

Волинський національний університет
імені Лесі Українки

ПРОБЛЕМИ ХІМІЇ ТА СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Випуск 1



Видавничий дім
«Гельветика»
2023

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

Гулай Любомир Дмитрович – доктор хімічних наук, професор, завідувач кафедри екології та охорони навколишнього середовища Волинського національного університету імені Лесі Українки (головний редактор);

Анічкіна Олена Василівна – кандидат педагогічних наук, доцент, завідувач кафедри хімії Житомирського державного університету імені Івана Франка;

Бедункова Ольга Олександрівна – доктор біологічних наук (03.00.16 – Екологія), доцент, професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства Національного університету водного господарства та природокористування;

Боярин Марія Володимирівна – кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Демянчук Михайло Ростиславович – доктор педагогічних наук, професор кафедри медико-профілактичних дисциплін та лабораторної діагностики Комунального закладу вищої освіти «Рівненська медична академія» Рівненської обласної ради;

Казаків Наталія Вікторівна – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри педагогіки Хмельницької гуманітарно-педагогічної академії;

Калаур Світлана Миколаївна – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри соціальної роботи та менеджменту соціокультурної діяльності, керівник Центру післядипломної освіти Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка;

Клименко Олександр Миколайович – доктор сільськогосподарських наук (03.00.16 – Екологія), професор, професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства Національного університету водного господарства та природокористування;

Когут Юрій Миколайович – кандидат хімічних наук, старший лаборант кафедри хімії та технологій Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Лукашук Микола Миколайович – кандидат педагогічних наук, викладач з предметів хімія і біологія Комунального закладу вищої освіти «Рівненська медична академія» Рівненської обласної ради;

Марушко Лариса Петрівна – кандидат хімічних наук, доцент, декан факультету хімії, екології та фармації Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Марчук Олег Васильович – кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри хімії та технологій Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Олексюк Іван Дмитрович – доктор хімічних наук, професор, професор кафедри хімії та технологій Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Піскач Людмила Василівна – кандидат хімічних наук, професор, професор кафедри хімії та технологій Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Романишина Оксана Ярославівна – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри інформатики та методики навчання Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка;

Романюк Ярослав Євгенійович – PhD, керівник наукової групи Швейцарської федеральної лабораторії матеріалознавства і технологій (ЕМПА) (Швейцарія);

Салієва Леся Миколаївна – кандидат хімічних наук, старший викладач кафедри органічної хімії та фармації Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Сливка Наталія Юрійівна – кандидат хімічних наук, доцент, завідувач кафедри органічної хімії та фармації Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Смітюх Олександр Вікторович – кандидат хімічних наук, старший лаборант кафедри хімії та технологій Волинського національного університету імені Лесі Українки;

Сонько Сергій Петрович – доктор географічних наук (08.00.06 – Економіка природо-користування та охорони навколишнього середовища), професор, завідувач кафедри екології та безпеки життєдіяльності Уманського національного університету садівництва.

Стучинська Наталія Василівна – доктор педагогічних наук, кандидат фізико-математичних наук, професор, професор кафедри медичної і біологічної фізики та інформатики Національного медичного університету ім. О.О. Богомольця.

Тюріна Валентина Олександрівна – доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри соціології та психології Харківського національного університету внутрішніх справ;

Журнал ухвалено до друку Вченою радою
Волинського національного університету імені Лесі Українки
30 березня 2023 р., протокол № 4

Науковий журнал «Проблеми хімії та сталого розвитку» зареєстровано Міністерством юстиції України
(Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
серія KB № 24806–14746P від 27.04.2021 року)

«Проблеми хімії та сталого розвитку» включено до Переліку наукових фахових видань України категорії Б у галузі педагогічних наук (спеціальності 101 – Екологія; 102 – Хімія; 011 – Освітні, педагогічні науки; 015 – Професійна освіта (за спеціалізаціями)) відповідно до Наказу МОН України № 735 від 29 червня 2021 року (додаток 4), Наказу МОН України № 1166 від 23 грудня 2022 року (додаток 3)

Офіційний сайт видання: www.journals.vnu.volyn.ua/index.php/chemistry

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

ISSN 2786-4669 (Print)
ISSN 2786-4677 (Online)

© Волинський національний університет імені Лесі Українки, 2023

УДК 323 (477:4): 351.504.05

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-1>

Людмила ДЕМЧУК

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет “Житомирська політехніка”, вул. Чуднівська 103, м. Житомир, Україна, 10005

ORCID: 0000-0001-5698-7113

Ганна КІРЕЙЦЕВА

кандидат економічних наук, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій, Державний університет “Житомирська політехніка”, вул. Чуднівська 103, м. Житомир, Україна, 10005

ORCID: 0000-0002-1055-1784

Ілля ЦИГАНЕНКО-ДЗЮБЕНКО

аспірант, асистент кафедри екології та екологічні технології Державний університет «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

ORCID: 0000-0002-3240-8719

Вадим ВОВК

директор «Фонд сталого розвитку України», вул. Мукачівська, 6, м. Київ, Україна, 04074

ORCID: 0000-0003-1133-7971

Бібліографічний опис статті: Демчук Л., Кірейцева Г., Циганенко-Дзюбенко І., Вовк В. (2023). Концепція екологічної безпеки держави в контексті сталого розвитку та євроінтеграції. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 1, 3–11, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-1>

КОНЦЕПЦІЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ДЕРЖАВИ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ

У статті розкрито особливості екологічної безпеки в контексті сталого розвитку та євроінтеграційних процесів з точки зору практики. Розглянуто стан екологічної безпеки в Україні. Визначено, що запровадження міжнародних стандартів системи екологічного менеджменту сприятиме розвитку систем екологічного менеджменту та реалізації в Україні міжнародних природоохоронних ініціатив. З'ясовано, що у рамках виконання Угоди про асоціацію Україна-ЄС від 2022 року Верховна Рада України ухвалила та планує ухвалити багато законів з питань євроінтеграції у сфері екологічної політики та природокористування, зокрема: проєкт Закону «Про забезпечення конституційних прав громадян на безпечне для життя і здоров'я довкілля»; проєкт Закону «Про території Смарагдової мережі»; проєкт Закону «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо використання та обігу протехнічних виробів»; проєкт Закону «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо державної системи моніторингу довкілля»; Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо збереження лісів»; Закон України «Про управління відходами». Встановлено, що підписання у 2014 році Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом стало потужним поштовхом для вирішення екологічних викликів та започаткувало важливі реформи у сфері екології та клімату. Визначено напрями, які має містити концепція екологічної безпеки в контексті сталого розвитку та євроінтеграції. З'ясовано, що запланований вступ до ЄС передбачає створення управлінського потенціалу для моніторингу узгодження екологічних директив ЄС з внутрішнім законодавством України та чіткого дотримання стандартів і вимог. Україна повинна постійно наближати екологічну політику до стандартів ЄС. Політика розвитку України повинна проводитися з урахуванням національних інтересів, умов і можливостей і орієнтуватися насамперед на нові перспективні екологічні механізми, які нині впроваджуються в ЄС у рамках моделі стратегії сталого розвитку.

Серед об'єктів сучасної науки особливе місце належить соціоприродним системам, в яких взаємодіють природні та людські (соціальні) компоненти. Вивчення цих об'єктів має на меті передусім пошук шляхів підпорядкування гуманістичним цінностям як самих соціоприродних систем, так і корпусу дослідницьких методів, що застосовуються до них.

Наведено основні визначення і принципи переходу суспільства до сталого розвитку, принципи розвитку природи, основні закони і принципи сучасної екології, основи еволюційного вчення, положення екологічної парадигми,

ознаки і складові сучасної біосферної кризи людства. Розглянуто елементи теорії систем і системного підходу; умови розвитку, принципи і механізми стійкості соціально-економічних систем.

Зроблено акценти на Глобальних Цілях сталого розвитку до 2030 року і їх адаптації до України. Значну увагу приділено класифікації і методам визначення індикаторів сталого розвитку, а також головним положенням концепції екологічної освіти та освіти для сталого розвитку.

Проаналізовано сутність концепції сталого розвитку. Обґрунтовано її постіндустріальну та глобальну природу. Визначені об'єктивні та суб'єктивні чинники, які унеможливають реалізацію цієї концепції в умовах індустріального способу виробництва. Запропоновані сутнісні критерії та передумови реалізації моделі сталого розвитку.

Висвітлено основні принципи сталого розвитку та «зеленої» економіки в Україні в контексті екологічної безпеки держави. Визначено принципи формування державної політики сталого розвитку на засадах «зеленої» економіки.

В результаті проведеного аналізу обґрунтовано підстави для переходу України на модель сталого розвитку та визначено зазначені умови. Також встановлено, що проблему забезпечення сталого розвитку необхідно вирішувати шляхом системного вирішення економічних, екологічних та соціальних проблем на всіх рівнях.

Досліджено характер впливу економічних, екологічних та соціальних факторів на становлення концепції сталого розвитку в умовах глобалізації. Практична значимість полягає у систематизації факторів та умов сталого розвитку, на основі яких забезпечується реалізація принципів сталого розвитку в умовах глобалізації.

