор (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, o.o.biedunkova@nuwm.edu.ua), **Лавринюк З. В., к.х.н., доцент,**
Джам О. А., к.х.н., доцент (Волинський національний університет імені Лесі Українки, м. Луцьк, lavrynyuk.zoryana@vnu.edu.ua, dzham.olena@vnu.edu.ua)

ОЦІНКА АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ В АСПЕКТІ БАСЕЙНОВОГО ЕКОЛОГІЧНОГО УПРАВЛІННЯ

Антропогенний вплив на навколишнє природне середовище нині є актуальною проблемою, що вимагає комплексного підходу та глибокої оцінки. Сучасні технології та промисловий розвиток призвели до значних змін в екосистемах, зокрема в басейнах річок, які виступають ключовими компонентами збереження природних ресурсів. Невідповідальне використання природних благ та надмірне забруднення призводять до серйозних проблем, які потребують негайного втручання. У цьому контексті, басейнове екологічне управління є одним із основних чинників забезпечення сталого розвитку та збереження довкілля.

У статті представлено результати дослідження особливостей водокористування та впливу господарської діяльності у басейні річки Стрипа, зокрема здійснено оцінку гідроморфологічної якості, подано дані гідрохімічних показників поверхневих вод, визначено оцінку антропогенного впливу та загального екологічного стану.

За результатами дослідження встановлено, що в межах басейну р. Стрипа відсутні великі промислові комплекси, склади отрутохімікатів, полігони твердих побутових відходів та ін., стічні води яких могли б спричинити значні забруднення, скиди від існуючих об'єктів мають низький рівень впливу на поверхневі води. Вагомий антропогенний слід у басейні річки спостерігається внаслідок гідромеліоративних робіт, а рекультивация таких земель відбувається досить повільно.

Гідрохімічні показники є задовільними, оскільки значних перевищень ГДК не спостерігається. Таких речовин, як нафтопродукти, хром, мідь, цинк, свинець не виявлено. Розчинний кисень, завислі речовини, БСК, сухий залишок, нітрати, марганець, хлориди і сульфати знаходяться в межах норми.

Оцінка антропогенного навантаження за підсистемою «Використання земель» визначена як «близька до норми». Стан підсистеми «Використання річкового стоку» є «добрим». Стан підсистеми «Якість води» за ступенем чистоти відповідає II класу якості води (добрі, досить чисті води) та категорія якості води – 3 (добрі, досить чисті води). Загальний екологічний стан басейну річки Стрипа відповідає показнику – «зміни незначні».

Ключові слова: оцінка антропогенного впливу; екологічний стан; басейнове управління; екологічне управління; річка Стрипа.

Вступ. У сучасному екологічному контексті, коли зростає усвідомлення загрози, яку природні екосистеми зазнають від інтенсивної антропогенної діяльності, питання її оцінки в аспекті басейнового екологічного управління стає надзвичайно актуальним. Зокрема, басейн річки Стрипа, що знаходиться на перетині екологічно чутливих зон та ділянок інтенсивного господарювання, представляє собою ключовий об'єкт для вивчення впливу людської діяльності.

Аналіз антропогенного навантаження у басейні річки Стрипа є важливим завданням не лише для розуміння екологічного стану цієї території, але і для розробки загальних стратегій екологічного управління з метою збереження природних ресурсів та забезпечення сталого розвитку. Таким чином, оцінка антропогенного впливу у басейні річки Стрипа є необхідною не лише з науково-дослідницького погляду, але й для визначення конкретних заходів, спрямованих на збереження природи та забезпечення екологічної стійкості цього регіону.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Вирішенню проблем басейнового екологічного управління, раціонального використання та збереження водних ресурсів, а також оцінки екологічного стану й антропогенного впливу на них присвятили свої роботи низка науковців, зокрема: Бєдункова О. О. [6], Боярин М. В. [2], Гопчак І. В. [3], Гриценко А. В. [8], Клименко М. О. [5], Караїм О. А. [4],

Романенко В. Д. [9], Нетробчук І. М. [2], Яцик А. В. [7] та ін.

Мета, завдання та методика проведення досліджень. Мета дослідження – здійснити екологічну оцінку антропогенного впливу у басейні річки Стрипа.

Основні завдання дослідження: висвітлити особливості водокористування у басейні річки Стрипа; визначити вплив на її басейн господарської діяльності; здійснити аналіз гідроморфологічної якості; подати оцінку гідрохімічних показників поверхневих вод; здійснити розрахунок антропогенного впливу у басейні річки Стрипа; оцінити загальний екологічний стан басейну та запропонувати заходи щодо його покращення.

Дослідження проведено згідно з Методикою із розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України, яка дає змогу відслідкувати стан басейнів річок у розрізі низки критеріїв і показників у межах окремих підсистем («Використання земель», «Використання річкового стоку», «Якість води») і басейну річки в цілому [7].

Розрахунки за базовими підсистемами розпочинаємо із визначення природно-сільськогосподарської зони або провінції, де розташований досліджуваний басейн річки. Оцінюємо антропогенний стан у басейні річки кількісно і якісно, тобто за результатами розрахунків кожна кількісна оцінка має і якісну характеристику й навпаки [7].

Підсистема «Використання земель» призначена для класифікації (оцінки) стану басейну річки за рівнем використання земель. За даними земельного обліку та інших інформаційних джерел обчислюємо значення основних показників підсистеми: лісистість басейну (сумарна площа лісів, лісосмуг і дерево-чагарникової рослинності); ступінь природного стану водозбору (болота, землі під водою, ліси природного і штучного походження, захисні водоохоронні насадження, заповідні території, пасовища, сінокоси, перелоги); сільгоспосвоєність (всі сільськогосподарські угіддя на території басейну: рілля, багаторічні насадження, сінокоси, пасовища, перелоги, присадибні землі); розораність (рілля, присадибні землі); урбанізація (площа земель, на яких розміщені населені пункти, об'єкти промисловості, транспорту, зв'язку та ін.); ступінь еродованості земель у величинах змиву ґрунту за рік – т/га. Далі обчислюємо числове значення міри узагальненого критерію [7].

Підсистема «Використання річкового стоку» призначена для класифікації оцінки) екологічного стану басейну ріки за ступенем антропогенного навантаження на її водні ресурси. Основними показниками, що характеризують антропогенне навантаження на водні ресурси, визнані такі: показник фактичного (повного) використання річкового стоку; показник безповоротного водоспоживання річкового стоку; показник скиду води у річкову мережу; показник скиду забруднених стічних вод у річкову мережу [7].

Підсистема «Якість води» з математичним представленням екологічної оцінки якості поверхневих вод призначена для екологічної оцінки якості поверхневих вод і класифікації стану басейнів річок за рівнем антропогенного забруднення води.

Підсистема базується на визначенні за певними ознаками класів і категорій якості води відповідно до Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями [8; 9].

Основними показниками, які характеризують якість поверхневих вод є показники сольового складу води, торфо-сапробіологічні (еколого-санітарні) та показники вмісту у воді специфічних речовин токсичної і радіаційної дії. Всі вони групуються в межах відповідних блоків.

Визначені за певними ознаками п'ять класів і сім категорій якості води характеризують відповідну якість води як за станом, так і за ступенем її чистоти (забрудненості).

Належність блокових індексів описують відповідною словесною характеристикою якості води за станом і за ступенем їх чистоти [9].

За вихідними даними середніх і найгірших величин кожного блоку показників шляхом послідовних розрахунків визначають клас і категорію якості поверхневих вод у басейні річки як за окремими показниками, так й узагальнено за кожним блоком показників і водним об'єктом у цілому.

Якісний стан басейну річки класифікують за значенням ІКАН як числової міри якісного стану всієї системи на підставі функції міри альтернативних класів (стан: «добрий», «зміни незначні», «задовільний», «поганий», «дуже поганий», «катастрофічний»).

Загальний екологічний стан басейну річки Стрипа. На підставі якісних і кількісних оцінок стану басейну річки за антропогенним навантаженням за кожною підсистемою визначаємо рівень спільного

впливу на загальний стан басейну за трьома підсистемами («Використання земель», «Використання річкового стоку» та «Якість води») і за їх значеннями класифікуємо екологічний стан басейну річки.

На підставі поточних значень мір стану підсистеми визначаємо міру класу всієї системи басейну річки Стрипа, що дістала назву ІКАН (індукційний коефіцієнт антропогенного навантаження) [7].

Виклад основного матеріалу дослідження. Важливим чинником забезпечення стійкості екосистем та попередження забруднення водних ресурсів є створення інтегрованих стратегій екологічного басейнового управління.

Загалом, інтегроване екологічне басейнове управління є стратегічним підходом, спрямованим на оптимізацію використання та збереження природних ресурсів у межах річкових басейнів. Цей підхід базується на комплексному аналізі, включаючи природні та антропогенні аспекти, з метою досягнення ефективного та сталого ресурсокористування.

Одним із ключових аспектів інтегрованого екологічного басейнового управління є інтеграція різних галузей управління, таких як аграрний сектор, промисловість, міське водопостачання й водовідведення та ін. Це дозволить уникнути фрагментації та конфліктів між різними ресурсо- та, зокрема, водокористувачами.

Інтегроване екологічне басейнове управління також передбачає активне врахування екологічних аспектів прийняття рішень. Збереження водних екосистем та біорізноманіття стає однією із головних пріоритетів при розробці його стратегій. Застосування таких методів, як ренатуралізація осушених земель, створення екологічних коридорів та відновлення прибережних зон, сприяє збереженню екосистем та забезпечує екологічну стійкість.

Інтегроване екологічне басейнове управління зосереджене на важливості довгострокового планування та адаптивного підходу до змін у природних системах. Це означає постійний моніторинг, оновлення стратегій та відповідь на нові виклики, такі як інтенсифікація антропогенного навантаження.

З метою здійснення оцінки антропогенного впливу важливим є використання сучасних методів моніторингу, серед яких дистанційна зйомка, гідрохімічний аналіз, біологічні показники екосистем та ін.

У дослідженні для оцінки гідроморфологічної якості води на р. Стрипа було вибрано 3 ділянки обстеження (ДО), вони охоплюють всі необхідні відрізки річки – верхів'я, середню течію й пригирлову частину і достатньо репрезентують особливості природних умов басейну, руслових процесів, формування стоку, антропогенного (техногенного) навантаження на водозборі даної річки.

Першою є ДО на р. Стрипа зосереджена в центральній частині с. Печихвости у верхів'ї річки, в умовах середніх висот. Середня висота приурізної місцевості становить 223,8 м н. р. м. Довжина ДО № 1 – 200 м, а її глибина коливається від 0,2 до 0,35 м. Географічні координати ДО № 1 – 50°30'09" пн. ш. і 24°37'31" сх. д.

Аналізуючи результати проведених обстежень і узагальнень виявлено, що ДО № 1 відповідає 2-му класу гідроморфологічної якості, що класифікується як «добрий». Кінцевий сумарний показник якості становить 1,89.

Друга ДО на річці Стрипа знаходиться в межах с. Милятин у південній його частині в середній течії річки, в умовах середніх висот. Середня висота приурізної місцевості становить 211,1 м н. р. м. Довжина ДО № 2 – 200 м, а її глибина коливається від 0,5 до 0,63 м. Географічні координати ДО № 2 – 50°32'59" пн.ш. і 24°32'32" сх. д.

У результаті проведених обстежень і узагальнень встановлено, що ДО № 2 відповідає 2-му доброму класу гідроморфологічної якості, кінцевий сумарний показник якості становить 1,96.

Третя ДО на р. Стрипа знаходиться в межах с. Павлівка в північно-східній його частині в нижній течії річки, в умовах низини. Середня висота приурізної місцевості становить 198,2 м н. р. м. Довжина ДО № 3 – 200 м, а її глибина коливається від 0,45 до 0,52 м. Географічні координати ДО № 3 – 50°37'19" пн. ш. і 24°27'52" сх. д.

У результаті проведених обстежень і узагальнень визначено, що ДО № 3 відповідає 2-му доброму класу гідроморфологічної якості, кінцевий сумарний показник якості становить 2,06.

Довжина прибережних захисних смуг вздовж річки Стрипа становить 49,2 км. Стан прибережних захисних смуг в основному відповідає вимогам водного законодавства. Проведеними обстеженнями виявлено незначні площі розорювання прибережних захисних смуг у межах с. Павлівка. Розораність прибережних захисних смуг незначна та сягає близько 1% від їх загальної площі, біля 89% площі прибережних захисних смуг вкрито луговою

рослинністю та поодинокими деревами. Майже по всій протяжності прибережних захисних смуг р. Стрипа переважають такі види рослин як: очерет звичайний, стрілолист, рогіз широколистий та ін., а також поодинокі дерева. Понад 40% території прибережних захисних смуг заболочено. Близько 9% площі прибережних захисних смуг річки вкриті лісовою рослинністю, оскільки річка Стрипа протікає лісом на ділянці довжиною 2,2 км [10].

Проведеним обстеженням встановлено, що в межах водоохоронної зони річки відсутні відгодівельні комплекси, склади отрутохімікатів, полігони твердих побутових відходів та ін. Найбільший вплив на якість води річки Стрипа здійснює підприємство ТОВ «Павлівський пивзавод», яке експлуатує каналізаційні очисні споруди повної біологічної очистки потужністю 200 м³/добу. Віддаль від очисних споруд до річки Стрипа становить 15 м.

Дослідження гідрохімічних показників якості води у річці Стрипа здійснено у двох створах – вище і нижче випуску очисних споруд ТОВ «Павлівський пивзавод».

Загалом, гідрохімічні показники є задовільними, оскільки значних перевищень ГДК не спостерігається. Таких речовин як нафтопродукти, хром, мідь, цинк, свинець не виявлено. Розчинний кисень, завислі речовини, БСК, сухий залишок, нітрати, марганець, хлориди і сульфати знаходяться в межах норми.

Представимо результати розрахунків антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейну річки Стрипа.

Підсистема «Використання земель». Згідно із природно-сільськогосподарським районуванням території України басейн річки Стрипа, загальною площею 184 км² розташований у Лісостеповій Західній провінції.

Обчислені значеннями основних показників підсистеми, а саме, якісні та кількісні оцінки рівня використання земель є наступними:

- 1) лісистість – 19%, рівень використання «низький», 1;
- 2) ступінь природного стану водозбору – 42%, «дуже низький», 4;
- 3) сільгоспосвоєність – 66,7%, рівень «дуже низький», 4;
- 4) розораність – 58,1%, «вище норми», -1;
- 5) урбанізація – 3,2%, рівень «дуже низький», - 4;

б) еродованість (змив ґрунту) – 2,6 т/га, рівень «дуже низький»,
4.

Відповідно до Лісостепової Західної природно-сільськогосподарської провінції, обчислюємо числове значення міри узагальненого критерію: $N_i = 1,1$.

У нашому випадку величина міри узагальненого критерію відповідає нерівності $1 < N_i \leq 2$, це дає підставу якісно класифікувати стан підсистеми «Використання земель» у басейні річки Стрипа як «близький до норми» з поточною мірою 1,1 ($L_n = 1,1$).

На рис. 1 наведено загальну оцінку використання земель в межах басейну річки Стрипа за різними показниками.



Рис. 1. Загальна оцінка використання земель в межах басейну річки Стрипа

Отже за результатами аналізу басейн р. Стрипа слід віднести до районів зі «значним» використанням земельних ресурсів і рівнем антропогенного навантаження.

Підсистема «Використання річкового стоку». До вихідних даних для розрахунку і класифікації стану використання річкового стоку в басейні річки Стрипа за зазначеною підсистемою належать:

- фактичний об'єм річкового стоку (середньо-багаторічний або в маловодні роки 75- і 95-відсоткової забезпеченості) – 16,8 млн м³;

- об'єми забору води з річкової мережі та з підземних горизонтів у межах басейну – 1,38 млн м³;
- об'єм скиду води в річкову мережу – 1,306 млн м³;
- об'єм скиду у річкову мережу забруднених стічних вод – 0 млн м³;
- об'єм збитку річковому стоку внаслідок забору води з підземних горизонтів, які гідравлічно пов'язані з поверхневим стоком – 0,323 млн м³ [10].

Джерелами інформації для визначення фактичних величин річкового стоку є: матеріали Гідрометслужби, Басейнового управління річок Західного Бугу та Сяну, дані державної статистичної звітності та ін. [1; 10; 11].

На базі вищенаведених даних обчислюємо основні показники підсистеми «Використання річкового стоку», що характеризують антропогенне навантаження на водні ресурси басейну річки.

Аналіз використання річкового стоку р. Стрипа наведено на рис. 2.



Рис. 2. Використання річкового стоку

Проаналізувавши дані, наведені на рис. 2, бачимо, що показник фактичного використання річкового стоку є «низьким» і становить 9,4%, показник безповоротного водоспоживання дорівнює 2,4% є «низьким», невелике відхилення від норми має показник скиду у річкову мережу,

він становить 7,8%, що є «близьким до норми», показник скиду забруднених стічних вод є «низьким». Загальний стан підсистеми є «добрим».

Стан підсистеми «Використання річкового стоку» в басейні річки Стрипа за рівнем водоспоживання класифіковано як «добрий» з поточною мірою цієї оцінки 3,0 [1; 7; 10].

Підсистема «Якість води». Джерелом вихідної інформації для виконання розрахунків є результати гідрохімічних спостережень, що проводились на річці Стрипа [1; 10; 11].

Групуємо величини показників якості води у межах окремих блоків: блок показників сольового складу, блок трофосапробіологічних (еколого-санітарних) показників і блок специфічних показників токсичної дії. На підставі створених блочних масивів за кожним показником обчислюємо середньоарифметичні величини і визначаємо найгірші значення показників за період спостережень.

У кожному блоці на підставі встановлених найгірших і середніх показників та відповідних критеріїв визначено категорії якості води за кожним показником. Для блоку показників сольового складу класифіковано якість води за величиною мінералізації, її віднесено до прісних гіпогалінних вод. Далі згідно з методикою обчислено кількість категорій елементарної оцінки якості води за кожним показником, їх арифметичну суму і середнє узагальнююче значення оцінки якості води за кожним блоком, що відповідає блоковим індексам за найгіршими і середніми показниками, тобто $I_{1\text{найг}}$, $I_{1\text{сер}}$, $I_{2\text{найг}}$, $I_{2\text{сер}}$, $I_{3\text{найг}}$, $I_{3\text{сер}}$. За значенням цих індексів визначаємо категорію, субкатегорію і клас якості води за кожним блоком [8; 9; 10].

Оцінку сольового складу здійснено на підставі Методики екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями, яка включала характеристики: мінералізації вод, вмісту сухого залишку, хлоридів та сульфатів [9].

Блок показників сольового складу вище очисних споруд Павлівського пивзаводу річки Стрипа наведено в табл. 1.

За даними табл. 1 бачимо, що: $I_{1\text{найг}} = 1,7$; $I_{1\text{сер}} = 1,3$, тому води мають 2 та 1 категорію і II та I клас якості. Показники сухого залишку, хлоридів і сульфатів знаходяться в межах норми і не перевищують ГДК.

Блок показників сольового складу нижче очисних споруд Павлівського пивзаводу р. Стрипа наведено в табл. 2.

Таблиця 1

 Блок показників сольового складу вище очисних споруд
Павлівського пивзаводу*

Показники	Значення показників (мг/дм ³) і відповідна категорія якості води								Екологічна оцінка якості води за критеріями						
	Сухий залишок		Хлориди		Сульфати		Мінералізація		Забруднення компонентами сольового складу						
	Величина	Категорія	Величина	Категорія	Величина	Категорія	Клас	Категорія	Підсумкові результати розрахунків						Клас якості води
									П	Σ	X	I ₁	I ₁		
Категорія	Субкатегорія														
Найгірші	328	1	51,8	3	28,8	1	1	1	3	5	1,66	1,7	2	1(2)	II
Середні	218	1	10,97	2	20,89	1	1	1	3	4	1,33	1,3	1	1(2)	I

*Джерело: [1]

Таблиця 2

 Блок показників сольового складу нижче очисних споруд
Павлівського пивзаводу*

Показники	Значення показників (мг/дм ³) і відповідна категорія якості води								Екологічна оцінка якості води за критеріями						
	Сухий залишок		Хлориди		Сульфати		Мінералізація		Забруднення компонентами сольового складу						
	Величина	Категорія	Величина	Категорія	Величина	Категорія	Клас	Категорія	Підсумкові результати розрахунків						Клас якості води
									П	Σ	X	I ₁	I ₁		
Категорія	Субкатегорія														
Найг.	350	1	56,7	3	29,8	1	1	1	3	5	1,66	1,7	2	1(2)	II
Середн.	202	1	18,3	2	28,3	1	1	1	3	4	1,33	1,3	1	1(2)	I

*Джерело: [1]

Проаналізувавши динаміку блокового індексу сольового складу (I_1) якості води в р. Стрипа нижче випуску очисних споруд Павлівського пивзаводу було встановлено, що : $I_{1\text{найг}} = 1,7$; $I_{1\text{сер}} = 1,3$ і річка має 2 та 1 категорію та II і I клас якості води. Показники сухого залишку, хлоридів і сульфатів знаходяться в межах норми і не перевищують ГДК.

На основі проведених розрахунків за даними табл. 1 і 2, порівнюємо показники вмісту хлоридів і сульфатів у водах вище і нижче випуску очисних споруд Павлівського пивзаводу (рис. 3).

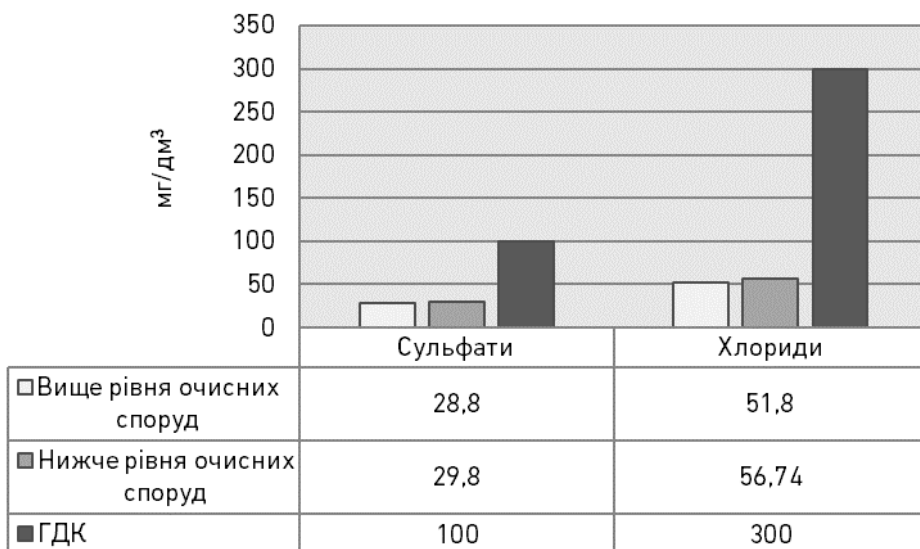


Рис. 3. Значення найгірших показників сольового складу вище і нижче очисних споруд Павлівського пивзаводу

Отже, аналіз даних рис. 3 показує, що вміст хлоридів і сульфатів в обох пунктах спостереження знаходиться в межах норми. Показники даних компонентів нижче випуску очисних споруд є дещо вищими.

Екологічна оцінка якості води трофо-сапробіологічного блоку виконана за гідрофізичними, гідрохімічними показниками та індексами сапробності представлена в табл. 3 та табл. 4.

Таблиця 3

Блок трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників вище очисних споруд Павлівського пивзаводу*

Показники	Значення показників і відповідна категорія якості води											
	Завислі речовини		Прозорість, см		рН		Азот амонійний		Азот нітритний		Азот нітратний	
	величина	категорія	величина	категорія	величина	категорія	величина	категорія	Величина	Категорія	величина	категорія
Найгірші	10	2	22	6	8	3	0,403	4	0,017	4	0,974	5
Середні	5,13	2	22	6	7,56	2	0,264	3	0,012	4	0,567	4

*Джерело: [1]

Таблиця 4

Блок трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників нижче очисних споруд Павлівського пивзаводу*

Показники	Значення показників і відповідна категорія якості води											
	Завислі речовини		Прозорість, см		рН		Азот амонійний		Азот нітритний		Азот нітратний	
	Величина	Категорія	Величина	Категорія	Величина	Категорія	Величина	Категорія	Величина	Категорія	Величина	Категорія
Найгірші	18	3	22	6	8,11	3	0,68	5	0,036	5	0,94	5
Середні	7,77	2	22	6	7,56	2	0,29	3	0,017	4	0,61	4

*Джерело: [1]

Підсумкові дані щодо якості води в р.Стрипа за азотом амонійним наведено на рис. 4.

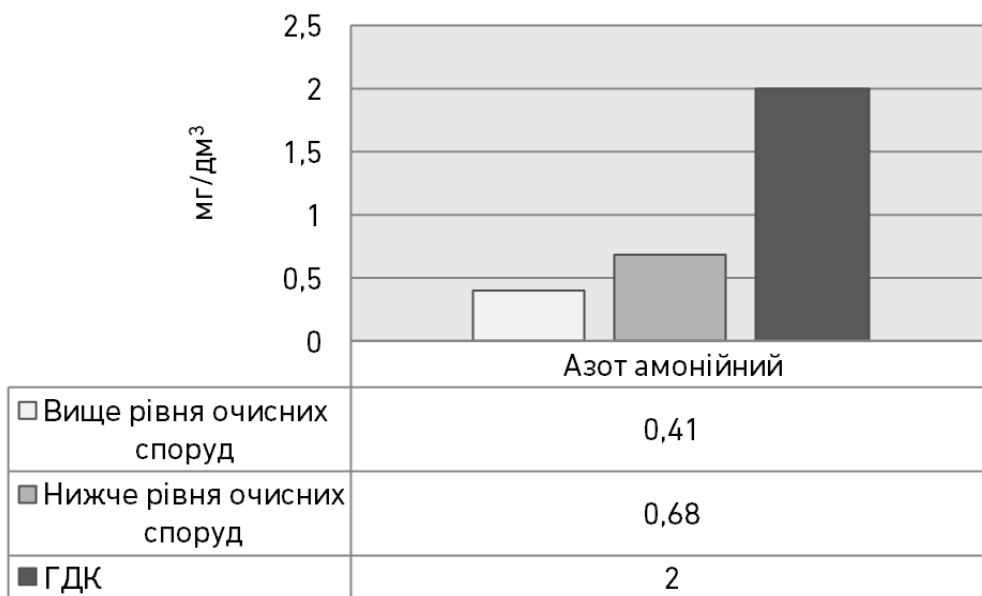


Рис. 4. Значення найгірших показників азоту амонійного вище і нижче очисних споруд Павлівського пивзаводу

Аналіз даних показує, що якість води за трофосапробіологічними критеріями належить як за середніми так і найгіршими величинами до III класу – «задовільні», «забруднені» води. Основна причина цього стану річки – надмірний вміст у воді сполук азоту амонійного.

Систематичні дані про вміст в річкових водах річки показників радіонуклідної дії відсутні. Дані специфічних показників токсичної дії вище і нижче очисних споруд Павлівського пивзаводу наведені в табл. 5 та табл. 6.

Значення індексів специфічних речовин токсичної дії свідчать про те, що стан річки добрий. Води перехідні за якістю від «добрих», «задовільних», до «середніх», «помірно забруднених». Присутня тенденція до підвищення вмісту марганцю, проте поки що показники знаходяться в межах норми.

Для блоку специфічних показників токсичної дії вище випуску очисних споруд $I_{3найг} = 2,7$; $I_{3сер} = 2,3$, води мають 3 та 2 категорії і II клас якості (табл. 5). Для блоку специфічних показників токсичної дії нижче випуску очисних споруд $I_{3найг} = 3,3$; $I_{3сер} = 3,0$, води мають 3 категорію та відповідають II класу якості води (табл. 6).

Таблиця 5

 Блок специфічних показників токсичної дії вище очисних споруд
Павлівського пивзаводу*

Показники	Значення показників (мг/дм ³) і відповідна категорія якості води						Екологічна оцінка якості води за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної дії						
	Нікель		Марганець		Залізо загальне		Підсумкові результати розрахунків				I ₃		Клас якості води
	Величина	Категорія	Величина	Категорія	Величина	Категорія	П	Σ	Х	I ₃	Категорія	Субкатегорія	
Найгірші	0,09	3	0,008	1	0,437	4	3	8	2,66	2,7	3	2(3)	II
Середні	0,04	2	0,006	1	0,28	4	3	7	2,33	2,3	2	2(3)	II

*Джерело: [1]

Таблиця 6

 Блок специфічних показників токсичної дії
нижче очисних споруд Павлівського пивзаводу*

Показники	Значення показників (мг/дм ³) і відповідна категорія якості води					Екологічна оцінка якості води за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної дії							
	Нікель		Марганець		Залізо загальне	Підсумкові результати розрахунків				I ₃		Клас якості води	
	Величина	Категорія	Величина	Категорія	Величина	Категорія	П	Σ	Х	I ₃	Категорія		Субкатегорія
Найгірші	0,04	5	0,008	1	0,462	4	3	10	3,33	3,3	3	3(4)	II
Середні	0,01	4	0,007	1	0,319	4	3	9	3	3	3	3	II

*Джерело: [1]

Порівняння специфічних показників токсичної дії в різних пунктах спостереження з нормативами ГДК наведено на рис. 5.

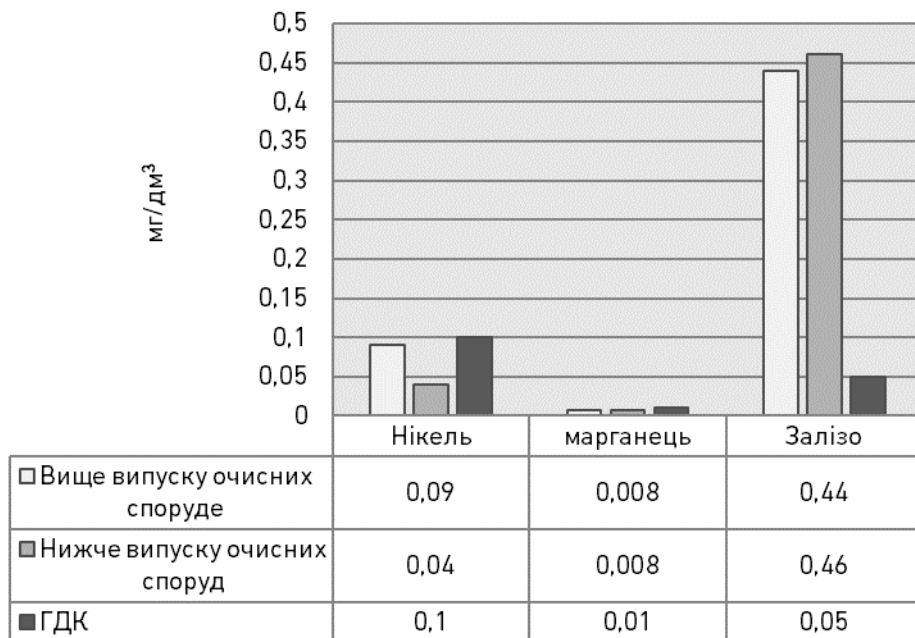


Рис. 5. Значення найгірших специфічних показників токсичної дії вище і нижче очисних споруд Павлівського пивзаводу

Отже, з аналізу даних рис. 5 бачимо, що вміст нікелю та марганцю в р. Стрипа не перевищує ГДК, однак залізо загальне перевищує показники (річка за межами міста).

Стан підсистеми «Якість води» класифіковано за екологічним індексом I_e . Для пункту спостереження р. Стрипа, вище очисних споруд Павлівського пивзаводу він складає $I_{e \text{ найг}} = 2,8$; $I_{e \text{ сер}} = 2,3$, що відповідає 3 та 2 категоріям відповідно та II класу якості води (табл. 7).

Таблиця 7

Екологічний індекс I_e вище очисних споруд
Павлівського пивзаводу*

Показники	Величина	Категорія	Субкатегорія	Клас якості води
Найгірший	2,8	3	3(2)	II
Середній	2,3	2	2(3)	II

*Джерело: [1]

Стан підсистеми «Якість води» класифіковано за екологічним індексом I_e . Для пункту спостережень р.Стрипа, нижче очисних споруд він складає $I_{e\text{ найг}} = 3,1$; $I_{e\text{ сер}} = 2,5$, що відповідає 3 та 2 категоріям відповідно та II класу якості води (табл. 8).

Таблиця 8

Екологічний індекс I_e нижче очисних споруд
Павлівського пивзаводу

Показники	Величина	Категорія	Субкатегорія	Клас якості води
Найгірший	3,1	3	3	II
Середній	2,5	2	2(3)	II

Джерело: [1]

У цілому для річки Стрипа $I_{e\text{ найг}} = 3,1$; $I_{e\text{ сер}} = 2,4$, що відповідає 3 та 2 категоріям якості води і II класу якості.

На підставі якісних і кількісних оцінок стану басейну річки за антропогенним навантаженням за кожною підсистемою в межах «Координуючого алгоритму прийняття рішень» визначено рівень спільного впливу на загальний стан басейну річки трьох підсистем («Використання земель», «Використання річкового стоку» та «Якість води») і за його значенням класифіковано екологічний стан басейну річки [7; 10].

Рівень спільного впливу зазначених підсистем на стан басейну річки визначено за допомогою індукційного коефіцієнта антропогенного навантаження (ІКАН), який у певній мірі характеризує рівень антропогенного навантаження на басейн річки. Вихідними даними для його розрахунку є поточні значення визначені за кожною підсистемою числової міри оцінки їх стану. Серед зазначених проаналізованих підсистем встановлено, що підсистема «Якість води» визначена найбільш вагомою, її внесок в загальний стан басейну річки становить 50%, внесок підсистеми «Використання земель» становить 30%, решту 20% надано підсистемі «Використання річкового стоку». За таких умов вагове значення кількісної міри введено в розрахункову формулу з коефіцієнтами 0,5; 0,3; 0,2 відповідно до вище зазначених підсистем [7].

Міра екологічної оцінки стану підсистеми «Якість води» в басейні річка Стрипа становить: за значенням $I_{e\text{ найг}} = 3,1$ (вода «чиста»), міра підсистеми $\phi(Q_2) = 1$, за величиною $I_{e\text{ сер}} = 2,4$ (вода «чиста»), міра підсистеми $\phi(Q_2) = 1$ [1; 10].

Що стосується загального екологічного стану басейну річки Стрипа, то ІКАН (індукційний коефіцієнт антропогенного навантаження) для басейну річки Стрипа наступний:

- за найгіршими показниками якості води $I_{\text{Енайг}} = 3,1$ міра $\phi(Q_2) = 1$, $ІКАН = \phi(K_n) = 1,31$;
- за середніми показниками якості води $I_{\text{Есер}} = 2,4$ міра $\phi(Q_2) = 1$, $ІКАН = \phi(K_n) = 1,31$.

Значення ІКАН на підставі функціональних мір окремих підсистем в обох випадках становить: $ІКАН = \phi(K_n) = 1,4$.

На підставі функції міри множини альтернатив класів визначаємо якісний стан басейну річки Стрипа, який відповідає при $I_{\text{Енайг}}$ категорії «зміни незначні», при $I_{\text{Есер}}$ – також «зміни незначні».

Отже, стан басейну р. Стрипа за найгіршими показниками якості води характеризується як «зміни незначні», а рівень антропогенного навантаження на басейн ріки за величиною ІКАН становить – 1,31 [1; 7].

Результати розрахунків антропогенного навантаження та класифікації екологічного стану басейну річки Стрипа представлено в табл. 9–13.

Таблиця 9

Розрахунок антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейну р. Стрипа*

Природно-сільськогосподарська зона (провінція)	Лісостепова Західна провінція
--	-------------------------------

*Джерело: [1; 7]

Таблиця 10

Підсистема «Використання земель»*

Площа басейну, км ² – 184	Міра
Показник лісистості – 19%; рівень використання «низький»	1
Показник природного стану – 42% «дуже низький»	4
Показник сільгоспосвоєності – 66,7% «дуже низький»	4
Показник розораності – 58,1% «вище норми»	-1
Показник урбанізації 3,2% «дуже низький»	-4
Показник еродованості, т/га за рік – 2,6 «дуже низький»	4
Стан підсистеми: «близький до норми»	1,1

*Джерело: [1; 7]

Таблиця 11

Підсистема «Використання річкового стоку»*

Об'єм природного стоку, млн м ³ – 16,8	Міра
Показник фактичного використання річкового стоку – 9,4%, «низький»	3
Показник безповоротного водоспоживання – 2,4%, «низький»	3
Показник скиду води у річкову мережу – 7,8%, «близький до норми»	1
Показник скиду забруднених стічних вод – 0%, «низький»	3
Стан підсистеми: «добрий»	3,0

*Джерело: [1; 7]

Таблиця 12

Підсистема «Якість води» за найгіршими показниками*

Блок показників сольового складу $I_1= 1,7$	Міра
Блок трофо-сапробіологічних показників $I_2=4,4$	
Блок специфічних показників токсичної дії $I_3= 3,3$	
Інтегральний екологічний індекс $I_E= 3,1$	
Розрахунковий екологічний індекс $I_{EP}= 3,1$	
Стан підсистеми «Якість води» за ступенем чистоти: Клас якості води – II (добрі, досить чисті води) Категорія якості води – 3 (добрі, досить чисті води)	1

*Джерело: [1; 7]

Таблиця 13

Загальний екологічний стан басейну річки Стрипа*

Коефіцієнт антропогенного навантаження ІКАН	1,31
Стан басейну – «зміни незначні»	

*Джерело: [1; 7]

Виходячи з аналізу сучасного екологічного стану річки Стрипа, необхідним є здійснення організаційних заходів, щодо поліпшення її санітарного та екологічного стану.

Висновки. Загальний екологічний стан річки Стрипа є добрим. Значення результатів аналізу хімічного складу води вказують на низькі рівні забруднення в результаті антропогенного впливу і мало відхиляються від показників ГДК. Проте скид відпрацьованих (навіть очищених за стандартною схемою) вод у річку в сучасних умовах супроводжується різким погіршенням якості води через загибель у річковому потоці аеробних бактерій, які визначають здатність потоку очищатися природним шляхом.

У аспекті ефективного екологічного управління з метою зниження ризику забруднення басейну річки внаслідок антропогенного впливу необхідними є здійснення низки заходів, зокрема: встановлення та посилення нормативів для підприємств та промислових об'єктів, що викидають шкідливі речовини у водойму, а також регулярний моніторинг та аналіз якості стічних вод для визначення рівнів забруднення; впровадження ефективних та сучасних технологій очищення стічних вод на підприємствах розташованих у межах басейну; визначення та використання екологічно безпечних методів обробітку ґрунтів, які мінімізують використання хімічних добрив та пестицидів, що сприятиме розвитку агроекологічних практик для збереження якості ґрунтів та водних ресурсів; забезпечення раціонального використання прибережних зон, враховуючи їх важливість для збереження природних екосистем та якості води; проведення навчальних та інформаційних кампаній для місцевого населення стосовно екологічно відповідальної поведінки й важливості збереження водних ресурсів та залучення громадськості до моніторингу якості води та реагування на випадки забруднення; спільне вирішення проблем забруднення на рівні басейну за допомогою міжнародної співпраці, а також обмін інформацією, технологіями та кращими транскордонними практиками для забезпечення сталого використання та захисту природних та зокрема водних ресурсів.

1. Басейнове управління річок Західного Бугу та Сяну. URL: <https://buvrzbts.davr.gov.ua/>. (дата звернення: 10.02.2024). **2.** Боярин М. В., Нетробчук І. М. Оцінка екологічної стійкості ландшафту басейну річок Західний Буг Волинської області. *Людина і довкілля. Питання неоекології*. 2018. № 1–2(29). С. 40–46. **3.** Гопчак І. В. Результати екологічної оцінки та екологічного нормування поверхневих вод Волинської області. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2006. № 11. С. 370–374. **4.** Караїм О. А., Панасюк І. М. Оцінка екологічного стану басейну річки Стрипа та заходи щодо його поліпшення. *Людина і довкілля. Проблеми неоекології*. Харків, 2015. № 3–4. С. 89–95. **5.** Клименко М. О., Клименко О. М., Статник І. І. Охорона водних об'єктів від антропогенного впливу. *Вісник КНУ імені Михайла Остроградського*. Кременчук, 2010. Вип. 6 (65). С. 177–181. **6.** Kuznietsov P., Biedunkova O., Trach Y. Monitoring of Phosphorus Compounds in the Influence Zone Affected by Nuclear Power Plant Water Discharge in the Styr River (Western Ukraine): Case Study. *Sustainability*. 2023. Vol. 15(23). URL: <https://doi.org/10.3390/su152316316>. (дата звернення: 10.02.2024).