Представлено основні риси національного концепту сталого розвитку, що базується на розкритті специфіки формування суспільних відносин, що визначають диференційовані по території країни форми господарювання. Показано, що їхнє стійке функціонування забезпечується тільки в тому випадку, коли опирається на традиційні для народу духовні, культурологічні і психологічні основи. Виявлено, що для обґрунтування ефективного управління стійким розвитком необхідно використовувати сучасні уявлення про людину й суспільство, відбиті, зокрема, у філософії постмодернізму. Стратегія подальшого стійкого розвитку пов'язується з механізмами корпоративізації економічного простору й капіталізацією природних ресурсів. Розкрито загальні риси технології капіталізації природних ресурсів, що забезпечують відтворення гармонійного довкілля.

Ключові слова: екологічна безпека, стратегія розвитку, система моніторингу, екологічна проблема, інтеграція, екологічна політика, природокористування.

Lyudmila DEMCHUK

PhD in Pedagogical sciences, Associate Professor at the Department of Ecology and Environmental Technologies, Zhytomyr Polytechnic State University 103, St. Chudnivska, Zhytomyr, Ukraine, 10005

ORCID: 0000-0001-5698-7113

Anna KIREITSEVA

PhD in Economic sciences, Associate Professor at the Department of Ecology and Environmental Technologies, Zhytomyr Polytechnic State University 103, St. Chudnivska, Zhytomyr, Ukraine, 10005

ORCID: 0000-0002-1055-1784

Ilya TSYGANENKO-DYUBENKO

Postgraduate Student, Assistant at the Department of Ecology and Environmental Technologies Zhytomyr Polytechnic State University, 103, St. Chudnivska, Zhytomyr, Ukraine, 10005

ORCID: 0000-0002-3240-8719

Vadim VOVK

Director of the Sustainable Development Fund of Ukraine, str. Mukachivska, 6, Kyiv, Ukraine, 04074

ORCID: 0000-0003-1133-7971

To cite this article: Demchuk L., Kireytseva H., Tsyganenko-Dzyubenko I., Vovk V. (2023). Kontseptsiiia ekolohichnoi bezpeky derzhavy v konteksti staloho rozvytku ta yevrointehratsii [The concept of ecological security of the state in the context of sustainable development and European integration]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 1, 3–11, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-1>

THE CONCEPT OF ECOLOGICAL SECURITY OF THE STATE IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND EUROPEAN INTEGRATION

The article reveals the peculiarities of environmental security in the context of sustainable development and European integration processes from the point of view of practice. The state of environmental safety in Ukraine is considered. It was determined that the introduction of international standards of the environmental management system will contribute to the development of environmental management systems and the implementation of international environmental protection initiatives in Ukraine. It was found that as part of the implementation of the Ukraine-EU Association Agreement of 2022, the Verkhovna Rada of Ukraine adopted and plans to adopt many laws on European integration in the field of environmental policy and nature management, in particular: the draft Law "On Ensuring the Constitutional Rights of Citizens to Safe Life and environmental health"; the draft Law "On the territories of the Emerald Network"; the draft Law "On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine Regarding the Use and Circulation of Pyrotechnic Products"; the draft Law "On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine Regarding the State Environmental Monitoring System"; Law of Ukraine "On Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine on Forest Conservation"; Law of Ukraine "On Waste Management". It was established that the signing of the Association Agreement between Ukraine and the European Union in 2014 became a powerful impetus for solving environmental challenges and initiated important reforms in the field of ecology and climate. The directions that the concept of environmental safety should contain in the context of sustainable development and European integration are determined. It was found that the planned accession to the EU involves the creation of management potential for monitoring the alignment of EU environmental directives with the domestic legislation of Ukraine and clear compliance with standards and requirements. Ukraine must constantly bring its environmental policy closer to EU standards. Ukraine's development policy should be carried out taking into account national interests, conditions and opportunities and focus primarily on new promising environmental mechanisms that are currently being implemented in the EU within the framework of the sustainable development strategy model.

Among the objects of modern science, a special place belongs to socio-natural systems in which natural and human (social) components interact. The study of these objects is primarily aimed at finding ways of subordinating both the socio-natural systems themselves and the body of research methods applied to them to humanistic values.

The main definitions and principles of society's transition to sustainable development, the principles of nature's development, the basic laws and principles of modern ecology, the foundations of evolutionary theory, the position of the ecological paradigm, signs and components of the modern biosphere crisis of humanity are given. The elements of systems theory and system approach are considered; conditions of development, principles and mechanisms of stability of socio-economic systems.

Emphasis was placed on the Global Sustainable Development Goals by 2030 and their adaptation to Ukraine. Considerable attention is paid to the classification and methods of determining indicators of sustainable development, as well as the main provisions of the concepts of environmental education and education for sustainable development.

The essence of the concept of sustainable development is analyzed. Its post-industrial and global nature is substantiated. The objective and subjective factors that make it impossible to implement this concept in the conditions of the industrial method of production are determined. Essential criteria and preconditions for the implementation of the model of sustainable development are proposed.

The main principles of sustainable development and "green" economy in Ukraine in the context of environmental security of the state are highlighted. The principles of the formation of the state policy of sustainable development on the basis of the "green" economy have been determined.

As a result of the analysis, the grounds for Ukraine's transition to a model of sustainable development have been substantiated and the specified conditions have been determined. It was also established that the problem of ensuring sustainable development must be solved by systematically solving economic, environmental and social problems at all levels.

The nature of the influence of economic, ecological and social factors on the formation of the concept of sustainable development in the conditions of globalization has been studied. The practical significance lies in the systematization of the factors and conditions of sustainable development, on the basis of which the implementation of the principles of sustainable development in the conditions of globalization is ensured.

The main features of the national concept of sustainable development are presented, which is based on the disclosure of the specifics of the formation of social relations, which determine the forms of management differentiated on the territory of the country. It is shown that their sustainable functioning is ensured only when it relies on traditional spiritual, cultural and psychological foundations. It was found that in order to substantiate the effective management of sustainable development, it is necessary to use modern ideas about man and society, reflected, in particular, in the philosophy of postmodernism. The strategy of further sustainable development is connected with the mechanisms of corporatization of the economic space and the capitalization of natural resources. The general features of the technology of capitalization of natural resources, which ensure the reproduction of a harmonious environment, are disclosed.

Key words: environmental safety, development strategy, monitoring system, environmental problem, integration, environmental policy, nature management.

1. Вступ

На сучасному етапі спостерігається суттєве загострення екологічних проблем, що негативно позначається на розвитку держави в цілому. Це проявляється у значному соціальному розшаруванні суспільства, насамперед через погіршення стану здоров'я в країні, зменшенні середньої тривалості життя при народженні та нерівному доступі до ресурсів. У результаті порушується баланс «природа-економіка-суспільство», що становить собою глобальну концепцію сталого розвитку. Одним з основних наслідків такого стану є порушення рівноваги екосистеми та виникнення загроз екологічній безпеці. У цьому контексті виникає об'єктивна потреба дослідити взаємозв'язок між екологічною безпекою та сталим економічним розвитком.

Не можна заперечувати, що екологічна безпека є частиною національної безпеки. Тому пріоритетом для національної економіки є підвищення рівня екологічної безпеки. Однак можуть виникати парадокси, які нівелюють поняття сталого розвитку, який передбачає досягнення високого рівня екологічної безпеки як національного пріоритету, але передбачає гармонію між екологічною, економічною та соціальною складовими сталого розвитку.

Метою дослідження статті є розкриття особливостей екологічної безпеки в контексті сталого розвитку та євроінтеграційних процесів з точки зору практики.

Процес європейської інтеграції України тісно пов'язаний із внутрішніми процесами, які формують сучасну політику розвитку країни, здатну захищати національні інтереси. Крім економічного розвитку, актуальні напрями державного регулювання включають забезпечення екологічної та соціальної складової. Стрімкий індустріальний розвиток цивілізації почав виснажувати наявні ресурси та екологічні основи, що може прискорити епоху глобальної кризи, яка вплине на різні аспекти людського життя. Формування механізмів регулювання економічного розвитку та заходів щодо запобігання виникненню цієї кризи є одними з найважливіших завдань України та всього людства.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Окрім питання становлення екологічної безпеки в контексті сталого розвитку та євро-

інтеграційних процесів лежать в основі досліджень багатьох науковців, зокрема Г. Буканов (Буканов, 2019) вивчає євроінтеграційні аспекти формування екологічної політики в умовах сталого розвитку регіонів; С. Лутковська (Лутковська, 2020) розглядає систему екологічної безпеки сталого розвитку в умовах глобалізації економіки; Н. Ільків (Ільків, 2021) висвітлює екологічну безпеку органічного землекористування як важливу умову сталого розвитку; колектив науковців під головуванням О. Семерні (Семерня, Любинський, Федорчук, 2022) розглядає екологічну безпеку в Україні в умовах воєнного стану та висвітлює можливі напрями покращення рівня екологічної безпеки з огляду на євроінтеграцію.

Проте, доцільно зауважити, що питання становлення екологічної безпеки в контексті сталого розвитку та євроінтеграційних процесів з позиції практичного аспекту є недостатньо розкритим та потребує проведення більш ґрунтовніших досліджень у цьому напрямку.

3. Результати та їх обговорення

Стан довкілля в Україні хвилює громадян та експертів. Попри серйозні соціальні проблеми, пов'язані з економічною ситуацією, невирішеними соціальними проблемами, повномасштабною війною, екологічні проблеми в Україні вже досягли критичного рівня.