7. Методика розрахунку антропогенного навантаження і класифікації екологічного стану басейнів малих річок України / А. В. Яцик, Л. Б. Бишовець, О. М. Петрук та ін. Київ, 2007. 48 с. **8.** Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / А. В. Гриценко, О. Г. Васенко, Г. А. Верніченко та ін. Х. : УкрНДІЕП, 2012. 37 с. **9.** Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / В. Д. Романенко, В. М. Жукинський, О. П. Оксіук, А. П. Яцик та ін. К. : СИМВОЛ–1, 1998. 50 с. **10.** Паспорт річки Стрипа. Західно-Бузьке басейнове управління водних ресурсів. Луцьк, 2008. 51 с. **11.** Регіональний офіс водних ресурсів у Волинській області. URL: <https://vodres.gov.ua/node/65>. (дата звернення: 10.02.2024).

REFERENCES:

1. Baseinove upravlinnia richok Zakhidnoho Buhu ta Sianu. URL: <https://buvrzbts.davr.gov.ua/>. (data zvernennia: 10.02.2024). **2.** Boiaryn M. V., Netrobchuk I. M. Otsinka ekolohichnoi stiikosti landshaftu baseinu richok Zakhidnyi Buh Volynskoi oblasti. *Liudyna i dovkillia. Pytannia neoekolohii*. 2018. № 1–2(29). С. 40–46. **3.** Hopchak I. V. Rezultaty ekolohichnoi otsinky ta ekolohichnoho normuvannia poverkhnevyykh vod Volynskoi oblasti. *Hidrolohiiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiiia*. 2006. № 11. S. 370–374. **4.** Karaim O. A., Panasiuk I. M. Otsinka ekolohichnoho stanu baseinu richky Strypa ta zakhody shchodo yoho polipshennia. *Liudyna i dovkillia. Problemy neoekolohii*. Kharkiv, 2015. № 3–4. S. 89–95. **5.** Klymenko M. O., Klymenko O. M., Statnyk I. I. Okhorona vodnykh ob'ektiv vid antropohennoho vplyvu. *Visnyk KNU imeni Mykhaila Ostrohradskoho*. Kremenchuk, 2010. Vyp. 6 (65). S. 177–181. **6.** Kuznietsov P., Biedunkova O., Trach Y. Monitoring of Phosphorus Compounds in the Influence Zone Affected by Nuclear Power Plant Water Discharge in the Styr River (Western Ukraine): Case Study. *Sustainability*. 2023. Vol. 15(23). URL: <https://doi.org/10.3390/su152316316>. (data zvernennia: 10.02.2024). **7.** Metodyka rozrakhunku antropohennoho navantazhennia i klasyfikatsii ekolohichnoho stanu baseiniv malykh richok Ukrainy / A. V. Yatsyk, L. B. Byshovets, O. M. Petruk ta in. Kyiv, 2007. 48 s. **8.** Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnymy katehoriiamy / A. V. Hrytsenko, O. H. Vasenko, H. A. Vernichenko ta in. Kh. : UkrNDIEP, 2012. 37 s. **9.** Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnymy katehoriiamy / V. D. Romanenko, V. M. Zhukynskyyi, O. P. Oksiiuk, A. P. Yatsyk ta in. K. : SYMVOL–1, 1998. 50 s. **10.** Pasport richky Strypa. Zakhidno-Buzke baseinove upravlinnia vodnykh resursiv. Lutsk, 2008. 51 s. **11.** Rehionalnyi ofis vodnykh resursiv u Volynskii oblasti. URL: <https://vodres.gov.ua/node/65>. (data zvernennia: 10.02.2024).

Karaim O. A., Candidate of Economics (Ph.D.), Associate Professor, Karaim V. P., Post-graduate Student (Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk), **Biedunkova O. O., Doctor of Biological Science, Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne); **Lavryniuk Z. V., Candidate of Chemical Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Dzham O. A., Candidate of Chemical Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (Lesya Ukrainka Volyn National University, Lutsk)

EVALUATION OF ANTHROPOGENIC IMPACT IN THE ASPECT OF BASIN ECOLOGICAL MANAGEMENT

Anthropogenic impact on the natural environment is currently a pressing issue that requires a comprehensive approach and thorough assessment. Modern technologies and industrial development have led to significant changes in ecosystems, particularly in river basins, which play a key role in preserving natural resources. Irresponsible use of natural resources and excessive pollution result in serious problems that demand immediate intervention. In this context, basin ecological management is one of the primary factors for ensuring sustainable development and environmental preservation.

The article presents the results of a study on water use and the impact of economic activities in the Strypa River basin, including an assessment of hydromorphological quality, data on hydrochemical indicators of surface waters, and an evaluation of anthropogenic influence and overall ecological status.

The research findings indicate the absence of large industrial complexes, chemical warehouses, solid waste landfills, etc., within the Strypa River basin that could cause significant pollution. Discharges from existing facilities have a low impact on surface waters. A substantial anthropogenic footprint in the river basin is observed due to hydromeliorative works, and the reclamation of such lands is progressing rather slowly.

Hydrochemical indicators are satisfactory, as significant exceedances of standards are not observed. Substances such as petroleum products, chromium, copper, zinc, and lead were not detected. Dissolved oxygen, suspended solids, biochemical oxygen

demand, dry residue, nitrates, manganese, chlorides, and sulfates are within normal limits.

The assessment of anthropogenic load for the "Land Use" subsystem is determined to be "close to normal". The state of the "River Flow Utilization" subsystem is "good." The state of the "Water Quality" subsystem, in terms of cleanliness, corresponds to Water Quality Class II (good, fairly clean water), and the water quality category is 3 (good, fairly clean water). The overall ecological status of the Strypa River basin corresponds to the indicator of "minor changes".

***Keywords:* assessment of anthropogenic impact; ecological status; basin management; environmental management; Strypa River.**

Максютов А. О., к.пед.н., доцент (Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини, м. Умань, Черкаська область, andriy.maksyutov@udpu.edu.ua), **Стецюк Л. М., к.с.-г.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, l.m.stetsuk@nuwm.edu.ua)

ІСТОРІЯ ВИНИКНЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ПІДЗЕМНОГО ЗБЕРІГАННЯ ГАЗУ В УКРАЇНІ

У статті проаналізований історичний аспект і сучасний досвід підземного зберігання газу, що дає можливість більш досконало проводити моніторинг роботи газотранспортної системи та підземних сховищ газу України, знаходити нові шляхи в аналітичному, експериментальному і практичному вирішенні завдань транспортування та зберігання газу.

Доведено, що в сучасних надскладних економічних умовах, дослідження технологій підземного зберігання газу є актуальним і нагальним питанням забезпечення енергетичної незалежності України та транспортування газу стратегічним європейським партнерам. У зв'язку з цим виникає безліч питань щодо організації та реалізації такого виду робіт.

Ключові слова: технології підземного зберігання газу; паливно-енергетичний комплекс України; видобуток та зберігання енергоносіїв; газотранспортна система; виробничі потужності; дослідно-промислові роботи.

Постановка проблеми. Паливно-енергетичний комплекс України, як і в більшості розвинутих країн світу, є складною системою матеріального виробництва, сукупністю багатьох підсистем, що охоплюють видобуток, перетворення, розподіл, зберігання та споживання енергоносіїв. Особливе місце належить газовій промисловості. Для України, котра посідає 15 місце в світі за обсягом видобування газу, а за його споживанням її випереджають тільки Росія та США, найважливішим завданням на найближчі роки залишається забезпечення споживачів природним газом у достатній кількості. Зрозуміло, що видобуваючи щорічно близько 20 млрд м³

власного газу, а споживаючи значно більші об'єми (до 80 млрд м³ газу), потрібно нарощувати резерви газопостачання та розвивати газотранспортну систему з одночасною диверсифікацією джерел. Існують наступні шляхи створення таких резервів: залучення додаткових потужностей у систему газовидобування і розбудова мережі підземних сховищ газу поблизу основних газо-споживаючих центрів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження особливостей функціонування, організації та експлуатації підземних сховищ газу відображені у працях вітчизняних та зарубіжних вчених: Гімера Р. Ф., Деркача М. П. [1], Дудля М. А., Ширіна Л. М., Федоренко Є. А. [3], Розгонюка В. В. [4], Пивняка Г. Г. [5], Савків В. П. [6], Ворохтіна Л. А. [7], Ширковського А. І. [8], Pinka J. [11], Kidybiński A., Siemka J. [12] та інших.

Мета і завдання досліджень. Розглянути основні етапи та особливості функціонування, організації та експлуатації підземних сховищ газу в Україні.

Визначити практичне значення, створення та експлуатацію підземних сховищ газу в Україні.

Виявити та охарактеризувати перспективи і передумови створення підземних сховищ газу в Україні.

Виклад основного матеріалу досліджень. Потенційні ресурси газу в Україні ще досить значні (7072,7 млрд м³) і при належному фінансуванні дозволили б стабілізувати видобування газу. Однак цей шлях у світовій практиці вважають менш раціональним. Підземні сховища газу дозволяють нівелювати екстремальні періоди споживання газу шляхом видобування тієї кількості, якої не вистачає, чи нагнітанням надлишку газу в підземелля. Це дає змогу забезпечити роботу газотранспортної системи протягом року з продуктивністю близької до номінальної. Таким чином, створення підземних сховищ газу стало головним резервом виробничих потужностей у газовій галузі України. Досвід інших європейських країн, США та Канади підтверджує правильність такого підходу при вирішенні складної народно-господарської проблеми.

Започатковано цей напрям 21 травня 1964 р., коли перші кубометри природного газу переміщено у водоносному горизонті Олищівського підземного сховища газу, що на Черкащині. У зв'язку зі зростанням експортних поставок газу в Польщу (1956 р.),

Чехословаччину (1966 р.), країни Західної Європи (Австрію, Німеччину, Францію, Італію, Югославію тощо) розгалужується мережа магістральних газопроводів, виникає проблема надійності газопостачання. З метою її вирішення у виснажених горизонтах газових родовищ Прикарпаття створюються підземні сховища газу: Угерське (1969 р.), Дашавське (1973 р.), Опарське (1975 р.), Більче-Волицьке (1983 р.), Богородчанське (1979 р.). Активна ємність підземних сховищ газу України є другою у Європі, що дає можливість надавати європейським країнам послуги з підземного зберігання газу. Україна володіє потужною газотранспортною системою, яка складається з 37,6 тис. км газопроводів різного призначення та продуктивності, 73 компресорних станцій із 110 компресорними цехами, 1607 газорозподільних станцій, 13 підземних сховищ газу загальною ємністю за активним газом понад 32 млрд м³ та об'єктів інфраструктури. Для підтримання високо функціональної газотранспортної системи необхідно формувати рівнонадійну структуру в усіх її ланках: пласт – свердловина – компресорна станція – газопровід [11, С. 176].

Сьогодні газова промисловість є важливою ланкою енергетичної системи (електрифікації, теплофікації і газифікації господарства), тому на нерівномірність споживання газу, крім природних факторів (сезонність), відчутний вплив мають економічні й соціальні фактори, що значно розширює коло завдань, які розв'язуються шляхом створення підземних сховищ газу.

Розширюється мережа газосховищ для регулювання осінньо-зимової нерівномірності газоспоживання уже цілих економічних районів (так звані базові підземні сховища газу з активним об'ємом більше як один мільярд кубометрів і добовим об'ємом до 1% від активного об'єму газу). Об'єктами для таких підземних сховищ газу, як правило, служать виснажені газові або газоконденсатні родовища (Дашавське, Угерське, Опарське тощо), розташовані в межах або поблизу економічного району. Створюються підземні сховища газу, призначені для забезпечення надійної роботи магістральних газопроводів (Богородчанське, Більче-Волицьке, Угерське). Необхідність у цьому виникає через збільшення довжини газопроводів внаслідок переміщення у 70-і роки минулого сторіччя центрів видобутку газу на Схід Європейської частини (Вуктил, Оренбург), в райони Західного Сибіру (Медвеже, Уренгой) і Крайньої

Півночі, Центральної Азії. З цією метою використовуються середні за запасами і великі виснажені родовища газу, наприклад, Північно-Ставропольське, Більче-Волицке, Угерське підземні сховища газу в покладі XVI горизонту з активним об'ємом газу 15 млрд м³ і більше [9, С. 75].

Для оперативного резервування надійності газопостачання створюються так звані «пікові» підземні сховища газу з активним об'ємом від одного мільярда кубометрів і високою продуктивністю свердловин (до 0,5 млн м³ /добу і більше), які забезпечують 1–1,5% відбору активного об'єму газу за добу. В такому режимі передбачена експлуатація Богородчанського, Дашавського, Таловського, Колпінського та інших газосховищ. З метою забезпечення надійності експортних поставок газу створюється мережа підземних сховищ газу неподалік державного кордону (Угерське, Опарське, Дашавське, Богородчанське, Більче-Волиця-Угерське підземні сховища газу), активний об'єм яких повинен забезпечувати покриття не менше 5% від об'єму споживання газу. Для регулювання добової нерівномірності газоспоживання створюються невеликі за активним об'ємом (від 100 мільйонів кубометрів) підземні сховища газу в соляних формаціях і шахтних виробках, характерною особливістю яких є висока добова продуктивність (в районі Єревана, Гомеля, Актюбінська, Калінінграда).

В 1991 році загальний об'єм зберігання газу в СРСР був доведений до 146,1 млрд м³ з можливістю відбору 66,4 млрд м³. Максимально можлива продуктивність свердловин сягала 498 млн м³/добу. Динаміка основних показників газосховищ засвідчує, в цілому, високий темп росту показників експлуатації підземних сховищ газу. Так, відбір газу з підземних сховищ газу в період 1980–1990 рр. збільшився з 18,5 до 66,4 мільярдів кубометрів, тобто більш ніж у три з половиною рази. Загальна кількість підземних сховищ газу в СРСР на той час становила 46 одиниць, більшість з яких була створена у виснажених газових родовищах, підземні сховища газу у водоносних пластах і підземні сховища газу у соляних відкладах. Як бачимо, розвиток газової промисловості супроводжується значним зростанням ролі і розширенням завдань підземного зберігання газу, основними з яких є: покриття сезонної нерівномірності газоспоживання; регулювання пікової (добової, місячної) нерівномірності газоспоживання; додаткове подавання газу

споживачам у випадку аномально холодних зим за рахунок створення відповідних резервів газу; забезпечення надійності роботи газотранспортної системи шляхом резервування газу на випадок короткочасних аварійних ситуацій на газопроводах; забезпечення надійності експортних поставок газу; створення довгострокових державних резервів газу на випадок екстремальних ситуацій [8, С. 192].

В кінці 50-х – на початку 60-х років минулого сторіччя Україна була основним газовидобувним регіоном колишнього Радянського Союзу. Задовольняючи потребу в природному газі як внутрішніх споживачів, споживачів Молдови, Білорусії, Литви і Латвії, так і експортних поставок, вже тоді в зимовий період відчував брак постачання газу до великих міст, зокрема Москви, Києва, Львова та інших. У зв'язку із цим було прискорено роботи зі створення підземних сховищ газу в районах Москви, Ленінграда і Києва. Через відсутність поблизу цих міст вироблених газових родовищ було прийнято рішення створювати підземні сховища газу у водоносних структурах, зокрема для Києва: спочатку в Олишівській, а потім в Червонопартизанській. Дослідне нагнітання газу в водоносний пласт Олишівської малоамплітудної структури було розпочате у 1964 р. Цей рік і прийнято вважати за початок практичних робіт зі створення в Україні дуже важливого напрямку в газовій промисловості – підземного зберігання газу [1, С. 224].

Розвиток підземного зберігання газу в Україні можна умовно розподілити на 3 періоди. На першому етапі (1964–1970 рр.) велись дослідно-промислові роботи зі створення підземних сховищ газу на базі згаданих 2-х водоносних структур, розташованих в Чернігівській області біля траси газопроводу «Дашава – Київ – Брянськ – Москва». Технологічний проект дослідних робіт створення Олишівського підземного сховища газу був розроблений в московському інституті «ВНДІГаз». Другим в Україні сховищем, створеним на базі водоносної структури, стало Червонопартизанське підземне сховище газу, дослідне нагнітання газу в яке розпочато в 1968 р. При цьому в перші три роки нагнітання здійснювалося за допомогою компресорної станції, розташованої на сусідньому Олишівському підземному сховищі газу.

В процесі освоєння і виведення названих сховищ на проектні показники було розв'язано низку науково-технічних проблем:

розроблена технологія створення підземного сховища газу у пологозалягаючому (практично горизонтальному) пласті; випробувано застосування поверхнево-активних речовин для формування штучного газового покладу; розроблені і впроваджені конструкції фільтрів для запобігання винесення піску з важковидобувної зони свердловин.

Набутий при цьому виробничий досвід було використано при розширенні згаданого підземного сховища газу, а також при спорудженні нових сховищ у водоносних структурах та обводнених газових пластах.

Перший період розвитку підземного зберігання газу в Україні практично збігається зі світовими тенденціями в підземному зберіганні газу при проектуванні і розвитку великих систем газопостачання в США (штати Іллінойс і Айова), у Франції (район Парижа і центр Франції), в Росії (поблизу Москви), дещо пізніше в Латвії (поблизу Риги), в Білорусі (Осиповичі), в Узбекистані (поблизу Ташкента). З огляду на це можна стверджувати, що, відставши всього на 10 років в промисловому нагнітанні газу від першого в світі аналогічного типу підземного сховища газу Хершер поблизу Чикаго, початковий період розвитку підземного зберігання газу в Україні на базі водоносних структур здійснювався практично одночасно з загальноєвропейським та світовим [12, С. 234].

Другий період створення підземних сховищ газу в Україні охоплює приблизно 1969–1985 роки. В цей період, поряд з розширенням згаданих сховищ, починається створення підземних сховищ газу на базі вироблених покладів газових родовищ, з використанням їх для забезпечення надійності експортних поставок газу в країни Центральної та Західної Європи та задоволення потреб газоспоживаючих регіонів України.

В 1969 р. вперше було проведене дослідно-промислове нагнітання газу в вироблені продуктивні горизонти Угерського родовища. При цьому було використано старий діючий фонд свердловин та наявне обладнання, які використовувалися при розробці цього родовища. Одночасно були розпочаті роботи з проектування і дорозвідки (з метою створення підземного сховища газу) на Опарському газовому родовищі. Вибір згаданих родовищ для першочергового створення на їх базі підземних сховищ газу був обґрунтований необхідністю забезпечення надійності зростаючого

експорту газу, розміщенням магістральних газопроводів в безпосередній близькості від них (а самих родовищ від держкордону), а також виснаженням їх запасів і достатньою величиною газонасиченого об'єму пор для створення газосховищ з активним об'ємом кожного від 2 і більше млрд м³ [5, С. 240].

Проте початок технологічного проектування створення підземних газосховищ в Україні на базі вироблених родовищ припадає на початок 60-х років минулого сторіччя, тобто таке проектування здійснювалося практично одночасно з проектуванням підземних сховищ газу на базі водоносних структур. Технологічне проектування згаданих вище Угерського та Опарського підземних сховищ газу було здійснене в 1968–1969 рр. УкрНДІГазом.

Це стало початком створення, в майбутньому великого, Більче-Волицького-Угерського підземного сховища газу. Збільшення споживання газу в Україні при зменшенні його частки, отриманої за рахунок власного видобутку, зростання транзиту газу через газотранспортну систему України для експорту в країни Центральної і Західної Європи, віддалення основних джерел видобутку газу до споживачів більше як на 3 тис. км створили передумови подальшого прискореного розвитку мережі підземного зберігання газу. Тому в другому періоді крім продовження роботи з виведення на проектні показники Олишівського і Червонопартизанського підземного сховища газу в районі Києва проводяться такі ж роботи на Угерському і Дашавському підземному сховищі газу, а з 1979 р. розпочинаються роботи (шляхом дослідно-промислового нагнітання) зі створення Богородчанського підземного сховища газу. В 1973 р. розпочато також створення Червонопівського підземного сховища газу в Донецькому регіоні для надійного забезпечення газом Лисичанського промвузла (включаючи міста Сіверськодонецьк і Рубіжне). В 1983 р. розпочато дослідно-промислове нагнітання газу в Глібівське підземне сховище газу в Криму [3, С. 412].

Третій період в розвитку підземного зберігання газу починається з середини 80-х років і триває до наших днів. Особливо велика робота була проведена щодо значного збільшення ємності підземних сховищ газу та відбору газу з них в другій половині 80-х років ХХ сторіччя. Для різкого збільшення обсягів підземного зберігання газу в Україні планом передбачалося пробурити і запустити в експлуатацію 1161 нагнітально-видобувну свердловину,

вести компресорні цехи сумарною потужністю 355 МВт, збільшивши активну ємність підземних сховищ газу на 19 млрд м³.

Особливістю проведених в другій половині 80-х років минулого століття робіт з уведення нових та розширення інших підземних сховищ газу (крім збільшення їх активної ємності та добової продуктивності) було скорочення періоду можливого відбирання всього активного газу на більшості підземних сховищ газу. Цей період характеризується розширенням географії підземного зберігання газу.