Хоча викиди парникових газів у 2020 році впали до 33,7% від рівня 1990 року, енергоємність ВВП України у 2018 році була втричі вищою, ніж у Польщі. У 2021 році було затверджено оновлений національно визначений внесок у рамках Паризької угоди, який встановлює ціль для країн досягти вуглецевої нейтральності не пізніше 2060 року (Україна виконала міжнародні зобов'язання щодо запобігання зміни клімату на початок 2022 року).

Стан екологічної безпеки в Україні перед повномасштабною війною був критичним, що наблизило екологічну катастрофу, спричинену військовими діями на території України, до її кордонів. У 2020 році Україна посіла 4 місце у світі за економічним збитком через забруднення повітря, основними джерелами якого є добувна та переробна промисловість, енергетика та підприємства аграрного сектору з викидами забруднюючих речовин понад 90% від загального обсягу. Ситуація з відходами також була жахливою. Через переважання

в національному господарстві ресурсомістких багатовідходних технологій щорічно утворюється близько 500 млн. тонн відходів, з яких утилізується лише до 25 %. Ресурсоемність національної економіки України також сприяє виснаженню та деградацію природних ресурсів, особливо сільськогосподарських угідь, які є основою продовольчої безпеки країни. Окремі показники споживання природних ресурсів на одиницю продукції в Україні значно вищі, ніж у Західній Європі. Із загальними водними ресурсами 94,1 кубічних кілометрів Україна є однією з дефіцитних водних країн світу. Дуже високі рівні хімічного забруднення зафіксовано на 30% водойм. Площа лісів в Україні становить 15,9% від загальної території, аналогічний показник у Німеччині, наприклад, становить близько 32%. Території та об'єкти природно-заповідного фонду, яких в Україні налічується 8633, займають 6,8 % площі країни. Замість зменшення площі ріллі з 2012 по 2018 роки вона зросла з 53,8% до 56,8% загальнодержавної площі за рахунок знищення трав'яних степових екосистем і корінних лісів (Проект Плану відновлення України).

Законом України «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року» (Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року) визначено необхідність належного моніторингу та контролю за дотриманням природоохоронного законодавства на об'єктах військово-оборонно-промислового комплексу, запобігання забрудненню поверхневих і підземних вод нафтопродуктами, руйнуванню природних ландшафтів тощо. Мінімізація наслідків діяльності на цих об'єктах сприятиме реформам безпеки та оборони та впровадженню стандартів НАТО. Водночас запровадження міжнародних стандартів системи екологічного менеджменту сприятиме розвитку систем екологічного менеджменту та реалізації в Україні міжнародних природоохоронних ініціатив.

За цих обставин надання Україні статусу кандидата в ЄС відкрило нові можливості для співпраці з ЄС у сфері відновлення довкілля, постраждалого від російської збройної агресії. Водночас гармонізація національного екологічного права з європейським має велике значення

для успішної участі України в європейських програмах допомоги.

У рамках виконання Угоди про асоціацію Україна-ЄС від 2022 року Верховна Рада України ухвалила та планує ухвалити багато законів з питань євроінтеграції у сфері екологічної політики та природокористування, зокрема:

1. Проект Закону «Про забезпечення конституційних прав громадян на безпечне для життя і здоров'я довкілля» (Проект Закону про забезпечення конституційних прав громадян на безпечне для життя і здоров'я довкілля), який визначає правові та організаційні засади запобігання, зменшення, контролю та ліквідації промислового забруднення навколишнього середовища. Прийняття цього закону сприятиме екологічній модернізації промисловості, зменшенню її негативного впливу на довкілля та зменшенню викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря у відповідності до європейських стандартів екологічної безпеки.

2. Реалізація європейських принципів функціонування територій Смарагдової мережі в Україні, що потребує прийняття законопроекту (реєстр. № 4461) (Проект Закону про території Смарагдової мережі, 2020), який передбачає законодавче закріплення правових та організаційних засад територіального визначення Смарагдової мережі та управління нею в Україні. Прийняття цього закону сприятиме збереженню природних середовищ існування, видів тварин і рослин, які особливо заслуговують на охорону, з метою створення правової та організаційної основи для оцінки впливу господарської діяльності, яка може суттєво вплинути на екологічну ситуацію Смарагдової мережі.

3. Проект Закону «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо використання та обігу піротехнічних виробів» (реєстр. № 7438) (Проект Закону про внесення змін до деяких законодавчих актів..., 2022), який передбачає вдосконалення та конкретизацію об'єктів, уповноважених здійснювати контроль за використанням та реалізацією піротехнічних виробів. Цей документ спрямований на забезпечення громадського порядку та безпеки, захисту населення від негативних наслідків використання піротехнічних виробів, посилення боротьби з жорстоким поводженням з тваринами та наближення законодавства України до права ЄС у цій сфері.

4. Проект Закону «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо державної системи моніторингу довкілля» (Проект Закону про внесення змін до деяких законодавчих актів України, 2022), що передбачає посилення ефективності моніторингу довкілля, в тому числі засобами геодистанційного зондування спільно з країнами ЄС.

Реалізація завдань у напрямку екологічної безпеки призведе до реалізації екологічної політики відповідно до євроінтеграційного напрямку розвитку України та Європейського зеленого курсу, що передбачено принципами сталого розвитку.

Підписання у 2014 році Угоди про асоціацію між Україною та Європейським Союзом стало потужним поштовхом для вирішення екологічних викликів та започаткувало важливі реформи у сфері екології та клімату. Угода про асоціацію стала потужним двигуном у сфері екологічної політики, що сприяло впровадженню сучасних підходів, норм і правил в Україні та сприятиме покращенню стану довкілля та здоров'я українських громадян. Співробітництво між Україною та ЄС у рамках Угоди відіграє ключову роль в успіху реформ екологічного управління, включаючи планування політики, розробку та прийняття законодавства, зміни в інституціях охорони довкілля та стилях управління, а також фундаментальні зміни в підходах до ефективного збереження природних ресурсів. Однак, варто зауважити, що з підписанням та ратифікацією Угоди про асоціацію між Україною та ЄС Україна взяла на себе багато нових зобов'язань у сфері навколишнього середовища, особливо щодо імплементації Директив, тобто приведення українського екологічного права у відповідність до норм та стандартів ЄС. Прогрес цих реформ дає Україні можливість першою підтримати ініціативу Європейського Зеленого курсу, що передбачено цілями сталого розвитку.

Слід також зазначити, що цілі сталого розвитку ООН на період до 2030 року вимагають значних соціально-економічних, екологічних, безпекових та правових змін у державах-членах (Як ООН підтримує Цілі сталого розвитку в Україні). З огляду на те, видано Указ Президента України від 30 вересня 2019 року «Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року» № 722/2019 (Про Цілі сталого роз-

витку України на період до 2030 року, 2019), в якому п'ять завдань стосуються забезпечення екологічної безпеки, зокрема «забезпечення відкритості, безпеки, життєстійкості й екологічної стійкості міст, інших населених пунктів».

Процес євроінтеграції України, безперечно, важливий, але він має як позитивні, так і негативні сторони. Якщо проведення екологічної реформи буде затягуватись, то вступ до ЄС буде неможливим у найближчі роки. Проте, слід відзначити, що у 2022 році в Україні відбулися позитивні зміни у напрямку підвищення рівня екологічної безпеки.

Так, ухвалено Закону України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо збереження лісів» (Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо збереження лісів, 2022), який передбачає два шляхи збереження рідних лісів: дозволити громадянам, підприємствам чи місцевій владі вести там лісове господарство, легалізувавши його; формально змінити цільове призначення земель із «сільськогосподарського» на «лісогосподарське» у відносно спрощеному процесі (це можуть зробити як приватні лісовласники, так і органи місцевого самоврядування, які розпоряджаються комунальними ділянками).

Також ухвалено 20 червня 2022 року Закон України «Про управління відходами» (Про управління відходами: Закон України, 2022), який регулює взаємозв'язок між запобіганням утворенню відходів в Україні та поведінням з відходами, що переміщуються територією України та вивозяться чи ввозяться за кордон. Закон визначає такі процеси утилізації відходів, як: збирання, перевезення, відновлення, видалення.

Очікується запровадити ієрархію управління відходами, до якої входитимуть центральні та місцеві органи виконавчої влади, органи місцевого самоврядування, підприємства, установи та організації. Закон також передбачає принцип «забруднювач платить», відповідно до якого виробник або власник відходів несе витрати на запобігання, збір, транспортування та утилізацію відходів, включаючи витрати на встановлення та обслуговування споруд для обробки відходів.

З метою нейтралізації існуючої загрози екологічній безпеці країни, враховуючи процес євроінтеграції, збереження та подальшого

відновлення ключових компонентів довкілля в умовах російської збройної агресії передбачено (Іванюта, 2023):

1) розробляти законопроекти з питань екологічної політики та природокористування;

2) сприяти створенню проєктів захисту та відновлення навколишнього середовища, «зеленого» переходу економіки до участі в програмі ІРА III;

3) реалізувати комплекс заходів, спрямованих на збереження, рекультивацію та оздоровлення ґрунтів, які постраждали внаслідок російської агресії.

4) розширити обсяг фінансування природних парків, щоб включити охоронювані території для досягнення цілей ЄС.

З огляду на вищезазначені аспекти, концепція екологічної безпеки в контексті сталого розвитку та євроінтеграції має включати такі напрямки [12]:

1. Реформування державного управління у природоохоронній галузі. Загалом у цьому напрямку визначено три основні проблеми.

2. Кліматична політика: запобігання та адаптація до змін клімату.

3. Екологічна безпека та ефективне управління відходами.

4. Збалансоване використання природних ресурсів в умовах підвищеного попиту й обмежених можливостей.

5. Збереження природних екосистем і біологічного різноманіття.

Незадовільний екологічний стан країни ставить під загрозу існування майбутніх поколінь та розвиток країни відповідно до стратегічних і пріоритетних задекларованих принципів сталого розвитку. У цьому контексті необхідні цілеспрямовані державні дії щодо захисту та відновлення довкілля. Основним напрямом національної екологічної політики повинно стати забезпечення національної екологічної безпеки. Потрібно також скоротити споживання природних ресурсів, щоб виправити ситуацію в країні. Таким чином, екологічна безпека має бути спрямована на забезпечення використання природних ресурсів, що сприятиме природному відновленню або заміні таких ресурсів. Одним із важливих завдань забезпечення екологічної безпеки повинно стати забезпечення життєдіяльності населення в технічно безпечному та екологічно чистому світі. Екологічно чистий

світ можливий лише тоді, коли немає загрози з боку природних об'єктів або коли безпечні об'єкти захищені від таких загроз.

Для України процес євроінтеграції має передбачати узгодження з вимогами єдиної екологічної політики ЄС. Таким чином, запланований вступ до ЄС передбачає створення управлінського потенціалу для моніторингу узгодження екологічних директив ЄС з внутрішнім законодавством України та чіткого дотримання стандартів і вимог. Україна повинна постійно наближати екологічну політику до стандартів ЄС. Політика розвитку України повинна проводитися з урахуванням національних інтересів, умов і можливостей і орієнтуватися насамперед на нові перспективні екологічні механізми, які нині впроваджуються в ЄС у рамках моделі стратегії сталого розвитку.

4. Висновки

Сталий розвиток в рамках європейської інтеграції є важливим стратегічним завданням для України, а його вирішення дозволяє розробити та впроваджувати нову концепцію екологічної безпеки. Вона має бути спрямована на всебічне підвищення якості життя людини. З іншого боку, це стане основою євроінтеграційного процесу України, оскільки сталий розвиток і стандарти екологічної безпеки є першочерговими. Варто зазначити, що єдиної концепції екологічної безпеки в умовах євроінтеграційних процесів та сталого розвитку в Україні немає. Для цього має бути розроблена система забезпечення екологічної безпеки, яка забезпечуватиме реалізацію цілеспрямованого комплексу заходів для забезпечення належного рівня екологічної безпеки держави. Реалізація цих заходів має ґрунтуватися на чіткому визначенні пріоритетів цілей охорони довкілля та розробці конкретних засобів, відповідних проєктів і програм для досягнення цих цілей. Україна може забезпечити перехід до сталого розвитку лише шляхом ефективного використання всіх видів ресурсів, структурної та технологічної модернізації виробництва та використання творчого потенціалу суспільства для розвитку та процвітання країни. Визначення шляхів забезпечення сталого розвитку України має ґрунтуватися на формулюванні стратегічних цілей державотворення з урахуванням реалій сьогодення, тенденцій розвитку світової спільноти, місця і ролі України в ЄС та світі. Головною метою ста-

лого розвитку в контексті екологічної безпеки в Україні повинно стати збереження якості навколишнього середовища та раціональне використання потенціалу природних ресурсів. Це зі свого боку стимулюватиме екологічну стійкість нашої держави.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Буканов, Г. М. Євроінтеграційні орієнтири формування екологічної політики в Україні в контексті сталого розвитку регіонів. Ефективність державного управління. 2019. № 61. С. 214-225.
2. Лутковська С. М. Сутність системи екологічної безпеки сталого розвитку в умовах глобальної економіки. Ефективна економіка. 2020. № 4. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=7767>
3. Ільків Н. В. Екологічна безпека органічного землекористування як умова сталого розвитку. Аналітично-порівняльне правознавство. 2021. № 4. С. 118-123.
4. Семерня О. М., Любинський О. І., Федорчук І. В., Рудницька Ж. О., Семерня А. О. Екологічна безпека в умовах воєнного стану. Економічні науки: науково-практичний журнал. 2022. № 2(41). С. 62-66.
5. Україна виконала міжнародні зобов'язання щодо запобігання зміни клімату на початок 2022 року. URL: <http://gr.gov.ua/PressCenter/News/?id=1406>
6. Проект Плану відновлення України. Матеріали робочої групи «Екологічна безпека». URL: <https://www.kmu.gov.ua/diyalnist/nacionalna-rada-z-vidnovlennya-ukrayini-vid-naslidkiv-vijni/robochi-grupi>
7. Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року: Закон України; Стратегія від 28.02.2019 № 2697-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>
8. Проект Закону про забезпечення конституційних прав громадян на безпечне для життя і здоров'я довкілля. URL: <https://www.kmu.gov.ua/bills/proekt-zakonu-pro-zabezpechennya-konstitutsiynikh-prav-gromadyan-na-bezpechne-dlya-zhittya-i-zdorovya-dovkillya>
9. Проект Закону про території Смарагдової мережі № 4461 від 04.12.2020 р. URL: https://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=70592
10. Проект Закону про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо використання та обігу піротехнічних виробів № 7438 від 06.06.2022 р. URL: <https://itd.rada.gov.ua/billInfo/Bills/Card/39750>
11. Проект Закону про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо державної системи моніторингу довкілля, інформації про стан довкілля (екологічної інформації) та інформаційного забезпечення управління у сфері довкілля № 7327 від 28.04.2022 р. URL: <https://itd.rada.gov.ua/billInfo/Bills/Card/39521>
12. Як ООН підтримує Цілі сталого розвитку в Україні. URL: <https://ukraine.un.org/uk/sdgs>
13. Про Цілі сталого розвитку України на період до 2030 року: Указ Президента України від 30.09.2019 № 722/2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text>
14. Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо збереження лісів: Закон України від 20.06.2022 № 2321-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2321-IX#Text>
15. Про управління відходами: Закон України; Перелік від 20.06.2022 № 2320-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>
16. Іванюта С. Нейтралізація загроз екологічній безпеці в контексті євроінтеграції. Центр безпекових досліджень. Національний інститут стратегічних досліджень. 2023. URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/natsionalna-bezpeka/neytralizatsiya-zahroz-ekolohichniy-bezpetsi-v-konteksti>
17. Нестерчук І.К. Геоєкологічний аналіз: концептуальні підходи, сталий розвиток : монографія. Житомир : ЖДТУ. 2011. 312 с.
18. Шпортко А.М., Кірейцева Г.В. Становлення концепції сталого розвитку. XVII Всеукраїнської наукової on-line конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених з міжнародною участю «Сучасні проблеми екології», 30 листопада 2022 року. Житомир : Житомирська політехніка, 2022. с. 117.
19. Древняк В., Демчук Л.І. Сталій розвиток : екологічний аспект. XVII Всеукраїнської наукової on-line конференція здобувачів вищої освіти і молодих учених з міжнародною участю «Сучасні проблеми екології», 30 листопада 2022 року. Житомир : Житомирська політехніка, 2022. с. 117.

REFERENCES:

1. Bukanov, Gh. M. (2019). Jevrointehracijni orijentyry formuvannja ekolohichnoji polityky v Ukrajinі v konteksti stalogho rozvytku rehghioniv [European integration guidelines for the formation of environmental policy in Ukraine in the context of sustainable development of regions]. Efektyvnistj derzhavnogho upravlinnja – Efficiency of public administration, 61, 214225 [in Ukrainian]
2. Lutkovsjka, S. M. (2020). Sutnistj systemy ekolohichnoji bezpeky stalogho rozvytku v umovakh ghlobaljnoji ekonomiky [The essence of the system of ecological security of sustainable development in the conditions of

the global economy]. *Efektivna ekonomika – Efficient economy*, 4. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=7767> [in Ukrainian]

3. Il'jiv, N. V. (2021). *Ekologichna bezpeka orghanichnogho zemlekorystuvannja jak umova stalogho rozvytku* [Ecological safety of organic land use as a condition for sustainable development]. *Analitychno-porivnjajne pravoznavstvo – Analytical and comparative jurisprudence*, 4, 118123 [in Ukrainian]

4. Semernja, O. M., Ljubynskij, O. I., Fedorchuk, I. V., Rudnycjka, Zh. O., Semernja, A. O. (2022). *Ekologichna bezpeka v umovakh vojnogho stanu* [Environmental security under martial law]. *Ekonomichni nauky: naukovopraktychnyj zhurnal – Economic sciences: a scientific and practical journal*, 2(41), 6266.= [in Ukrainian]

5. *Ukrajina vykonala mizhnarodni zobov'язannja shhodo zapobighannja zminy klimatu na pochatok 2022 roku* [Ukraine fulfilled its international obligations to prevent climate change by the beginning of 2022]. URL: <http://rp.gov.ua/PressCenter/News/?id=1406> [in Ukrainian]

6. *Proekt Planu vidnovlennja Ukrainy. Materialy robochoji ghrupy «Ekologichna bezpeka»* [Project of the Recovery Plan of Ukraine. Materials of the working group «Environmental safety»]. URL: <https://www.kmu.gov.ua/diyalnist/nacionalna-rada-z-vidnovlennya-ukrayini-vid-naslidkiv-vijni/robochi-grupi> [in Ukrainian]