Зокрема в 1987 р. було введено в дію Солохівське підземне сховище газу на Полтавщині, в 1988 р. розпочато дослідно-промислову експлуатацію Пролетарського підземного сховища газу на Дніпропетровщині, в 1989 р. – Веронського підземного сховища газу на Луганщині. Проте найбільшим досягненням періоду, що розглядається, є створення найбільшого в Європі Більче-Волиця-Угерського підземного сховища газу, дослідно-промислове нагнітання в яке розпочато у 1983 році [7, С. 62].

Спорудження найбільшого гіганта підземного зберігання газу разом з бурінням свердловин тривало 10 років, підключення останніх 28 свердловин і уведення 4-го компресорного цеху було здійснено в 1992 році. Велику практичну роботу при спорудженні цього підземного сховища газу та виведенні його на проектні показники здійснили спеціалісти Львівтрансазу.

Характерною рисою сучасного стану підземного зберігання газу є впровадження математичного моделювання при проектуванні підземних сховищ газу та створення комп'ютерних програм для складання технологічних режимів їх експлуатації.

Значно менші, порівняно з Україною, потенційні можливості для створення підземних сховищ газу має Білорусь, Польща, ФРН; обмежена створена потужність в Латвії. Значна віддаленість основних джерел видобутку газу та основних районів зберігання газу в росії (Поволжжя, Північний Кавказ та Підмосков'я) від країн – споживачів російського газу (Словаччина, Угорщина, Югославія, Хорватія, Чехія, Австрія, Франція, Італія, Болгарія, Румунія, Молдова, Греція, Туреччина), які обслуговуються газотранспортними системами України і комплексом підземних сховищ газу Прикарпаття, підтверджує його унікальність. Хоча останнім часом переважна більшість європейських країн намагається відмовитися

держкордон («Союз»), Уренгой – Помари – Ужгород, Івацевичі – Долина, Київ – Захід України, Долина – Ужгород, Єлець – Кременчук – Ананьїв – Богородчани. Він є гарантом надійності транзитних центральноазіатського газу в центрально- та західноєвропейські країни, газопостачання західних областей України і прилеглих до них районів Молдови та Білорусі, а також транзиту газу в балканському напрямку. До згаданого комплексу входить розташована на Прикарпатті група сховищ газу – Дашавське, Угерське, Богородчанське і Більче-Волицько-Угерське. Підземні сховища Дашавське, Опарське і Угерське з'єднані з системами газопроводів Івацевичі – Долина, Київ – Захід України та між собою. Крім того, вони приєднані до високопродуктивного газопроводу Більче-Волиця – Долина (діаметром 1420 мм, довжиною 84 км), який, забираючи газ з Більче-Волицько-Угерського газосховища та трьох вищезгаданих газосховищ, є по суті газопроводом-колектором [6, С. 239].

Через своє продовження газопровід Долина – Богородчани сполучається з магістральними газопроводами «Союз» та Уренгой – Помари – Ужгород. Крім того, Більче-Волицько-Угерське газосховище з'єднане також іншим сполучним газопроводом з системою газопроводів Івацевичі – Долина. Богородчанське газосховище сполучене з магістральними газопроводами «Союз» та Уренгой – Помари – Ужгород. Названі сховища мають можливість осушувати газ, що з них відбирається, як на своїх установках осушення, так і на установках в Долині і Богородчанах. Великий активний об'єм Західного комплексу підземного зберігання газу, здатність заповнення його та відбирання з нього в широкому діапазоні можливостей створює умови для надзвичайної маневреності потоками газу для задоволення як місцевих, так і віддалених споживачів, дає можливість оптимізувати режими роботи окремих сховищ, створювати необхідні оперативні і стратегічні резерви газу, що дуже важливо в умовах ринкових відносин. Київський комплекс (в складі Олишівського, Червонопартизанського, Солохівського та Кегичівського підземних сховищ газу) має деяку специфіку [2, С. 542].

Сховища, що входять до нього, мають основне спільне призначення – забезпечувати надійність постачання газом Києва та столичної області. Вони розташовані попарно в системі газопостачання: два сховища (Кегичівське і Солохівське) сполучені газопроводами Шебелинка – Полтава – Київ та Єфремівка – Диканька – Київ, які продовжуються в західному напрямку через

систему газопроводів Київ – Захід України, та два сховища (Олишівське і Червонопартизанське) сполучені з газопроводом Київ – Брянськ, причому останнє з'єднується з газопроводом Тула – Шостка – Київ. Відповідно кожна пара сховищ, утворюючи окреме крило єдиного комплексу та забезпечуючи надійність газопостачання основного споживача – Києва, додатково забезпечує надійність постачання газом споживачів, розташованих удовж трас згаданих газопроводів. Червонопартизанське та Олишівське підземні газові сховища сполучені між собою газопроводом-перемичкою, що дає можливість використовувати компресорні потужності одного з них для заповнення іншого. Сховища, що входять до Київського комплексу підземного зберігання газу, характеризуються такими специфічними особливостями: Кегичівське – здатністю повного заповнення газом або відбиранням його протягом 100 діб, а також зберіганням його без зниження пластового тиску до настання найхолодніших місяців; Олишівське – необхідністю максимального скорочення нейтрального періоду після закачування в сховище з метою недопущення розтікання газу; Червонопартизанське – наявністю двох достатньо ізольованих блоків, що дає можливість здійснювати роздільну, навіть неоднчасну їх експлуатацію; Олишівське і Червонопартизанське – значним перевищенням пластового тиску штучних газових покладів в кінці періоду закачування над тиском в оточуючій водоносній області, що для економії пластової енергії диктує потребу скорочення нейтрального періоду перед відбиранням газу; Кегичівське і Солохівське сховища – безкомпресорним відбиранням газу [3, С. 412].

Опираючись на названі технологічні особливості окремих сховищ, в межах комплексу створюються сприятливі умови для маневрування об'ємами нагнітання газу та його відбору в широкому діапазоні. Південний комплекс підземного зберігання газу перебуває в стадії створення, і поки що його основне призначення щодо надійності постачання газу Придніпров'ю та Причорномор'ю і транзитних передач газу балканським країнам виконується не в повному обсязі. Тільки розширення Пролетарського підземного сховища газу за рахунок уведення об'єданого об'єкта газозберігання в горизонтах, збільшення його активного об'єму і продуктивності в 4 рази, докорінно змінить роль комплексу щодо забезпечення надійності газопостачання регіону і прилеглих напрямків.

Не маючи достатніх ресурсів газу для заповнення і будучи

облаштованим тільки в обсязі першої черги, Глібівське сховище відіграє поки що недостатню роль в забезпеченні надійності газопостачання Криму. Виходячи з того, що прогнози запаси газу в шельфі Чорного та Азовського морів, зокрема в районі Кримського півострова, є обнадійливими, в майбутньому можна сподіватися на забезпечення цього сховища достатніми ресурсами газу, що сприятиме облаштуванню його на повну проектну потужність [1, С. 224].

Створення надлишків ресурсів газу на Кримському півострові зробить економічно доцільним розширення його газотранспортного сполучення з континентом і дасть можливість Глібівському сховищу стати регулятором газопостачання не тільки півострова, але й континентальної частини півдня України та транзиту газу в балканському напрямку. Донецький комплекс підземного зберігання газу, до складу якого входять Червонопопівське і Вергунське сховища, виконує локальну функцію щодо надійності газопостачання Донецької системи, а саме: Червонопопівське сховище – споживачів Лисичанського промвузла (Рубіжне, Лисичанськ, Сєверодонецьк), а Вергунське – переважно споживачів Луганська. Вплив його на надійність постачання всієї Донеччини недостатній. Тому актуальними є пошук в цьому регіоні нових геологічних об'єктів для зберігання газу, збільшення газорегулюючих можливостей нових газоконденсатних родовищ, що вводяться в дію.

Підземні сховища газу, як правило, споруджують поблизу траси магістрального газопроводу і споживачів. Якщо в геологічному розрізі є декілька пластів, сприятливих для створення в них підземних сховищ газу, вибір об'єкта визначається на основі порівняння техніко-економічних показників.

Висновки. Таким чином, на основі вищевикладеного можна зробити висновок, що на сьогоднішній день, в результаті проведення великої цілеспрямованої роботи, Україна має потужну систему підземного зберігання газу – важливу технологічну ланку діючої газотранспортної системи країни, здатну забезпечити надійність як внутрішнього постачання, так і транзитного транспорту газу. Навіть при неповному використанні потенційних можливостей підземних сховищ газу України надходження з них газу в газотранспортну систему в осінньо-зимові періоди останніх років становило близько 20% від усього транспортованого і 35–40% від спожитого країною газу. Враховуючи, що інші види енергоносіїв (зокрема – мазут, вугілля) мають обмежені можливості для резервування, стають

зрозумілими очевидні переваги підземного зберігання газу як найбільш маневреного, гнучкого і великомісткого виду резервування енергоносіїв взагалі. При цьому треба мати на увазі, що в Україні є сприятливі умови і для подальшого розширення мережі підземних сховищ газу, зростання активної ємності та добової продуктивності.

Розглядаючи питання зовнішнього використання мережі підземних сховищ газу України, слід відзначити насамперед унікальність сприятливих умов нашої країни для резервування запасів природного газу міжконтинентального значення. При будь-якому варіанті надходження газу до споживачів Західної, Центральної та Південно-Східної Європи виключно вигідне географічне розташування України зумовлює необхідність створення резервів газу на її території. Другою особливістю, сприятливою для функціонування мережі підземних сховищ газу міжконтинентального значення, є наявність достатньої, практично необмеженої ємності виснажених підземних резервуарів газових (газоконденсатних), а зі збільшенням потреби – і нафтових родовищ, що мають сприятливі умови для підземного зберігання газу (відносно невелика глибина залягання продуктивних пластів, їх високі геолого-фізичні параметри, достатня герметичність, зв'язок з газотранспортною системою).

1. Гімер Р. Ф., Деркач М. П. Підземне зберігання газу. Створення підземних сховищ газу : монографія. Львів : Центр Європи. 2007. 224 с.
2. Дудля М. А. Промивальні рідини в бурінні : підручник. 3-є вид., доп. Дніпропетровськ : Державний ВНЗ «Національний гірничий університет», 2011. 542 с.
3. Дудля М. А., Ширін Л. М., Федоренко Є. А. Процеси підземного зберігання газу : підручник. Дніпропетровськ : Державний ВНЗ Національний гірничий університет, 2012. 412 с.
4. Розгонюк В. В. Експлуатація газонафтового комплексу : довідник. Київ : Росток, 1998. 431 с.
5. Пивняк Г. Г. Підземні газосховища у відпрацьованих вугільних шахтах : посіб. Дніпропетровськ : Державний ВНЗ Національний гірничий університет, 2008. 240 с.
6. Савків В. П. Підземне зберігання газу в Україні. Київ : Росток, 2008. 239 с.
7. Ворохтіна Л. А. Сховища газу підземні в пористих пластах. Київ : НАК «Нафтогаз України», 2008. 62 с.
8. Ширковський А. І. Видобуток та підземне зберігання газу : посіб. Київ : Надра, 1974. 192 с.
9. Ширковський А. І. Підземне зберігання газу : посіб. Київ : Гостоптехіздат, 1960. 75 с.
10. Ochrona środowiska w aspekcie źródeł energii / N. Dudla, W. Górecki, G. Piwniak, S. Rychlicki, A. Zięba. Kraków : Wyd. Towarzystwo Geosynoptyków «GEOS», 1996. 262 s.
11. Pinka J., Sidorová M., Dudla N. Vrtné súpravy a ich diagnostikovanie. Košice : Wyd. EQUILIBRIA, 2009. 176 s.
12. Kidybiński A.,

Siemek J. Podzimne magazyny gazu w zaniechanych kopalniach węgla. Katowice : Wyd. Główny instytut górnictwa, 2006. 234 s.

REFERENCES:

1. Himer R. F., Derkach M. P. Pidzemne zberihannia hazu. Stvorennia pidzemnykh skhovyshch hazu : monohrafiia. Lviv : Tsentri Yevropy. 2007. 224 s.
2. Dudlia M. A. Promyvalni ridyny v burinni : pidruchnyk. 3-ye vyd., dop. Dnipropetrovsk : Derzhavnyi VNZ «Natsionalnyi hirnychiy universytet», 2011. 542 s.
3. Dudlia M. A., Shyrin L. M., Fedorenko Ye. A. Protsesy pidzemnoho zberihannia hazu : pidruchnyk. Dnipropetrovsk : Derzhavnyi VNZ Natsionalnyi hirnychiy universytet, 2012. 412 s.
4. Rozghoniuk V. V. Ekspluatatsiia hazonaftovoho kompleksu : dovidnyk. Kyiv : Rostok, 1998. 431 s.
5. Pyvniak H. H. Pidzemni hazoskhovyshcha u vidpratsovanykh vuhilnykh shakhtakh : posib. Dnipropetrovsk : Derzhavnyi VNZ Natsionalnyi hirnychiy universytet, 2008. 240 s.
6. Savkiv V. P. Pidzemne zberihannia hazu v Ukraini. Kyiv : Rostok, 2008. 239 s.
7. Vorokhtina L. A. Skhovyshcha hazu pidzemni v porystykh plastakh. Kyiv : NAK «Naftohaz Ukrainy», 2008. 62 s.
8. Shyrkovskiy A. I. Vydobutok ta pidzemne zberihannia hazu : posib. Kyiv : Nadra, 1974. 192 s.
9. Shyrkovskiy A. I. Pidzemne zberihannia hazu : posib. Kyiv : Hostoptekhizdat, 1960. 75 s.
10. Ochrona środowiska w aspekcie źródeł energii / N. Dudła, W. Górecki, G. Piwniak, S. Rychlicki, A. Zięba. Kraków : Wyd. Towarzystwo Geosynoptyków «GEOS», 1996. 262 s.
11. Pinka J., Sidorová M., Dudla N. Vrtné súpravy a ich diagnostikovanie. Košice : Wyd. EQUILIBRIA, 2009. 176 s.
12. Kidybiński A., Siemek J. Podzimne magazyny gazu w zaniechanych kopalniach węgla. Katowice : Wyd. Główny instytut górnictwa, 2006. 234 s.

Maksiutov A. O., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor (Pavlo Tychyna Uman State Pedagogical University, Uman, Cherkasy region), **Stetsiuk L. M., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

HISTORY OF THE EMERGENCE OF UNDERGROUND GAS STORAGE TECHNOLOGIES IN UKRAINE

The article analyzes the historical aspect and modern experience of underground gas storage, which makes it possible to more thoroughly master the monitoring of the operation of the gas transportation system and underground gas storages of Ukraine, to

find new ways in analytical, experimental and practical solutions to the problems of gas transportation and storage.

It has been proven that in today's extremely difficult economic conditions, the research of underground gas storage technologies is a relevant and urgent issue of ensuring Ukraine's energy independence and gas transportation to strategic European partners. In this connection, many questions arise regarding the organization and implementation of this type of work.

As a result of the study, it was established that fuel is the energy complex of Ukraine, like the majority developed countries of the world, is a complex material system production, a set of many subsystems covering production, transformation, distribution, storage and consumption energy carriers. A special place belongs to the gas industry. For of Ukraine, which ranks 15th in the world in terms of gas production, and in terms of its consumption, it is surpassed only by Russia and the USA, remains the most important task for the coming years providing consumers with natural gas in sufficient quantities.

The article examines the historical development of the gas storage network in Ukraine and abroad, physical and chemical properties of natural gases, processes underground gas storage and transportation, technological peculiarities and man-made changes in underground gas storage, a as well as safety rules for the operation of underground gas storage facilities.

***Keywords:* underground gas storage technologies; fuel and energy complex of Ukraine; extraction and storage of energy carriers; gas transportation system; production facilities; research and industrial works.**

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

РОЗРОБКА СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СОЦІО-ЕКОНОМІКО-ЕКОЛОГІЧНИХ СФЕР МІСТ

У статті здійснений аналіз моніторингу соціо-економіко-екологічних сфер міст, розроблена система моніторингу соціо-економіко-екологічної системи, яка передбачає визначення мети, об'єкта, предмета та завдань моніторингу, обрання системи показників рівнів розвитку сфер міста і системи в цілому.

Проведено аналіз стану індексів розвитку сфер за кількісними і якісними показниками та розрахунку інтегрального індексу розвитку СЕЕ системи, а також виділення типів, підтипів, родів, видів, різновидів, класів і підкласів СЕЕ систем міст і на їх підставі встановлення номенклатури цих міст.

Проаналізовано моніторинг стану СЕЕ систем у попередній та фактичний періоди, а також запропоновано управління функціонуванням і рівнями розвитку СЕЕ систем міст для прийняття управлінських рішень щодо корегування напрямків і темпів розвитку системи в контексті сталого розвитку.

Запропоновано власну блок-схему моніторингу функціонування і розвитку СЕЕ систем міст.

Ключові слова: моніторинг; показники; сталий розвиток; соціо-економіко-екологічна система.

Постановка проблеми. Проблема вдосконалення і невідкладності вирішення проблем моніторингових досліджень полягають в тому, що хоча й існує низка відомчих систем спостережень за станом довкілля, але вони не зведені в єдиний комплекс і не можуть ефективно виконувати узагальнюючу функцію оцінки соціо-економіко-екологічного розвитку, щоб прогнозувати зміни і розробляти рекомендації для ухвалення управлінських рішень щодо покращення стану соціо-економіко-екологічних систем міст.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Судячи з наукових публікацій, існує багато видів моніторингу, які мають відношення до обраного для розробки об'єкта, а саме: екологічного, соціального, економічного, соціо-екологічного, соціологічного, статистичного [1–4].

Незважаючи на різне призначення цих видів моніторингу, для їх застосування необхідно виконувати подібні процедури, а саме: визначення об'єкта спостережень, обстеження об'єкта, планування вимірювання, оцінювання стану об'єкта, прогнозування його змін, представлення інформації до споживача.

При цьому визначення об'єкта моніторингу визначає його назву, а також і перелік показників, які контролює і оцінює моніторинг. Так, у економічному моніторингу досліджуються основні макроекономічні показники, у соціальному – динаміка соціальних процесів, у соціо-економічному – здійснюються спостереження за соціальною і економічною сферами та їх розвитком, соціологічному – прослідковується реалізація соціальних програм, у статистичному – аналізується база статистичних даних будь-якого об'єкта.

Необхідність обґрунтування моніторингу розвитку СЕЕ систем міст України обумовлюється насамперед різким зростанням ролі та значення інформації, як найважливішого стратегічного ресурсу в управлінні, а наявність повної різносторонньої та своєчасної інформації про процеси, що протікають у системах міст, є необхідною умовою організації ефективного управління сталим розвитком.

Враховуючи ці потреби відповідно до частини 4 статті 11 Закону України «Про засади державної регіональної політики» та пункту 8 Положення про Міністерство розвитку громад та територій України, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 30 квітня 2014 року № 197 (в редакції постанови КМУ від 25 вересня 2019 року № 850) Міністерством розвитку громад та територій України затверджені Методичні рекомендації щодо порядку розроблення, затвердження, реалізації, проведення моніторингу та оцінювання реалізації стратегії сталого розвитку територіальних громад (наказ № 265 від 21.12.2022 р.).

Мета досліджень. Розробити систему моніторингу СЕЕ систем міст, відповідно до стратегічних, операційних цілей та завдань, визначених у стратегії на ближню і віддалену перспективу.

Об'єкт дослідження. Динаміка і структурні зміни, що відбуваються у соціальній, економічній, екологічній сферах системи.

Предмет дослідження. Показники (стимулятори і дестимулятори) які характеризують особливості функціонування

рівня розвитку соціальної, економічної, екологічної сфер та СЕЕ систем міст в цілому.

Результати досліджень. Для практичних потреб виокремлюють три стратегічні рівні моніторингу, а саме: статистичний, який передбачає одноразову оцінку стану СЕЕ систем міст на базі статистичних даних; кінематичний, який здійснює безперервне відслідковування змін у СЕЕ системах міст і її сферах; динамічний, який не лише відслідковує зміни стану СЕЕ систем міста, але й встановлює причини цих змін і стає основою для прогнозу розвитку цієї системи на ближню і віддалену перспективу.

Для досягнення мети моніторингу реалізації стратегії та плану заходів найбільш придатною може бути динамічна модель моніторингу СЕЕ системи міст. На використанні цієї динамічної моделі ми і пропонуємо нове визначення моніторингу СЕЕ системи міст.

Моніторинг СЕЕ систем міст – це організоване систематичне спостереження за функціонуванням і рівнями розвитку соціальної, економічної, екологічної сфер і СЕЕ системи в цілому, отримання даних для їх подальшого аналізу, діагностики, класифікації встановлення тенденцій їх розвитку та прогнозування з метою прийняття управлінських рішень щодо забезпечення їх сталого розвитку.