7. *Pro Osnovni zasady (strateghiju) derzhavnoji ekologichnoji polityky Ukrainy na period do 2030 roku: Zakon Ukrainy; Strateghija vid 28.02.2019 № 2697-VIII* [On the Basic principles (strategy) of the state environmental policy of Ukraine for the period until 2030: Law of Ukraine; Strategy dated February 28, 2019 No. 2697-VIII]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text> [in Ukrainian]

8. *Proekt Zakonu pro zabezpechennja konstytucijnykh prav ghromadjan na bezpechne dlja zhyttja i zdorov'ja dokillja* [Draft Law on ensuring the constitutional rights of citizens to an environment safe for life and health]. URL: <https://www.kmu.gov.ua/bills/proekt-zakonu-pro-zabezpechennya-konstitutsijnykh-prav-gromadyan-na-bezpechne-dlya-zhyttja-i-zdorovya-dovkillja> [in Ukrainian]

9. *Proekt Zakonu pro terytoriji Smaraghdovoji merezhi № 4461 vid 04.12.2020 r.* [Draft Law on the territories of the Emerald Network No. 4461 dated 04.12.2020]. URL: https://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=70592 [in Ukrainian]

10. *Proekt Zakonu pro vnesennja zmin do dejakykh zakonodavchykh aktiv Ukrainy shhodo vykorystannja ta obighu pirekhnichnykh vyrobiv № 7438 vid 06.06.2022 r.* [Draft Law on Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine on the Use and Circulation of Pyrotechnic Products No. 7438 of June 6, 2022]. URL: <https://itd.rada.gov.ua/billInfo/Bills/Card/39750> [in Ukrainian]

11. *Proekt Zakonu pro vnesennja zmin do dejakykh zakonodavchykh aktiv Ukrainy shhodo derzhavnoji systemy monitorynghu dokillja, informaciji pro stan dokillja (ekologichnoji informaciji) ta informacijnogho zabezpechennja upravlinnja u sferi dokillja № 7327 vid 28.04.2022 r.* [Draft Law on Amendments to Certain Legislative Acts of Ukraine Regarding the State System of Environmental Monitoring, Information on the State of the Environment (Environmental Information) and Information Support for Environmental Management No. 7327 of April 28, 2022]. URL: <https://itd.rada.gov.ua/billInfo/Bills/Card/39521> [in Ukrainian]

12. *Jak OON pidtrymuje Cili stalogho rozvytku v Ukraini* [How the UN supports the Sustainable Development Goals in Ukraine]. URL: <https://ukraine.un.org/uk/sdgs> [in Ukrainian]

13. *Pro Cili stalogho rozvytku Ukrainy na period do 2030 roku: Ukaz Prezydenta Ukrainy vid 30.09.2019 № 722/2019* [On the Sustainable Development Goals of Ukraine for the period until 2030: Decree of the President of Ukraine dated September 30, 2019 No. 722/2019]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/722/2019#Text> [in Ukrainian]

14. *Pro vnesennja zmin do dejakykh zakonodavchykh aktiv Ukrainy shhodo zberezhennja lisiv: Zakon Ukrainy vid 20.06.2022 № 2321-IX* [On amendments to some legislative acts of Ukraine regarding forest conservation: Law of Ukraine dated 06.20.2022 No. 2321-IX]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2321-IX#Text>

15. *Pro upravlinnja vidkhodamy: Zakon Ukrainy; Perelik vid 20.06.2022 № 2320-IX* [On waste management: Law of Ukraine; List dated 06/20/2022 No. 2320-IX]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> [in Ukrainian]

16. *Ivanjuta, S. (2023). Nejtralizacija zagroz ekologichnij bezpeci v konteksti jevrinteghraciji* [Neutralization of threats to ecological security in the context of European integration]. *Centr bez pekovykh doslidzhenj. Nacionalnij instytut strategichnykh doslidzhenj – Center for Pec Research. National Institute of Strategic Studies*. URL: <https://niss.gov.ua/doslidzhennya/natsionalna-bezpeka/nejtralizatsiya-zagroz-ekologichnij-bezpetsi-v-konteksti> [in Ukrainian]

УДК 541.64

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-2>

Галина МАРТИНЮК

кандидат хімічних наук, доцент, професор кафедри екології, географії та туризму, Рівненський державний гуманітарний університет, вул. Пластова, 31 в, Рівне, Україна, 33000

ORCID: 0000-0001-6842-5601

Олена АКСІМЕНТЬЄВА

доктор хімічних наук, професор, професор кафедри фізичної та колоїдної хімії, Львівський національний університет імені Івана Франка, вул. Кирила і Мефодія 6/8, м. Львів, Україна, 79005

ORCID: 0000-0003-3836-9607

Бібліографічний опис статті: Мартинюк Г., Аксіментьєва О. (2023). Дослідження електропровідності та термодформаційних властивостей композитів полібутилметакрилат – поліанілін. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 1, 12–17, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-2>

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ТА ТЕРМОДЕФОРМАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОЗИТІВ ПОЛІБУТИЛМЕТАКРИЛАТ – ПОЛІАНІЛІН

Проаналізовано результати вивчення електричних та термодформаційних властивостей полімерних матеріалів на основі термопластичної полімерної матриці полібутилметакрилату (ПБМА) та електропровідного наповнювача поліаніліну (ПАН).

Показано, що концентраційна залежність питомої електропровідності від вмісту наповнювача має перколяційний характер з низьким «порогом перколяції», розраховано критичні параметри електропровідності, які властиві утворенню нескінченного кластера провідності.

З'ясовано, що характер взаємодії між полімерною матрицею ПБМА і полімерним наповнювачем ПАН проявляється у зростанні мікротвердості при вмісті наповнювача до 10% мас., і відповідно, ущільненні зразків. Про взаємодію компонентів свідчить також характер термомеханічних кривих. Значення питомої провідності добре узгоджується зі змінами мікротвердості, що є підтвердженням підсилюючого характеру взаємодії компонентів при формуванні композиту ПБМА–ПАН.

Ключові слова: полімер-полімерні композити, полімерна матриці, перколяційна залежність, мікротвердість, молекулярна маса кінетичного сегмента.

Galyna MARTYNIUK

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Professor of Department of Ecology, Geography and Tourism, Rivne State Humanities University, Plastova st., 31, Rivne, Ukraine, 33000

Olena AKSIMENTYIEVA

Doctor of Chemical Sciences, Professor, Professor of the Department of Physical and Colloid Chemistry; Ivan Franko National University of Lviv, Kyryla and Mefodia Str., 6, Lviv, Ukraine, 79005

To cite this article: Martyniuk G., Aksimentyeva O. (2023). Doslidzhennia elektroprovodnosti ta termodeformatsiinykh vlastyvostei kompozytiv polibutylmetakrylat – polianilin [Investigation of electrical conductivity and thermodeformation properties of polybuthylmethacrylate – polyaniline composites]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 1, 12–17, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-2>

INVESTIGATION OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND THERMODEFORMATION PROPERTIES OF POLYBUTHYLMETHACRYLATE –POLYANILINE COMPOSITES

The results of the study of the electrical and thermal deformation properties of polymer materials based on the thermoplastic polymer matrix of polybuthylmethacrylate (PBMA) and conducting filler polyaniline (PAN) were analyzed.

It has been shown that the concentration dependence of specific electrical conductivity on the content of fillers has a percolation character with a low «percolation threshold». The critical parameters of electrical conductivity, which are characteristic for the formation of an infinite conductivity cluster, are calculated.

It was found that the nature of the interaction between the PBMA polymer matrix and the polymer filler (PAN) is manifested in the growth of microhardness at a filler content of up to 10% by mass, and accordingly, compaction of samples. The nature of the thermomechanical curves also testifies to the interaction of the components.

The value of the specific conductivity is well consistent with the changes in microhardness, which is a confirmation of the strengthening nature of the interaction of the components during the formation of the PBMA-PAN composite.

Key words: *polymer-polymer composites, polymer matrix, percolation dependence, microhardness, molecular weight of the kinetic segment.*

Досягнення сучасної науки в галузі фізико-хімії наповнених полімерів зумовили розвиток новітніх досліджень, скерованих на пошук нових полімерних композиційних матеріалів з покращеними механічними, термомеханічними, захисними параметрами (Li S.2010).

За таких умов особливий інтерес становлять композити на основі діелектричних полімерних матриць з електропровідними полімерними наповнювачами, що вирізняються цікавими фізико-хімічними властивостями.

В роботі наведені результати вивчення фізико-хімічних властивостей, а саме електропровідності, мікротвердості та термомеханічних кривих полімер-полімерних композитів на основі термопластичної полімерної матриці полібутилметакрилату (ПБМА) та електропровідного наповнювача поліаніліну (ПАН).

Вибір полімерної матриці був зумовлений комплексом важливих фізико-хімічних властивостей полібутилметакрилату, який широко використовується у виробництві таких матеріалів як клеї, лаки, в'язучі речовини у виробництві шаруватих пластиків, емульсії. Розчин ПБМА в органічних розчинниках широко використовують при реставрації живопису, предметів прикладного мистецтва. Плівки ПБМА характеризуються підвищеною біо-, світло- і хімічною стійкістю (Енцикл. полім. 1972–1977). Надання таким композитним матеріалам електропровідності та механічної стійкості може суттєво розширити їх функціональні застосування. При цьому дуже суттєво знайти оптимальне співвідношення компонентів, яке б забезпечило як хороші фізико-механічні властивості, так і електропровідність утворених композитів.