До основних завдань моніторингу функціонування і розвитку СЕЕ систем, окрім надання визначення моніторингу, належать визначення основних принципів здійснення моніторингу, узагальнення положення щодо здійснення моніторингу, окреслення проблемних аспектів щодо його здійснення, узагальнення положення, що стосується структури і функцій моніторингу.

Одночасно запропонована схема моніторингу розвитку СЕЕ систем інтегрує функції, а саме: діагностики (виявлення сучасного стану функціонування і розвитку СЕЕ систем міст); прагматизації (розробка практичних рекомендацій щодо подальшого розвитку блок-схеми моніторингу); прогностики (розроблення прогнозів щодо функціонування і розвитку СЕЕ системи).

Поряд з цим схема моніторингу може сприяти з одного боку реалізації конституційного права жителів міста та участь в розробці Стратегії розвитку міст, а з іншого боку – бути інструментом зворотного зв'язку через контроль виконання органами влади стратегічного бачення, стратегічних і операційних цілей стратегії.

Розроблення блок-схеми моніторингу функціонування і розвитку СЕЕ систем міст здійснювалось з дотриманням наступних

процедур, а саме: виділення об'єкта моніторингу, обстеження об'єкта, складання схеми (моделі), планування вимірювань (оцінок), оцінювання стану об'єкта, прогнозування змін стану об'єкта та передача інформації споживачу.

Враховуючи відсутність універсальної схеми моніторингу діагностики станів СЕЕ систем міст України, на основі відомого методичного матеріалу вітчизняних та зарубіжних вчених [5–8], пропонуємо власну блок-схему моніторингу СЕЕ систем міст (рисунок).

На підготовчому етапі здійснюють формування мети, об'єкта, предмета та завдань моніторингу. Обирають систему показників рівнів розвитку соціальної, економічної, екологічної сфер життєдіяльності міст і СЕЕ системи в цілому.

Для підготовки показників для аналізу і кількісного і якісного їх оцінювання застосовуємо переведення фактичних їх значень у шкалу від 0 до 1,0 із використанням формул для стимуляторів і дестимуляторів.

На другому аналітичному етапі аналізуємо унормовані у шкалу від 0 до 1,0 показники соціальної, економічної, екологічної сфер міста і розраховуємо індекси розвитку сфер (IPCC, IPES, IPES) за кількісними і якісними показниками. Після отримання даних індексів розвитку сфер життєдіяльності міст розраховуємо інтегральний індекс розвитку СЕЕ системи за середньоарифметичним трьох сфер.

Отримання даних рівнів розвитку сфер життєдіяльності міст і СЕЕ системи є передумовою їх класифікації та моніторингу за типами (кількістю заходів у місті), підтипами (за рівнем розвитку СЕЕ системи), родами (за рівнем розвитку соціальної, економічної, екологічної сфер), видами (за стійкістю СЕЕ систем і їх розбалансуванням), різновидами (за стадіями розвитку СЕЕ системи), класами (за напрямками розвитку СЕЕ системи), підкласами (за дією дестимуляторів).

Завершується другий етап визначенням номенклатури (систематики) міст і їх назви, що відповідають їх рівням функціонування і розвитку як СЕЕ системи, так і її сфер.

На третьому етапі аналізується стан блоків: стану СЕЕ системи, їх прогнозного стану та розроблення і обґрунтування управлінських рішень для досягнення сталого розвитку міст.

Блок «Спостереження за станом СЕЕ системи» призначений для збору, положення і зберігання об'єктивної, представницької, достовірної інформації за певний період часу (впродовж десятка років і більше).

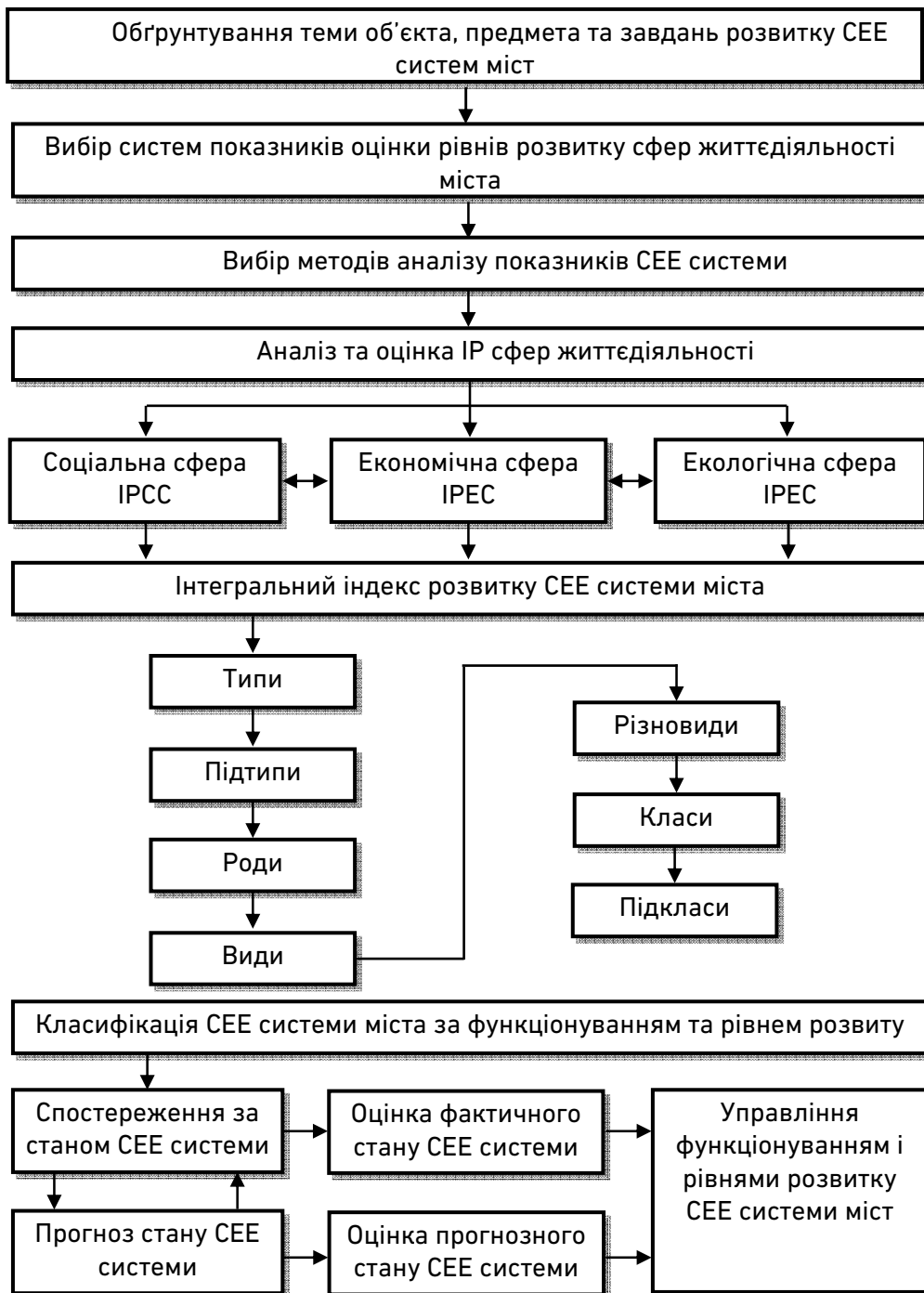


Рисунок. Блок-схема моніторингу функціонування і розвитку СЕЕ системи міст

Блок «Оцінка фактичного стану СЕЕ системи» призначений для оцінювання стану СЕЕ систем міста на конкретний період (поточний рік).

Блок «Прогноз стану СЕЕ системи» здійснюється на базі даних СЕЕ системи отриманих за десятки років і забезпечує отримання математичної моделі, яка дозволить виявити напрям розвитку цієї системи (прогресивний, стаціонарний, регресивний), тоді як блок «Оцінка прогнозного стану СЕЕ системи» забезпечує встановлення за отриманою математичною моделлю прогнозованого рівня розвитку СЕЕ системи.

Співставлення результатів, отриманих у блоці «Оцінка фактичного стану СЕЕ системи» і «Оцінка прогнозного стану СЕЕ системи», забезпечує здійснення перевірки отриманої математичної моделі та придатність її для прогнозних розрахунків на ближню та віддалену перспективу.

Блок «Управління функціонуванням і рівнями розвитку СЕЕ системи міст» передбачає використання інформації отриманої від моніторингу стану СЕЕ системи міст для прийняття управлінських рішень щодо коригування, за потреби, стратегічних і операційних цілей та завдань і забезпечення після їх змін сталого розвитку міст.

Розроблена нами блок-схема моніторингу розвитку СЕЕ системи міст передбачає проведення фонових (наукових), оперативного (кризового) моніторингу та моніторингу реалізації Стратегії.

Фоновий (науковий) моніторинг – це спеціальні, науково обґрунтовані, комплексні спостереження за зміною функціонування і рівнем розвитку соціальної, економічної, екологічної сфер життєдіяльності міст і СЕЕ системи в цілому за тривалий попередній період на момент розроблення Стратегії розвитку міст з визначенням типів, підтипів, родів, видів, різновидів, класів, підкласів.

Оперативний (кризовий) моніторинг – це система науково-обґрунтованих вибірових спостережень за окремими показниками соціальної, економічної, екологічної сфер життєдіяльності міста, які не досягли рівня конкурентних переваг і потребують покращення та дестимуляторами, які розбалансовують СЕЕ систему міст.

Моніторинг Стратегії пропонується здійснювати щороку, шляхом порівняння базових та фактичних значень показників (індикаторів) соціальної, економічної, екологічної сфер і СЕЕ системами в цілому та відображати їх у звіті, який оприлюднюється на офіційному вебсайті

міста.

Висновки. Розроблена система моніторингу СЕЕ системи міст передбачає:

- на першому етапі визначення мети, об'єкта, предмета та завдань моніторингу, обирання системи показників рівнів розвитку сфер міста і системи в цілому, процедури проведення показників в унормованій вигляд від 0 до 1,0;

- на другому етапі здійснення аналізу стану індексів розвитку сфер за кількісними і якісними показниками та розрахунку інтегрального індексу розвитку СЕЕ системи і виділення типів, підтипів, родів, видів, різновидів, класів і підкласів СЕЕ системи міст і на їх підставі встановлюється номенклатури цих міст;

- на третьому етапі аналізується стан блоків: спостереження стану у попередній період та стану фактичного, прогнозування за математичною моделлю напряму розвитку СЕЕ системи, управління функціонуванням і рівнями розвитку СЕЕ систем міст для прийняття управлінських рішень щодо корегування напрямків і темпів розвитку цих систем до сталого розвитку.

1. Моніторинг довкілля : підручник / за ред. В. М. Боголюбова, Т. А. Сафранова. Херсон, 2012. 530 с. **2.** Моніторинг довкілля : підручник / Боголюбов В. М., Клименко М. О., Мокін В. Б. та ін. ; за ред. проф. В. М. Боголюбова. Вид. 2-ге, перероб. і доповн. Київ : НУБіПУ, 2018. 435 с. **3.** Клименко М. О., Прищепя А. М., Вознюк Н. М. Моніторинг довкілля : підручник. Київ : Академія, 2006. 360 с. **4.** Розвитологія : підручник / М. О. Клименко, З. В. Герасимчук, О. М. Клименко, Л. В. Клименко. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2015. 280 с. **5.** Using ArcGIS Spatial Analyst ESRI. Redlands, USA, 2002. 232 p. **6.** Рибалов О. О. Основи моніторингу екологічного простору : навч. посіб. Суми : СумДУ, 2007. 240 с. **7.** Моделювання і прогнозування стану довкілля: підручник / В. І. Лаврик, В. М. Боголюбов, Л. М. Полетаєва, С. М. Юрасов, В. Г. Ільїна ; під. ред. В. І. Лаврика. К. : ВЦ Академія, 2010. 400 с. **8.** Методичні рекомендації щодо порядку розроблення, затвердження, реалізації, проведення моніторингу та оцінювання реалізації стратегії сталого розвитку територіальних громад (наказ № 265 від 21.12.2022 р.).

REFERENCES:

1. Monitorynh dovkillia : pidruchnyk / za red. V. M. Boholiubova, T. A. Safranova. Kherson, 2012. 530 s. **2.** Monitorynh dovkillia : pidruchnyk / Boholiubov V. M.,

Klymenko M. O., Mokin V. B. ta in. ; za red. prof. V. M. Boholiubova. Vyd. 2-he, pererob. i dopovn. Kyiv : NUBiPU, 2018. 435 s. **3.** Klymenko M. O., Pryshchepa A. M., Vozniuk N. M. Monitorynh dovkillia : pidruchnyk. Kyiv : Akademiia, 2006. 360 s. **4.** Rozvytolohiia : pidruchnyk / M. O. Klymenko, Z. V. Herasymchuk, O. M. Klymenko, L. V. Klymenko. Kherson : OLDI-PLluS, 2015. 280 s. **5.** Using ArcGIS Spatial Analyst ESRI. Redlands, USA, 2002. 232 p. **6.** Rybalov O. O. Osnovy monitorynhu ekolohichnoho prostoru : navch. posib. Sumy : SumDU, 2007. 240 s. **7.** Modeliuvannia i prohnozuvannia stanu dovkillia: pidruchnyk / V. I. Lavryk, V. M. Boholiubov, L. M. Poletaieva, S. M. Yurasov, V. H. Ilina ; pid. red. V. I. Lavryka. K. : VTs Akademiia, 2010. 400 s. **8.** Metodychni rekomendatsii shchodo poriadku rozroblennia, zatverdzhennia, realizatsii, provedennia monitorynhu ta otsiniuvannia realizatsii stratehii staloho rozvytku terytorialnykh hromad (nakaz № 265 vid 21.12.2022 r.).

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

DEVELOPMENT OF SOCIAL, ECONOMIC AND ECOLOGICAL CITY SYSTEMS MONITORING

The need for justification monitoring of the development of social, economic and ecological city systems of Ukraine is determined first of all by sharp growth of role and significance of information, as the most important strategy, resource in management, and the availability of full process occurring in the city systems, are necessary conditions to organic effective management of sustainability.

In the article the analysis of social, economic and ecological systems monitoring was performed, the system of social, economic and ecological systems monitoring was developed which predicts the definition of goal, object, subject and task of monitoring, the selection of system indicators of the levels of city areas development and the system in general.

The always of the state of areas development indices according to quantitate and qualitative indicators and one the base of calculation of integral index of the social, economic and ecological systems development, the selection of types, subtypes, varieties, classes,

subclasses of social, economic and ecological city systems was performed and the establishment of nomenclature of these cities was based on it.

The monitoring of the state of social, economic and ecological systems during the previous and actual periods was analyzed, as well as the management of functioning and development levels of social, economic and ecological city systems was suggested in order to make management decisions as for correction of directions and pace of these systems development to sustainability.

The own block system of social, economic and ecological city systems was proposed that predicts background (scientific), operational (crisis) monitoring and the monitoring of strategy implementation.

Monitoring of the Strategy is proposed to be carried out every year, by comparing the basic and actual values of indicators (indicators) of social, economic, ecological spheres and SEE systems as a whole and to display them in a report published on the city's official website.

***Keywords:* monitoring; indices; indicators; sustainability; social; economic and ecological systems.**

Польовий В. М., д.с.-г.н., професор, академік НААН, Ювчик Н. О., аспірант (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, v.m.poloviy@nuwm.edu.ua, n.o.yuvchik@nuwm.edu.ua)

ЕФЕКТИВНІСТЬ УДОБРЕННЯ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ НА РІЗНИХ ФОНАХ ХІМІЧНИХ МЕЛІОРАНТІВ В УМОВАХ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ

Наводяться результати економічної та енергетичної оцінки застосування під пшеницю озиму в умовах Західного Полісся на дерново-підзолистому зв'язнопіщаному ґрунті встановлених різними методами доз мінеральних добрив на фоні різних видів і доз хімічних меліорантів. На підставі проведених у 2021–2023 роках польових досліджень встановлено, що на фоні 1,0 ГК дози доломітового борошна без застосування мінеральних добрив зібрано 2,68 т/га зерна, тобто приріст порівняно з контролем склав 31,4 відсотка. Внесення на фоні доломітового борошна рекомендованої для пшениці озимої в зоні Західного Полісся дози мінеральних добрив ($N_{120}P_{60}K_{90}$) у комплексі з мікродобривом сприяло підвищенню врожайності до 4,52 т/га, або на 68,6 відсотка порівняно з фоном і 121,6 відсотка порівняно з контролем. Встановлена за нормативами виносу елементів живлення більшим врожаєм зерна 5,00 т/га, яка склала $N_{130}P_{25}K_{35}$, збільшувала врожайність по відношенню до фону і контролю відповідно на 63,4 і 114,7 відсотка. За внесення $N_{120}P_{60}K_{90}$ +мікродобриво на фоні полуторної дози $CaMg(CO_3)_2$ порівняно з їх застосуванням на фоні одинарної дози такого ж меліоранта врожайність зерна підвищилась з 4,52 до 4,64 або на 0,12 т/га. Найвищий приріст врожаю зерна – 2,93 т/га порівняно з контролем (2,04), забезпечило внесення розрахованої за нормативами виносу запрограмованого врожаю зерна і відповідної кількості соломи дози мінеральних добрив $N_{150}P_{50}K_{150}$ +мікродобриво, але самий високий умовно чистий прибуток – 4306,4 грн/га за приросту врожайності по відношенню до контролю 2,34 т/га, отримано на варіанті з внесенням $N_{130}P_{25}K_{35}$ +мікродобриво. Комплексне застосування азотних, фосфорних, калійних добрив та мікродобрива на фоні вапнування

підвищувало коефіцієнт енергетичної ефективності до 4,21–4,37 од. за 3,88 од. на контролі.

Ключові слова: озима пшениця; мінеральні добрива; хімічна меліорація; економічна ефективність; коефіцієнт енергетичної ефективності.

Постановка проблеми. Важливим завданням аграрного виробництва є високоефективне та раціональне використання землі, тобто стабільне нарощування виробництва продукції рослинництва. Сучасні технології вирощування пшениці озимої в умовах економічної кризи повинні ґрунтуватися на принципах фінансової доцільності, енергозбереження та екологічної безпечності.

Сталий розвиток зернового господарства, зокрема виробництво високоякісного продовольчого зерна пшениці озимої, має важливе значення як для національної економіки нашої держави, так і для зростання конкурентоспроможності зерновиробництва на внутрішньому і зовнішньому ринках [1].

Підвищення конкурентоспроможності продукції рослинництва в сучасних умовах насамперед ґрунтується на підвищенні окупності витрат на її виробництво. Ефективність виробництва є узагальнюючою економічною категорією, яка відображає результативність технології, що використовувалась [2], та ілюструє сукупний синергічний ефект окремих агротехнологічних складників технології, які дозволяють отримувати заплановану продуктивність культури.

В зоні Полісся у структурі витрат на вирощування основних сільськогосподарських культур біля третини припадає на удобрення, що порівняно з іншими регіонами обумовлено необхідністю застосовувати більш високі дози добрив через низьку природну родючість ґрунтів та достатню вологозабезпеченість. З огляду на це економічна окупність добрив є одним з головних чинників, які визначають прибутковість вирощування сільськогосподарських культур у цих умовах загалом.

Ефективність добрив у значній мірі залежить від методів встановлення їх доз, форм, строків і способів внесення.

На кислих ґрунтах найважливішою умовою високої окупності добрив є попередня їх хімічна меліорація [3; 4]. Пшениця озима належить до дуже чутливих до кислотності ґрунту культур.

Найкращим для неї є рівень рН_{KCl} в межах 6,3–7,5 [5].

За хімічної меліорації дерново-підзолистого ґрунту 0,5; 1,0; 1,5 дозами за гідролітичною кислотністю доломітового борошна прирости врожайності пшениці озимої від внесення рекомендованої для зони Полісся дози мінеральних добрив (N₁₂₀P₆₀K₉₀) становили відповідно 1,64, 2,0 і 2,34 т/га порівняно з варіантом без вапнування [6].

Проте рекомендовані дози добрив у сучасних умовах часто є економічно низькоокупними, тому актуальним напрямком досліджень є порівняльна оцінка їх ефективності з розрахунковими дозами на заплановану врожайність.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Під час визначення економічної ефективності вирощування сільськогосподарських культур потрібно враховувати всі вартісні та кількісні показники, які надалі дозволять зробити висновки про доцільність або недоречність застосування кожного елементу технології вирощування культури. За літературними даними підвищення продуктивності та рентабельності вирощування сільськогосподарських культур, у тому числі пшениці озимої, відбувається зазвичай завдяки додаткових вкладів антропогенної енергії, яка матеріалізується у вигляді нових сортів, форм добрив і способів їх застосування [7; 8]. Нині 20–50% усіх витрат у технології вирощування польових культур припадає на добрива [9]. При цьому велике значення має внесення правильно визначених і науково обґрунтованих доз мінеральних добрив, які в конкретних природно-кліматичних та економічних умовах забезпечують найбільш повне використання потенційних можливостей культури. Так як диспаритет цін між вартістю мінеральних добрив і сільськогосподарською продукцією в Україні не завжди дозволяє одержати економічний ефект від застосування мінеральних добрив [7].

За даними [10] основна мета застосування добрив – не межі їх економічної ефективності, а отримання максимально можливої прибавки врожаю і чистого доходу від них у розрахунку на одиницю посівної площі та відновлення родючості ґрунту. Для оптимізації мінерального живлення сільськогосподарських культур і підвищення родючості ґрунту рекомендується максимально залучати нетоварну частину врожаю [11].

За попередніми дослідженнями встановлено, що одностороннє застосування норми мінеральних добрив на дерново-підзолистому ґрунті за кислої реакції ґрунтового розчину є збитковим [12]. За дослідженнями Мазура Г. А. на сірому лісовому ґрунті за внесення під пшеницю озиму NPK на фоні вапнування отримано врожайність 4,15 т/га, а без вапнування – 2,85 т/га, або на 31,3 відсотків меншу.

Важливою умовою підвищення енергетичної ефективності виробництва високоякісної зернової продукції є визначення і впровадження ефективних технологій вирощування пшениці озимої у сівозмінах різних ґрунтово-кліматичних умов країни [13].

Енергетична оцінка вирощування пшениці озимої є стабільним показником і передбачає визначення співвідношення певної кількості енергії, яка виражена рівнем їх урожайності та сукупних витрат енергії на виробництво цього врожаю [14].

Мета досліджень – провести економічну та енергетичну оцінку застосування під пшеницю озиму встановлених різними методами доз мінеральних добрив на фоні різних видів і доз хімічних меліорантів.

Методика проведення досліджень. Дослідження проводились впродовж 2021–2023 рр. у стаціонарному польовому досліді, закладеному на землях Інституту сільського господарства Західного Полісся НААН. Ґрунт дослідної ділянки дерново-підзолистий зв'язнопіщаний.

Дослід проводиться на 3-х полях, чергування культур у сівозміні – пшениця озима, соя, кукурудза на зерно, соняшник. Посівна площа ділянки – 99 м², облікова – 50 м², повторність триразова. Загальний фон у досліді – заорювання на удобрення побічної продукції культур сівозміни.

Мінеральні добрива у формі аміачної селітри, сульфату амонію, амофосу та калію хлористого вносили згідно схеми досліду. Рекомендована для зони Західного Полісся норма добрив становила N₁₂₀P₆₀K₉₀, а розраховані за нормативами витрат елементів живлення на формування 5 од. т/га зерна та лише зерна з відповідною кількістю соломи відповідно N₁₃₀P₂₅K₃₅ та N₁₅₀P₅₀K₁₂₅.

Хімічні меліоранти у формі доломітового (CaMg(CO₃)₂) та вапнякового (CaCO₃) борошна вносили на початку ротації сівозміни. Дози меліорантів розраховані за показниками гідролітичної кислотності досліджуваних ділянок за формулою $D = Hг \times 1,5$, де Hг –

гідролітична кислотність, ммоль/100 г ґрунту. Позакореневі підживлення мікродобривом Нутривант Універсальний у дозі 2 кг/га проводили у фазу весняного куцнення і виходу в трубку пшениці озимої.

Облік урожаю проводився шляхом збирання і зважування основної продукції з усієї облікової площі ділянки.

Економічну та енергетичну ефективність визначали згідно з методикою [15].

Результати досліджень. У сучасних умовах доцільність внесення змін у технології вирощування сільськогосподарських культур потребує належного економічного обґрунтування.

Оцінювання будь-якого комплексу агрозаходів лише за зміною рівня урожаю недостатньо. Надзвичайно актуальне визначення агротехнічної ефективності спільно з економічною, а не окремо [16; 17]. На дерново-підзолистих ґрунтах, особливо легкого гранулометричного складу, через низький вміст основних елементів живлення, рослини, як правило, дуже добре відгукуються на внесення добрив. Проте важливою умовою їх високої окупності сільськогосподарськими культурами, які потребують близької до нейтральної реакції ґрунтового розчину є проведення хімічної меліорації.

Основні показники економічної ефективності як окремих елементів технології, так і її загалом залежать від співвідношення між вартістю приросту врожайності і витратами на їх застосування. Вартість приросту зерна пшениці озимої у досліді залежала не тільки від його величини, але й від якості продукції. Хімічна меліорація в комплексі з оптимальним удобренням сприяли отриманню кращого за класністю зерна порівняно з іншими варіантами.

Пшениця озима дуже добре реагувала на вапнування ґрунту та мінеральні добрива. Приріст врожайності зерна під дією цих чинників в середньому за три роки варіював від 0,64 до 2,93 т/га (табл. 1). На фоні внесення 1,0 дози за гідролітичною кислотністю доломітового борошна вартість приросту врожаю порівняно з контролем зроста на 3922,4 грн/га. Поєднання хімічної меліорації ґрунту і мінерального удобрення сприяло різкому збільшенню приросту врожайності і відповідно його вартості. За внесення на фоні хімічної меліорації $N_{120}P_{60}K_{90}$ вартість приросту врожайності склала 17361,9 грн/га, що на 13439,5 грн/га більше порівняно з фоном.

Таблиця 1

Економічна ефективність вирощування пшениці озимої залежно від удобрення та хімічних меліорантів (в середньому за 2021–2023 рр.)

Варіант	Урожайність, т/га	Приріст від вапнування та удобрення, т/га	Затрати на вапнування та удобрення, грн	Вартість приросту урожаю, грн./га	Умовно-чистий прибуток, грн/га
Без добрив (контроль)	2,04	—	—	—	—
CaMg(CO ₃) ₂ (1,0 Нг) – фон	2,68	0,64	1200,0	3922,4	2642,4
Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	4,52	2,48	15244,3	17361,9	1905,6
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобриво	4,38	2,34	12140,3	16358,7	4306,4
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	4,97	2,93	18191,6	20479,1	2363,5
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво	3,66	1,62	9678,2	10714,6	1092,3
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	4,64	2,60	15844,3	18181,2	2296,9
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	4,31	2,27	15374,3	15862,9	987,4

Найвищий приріст врожайності – 2,93 т/га, забезпечило внесення N₁₅₀P₅₀K₁₂₅+мікродобриво на фоні однієї дози доломітового борошна. Відповідно це обумовило і саму високу порівняно з іншими варіантами його вартість – 20479,1 грн/га.

Аналіз витрат на хімічну меліорацію ґрунту, удобрення, збирання, транспортування та перероблення приросту врожайності показав, що вони зростали із збільшенням доз меліорантів та мінеральних добрив. На фоні 1,0 ГК дози CaMg(CO₃)₂ найвища сума витрат 18191,6 грн/га, відзначена за внесення встановленої нормативним методом дози добрив, яка становила N₁₅₀P₅₀K₁₂₅.

У теперішніх умовах додаткові вкладення коштів у технології вирощування сільськогосподарських культур мають сенс, якщо вони

забезпечують зростання прибутковості виробництва. Співставлення вартості приросту врожайності зерна пшениці озимої від внесених у досліді хімічних меліорантів та різних доз мінеральних добрив з витратами, пов'язаними з їх застосуванням показало, що найбільші витрати хоч і забезпечували найвищі прирости врожайності, були менш економічно окупними порівняно з іншими варіантами. В середньому за три роки досліджень найвищий умовно чистий прибуток, який склав 4306,4 грн/га, отримано за внесення на фоні 1,0 дози доломітового борошна $N_{130}P_{25}K_{35}$ +мікродобриво, тобто найбільш ефективною виявилась доза добрив, встановлена за нормативами витрат на формування 1 центнера зерна.

Зміни у системах удобрення сільськогосподарських культур, як правило, супроводжуються зміною не тільки економічних, а й енергетичних показників ефективності їх застосування. Така особливість розвитку сільського господарства дає підстави розглядати виробництво продукції рослинництва як енергетичну проблему [16].

Для оцінки енергетичної оцінки різних систем удобрення пшениці озимої порівнювали витрати енергії на 1 га, сумарну енергоємність основної і побічної продукції та коефіцієнти енергоефективності на різних варіантах досліду. Хімічна меліорація ґрунту та мінеральні добрива сприяли істотному збільшенню акумульованої в урожаї пшениці озимої енергії. На фоні вапнування $CaMg(CO_3)_2$ (1,0 Нг) енергоємність вирощеного врожаю порівняно з контролем зростає з 71,4 до 88,5 ГДж/га, а за внесення на фоні вапнування різних доз мінеральних добрив – до 125,5–152,4 ГДж/га, або у 1,8–2,1 рази (табл. 2).

Таблиця 2

Енергетична ефективність вирощування пшениці озимої залежно від удобрення та хімічних меліорантів (в середньому за 2021–2023 рр.)

Варіант	Валова енергія в основній і побічній продукції, тис. ГДж/га	Затрати сукупної енергії на вирощування, тис. ГДж/га	Енергетичний коефіцієнт, од.
Без добрив (контроль)	71,4	18,4	3,88
$CaMg(CO_3)_2$ (1,0 Нг) – фон	88,5	22,3	3,97

продовження табл. 2

Фон + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	140,1	32,9	4,26
Фон + N ₁₃₀ P ₂₅ K ₃₅ (нормат. зерно) + мікродобриво	140,8	33,4	4,22
Фон + N ₁₅₀ P ₅₀ K ₁₂₅ (нормат. зерно і солома) + мікродобриво	152,4	36,2	4,21
Фон + N ₁₃₀ (нормат. зерно) + мікродобриво	125,5	32,0	3,92
CaMg(CO ₃) ₂ (1,5 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	147,7	33,8	4,37
CaCO ₃ (1,0 Нг) + N ₁₂₀ P ₆₀ K ₉₀ (реком.) + мікродобриво	138,8	33,6	4,13

Найбільший вихід валової енергії з основною і побічною продукцією пшениці озимої забезпечило внесення на фоні 1,0 Нг дози доломітового борошна N₁₅₀P₅₀K₁₂₅+мікродобриво.

Затрати сукупної енергії на вирощування пшениці озимої залежно від удобрення становили 22,3–36,2 ГДж/га за 18,4 ГДж/га на контролі.

З енергетичної точки зору вирощування пшениці озимої на контролі (без добрив), на варіантах з внесенням CaMg(CO₃)₂ (1,0 Нг) і N₁₃₀ на фоні доломітового борошна виявились найменш ефективним, оскільки енерговіддача менша і складала 3,88–3,97 од., тоді як за поєднання різних доз азотних, фосфорних, калійних добрив у комплексі з мікродобривом на фоні хімічних меліорантів енергетичний коефіцієнт перевищував 4 од., що є свідченням підвищення енергоощадності технології вирощування пшениці озимої на дерново-підзолистому ґрунті в умовах Західного Полісся.

Висновки. Величина умовно-чистого прибутку істотно варіювала залежно від видів і доз хімічних меліорантів, варіантів удобрення та їх поєднань. Найбільш економічно ефективним було застосування мінеральних добрив в дозі N₁₃₀P₂₅K₃₅, розрахованих нормативним методом на винос лише основної продукції в комплексі з позакореневим підживленням мікродобривом (двічі) на фоні 1,0 Нг дози CaMg(CO₃)₂, що забезпечило отримання 4306,4 грн/га умовно-чистого прибутку. Максимальний коефіцієнт енергетичної

ефективності 4,37 од. отримано у варіанті з внесенням мінеральних добрив у дозі $N_{120}P_{60}K_{90}$, на фоні 1,5 Н_г дози $CaMg(CO_3)_2$.

1. Гирка А. Д., Компанієць В. О., Кулик А. О. Нормування виробничих витрат та прогнозування ефективності вирощування пшениці озимої в умовах Північного Степу України. *Приазовський економічний вісник*. 2019. Вип. 4(15). С. 85–93. DOI: <https://doi.org/10.32840/2522-4263/2019-4-14>.
2. Позняк В. В. Економічна ефективність вирощування пшениці озимої з використанням ретарданту хлормекват-хлорид залежно від норм висіву насіння та рівня удобрення ґрунту. *Таврійський науковий вісник*. 2019. Вип. 109. Т. 1. С. 95–102.
3. Мазур Г.А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів : монографія. Київ : Аграрна наука, 2008. 308 с.
4. Трускавецький Р. С., Цапко Ю. Л. Основи управління родючістю ґрунтів : монографія/ за наук. ред. Р. С. Трускавецького. Х. : ФОП Бровкін О. В., 2016. 388 с.
5. Ткаченко М. А., Кондратюк І. М., Борис Н. Є. Хімічна меліорація кислих ґрунтів : монографія. Вінниця : ТОВ «ТВОРИ», 2019. 318 с.
6. Polovyi V. M., Yashchenko L. A. Optimization of growing conditions for winter wheat on sod-podzolis soil by the fertilization and melioration in Western Polissia of Ukraine. *Achievements of Ukraine and the EU in ecology, biology, chemistry, geography and agricultural sciences*. Riga, Latvia : "Baltija Publishing", 2021. P. 90–108. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-086-5-38>.
7. Калінчик М. В. Ільчук М. М., Калінчик М. Б. Економічне обґрунтування норм внесення мінеральних добрив залежно від ціни на ресурси та продукцію. Київ : Нічлава, 2006. 43 с.
8. Кучер С. В. Фактори впливу на стан ефективності зернового господарства в Україні. *Економіка АПК*. 2004. № 1. С. 114–118.
9. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур з різним ресурсним забезпеченням / за ред. Д. І. Мазоренка, Г. Є. Мазнева. Харків : ХНТУСГ, 2006. 725 с.
10. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Мартинюк А. Т. Агроекономічні перспективи застосування азотних добрив під польові культури. *Збірник наук. праць Уманського НУС*. 2021. Вип. 99. Ч. 1. С. 6–16. DOI [10.31395/2415-8240-2021-99-1-6-16](https://doi.org/10.31395/2415-8240-2021-99-1-6-16).
11. Господаренко Г. М., Черно О. Д., Мартинюк А. Т., Бойко В. П. Винесення основних елементів живлення з ґрунту культурами польової сівозміни за різного удобрення. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2021. № 91. С. 31– 40.
12. Польовий В. М., Ященко Л. А., Ровна Г. Ф., Гук Б. В., Ювчик Н. О. Еколого-економічні аспекти вирощування пшениці озимої (*Triticum aestivum* L.) на дерново-підзолистих ґрунтах залежно від удобрення і вапнування. *Агроекологічний журнал*. 2021. № 2. С. 64–70. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2021.234459>.
13. Бойко П. І., Коваленко Н. П., Гангур В. В., Корецький О. Є. Енергетичні засади ефективного використання ресурсів у сільському господарстві. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2010. № 3. С. 14–18.

- 14.** Тараріко Ю. О., Несмашна О. Є., Глущенко Л. Д. Енергетична оцінка систем землеробства і технологій вирощування сільськогосподарських культур : методичні рекомендації. К. : Нора-прінт, 2001. 59 с. **15.** Методичні вказівки / Ю. О. Тараріко, М. М. Городній, А. Г. Сердюк, В. П. Каленський, В. М. Макаренко, В. Е. Розстальний, Л. І. Мазуркевич, Н. Я. Яригіна. Київ : Національний аграрний університет, 2005. 40 с. **16.** Kalenska S., Kashtanova O., Kalenskyi V., Hovenko R., Antal T. Economic and Energy Efficiency of Technologies for Growing Maize Hybrids Depending on the Type and Methods of Applying Fertilisers. *Plant and Soil Science*. 2022. Vol. 13(1). P. 7–16. URL: <https://agriculturalscience.com.ua/en>. (дата звернення: 10.02.2024). **17.** Мордванюк М. О. Вплив елементів технології вирощування на врожайність нуту. *Збірник наукових праць ВНАУ. Сільське господарство та лісівництво*. 2020. № 16. С. 238–250.

REFERENCES:

- 1.** Hyrka A. D., Kompaniiets V. O., Kulyk A. O. Normuvannya vyrobnychkykh vytrat ta prohozuvannya efektyvnosti vyroshchuvannya pshenytsi ozymoi v umovakh Pivnichnoho Stepu Ukrainy. *Pryazovskyi ekonomichnyi visnyk*. 2019. Vyp. 4(15). S. 85–93. DOI: <https://doi.org/10.32840/2522-4263/2019-4-14>. **2.** Pozniak V. V. Ekonomichna efektyvnist vyroshchuvannya pshenytsi ozymoi z vykorystanniam retardantu khlormekvat-khloryd zalezno vid norm vysivu nasinnia ta rivnia udobrennia gruntu. *Tavriiskyi naukovyi visnyk*. 2019. Vyp. 109. T. 1. С. 95–102. **3.** Mazur H.A. Vidtvorennia i rehuliuвання rodiuchosti lehkykh gruntiv : monohrafiia. Kyiv : Ahrarna nauka, 2008. 308 s. **4.** Truskavetskyi R. S., Tsapko Yu. L. Osnovy upravlinnia rodiuchistiu gruntiv : monohrafiia/ za nauk. red. R. S. Truskavetskoho. Kh. : FOP Brovkin O. V., 2016. 388 s. **5.** Tkachenko M. A., Kondratiuk I. M., Borys N. Ye. Khimichna melioratsiia kyslykh gruntiv : monohrafiia. Vinnytsia : TOV «TVORY», 2019. 318 s. **6.** Polovyi V. M., Yashchenko L. A. Optimization of growing conditions for winter wheat on sod-podzolis soil by the fertilization and melioration in Western Polissia of Ukraine. *Achievements of Ukraine and the EU in ecology, biology, chemistry, geography and agricultural sciences*. Riga, Latvia : "Baltija Publishing", 2021. P. 90–108. DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-086-5-38>. **7.** Kalinchyk M. V. Ilchuk M. M., Kalinchyk M. B. Ekonomichne obgruntuvannya norm vnesennia mineralnykh dobryv zalezno vid tsiny na resursy ta produktsiiu. Kyiv : Nichlava, 2006. 43 s. **8.** Kucher S. V. Faktory vplyvu na stan efektyvnosti zernovoho hospodarstva v Ukraini. *Ekonomika APK*. 2004. No 1. S. 114–118. **9.** Tekhnolohichni karty ta vytraty na vyroshchuvannya silskohospodarskykh kultur z riznym resursnym zabezpechenniam / za red. D. I. Mazorenka, H. Ye. Maznieva. Kharkiv : KhNTUSH, 2006. 725 s. **10.** Hospodarenko H. M., Cherny O. D., Martyniuk A. T. Ahroekonomichni perspektyvy zastosuvannya azotnykh dobryv pid polovi

kultury. *Zbirnyk nauk. prats Umanskoho NUS*. 2021. Vyp. 99. Ch. 1. S. 6–16. DOI 10.31395/2415-8240-2021-99-1-6-16. **11.** Hospodarenko H. M., Cherny O. D., Martyniuk A. T., Boiko V. P. Vynesennia osnovnykh elementiv zhyvlennia z gruntu kulturamy polovoi sivozminy za riznoho udobrennia. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*. 2021. № 91. S. 31– 40. **12.** Polovyi V. M., Yashchenko L. A., Rovna H. F., Huk B. V., Yuvchik N. O. Ekolohe-ekonomichni aspekty vyroshchuvannia pshenytsi ozymoi (*Triticum aestivum* L.) na dernovo-pidzolistykh gruntakh zalezno vid udobrennia i vapnuvannia. *Ahroekolohichnyi zhurnal*. 2021. № 2. С. 64–70. DOI: [https:// doi.org/10.33730/2077-4893.2.2021.234459](https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2021.234459). **13.** Boiko P. I., Kovalenko N. P., Hanhur V. V., Koretskyi O. Ye. Enerhetychni zasady efektyvnogo vykorystannia resursiv u silskomu hospodarstvi. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*. 2010. № 3. S. 14–18. **14.** Tarariko Yu. O., Nesmashna O. Ye., Hlushchenko L. D. Enerhetychna otsinka system zemlerobstva i tekhnolohii vyroshchuvannia silskohospodarskykh kultur : metodychni rekomendatsii. K. : Nora-print, 2001. 59 s. **15.** Metodychni vkazivky / Yu. O. Tarariko, M. M. Horodnii, A. H. Serdiuk, V. P. Kalenskyi, V. M. Makarenko, V. E. Rozstalnyi, L. I. Mazurkevych, N. Ya. Yaryhina. Kyiv : Natsionalnyi ahrarnyi universytet, 2005. 40 s. **16.** Kalenska S., Kashtanova O., Kalenskyi V., Hovenko R., Antal T. Economic and Energy Efficiency of Technologies for Growing Maize Hybrids Depending on the Type and Methods of Applying Fertilisers. *Plant and Soil Science*. 2022. Vol. 13(1). P. 7–16. URL: <https://agriculturalscience.com.ua/en>. (data zvernennia: 10.02.2024). **17.** Mordvaniuk M. O. Vplyv elementiv tekhnolohii vyroshchuvannia na vrozhainist nutu. *Zbirnyk naukovykh prats VNAU. Silske hospodarstvo ta lisivnytstvo*. 2020. № 16. S. 238–250.