Для одержання композитів ПБМА–ПАН використовували органічний полімерний наповнювач – поліанілін, легований H_2SO_4 , синтезований у вигляді дрібнодисперсного порошку методом окисної полімеризації під дією окис-

ника $(NH_4)_2S_2O_8$ у 0,5М сульфатній кислоті при температурі 278К (Аксіментьєва О.І. 1998). Рівень легування – 48 мол. %, питома провідність $\sigma = 3,0 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}^{-1} \cdot \text{см}^{-1}$. Розмір частинок, за даними седиментаційного аналізу – 1,5–2 мкм (Аксіментьєва О.І. 2003).

Як матричний полімер використовували ПБМА у вигляді дисперсії з середнім розміром частинок ~ 5 мкм (згідно даних оптичної мікроскопії). Зразки композитів ПБМА–ПАН у вигляді високодисперсних порошків електропровідних полімерів, диспергованих у матриці ПБМА, готували методом пресування під тиском 150 кг/см^2 і температурі 343 К (Українець А.М. 2009, Мартинюк Г.В. 2018).

Питома електропровідність пресованих зразків композитів ПБМА–ПАН визначали за стандартним 2-х контактним методом при температурі $T = 293 \text{ К}$.

Питомий опір розраховували, виходячи з формули:

$$R = (\rho \times l) / S, \quad (1)$$

де S – площа поперечного перерізу циліндричного зразка, см^2 ; l – висота, см ; R – виміряне значення опору, Ом ; ρ – питома провідність, $\text{Ом} \cdot \text{см}$.

Питома об'ємна провідність (σ) визначали як величину, обернену до питомого опору. Відносна похибка визначення (σ) для серії паралельних вимірювань не перевищувала 5 %. (Мартинюк Г.В. 2004).

Мікротвердість та граничну мікротвердість визначали використовуючи консістометр Хешплера, виходячи з проникнення (S) конусоподібного стержня в зразок під певним навантаженням і розраховували за рівнянням:

$$F_p = -\frac{G}{S} = \frac{4G10^4}{\pi \cdot h^2} \quad (2)$$

де F_p – мікротвердість, Н/м^2 , при даному навантаженні G , H ; S – площа опорної поверхні

зануреного у зразок конуса, m^2 ; h – глибина проникнення, м. (Закордонський В.П. 1988).

Термомеханічні властивості композитів ПБМА – ПАН вимірювались при одночасному нагріванні (2 град/хв) та дії навантаження (1кг). (Закордонський В. П 1988, Українець А.М. 2004).

На рис 1 подана крива залежності логарифма питомої провідності (σ) від вмісту полімерного наповнювача для полімер-полімерних композитів ПБМА–ПАН. (Мартинюк Г.В. 2015).

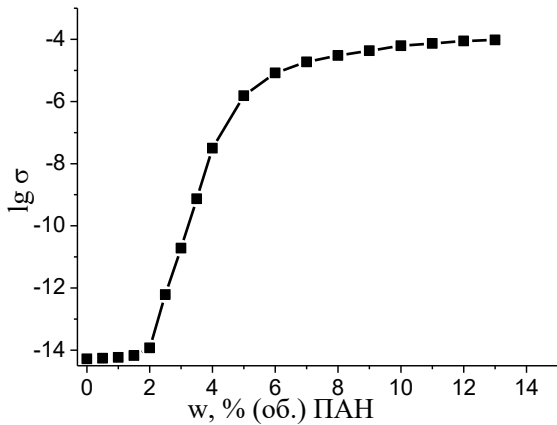


Рис. 1. Залежність логарифму питомої провідності композитів ПБМА–ПАН від вмісту електропровідного наповнювача. Поріг перколяції –2,5 об. %. (Мартинюк Г.В. 2015)

Встановлено, що крива залежності питомої провідності полімерних композитів на основі ПБМА від об’ємного вмісту полімерного наповнювача ПАН (рис. 1) характеризуються перколяційною залежністю з невеликим порогом перколяції, що становить 2,5% об. Використовуючи скейлінговий закон (модель Кіркпатріка) за нахилом кривих залежності $lg\sigma - lg(\varphi - \varphi_c)$ і $lg\sigma - lg(\varphi_c - \varphi)$ до і після порогу перколяції відповідно, було визначено критичні параметри провідності «s» і «t» (Aksimentyeva O.I. 2021), які становили відповідно «s»=0,67, «t» = 5,28. Типові залежності наведені на рис. 2.

З’ясовано, що розраховане значення критичного параметра «s» для досліджуваних композитів ПБМА–ПАН становить $s \approx 0,67$, що узгоджується з універсальними значеннями $s \approx 0,67-0,76$. Натомість значення критичного індекса «t» = 5,28 суттєво відрізняється від універсального значення, що можна пояснити особливостями взаємодії полімерної матриці з поліаміноареном, умовами формування нескінченного кластера провідності для композиту ПБМА–ПАН (Aksimentyeva O.I. 2021).

На основі експериментально визначених критичних параметрів можна стверджувати, що існує дуже вузька критична область, де виконується скейлінгове рівняння. Величина цього критичного проміжку залежить від типу та фазового складу полімерної матриці, а також електропровідності наповнювача (Aksimentyeva O.I. 2021).

Наступним кроком у наших дослідженнях був аналіз впливу вмісту компонентів на термодеформаційні властивості полімер-полімерних композитів ПАН та полімерної матриці ПБМА.

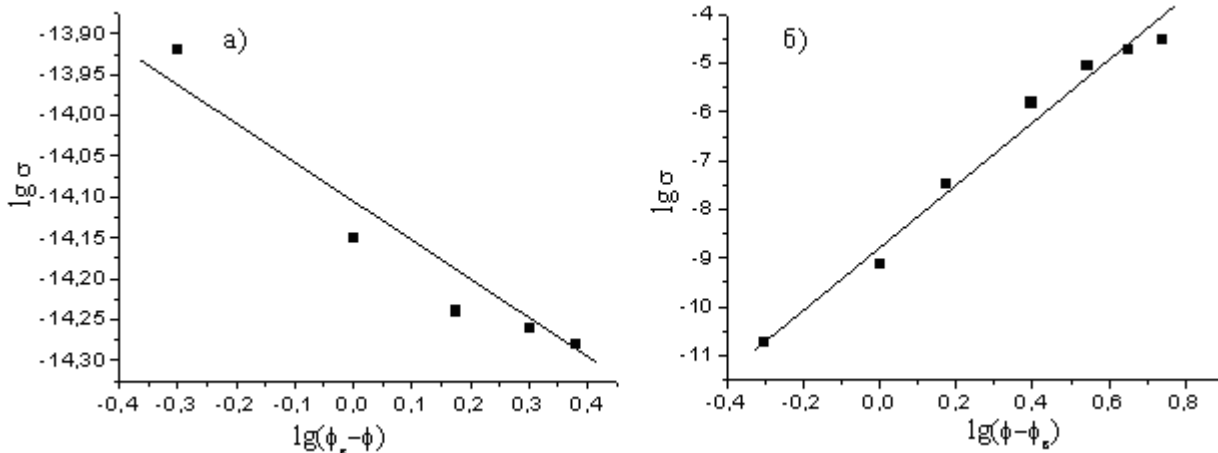


Рис. 2. Логарифмічна залежність питомої електропровідності від вмісту електропровідного наповнювача для композитів ПБМА–ПАН; (а) до досягнення порогу перколяції; (б) після досягнення порогу перколяції

На рис. 3 наведено залежності мікротвердості зразків (F) від навантаження (G) для різних співвідношень компонентів полімерних композитів. Як видно, залежність $F = f(G)$ виходить на ділянку «плато», де спостерігається гранична мікротвердість F_{∞} при певному навантаженні. (Мартинюк Г., 2020).

Аналіз одержаних результатів свідчить, що зростання вмісту наповнювача призводить і до зростання мікротвердості. Так, мікротвердість для чистого полімеру ПБМА становить $4,51 \cdot 10^9$ Н/м² (рис. 3, крива, 1). А введення наповнювача ПАН збільшує мікротвердість до $7,5 \cdot 10^9$ Н/м² за 15% вмісту струмопровідного полімеру. Введення полімерного наповнювача спричинює зростання мікротвердості, тим самим відіграючи роль підсилюючого компонента в композиті ПБМА–ПАН. Поєднання цих двох полімерів покращує механічні властивості композитів, можливо, внаслідок міжсегментальної взаємодії між наповнювачем і полімерною матрицею, що призводить до ущільнення композиту, збільшуючи його мікротвердість майже у 1,7 рази. (Мартинюк Г. 2020).

Для композитів ПБМА–ПАН було досліджено вплив природи і вмісту електропровідного полімерного наповнювача на термомеханічні властивості в умовах одноосного стиснення циліндричних зразків при одночасному нагріванні і дії навантаження. Були одержані термомеханічні криві у вигляді залеж-

ності відносної деформації від температури для композитів ПБМА–ПАН, які подані на рис. 4. (Українець А.М. 2009, Мартинюк Г. 2018). На цій основі розраховано модуль високоеластичності та молекулярну масу кінетичного сегмента (M_c) для ПБМА–ПАН.

Одержані криві мають вигляд, характерний для лінійних полімерів і за малого вмісту ПАН (2 %) подібні до чистого ПБМА (рис 3, крива 2). При вмісті ПАН 10% і 15% (рис 4., криві 5, 6) чітко виділяються три характерні ділянки для залежності $\varepsilon = f(T)$: область склоподібного, високоеластичного і в'язкотекучого стану. Температурний інтервалі 40–60°C відповідає структурному переходу композиту із склоподібного у високоеластичний стан. При $T > 80^\circ\text{C}$ – перехід композиту до в'язкотекучого стану. Варто зазначити, що для зразків, що містять 1% та 5% ПАН область високоеластичності не визначається. В таблиці 1 наведені основні характеристичні температури переходів для композитів ПБМА–ПАН.

Аналізуючи результати, подані в таблиці 1, можна відзначити про очевидний вплив поліаміліну на термомеханічні показники утворених композитів. Особливо це помітно для температури течіння, високоеластичної деформації і незначно для температури склування.

Порівнюючи результати, наведені в таблиці 1, слід відзначити, що підвищення вмісту струмопровідного наповнювача ПАН

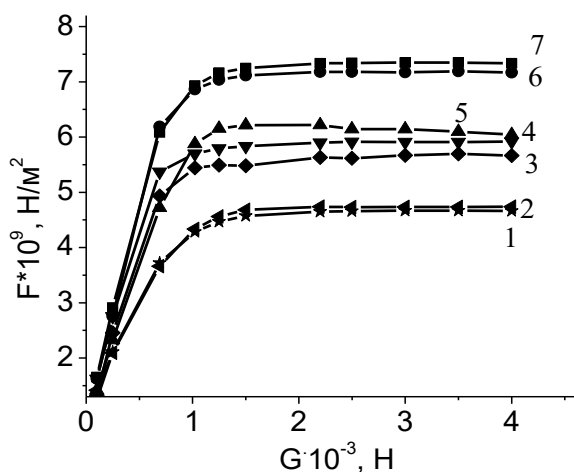


Рис. 3. Залежність мікротвердості від навантаження для композитів ПБМА–ПАН при різному вмісті полімерного наповнювача % мас.: 1–0; 2– 2; 3–3; 4–5; 5–7; 6–10; 7–15 (Мартинюк Г. 2020)

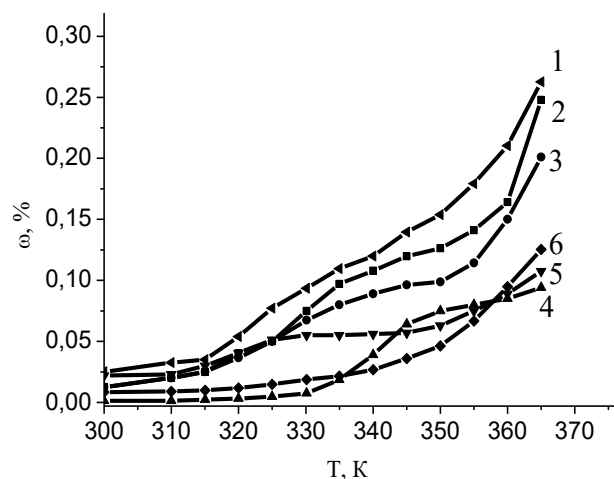


Рис. 4. Термомеханічні криві композитів ПБМА–ПАН за різного вмісту полімерного наповнювача % мас.: 1 – 0; 2 – 1; 3 – 5; 4 – 7; 5 – 10; 6– 15 (Українець А.М. 2009)

Таблиця 1
Основні характеристичні температури переходів для композитів ПБМА–ПАН

Вміст ПАН, %	$T_{скл}, ^\circ C$	$T_{теч}, ^\circ C$	$M_c, г/моль$	$F_{\infty} \cdot 10^{-9}, Н/м^2$
0	44	46	–	4,51±0,10
5	42	45	–	5,53 ±0,10
7	39	87	–	6,23±0,10
8	41	85	510	–
10	45	80	360	7,22±0,10
15	46	85	310	7,52±0,10

більше 7%, призводить до збільшення модуля високоеластичності (мікротвердості) (F_{∞}) і зменшення молекулярної маси міжвузлового (кінетичного) сегмента. (M_c). Зниження параметра M_c свідчить про збільшення міжмолекулярних контактів, наслідком чого відбувається утворення більш щільної сітки композиту, вузлами якої є молекули наповнювача (Freund M.S. 2007). Створення такої сітки призводить до обмеження рухливості кінетичних сегментів полімерної матриці, і є фактором який зумовлює зростання температури течіння.

Отримані результати добре узгоджуються зі змінами електропровідності в заданому інтер-

валі концентрації (рис. 1) Показано, що при зростанні вмісту наповнювача до 10% спостерігається значне зростання провідності, що обумовлено значним покращенням контакту між частинками електропровідного наповнювача внаслідок ущільнення композиту. (Мартинюк Г. 2018).

На основі вивчення термодформаційних і електричних характеристик композитів ПБМА–ПАН встановлено, що між полімерним електропровідним наповнювачем ПАН і термопластичною діелектричною матрицею ПБМА існує полімер-полімерна взаємодія, яка призводить до збільшення міжмолекулярних зв'язків і відповідно ущільнення утворених композитів. А це в свою чергу зумовлює покращення їх механічних властивостей.

Для отриманих композитів ПБМА–ПАН зростання провідності добре узгоджується зі зміною мікротвердості та молекулярної маси кінетичного сегмента (M_c). Вказані закономірності добре корелюють з механічними, термомеханічними та електричними властивостями композитів на основі ПАН та ПБМА, що дає змогу розширити сферу використання таких композитів (Мартинюк Г. 2018).

ЛІТЕРАТУРА:

1. Li S., Lin M.M., Toprak M.S., Kim D.K., Muhammed M. Nanocomposites of polymer and inorganic nanoparticles for optical and magnetic applications. *Nano Reviews*. 2010. Vol. 1. P. 5214. DOI: 10.3402/nano.v1i0.5214.
2. Енциклопедія полімерів.: В 3 т.– М.: Рад. Енцикл., 1972–1977. Т. 1–3.
3. Аксіментьєва О.І. Електрохімічні методи синтезу та провідність спряжених полімерів. Л.: Світ, 1998. 153 с.
4. Аксіментьєва О.І., Українець А.М., Конопельник О.І., Євчук О.М. Спосіб одержання струмопровідних полімерних композитів. Патент № 53159 А (UA). Опубл.15.01.2003. Бюл. № 1.6 с.
5. Українець А.М., Мельник Г.М., Євчук О.М., Аксіментьєва О.І. Фізико-механічні властивості композитів полібутилметакрилату і поліаніліну. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені В. Гнатюка. Серія хімія*. 2009. № 15. С. 64–67.
6. Мартинюк Г., Аксіментьєва О. Вплив електропровідного полімерного наповнювача на термомеханічні властивості полімер-полімерних композитів. *Вісник Львівського університету. Серія хімічна*. 2018. Випуск 59(2). С. 355–362.
7. Аксіментьєва О.І., Конопельник О.І., Українець А.М., Гриців М.Я., Мартинюк Г.В. Анізотропія провідності та перколяційні явища в плівкових композитах спряжених поліаміноаренів з полівініловим спиртом. *Фізика і хімія твердого тіла*. 2004. Т. 5(1). С. 142–146.
8. Закордонський В. П., Марковська Р. П., Українець А. М. Методичні вказівки до вивчення реології полімерів. Львів: ЛДУ. 1988. 16с.
9. Українець А.М., Аксіментьєва О.І., Мартинюк Г.В. [та ін.]. Термомеханічні і електричні властивості композитів спряжених поліаміноаренів з полівініловим спиртом. *Вопросы химии и химической технологи*. 2004. Т.3. С. 132–135.
10. Мартинюк Г.В. Вплив діелектричної полімерної матриці на властивості композитів з електропровідним полімерним наповнювачем. *East European Scientific Journal Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe*. 2015. № 3. С. 73–77.
11. Aksimentyeva O.I., Martyniuk G.V. Percolation phenomena in the composites with conducting polymer filler. *Physics and chemistry of solid state*. 2021. Vol. 22(4). P. 811–816. DOI: 10.15330/pcss.22.4.811-816.

12. Мартинюк Г., Аксментьєва О. Вплив електропровідного полімерного наповнювача на мікротвердість композитів з діелектричними полімерними матрицями. Праці Наукового товариства ім. Шевченка. Хім. науки. 2020. Т. LX. С. 14–21. DOI: <https://doi.org/10.37827/ntsh.chem.2020.60.014>
13. Freund M.S., Deore B.A. Self-doped conducting polymers. *Technology and Engineering*. 2007. 338 p.
14. Aksimentyeva O.I. Chapter 9. Synthesis and Physical–Chemical Properties of Composites of Conjugated Polyaminearenes with Dielectric Polymeric Matrixes / O. I. Aksimentyeva, O. I. Konopelnyk, G. V. Martyniuk, and others. eds.: O. V. Reshetnyak, G. E. Zaikov. *Computational and Experimental Analysis of Functional Materials*. – Toronto: Apple Academic Press. 2017. P. 331–370. ISBN: 978-1-771883-42-9.