Polovyi V. M., Doctor of Agricultural Science, Professor, Academic of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Yuvchik N. O., Post-graduate Student (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

EFFECTIVENESS OF FERTILIZATION OF WINTER WHEAT ON DIFFERENT BACKGROUNDS OF CHEMICAL AMELIORANTS IN THE CONDITIONS OF WESTERN POLISSIA

The results of the economic and energetic assessment of the use of mineral fertilizers for winter wheat in the conditions of the Western Polissia on turf-podzolic loamy-sandy soil, determined by different methods, against the background of different types and doses of chemical meliorants are presented. On the basis of field research

154

conducted in 2021–2023, it was established that 2.68 t/ha of grain was collected against the background of 1.0 HA dose of dolomite flour without the use of mineral fertilizers, i.e., the increase compared to the control was 31.4 percent. Application of the recommended dose of mineral fertilizers ($N_{120}P_{60}K_{90}$) in combination with microfertilizer against the background of dolomite flour for winter wheat in the Western Polissia zone contributed to an increase in yield up to 4.52 t/ha, or by 68.6 percent compared to the background and 121.6 percent compared to control. The higher grain yield of 5.00 t/ha, which was $N_{130}P_{25}K_{35}$, increased the yield in relation to the background and control by 63.4 and 114.7 percent, respectively. When applying $N_{120}P_{60}K_{90}$ +microfertilizer on the background of one and a half doses of $CaMg(CO_3)_2$, compared to their application on the background of a single dose of the same meliorant, the grain yield increased from 4.52 to 4.64 or by 0.12 t/ha. The highest increase in grain yield – 2.93 t/ha compared to the control (2.04) was ensured by the introduction of the dose of mineral fertilizers $N_{150}P_{50}K_{150}$ +microfertilizer calculated according to the norms of removal of the programmed grain harvest and the corresponding amount of straw, but the highest conditionally net profit – 4306.4 hryvnias/ha with an increase in yield compared to the control of 2.34 t/ha, obtained on the variant with application of $N_{130}P_{25}K_{35}$ +microfertilizer. Complex application of nitrogen, phosphorus, potassium fertilizers and microfertilizers against the background of liming increased the coefficient of energy efficiency to 4.21–4.37 units for 3.88 units on control.

Keywords: winter wheat; mineral fertilizers; chemical reclamation; economic efficiency; energy efficiency coefficient.

УДК 631.45:631.8/821.1:633.34 <https://doi.org/10.31713/vs1202411>

Ященко Л. А., к.с.-г.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, l.a.yashchenko@nuwm.edu.ua), **Андрощук О. О., к.с.-г.н., пров. н.с., Гук Б. В., с.н.с.** (Інститут сільського господарства Західного Полісся, с. Шубків, rivne_apv@ukr.net)

ЕКОНОМІКО-ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА БАЛАНСУ ОРГАНІЧНОГО ВУГЛЕЦЮ У ДЕРНОВО-ПІДЗОЛИСТОМУ ҐРУНТІ ЗА УДОБРЕННЯ КУЛЬТУР СІВОЗМІНИ НА РІЗНИХ ФОНАХ ВАПНУВАННЯ

Питання балансу органічного вуглецю ґрунту в контексті адаптації до змін клімату та збереження джерела енергії екосистеми є одним із актуальних у аграрному виробництві Мета роботи: провести економічну та енергетичну оцінку балансу органічного вуглецю сформованого в удобрюваних варіантах досліду за різних видів і доз вапнування. Методи досліджень: польовий, розрахунковий, аналіз, узагальнення. За внесення різних доз і видів хімічних меліорантів на фоні рекомендованої дози удобрення із заорюванням побічної продукції культур сівозміни отримано позитивний баланс органічного вуглецю (Сорг), найвищий показник 0,37 т/га відзначено у варіанті 1,5 дози Нг СаMg(CO₃)₂ на фоні удобрення. У контролі за дефіцитного балансу – 0,20 т/га збитки від втрати вуглецю ґрунту становили 112,1 дол. США/га. Врахування зміни енергопотенціалу ґрунту (ΔЕпг) за рахунок формування позитивного балансу Сорг підвищило коефіцієнт енергетичної ефективності (Кее) на 3–6% порівняно з показниками отриманими традиційним розрахунком як відношення виробленої енергії урожаю до антропогенно витраченої енергії. Зниження Кее до 1,57 у контролі вказує на процес виснаження енергоресурсу дерново–підзолистого ґрунту. Таким чином, для збереження екологічної стабільності і високої продуктивності культур у сівозміні на дерново-підзолистому ґрунті в умовах Західного Полісся застосування 1,0 і 1,5 дози Нг СаMg(CO₃)₂ на фоні рекомендованої дози удобрення із заорюванням побічної продукції в ґрунт є ефективним заходом збільшення органічного вуглецю в

ґрунті, що забезпечує віддачу 153,4–218,3 дол. США/га та підвищує Кеє з урахуванням зміни енергопотенціалу ґрунту до 6,22–6,78 од.

Ключові слова: органічний вуглець; доломітове борошно; вапно; збитки; енерговитрати; енергопотенціал; ефективність.

Постановка проблеми. Важливе місце серед критеріїв оцінки стану ґрунтів належить балансу органічної речовини, який вважається однією із ключових величин і значною мірою визначає функціонування багатьох режимів ґрунту. Обсяги надходження у ґрунт та витрати органічної маси залежать від багатьох змінних у часі, часто взаємно протилежних за спрямуванням балансових складових, які або підсилюють процеси утворення органічної речовини в ґрунтах, або, навпаки, активізують процеси її деструкції та мінералізації [1; 2; 3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У світі питання управління органічним вуглецем ґрунту перебуває в епіцентрі уваги. В Україні учені ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського» започаткували новий науковий напрям, який пов'язаний із розвитком низьковуглецевого землеробства, в контексті адаптації до змін клімату, здійснили еколого-економічну оцінку емісії CO₂ із ґрунтів за різних рівнів антропогенного навантаження. Саме результати таких досліджень можуть бути основою для оптимізації систем удобрення та органічної речовини ґрунту [4; 5; 6].

Враховуючи взаємодію динамічних процесів розкладання органічної речовини, дихання ґрунту та фотосинтезу основним завданням на даний час є закріплення органічного вуглецю в ґрунті [7].

Із застосуванням адаптивних технологій орні землі здатні до секвестрації значної частини втрат діоксиду карбону з ґрунту [8; 9]. Використання ґрунтів в умовах істотного зменшення інтенсивності їх обробітку забезпечує зниження витрат CO₂ під час мінералізації органічної речовини [10].

Позитивний гумусовий баланс є наслідком взаємодії багатьох різносторонніх чинників: науково обґрунтованої сівозміни, достатнього рівня удобрення, зваженої хімічної меліорації, нагромадження в ґрунтах органічної речовини у вигляді рослинних решток та мінімізація його обробітку. Недостатньо вивченим

залишається питання значення темпів мінералізації для оптимізації балансу вуглецю в агроценозах для підвищення їхньої продуктивності [11; 12].

Баланс органічної речовини є одним із індикаторів сталості й відображає рівень якості ґрунту, який частково є результатом людської діяльності, що може бути усвідомленою, або може бути наслідком недостатнього знання [13; 14].

Актуальність проблеми управління ґрунтовим органічним вуглецем в умовах Західного Полісся зумовлене тим, що він має вирішальне значення для родючості ґрунту, адаптації до змін клімату та виробництва сільськогосподарської продукції.

Мета досліджень – встановити особливості емісії діоксиду карбону з дерново-підзолистого ґрунту та формування балансу органічного вуглецю за вирощування сільськогосподарських культур у сівозміні за різних доз і видів хімічних меліорантів та удобрення.

Методика досліджень. Стаціонарний дослід закладений на дерново-підзолистому ґрунті, чергування культур – пшениця озима, кукурудза на зерно, ячмінь ярий, ріпак озимий. Посівна площа ділянки 99 м², облікова – 50 м², повторність досліду триразова. Розміщення варіантів послідовне. Технологія вирощування культур загальноприйнята для зони Полісся. Схема досліду: 1. Без добрив – контроль; 2. NPK – фон; 3. Фон + CaMg(CO₃)₂ (0,5 Нг); 4. Фон + CaMg(CO₃)₂ (1,0 Нг); 5. Фон + CaMg(CO₃)₂ (1,5 Нг); 6. Фон + CaCO₃ (1,0 Нг). Мінеральні добрива вносили згідно схеми досліду: під пшеницю озиму – N₁₂₀P₆₀K₉₀, кукурудзу на зерно – N₁₂₀P₉₀K₁₂₀, ячмінь ярий – N₉₀P₉₀K₉₀, ріпак озимий – N₁₂₀P₉₀K₁₂₀. Насиченість мінеральними добривами у середньому по сівозміні становила N₁₁₂P₈₂K₁₀₅. Хімічні меліоранти вносили перед закладанням стаціонарного досліду згідно зі схемою досліду у формі доломітового (CaMg(CO₃)₂) і вапнякового (CaCO₃) борошна. Дозу визначали за показником гідролітичної кислотності (Нг) ґрунту у варіантах.

При розрахунку балансу органічного вуглецю використано методику розроблену ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського [15]. У прибутковій статті враховується поповнення вуглецю з побічною продукцією і рослинними рештками (поживно-кореневими) з урахуванням коефіцієнту їх гуміфікації для дерново-підзолистого ґрунту, стаття витрат визначається розмірами мінералізації гумусу у перерахунку на органічний вуглець.

Розрахунок енергетичної ефективності технології вирощування культур проводили за методиками [16; 17].

Розрахунок зміни енегопотенціалу ґрунту ($\Delta E_{ПГ}$) проводили на основі отриманих даних балансу (табл. 1) за формулою (Орлов Д. С., Гришина Л. О., 1981) (1):

$$\Delta E_{ПГ}, \text{ ГДж/га} = 891,7 \times C_{\%} \times h \times d_v = \frac{891,7 \times C_{орг}}{100} \times 4,18, \quad (1)$$

де $C_{\%}$ – уміст загального вуглецю у ґрунті; %; h – глибина шару, м; d_v – щільність ґрунту, г/см³; 891,7 – коефіцієнт переводу в млн ккал/га; $C_{орг}$ – показник балансу органічного вуглецю, т/га; 100 – коефіцієнт переводу в см; 4,18 – коефіцієнт переводу калорій у Джоулі.

$K_{еe}$ без урахування зміни енергопотенціалу ґрунту ($\Delta E_{ПГ}$) визначали за формулою (2):

$$K_{еe} \text{ без } \Delta E_{ПГ} = \frac{(E_o + E_{п})}{E_a}, \quad (2)$$

де E_o – енерговміст урожаю основної продукції, ГДж/га; $E_{п}$ – енерговміст побічної продукції, ГДж/га; E_a – витрати антропогенної енергії, ГДж/га.

Проте, як зазначає в своїй роботі Шудренко І. В. [16] дана методика не враховує вплив технологій на стан агроєкосистеми, оскільки до уваги не береться зміна її енергопотенціалу, у т.ч. ґрунту. Тому $K_{еe}$ з урахуванням зміни енергопотенціалу ґрунту ($\Delta E_{ПГ}$) визначали за запропонованою ним формулою (3):

$$K_{еe} \text{ з } \Delta E_{ПГ} = \frac{(E_o + E_{п}) + \Delta E_{ПГ}}{E_a}. \quad (3)$$

Результати досліджень та обговорення. Утримання вуглецевих сполук у родючому шарі ґрунту має важливе значення для підвищення врожайності сільськогосподарських культур [14]. Встановлено, що головним резервом для стабілізації гумусного стану ґрунту є надходження побічної продукції і кореневих решток. Заорювання у зоні Західного Полісся 100%-ї нетоварної рослинної маси за внесення різних доз доломітового борошна 0,5, 1,0, 1,5 дози Нг і вапнякового борошна 1,0 Нг на фоні насичення рекомендованою дозою у сівозміні $N_{112}P_{82}K_{105}$ забезпечує перевагу надходження

органічної речовини над її втратами та оптимізацію параметрів вмісту органічного вуглецю в ґрунті.

За результатами досліджень у короткоротаційній сівозміні на дерново-підзолистому ґрунті у варіанті без добрив і хімічної меліорації та без зорювання побічної продукції було відзначено дефіцит органічного вуглецю, який був від'ємним $-0,20$ т/га, що призводить до виснаження родючості ґрунту. За внесення рекомендованої дози добрив під культури сівозміни та із заорюванням їх побічної продукції в ґрунт без вапнування спостерігається тенденція до поліпшення показника балансу органічного вуглецю до $0,04$ т/га, який сформувався в основному за рахунок пожнивно-коренових решток (табл. 1). Застосування хімічної меліорації доломітовим борошном $0,5$, $1,0$, $1,5$ дози Нг із заорюванням побічної продукції було сформовано бездефіцитний баланс органічного вуглецю, який зріс на $0,11$ – $0,33$ т/га і був найвищим за хімічної меліорації доломітовим борошном $1,5$ дози Нг – $0,37$ т/га.

Таблиця 1
Баланс органічного вуглецю у дерново-підзолистому ґрунті залежно від хімічної меліорації і удобрення, середнє за 2012–2019 рр., т/га

Варіант	Накопичення			Втрати (мінералізація)	Баланс (Сорг) ±
	всього	у т.ч. за рахунок			
		рослинних решток	соломи		
Без добрив - контроль	0,58	0,29	0,29	0,78	-0,20
$N_{112}P_{82}K_{105}$ - фон	0,82	0,37	0,45	0,78	0,04
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (0,5 Нг)	0,93	0,44	0,49	0,78	0,15
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (1,0 Нг)	1,04	0,48	0,56	0,78	0,26
Фон + $CaMg(CO_3)_2$ (1,5 Нг)	1,15	0,53	0,62	0,78	0,37
Фон + $CaCO_3$ (1,0 Нг)	1,00	0,46	0,54	0,78	0,22

Науково-методичним підґрунтям проведеного дослідження є фундаментальна грошова оцінка втрат вуглецю із дерново-підзолистого ґрунту в умовах Західного Полісся за різних доз і видів хімічної меліорації на фоні рекомендованої дози удобрення культур.

Розрахунки показали, що за впливом на потенційну родючість у варіанті без застосування добрив і хімічної меліорації (контроль) формувалася збиток від втрати вуглецю в розмірі – 112,1 дол. США/га (рисунок).

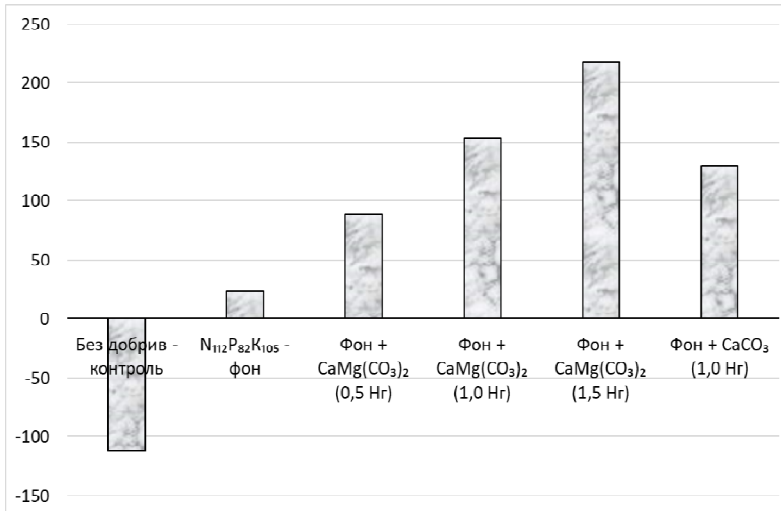


Рисунок. Економічна оцінка балансу вуглецю в дерново-підзолистому ґрунті залежно від впливу хімічної меліорації і удобрення на потенційну родючість ґрунту, дол. США/т

Застосування рекомендованої дози удобрення (фон) із заорюванням побічної продукції спричинило формування ефекту балансу вуглецю в розмірі 23,6 дол. США/га. Внесення різних доз доломітового борошна із заорюванням побічної продукції на фоні удобрення мало еколого-економічний ефект і найбільшу віддачу 218,3 дол. США/га одержано за внесення 1,5 дози $CaMg(CO_3)_2$ на фоні $N_{112}P_{82}K_{105}$.

Енергетичний аналіз агроєкосистем дає можливість визначити енерговитратні ланцюги в системі землеробства і визначити напрямки підвищення їх енергетичної ефективності та зниження енергоємності одиниці рослинницької продукції [17; 18].

Енергетична цінність органічної речовини ґрунту відіграє роль лише в метаболічних процесах, що відбуваються в ґрунтах і не слугує безпосередньо економічним цілям із точки зору виробництва енергії. Проте, в органічній речовині енергія зберігається в стабільній формі, яка піддається безперервному розкладанню, що призводить до

вивільнення поживних речовин, доступних для рослин. Отже, із точки зору сталого сільськогосподарського виробництва, підтримання постійного надходження органічної речовини в ґрунт і накопичення органічного вуглецю (енергії) можна розглядати як інвестицію в ґрунтовий капітал [19].

Аналіз енергетичних показників вирощування сільськогосподарських культур в короткоротаційній сівозміні на дерново-підзолистому ґрунті проведений із урахуванням енерговитрат на відновлення родючості ґрунту за рахунок хімічної меліорації, удобрення і заорювання побічної продукції. Порівняно з контролем застосування різних доз $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ і 1,0 дози Нг CaCO_3 за насиченості добривами $\text{N}_{112}\text{P}_{82}\text{K}_{105}$ (фон) призвело до збільшення енерговитрат у 1,7–1,8 разів (табл. 2).

Таблиця 2

Енергетична ефективність вирощування культур за удобрення і хімічної меліорації дерново-підзолистого ґрунту, середнє за 2012–2019 рр.

Варіант	Витрати антропогенної енергії, ГДж/га (Ea)	Енерговміст урожаю, ГДж/га		Зміна енергопотенціалу ґрунту за рахунок енергії органічної речовини, ГДж/га ($\Delta\text{Eпг}$)	Коефіцієнт енергетичної ефективності	
		основної продукції (Eo)	побічної продукції (Eп)		Кее без урахування ($\Delta\text{Eпг}$)	Кее з урахуванням ($\Delta\text{Eпг}$)
Без добрив - контроль	19,7	38,5		-7,45	1,95	1,57
$\text{N}_{112}\text{P}_{82}\text{K}_{105}$ - фон	32,2	58,9	96,1	1,49	4,81	4,86
Фон + $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (0,5 Нг)	33,8	74,3	105,2	5,59	5,31	5,47
Фон + $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,0 Нг)	34,7	85,4	120,8	9,69	5,94	6,22
Фон + $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ (1,5 Нг)	36	97,1	133,0	13,8	6,39	6,78
Фон + CaCO_3 (1,0 Нг)	35	81,1	115,6	8,20	5,62	5,85

Найбільш енерговитратним 36 ГДж/га виявилось внесення 1,5 Нг дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ на фоні рекомендованої дози удобрення, що пов'язано з вищою дозою внесення доломітового борошна і заорюваною побічною продукцією. Однак, вирощування культур у сівозміні за різних доз і видів хімічної меліорації на фоні удобрення і побічної продукції забезпечило найбільший приріст енергії врожаю, вихід якої становив 178,9–229,4 ГДж/га, що у 4,5–6,0 разів більше ніж у варіанті без добрив та на 15,9–48,6% ніж у варіанті фон ($\text{N}_{112}\text{P}_{82}\text{K}_{105}$). За внесення 1,0 і 1,5 дози Нг $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ на фоні рекомендованої дози добрив і побічної продукції енергоємність врожаю була найвищою і склала 205,5 ГДж/га і 229,4 ГДж/га.

Оцінюючи ефект від поєднання досліджуваних доз і виду хімічної меліорації на фоні рекомендованої дози удобрення слід відмітити, що показники енергетичної ефективності у середньому за роки досліджень найвищими були за внесення 1,0 і 1,5 дози Нг $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ на фоні $\text{N}_{112}\text{P}_{82}\text{K}_{105}$ ($K_{\text{еє}}$ 5,94 і 6,39 од.) відповідно. Ступінь ефективності використання енергії за внесення 0,5 дози $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ і 1,0 дози CaCO_3 на фоні удобрення поступався іншим варіантам застосування хімічних меліорантів.

Проте, крім урахування накопиченої енергії урожаю доцільно враховувати приріст енергії ґрунту за рахунок відтворення вмісту його органічної речовини. При переважанні процесу гуміфікації і формуванні позитивного балансу органічного вуглецю (див. табл. 1) відбувається підвищення енергопотенціалу ґрунту і, навпаки, за переважання мінералізації у контролі його зниження (див. табл. 2). Враховуючи, отриманий шляхом розрахунків показник балансу органічного вуглецю, основним джерелом якого були рослинні рештки з урахуванням коефіцієнту їх гуміфікації, та вміст енергії у органічній речовині, зміна енергопотенціалу ґрунту удобрюваних варіантів становила 1,49–13,8 ГДж. Отримані величини узгоджуються з даними Смаглія О. Ф. та ін. [20], які зазначають, що за рахунок рослинних решток щорічна акумуляція енергії в гумусі ґрунту становить 6,7–44,1 ГДж/га. Таким чином, накопичення енергії в урожаї та енергопотенціалу ґрунту збільшує частку якісної виробленої енергії. Відповідно з урахуванням ($\Delta E_{\text{пг}}$) $K_{\text{еє}}$ зростає залежно від удобрюваного варіанту на 3–6%, що підтверджує позитивну роль заробляння побічної продукції у ґрунт. В той же час

на контролі без використання побічної продукції K_{ee} знизився на 19,4%, що вказує на виснаження енергоресурсу екосистеми.

Висновки. Для збереження родючості дерново-підзолистого ґрунту, зниження деградації ґрунту, підвищення продуктивності культур у сівозміні в умовах Західного Полісся ефективним заходом є застосування 1,0 і 1,5 дози $Hg\ CaMg(CO_3)_2$ на фоні рекомендованої дози удобрення із заорюванням побічної продукції, що забезпечило формування бездефіцитний баланс органічного вуглецю 0,26–0,37 т/га і економічну віддачу від його збереження на рівні 153,4–218,3 дол. США/га за високої енергетичної ефективності K_{ee} 5,92 і 6,37 од. відповідно.

1. Морозова Т. В., Ліхо О. А. Емісія CO_2 з ґрунтів під енергетичними культурами. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Сільськогосподарські науки*. 2022. Вип. 2(98). С. 89–103. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/24127>. (дата звернення: 10.02.2024).
2. Снітинський В. В., Габриель А. Й., Оліфір Ю. М., Германович О. М. Гумусний стан та емісія діоксиду вуглецю в агроекосистемах. *Агроекологічний журнал*. 2015. № 1. С. 53–58. URL: <http://journalagroeco.org.ua/issue/view/16290>. (дата звернення: 10.02.2024).
3. Демиденко О. В., Величко В. А. Управління обігом вуглецю в агроценозах під впливом низьковуглецевих агротехнологій. *Вісник аграрної науки*. 2014. № 14. С. 46–52. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2014_11_10. (дата звернення: 10.02.2024).
4. Кучер А. Еколого-економічна оцінка емісії CO_2 з ґрунтів за різних рівнів антропогенного навантаження. *Agricultural and resource economics : international scientific e-journal*. 2016. Vol. 2, № 1. С. 45–64. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/areis_2016_2_1_6. (дата звернення: 10.02.2024).
5. Пліско І. В. Вартість запасів рухомого гумусу як складова грошової оцінки земель. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2012. Вип. 78. С. 45–53.
6. Попірний М. А., Сябрук О. П., Акімова Р. В., Шевченко М. В. Новітні інтегративні методи дослідження стабілізації органічного вуглецю за різного обробітку ґрунту. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2020. № 90. С. 13–28. URL: <https://doi.org/10.31073/acss90-02>. (дата звернення: 10.02.2024).
7. Рижук С. М., Кочик Г. М., Мельничук А. О., Кучер Г. А., Савчук О. І. Обґрунтування підходів і стратегічних напрямів щодо секвестрації й збільшення органічного вуглецю в ґрунтах зони Полісся. *Вісник аграрної науки*. 2022. № 5 (830) С. 20–32. doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202205-04>.
8. Скрильник Є. В., Гетманенко В. А., Кутова А. М., Москаленко В. П. Потенційні ресурси та підходи до управління органічною сировиною України для поповнення запасів гумусу в ґрунтах. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. Вип. 2.

С. 45–54. doi: 10.31521/2313-092X/2021-2(110)-6. **9.** Бовсуновський А. М., Савчук О. І., Нагулевич Л. І., Мельничук А. О. Рациональне використання ґрунтового покриву Житомирського Полісся на засадах адаптивно-ландшафтного землекористування. *Вісник Харківського НАУ*. 2008. № 4. С. 132–137. **10.** Chen X., Liu M., Xu Z. et al. Influences of temperature and moisture on abiotic and biotic soil CO₂ emission from a subtropical forest. *Carbon Balance Manage.* 2021. Vol. 16 (18). URL: <https://doi.org/10.1186/s13021-021-00181-8>. (дата звернення: 10.02.2024). **11.** Надточій П. П., Мислива Т. М., Вольвач Ф. В. Екологія ґрунту : монографія. Житомир : Рута, 2010. 473 с. URL: <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/3772>. (дата звернення: 10.02.2024). **12.** Зубець М. В., Балюк С. А., Греков В. О. Сучасний стан ґрунтового покриву України і невідкладні заходи з його охорони. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2010. № 1. С. 7–17. **13.** Сайко В. Ф. Землеробство в контексті змін клімату. *Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН»*. 2008. Спец. вип. 3. С. 3–14. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpzeml_2008_Spets.vip_3. (дата звернення: 10.02.2024). **14.** Wrzaszcz W. Changes in Farms' Environmental Sustainability in Poland—Progress or Regress? *AgBioForum*. 2018. Vol. 21. Is. 2. Pp. 107–126. URL: <https://agbioforum.org/wp-content/uploads/2021/02/AgBioForum-21-2-107.pdf> (дата звернення: 10.02.2024). **15.** Балюк С. А., Греков В. О., Лісовий М. В. Розрахунок балансу гумусу і поживних речовин у землеробстві України на різних рівнях управління. Харків : КП «Міська друкарня», 2011. 30 с. **16.** Шудренко І. В. Еколого-енергетичне оцінювання сівозміни Полісся. *Екологія: вчені у вирішенні проблем науки, освіти і практики* : зб. доп. учасн. Міжнар. наук.-практ. конф., 24–25 трав. 2007 р. Житомир : ДАУ, 2007. С. 137–140. URL: <http://ir.polissiauniver.edu.ua/handle/123456789/3782>. (дата звернення: 10.02.2024). **17.** Зінченко О. І., Коротєєв А. В., Каленська С. М. Рослинництво: практикум / за ред. О. І. Зінченка. Вінниця : Нова книга, 2008. 536 с. **18.** Тараріко Ю. О., Городній М. М., Сердюк А. Г., Каленський В. П. Біоенергетична оцінка системи удобрення і агротехнологій. К. : НАУ, 2005. 40 с. **19.** Kuczuk A. Energy value of soil organic matter and costs of its restoration. *E3S Web of Conferences*. 2017. Vol. 19. 02035. DOI: 10.1051/e3sconf/20171902035 EEMS 2017. **20.** Агроекологія : навч. посіб. / О. Ф. Смаглій, А. Т. Кардашов, П. В. Литвак та ін. К. : Вища освіта, 2006. 671 с.

REFERENCES:

1. Morozova T. V., Likho O. A. Emisiia SO₂ z gruntiv pid enerhetychnymy kulturamy. *Visnyk Natsionalnoho universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia. Silskohospodarski nauky*. 2022. Vyp. 2(98). S. 89–103. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/id/eprint/24127>. (data zvernennia: 10.02.2024).

- 2.** Snitynskyi V. V., Habryiel A. Y., Olifir Yu. M., Hermanovych O. M. Humusnyi stan ta emisiia dioksydu vuhletsiu v ahroekosystemakh. *Ahroekolohichniy zhurnal*. 2015. № 1. S. 53–58. URL: <http://journalagroeco.org.ua/issue/view/16290>. (data zvernennia: 10.02.2024).
- 3.** Demydenko O. V., Velychko V. A. Upravlinnia obihom vuhletsiu v ahrotsenozakh pid vplyvom nyzkovuhletsevykh ahrotekhnolohii. *Visnyk ahrarynoi nauky*. 2014. № 14. S. 46–52. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vaan_2014_11_10. (data zvernennia: 10.02.2024).
- 4.** Kucher A. Ekoloho-ekonomichna otsinka emisii SO₂ z gruntiv za riznykh rivniv antropohennoho navantazhennia. *Agricultural and resource economics : international scientific e-journal*. 2016. Vol. 2, № 1. S. 45–64. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/areis_2016_2_1_6. (data zvernennia: 10.02.2024).
- 5.** Plisko I. V. Vartist zapasiv rukhomoho humusu yak skladova hroshovoi otsinky zemel. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*. 2012. Vyp. 78. S. 45–53.
- 6.** Popirnyi M. A., Siabruk O. P., Akimova R. V., Shevchenko M. V. Novitni intehratyvni metody doslidzhennia stabilizatsii orhanichnoho vuhletsiu za riznoho obrobittu gruntu. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*. 2020. № 90. S. 13–28. URL: <https://doi.org/10.31073/acss90-02>. (data zvernennia: 10.02.2024).
- 7.** Ryzhuk S. M., Kochyk H. M., Melnychuk A. O., Kucher H. A., Savchuk O. I. Obgruntuvannia pidkhodiv i stratehichnykh napriamiv shchodo sekvestratsii y zbilshennia orhanichnoho vuhletsiu v gruntakh zony Polissia. *Visnyk ahrarynoi nauky*. 2022. № 5 (830) S. 20–32. doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202205-04>.
- 8.** Skrylnyk Ye. V., Hetmanenko V. A., Kutova A. M., Moskalenko V. P. Potentsiini resursy ta pidkhody do upravlinnia orhanichnoiu syrovynoiu Ukrainy dlia popovnennia zapasiv humusu v gruntakh. *Visnyk ahrarynoi nauky Prychornomia*. 2021. Vyp. 2. C. 45–54. doi: 10.31521/2313-092X/2021-2(110)-6.
- 9.** Bovsunovskyi A. M., Savchuk O. I., Nahulevych L. I., Melnychuk A. O. Ratsionalne vykorystannia gruntovoho pokryvu Zhytomyrskoho Polissia na zasadakh adaptyvno-landshaftnoho zemlekorystuvannia. *Visnyk Kharkivskoho NAU*. 2008. № 4. S. 132–137.
- 10.** Chen X., Liu M., Xu Z. et al. Influences of temperature and moisture on abiotic and biotic soil CO₂ emission from a subtropical forest. *Carbon Balance Manage*. 2021. Vol. 16 (18). URL: <https://doi.org/10.1186/s13021-021-00181-8>. (data zvernennia: 10.02.2024).
- 11.** Nadtochii P. P., Myslyva T. M., Volvach F. V. Ekolohiia gruntu : monohrafiia. Zhytomyr : Ruta, 2010. 473 s. URL: <http://ir.znau.edu.ua/handle/123456789/3772>. (data zvernennia: 10.02.2024).
- 12.** Zubets M. V., Baliuk S. A., Hrekov V. O. Suchasnyi stan gruntovoho pokryvu Ukrainy i nevidkladni zakhody z yoho okhorony. *Ahrokhimiia i gruntoznavstvo*. 2010. № 1. S. 7–17.
- 13.** Saiko V. F. Zemlerobstvo v konteksti zmin klimatu. *Zbirnyk naukovykh prats Natsionalnoho naukovoho tsentru «Instytut zemlerobstva NAAN»*. 2008. Spets. vyp. 3. S. 3–14. URL:

http://nbuv.gov.ua/UJRN/znpszeml_2008_Spets.vip._3. (data zvernennia: 10.02.2024). **14.** Wrzaszcz W. Changes in Farms' Environmental Sustainability in Poland—Progress or Regress? *AgBioForum*. 2018. Vol. 21. Is. 2. Pp. 107–126. URL: <https://agbioforum.org/wp-content/uploads/2021/02/AgBioForum-21-2-107.pdf> (data zvernennia: 10.02.2024). **15.** Baliuk S. A., Hrekov V. O., Lisovyi M. V. Rozrakhunok balansu humusu i pozhyvnykh rehovyn u zemlerobstvi Ukrainy na riznykh rivniakh upravlinnia. Kharkiv : KP «Miska drukarnia», 2011. 30 s. **16.** Shudrenko I. V. Ekoloho-enerhetychne otsiniuvannia sivozminy Polissia. *Ekolohiia: vcheni u vyrishenni problem nauky, osvity i praktyky* : zb. dop. uchasn. Mizhnar. nauk.-prakt. konf., 24–25 trav. 2007 r. Zhytomyr : DAU, 2007. S. 137–140. URL: <http://ir.polissiauniver.edu.ua/handle/123456789/3782>. (data zvernennia: 10.02.2024). **17.** Zinchenko O. I., Korotieiev A. V., Kalenska S. M. Roslynytstvo: praktykum / za red. O. I. Zinchenka. Vinnytsia : Nova knyha, 2008. 536 s. **18.** Tarariko Yu. O., Horodnii M. M., Serdiuk A. H., Kalenskyi V. P. Bioenerhetychna otsinka systemy udobrennia i ahrotekhnolohii. K. : NAU, 2005. 40 s. **19.** Kuczuk A. Energy value of soil organic matter and costs of its restoration. *E3S Web of Conferences*. 2017. Vol. 19. 02035. DOI: 10.1051/e3sconf/20171902035 EEMS 2017. **20.** Ahroekolohiia : navch. posib. / O. F. Smahlii, A. T. Kardashov, P. V. Lytvak ta in. K. : Vyshcha osvita, 2006. 671 s.

Yashchenko L. A., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne), **Androshchuk O. O., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Leading Researcher, Huk B. V., Senior Research Fellow** (Institute of Agriculture of Western Polissia of NAAS, vil. Shubkiv)

ECONOMIC AND ENERGY ASSESSMENT OF SOC BALANCE IN SOD- PODZOLIC SOIL UNDER FERTILIZATION AND DIFFERENT RATES OF LIMING IN CROP ROTATION

The soil organic carbon balance (SOC) in the context of climate change adaptation and ecosystem energy source preservation is one of the topical issues in agrarian production. The aim is to conduct an economic and energy evaluation of the organic carbon balance formed in fertilized variants with different types and doses of liming. Research methods include field research, calculation, analysis, and generalization. In variants with different doses and types of chemical ameliorants alongside the recommended fertilizer dose and with

incorporation into the soil of crop residues, a positive organic carbon balance (Corg) was obtained. The highest indicator, 0.37 t/ha, was observed in the variant with the application of 1.5 Hh doses of CaMg(CO₃)₂ + N112P82K105. In the control, with a deficit balance of Corg at the level of -0.20 t/ha, the losses of carbon from the soil were equivalent to 112.1 USD/ha. Taking into account the change in soil energy potential (ΔE_{pg}) due to the formation of a positive Corg balance increased the energy efficiency coefficient (Kee) by 3–6% compared to the indicators obtained by traditional calculation as the ratio of the energy produced by the crop to the anthropogenically spent energy. A decrease in Kee to 1.57 in the control indicates the depletion of the energy resource of sod-podzolic soil. Thus, for the preservation of ecological stability and high crop productivity in crop rotation on sod-podzolic soil in the conditions of the Western Polissya, the application of 1.0 and 1.5 doses of Hh CaMg(CO₃)₂ with the recommended dose of mineral fertilizers and with the incorporation of crop residues into the soil is an effective measure to increase organic carbon in the soil. This provides a return of 153.4–218.3 USD/ha due to the preservation of Corg and increases Kee due to account for the change in soil energy potential to 6.22–6.78 units.

***Keywords:* soil organic carbon (SOC); dolomite lime; calcium lime; economic losses; energy consumption; energy potential; efficiency.**

ЗМІСТ

Боровий В. О., Максютов А. О., Брежицька О. А.	Використання альтернативних технологій енергозабезпечення урбанізованих територій України 3
Боярин М. В.	Еколого-господарська оцінка стану агроландшафтів верхів'я басейну річки Прип'ять 20
Бумар Г. Й., Лозко П. П., Борисюк Б. В., Статник І. І.	Поширення ялівцю звичайного (<i>Juniperus Communis</i> L.) на території Поліського природного заповідника 39
Гриб Й. В., Троцюк В. С., Войтишина Д. Й., Шерінга І. О.	Функція проміжних екотонів (біомів) річкової мережі у формуванні якості води і видового різноманіття аборигенної іхтіофауни 52
Гунчак М. В., Романова С. А., Грищенко О. М., Мороз О. С.	Фітосанітарний моніторинг яблуневих насаджень Західного лісостепу України 70
Дюдяєва О. А., Рутта О. В., Бедункова О. О.	Стійкі ініціативи управління відходами для безпечного довкілля 82
Караїм О. А., Караїм В. П., Бедункова О. О., Лавринюк З. В., Джам О. А.	Оцінка антропогенного впливу в аспекті басейнового екологічного управління 97
Максютов А. О., Стецюк Л. М.	Історія виникнення технологій підземного зберігання газу в Україні 120

Мошинський В. С., Клименко О. М., Клименко Л. В.	Розробка системи моніторингу соціо- економіко-екологічних сфер міст 135
Польовий В. М., Ювчик Н. О.	Ефективність удобрення пшениці озимої на різних фонах хімічних меліорантів в умовах Західного Полісся 144
Ященко Л. А., Андрощук О. О., Гук Б. В.	Економіко-енергетична оцінка балансу органічного вуглецю у дерново- підзолистому ґрунті за удобрення культур сівозміни на різних фонах вапнування 156

CONTENT

Borovi V. O., Maksiutov A. O., Brezhytska L. A.	Use of Alternative Technologies for Energy Supply of Urbanized Areas of Ukraine	3
Boiaryn M. V.	Environmental and Economic Assessment of the State of Landscapes of the Upper Reaches of the Pripyat River Basin	20
Bumar H. Y., Lozko P. P., Borysiuk B. V., Statnyk I. I.	Expansion of Common Juniper (<i>Juniperus Communis</i> L.) in the Territory of Polissia Nature Reserve	39
Hryb Y. V., Trotsiuk V. S., Voityshyna D. Y., Sherinha I. O.	Function of Intermediate Ecotones (Biomes) of the River Network in Forming Water Quality And Species Diversity of Ichthiofauna	52
Hunchak M. V., Romanova S. A., Hryshchenko O. M., Moroz O. S.	Phytosanitary Monitoring of Apple Plantations of the Western Forest Steppe of Ukraine	70
Diudiaieva O. A., Rutta O. V., Biedunkova O. O.	Sustainable Waste Management Initiatives for a Safe Environment	82
Karaim O. A., Karaim V. P., Biedunkova O. O., Lavryniuk Z. V., Dzham O. A.	Evaluation of Anthropogenic Impact in the Aspect of Basin Ecological Management	97
Maksiutov A. O., Stetsiuk L. M.	History of the Emergence of Underground Gas Storage Technologies in Ukraine	120
		171

Moshynskyi V. S., Klymenko O. M, Klymenko L. V.	Development of Social, Economic and Ecological City Systems Monitoring	135
Polovyi V. M., Yuvchuk N. O.	Effectiveness of Fertilization of Winter Wheat on Different Backgrounds of Chemical Ameliorants in the Conditions of Western Polissia	144
Yashchenko L. A., Androshchuk O. O., Huk B. V.	Economic and Energy Assessment of SOC Balance in Sod-Podzolic Soil Under Fertilization and Different Rates of Liming in Crop Rotation	156

Наукове видання

ВІСНИК
Національного університету водного
господарства та природокористування

Збірник наукових праць

Випуск 1(105)

Сільськогосподарські науки

Комп'ютерна верстка
Технічний редактор
Літературний редактор

Галина Сімчук
Галина Сімчук
Ольга Якимчук

Друкується в авторській редакції

Підписано до друку 23.02.2024 р. Формат 70×100¹/₁₆.
Ум.-друк. арк. 10,1. Обл.-вид. арк. 11,2.
Тираж 150 прим. Зам. № 5629.

Видавець і виготовлювач
Національний університет
водного господарства та природокористування
вул. Соборна, 11, м. Рівне, 33028.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до
державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції РВ № 31 від 26.04.2005 р.