REFERENCES:

1. Li S., Lin M.M., Toprak M.S., Kim D.K., Muhammed M. (2010). Nanocomposites of polymer and inorganic nanoparticles for optical and magnetic applications. *Nano Reviews*. Vol. 1. P. 5214. DOI: 10.3402/nano.v1i0.5214. [in English].
2. Entsyklopediia polimeriv (1972–1977): [Encyclopedia of polymers]. In 3 vols.– M.: Rad. Encycl. Vol. 1–3. [in Ukrainian].
3. Aksimentyeva O. I. (1998). *Elektrokhimichni metody syntezu ta providnist spriazhenykh polimeriv [Electrochemical methods of synthesis and conductivity of conjugated polymers]*. Lviv: Svit, 153 [in Ukrainian].
4. Aksimentyeva O.I., Ukrainets A.M., Konopelnyk O.I., Yevchuk O.M. (2003). Sposib oderzhannia strumoprovodnykh polimernykh kompozytiv. [The method of obtaining conductive polymer composites]. Patent № 53159 A (UA). Opubl.15.01.2003. Biul. № 1. 6 s. [in Ukrainian].
5. Ukrainets A.M., Melnyk H.M., Yevchuk O.M., Aksimentyeva O.I. (2009). Fyzyko-mekhanichni vlastyvoli kompozytiv polibutylmetakrylatu i polianilinu [Physico-mechanical properties of polybutyl methacrylate and polyaniline composites]. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni V. Hnatiuka. Seriiia khimiiia. – Scientific notes of Ternopil National Pedagogical University named after V. Hnatiuk. Chemistry series, 15, 64–67* [in Ukrainian].
6. Martyniuk H., Aksimentyeva O. (2018). Vplyv elektroprovodnoho polimernoho napovniuvacha na termomekhanichni vlastyvoli polimer-polimernykh kompozytiv [Influence of the conductive polymer filler on thermomechanical properties of the polymer-polymer composites.]. *Visnyk Lviv u-tu. Ser khimichna. – Bulletin of Lviv University. Chemistry series, 59(2), P. 355 3622* [in Ukrainian].
7. Aksimentyeva O. I., Konopelnyk O.I, Ukrainets A.M., Hrytsiv M.Ia. Martyniuk H. (2004). Anizotropiia providnosti ta perkoliatsiini yavyshecha v plivkovykh kompozytakh spriazhenykh poliaminoareniv z polivinilovym spyrtom [Conduction anisotropy and percolation phenomena in film composites of conjugated polyaminoarenes with polyvinyl alcohol]. *Fizyka i khimiiia tverdoho tila – Solid state physics and chemistry, 5(1), 142 – 146*. [in Ukrainian].
8. Zakordonskyi V. P., Markovska R. P., Ukrainets A. M. (1988). Metodychni vkazivky do vyvchennia reolohii polimeriv. [Methodical instructions for studying the rheology of polymers]. Lviv: LDU, 16 [in Ukrainian].
9. Ukrainets A.M., Aksimentyeva O.I, Martyniuk H.V. [ta in.] (2004). Termomekhanichni i elektrychni vlastyvoli kompozytiv spriazhenykh poliaminoareniv z polivinilovym spyrtom [Thermomechanical and electrical properties of composites of conjugated polyaminoarenes with polyvinyl alcohol]. *Voprosy khymyy u khymycheskoi tekhnolohy – Questions of chemistry and chemical technology, 3, 132–135*. [in Ukrainian].
10. Martyniuk H.V. (2015). Vplyv dielektrychnoi polimernoi matrytsi na vlastyvoli kompozytiv z elektroprovodnym polimernym napovniuvachem. *East European Scientific Journal Wschodnioeuropejskie Czasopismo Naukowe. № 3. P. 73–77*. [in Ukrainian].
11. Aksimentyeva O.I., Martyniuk G.V. (2021). Percolation phenomena in the composites with conducting polymer filler. *Physics and chemistry of solid state. Vol. 22. No. 4. P. 811–816*. DOI: 10.15330/pcss.22.4.811-816. [in English].
12. Martyniuk Galyna, Aksimentyeva Olena (2020). Vplyv elektroprovodnoho polimernoho napovnyuvacha na mikrotverdist kompozytiv z dielektrychnymy polimernymy matrycyamy.[Influence of the conductive polymer filler on thermomechanical properties of the polymer-polymer composites]. *Praci NTSh. Xim. nauky. T. LX, 14–21* [in Ukrainian].
13. Freund M.S., Deore B.A (2007). Self-doped conducting polymers. *Technology and Engineering*. 338 p. [in English].
14. Aksimentyeva O.I. Chapter 9. Synthesis and Physical–Chemical Properties of Composites of Conjugated Polyaminearenes with Dielectric Polymeric Matrixes / O. I. Aksimentyeva, O. I. Konopelnyk, G. V. Martyniuk, and others. eds.: O. V. Reshetnyak, G. E. Zaikov. *Computational and Experimental Analysis of Functional Materials*. – Toronto: Apple Academic Press. 2017. P. 331–370. ISBN: 978-1-771883-42-9. [in English].

УДК 504.05: 631.95: 500.3

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-3>

Людмила НОНІК

аспірант, асистент кафедри екології та природоохоронних технологій Державного університету «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

ORCID: 0000-0003-4234-8948

Ірина ПАЦЕВА

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та природоохоронних технологій Державного університету «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

ORCID: 0000-0002-6572-681X

Ілля ЦИГАНЕНКО-ДЗЮБЕНКО

аспірант, асистент кафедри екології та природоохоронних технологій Державного університету «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

ORCID: 0000-0002-3240-8719

Олександр МЕДВІДЬ

аспірант, асистент кафедри екології та природоохоронних технологій Державного університету «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

ORCID: 0000-0002-2368-712X

Іван ДАСЕВИЧ

аспірант кафедри екології та природоохоронних технологій Державного університету «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

Бібліографічний опис статті: Нонік Л., Пацева І., Циганенко-Дзюбенко І., Медвідь О., Дасевич І. (2023). Визначення екологічних пріоритетів управління відходами (на прикладі полігону ТПВ м. Житомир). *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 1, 18–26, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-3>

ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРІОРИТЕТІВ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ (НА ПРИКЛАДІ ПОЛІГОНУ ТПВ М. ЖИТОМИР)

Мета дослідження. Зі створенням полігонів твердих побутових відходів пов'язаний комплекс серйозних екологічних проблем. Насамперед, у районі розташування полігонів порушується природний ландшафт і всі компоненти довкілля поблизу полігонів зазнають різних негативних впливів. Крім цього, з господарського обороту вилучаються чималі земельні площі. У ряді випадків негативний вплив на довкілля призводить до її деградації, а іноді і до зміни екосистеми. В Україні стан поводження з побутовими відходами в край незадовільний. На вирішення цієї проблеми необхідно зосередити зусилля всіх органів державного управління в галузі охорони навколишнього природного середовища.

Методологія. Проаналізовано наукові праці вітчизняних дослідників, щодо визначення екологічних пріоритетів природоохоронної діяльності під час поводження з відходами та вирішення проблем поводження з відходами в Україні. В роботах авторами була надана оцінка загальносвітовим тенденціям у сфері управління відходами, в тому числі, виходячи із прогнозів щодо незупинного зростання обсягів відходів виробництва та споживання, а також трансформації їх якісного складу. Також, аналіз літературних джерел дозволяє зробити висновок, що в Україні нагальним питанням є вивчення впливу звалищ ТПВ на елементи навколишнього середовища.

Наукова новизна полягає у обґрунтуванні та розробці організаційно-технічних рішень із забезпечення екологічної безпеки звалищ твердих побутових відходів та мінімізації їх негативного впливу на довкілля.

Висновки. Для досягнення позитивних змін у секторі поводження з твердими побутовими відходами найважливішим завданням сьогодні є здійснення заходів запобігання утворення відходів та зменшення ступеня їх

небезпеки. Якщо це неможливо зробити, то відходи необхідно повторно використовувати, рециклювати або застосовувати як джерело енергії.

Ключові слова: управління відходами, сміттєзвалища, вплив на довкілля, зміна екосистем.

Liudmyla NONIK

ph.D.-student (Ecology) assistant professor of the department of ecology and environmental technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, 103 Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005

ORCID: 0000-0003-4234-8948

Iryna PATSEVA

Doctor of Technical Sciences, professor, head of the department of ecology and environmental technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, 103 Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005

ORCID: 0000-0002-6572-681X

Illia TSYHANENKO-DZIUBENKO

ph.D.-student (Ecology) assistant professor of the department of ecology and environmental technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, 103 Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005

ORCID: 0000-0002-3240-8719

Oleksandr MEDVID

ph.D.-student (Ecology) assistant professor of the department of ecology and environmental technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, 103 Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005

ORCID: 0000-0002-2368-712X

Ivan DASEVYCH

ph.D.-student (Ecology), department of ecology and environmental technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, 103 Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005

To cite this article: Nonik L., Patseva I., Tsyhanenko-Dziubenko I., Medvid O., Dasevych I. (2023). Vyznachennia ekolohichnykh priorityativ upravlinnia vidkhodamy (na prykladi polihonu TPV m. Zhytomyr) [Determination of ecological priorities waste management (on the example of the Zhytomyr waste landfill)]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 1, 18–26, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-3>

DETERMINATION OF ECOLOGICAL PRIORITIES WASTE MANAGEMENT (ON THE EXAMPLE OF THE ZHYTOMYR WASTE LANDFILL)

The aim of the research. A set of serious environmental problems are associated with the creation of solid household waste landfills. Firstly, in the area where the landfills are located, the natural landscape is disturbed and all components of the environment near the landfills experience various negative impacts. In addition, considerable land areas removed from economic turnover. In some cases, the negative impact on the environment leads to its degradation and sometimes to the ecosystem change. In Ukraine, the state of regional domestic waste management is unsatisfactory. It is necessary to focus the government efforts in the field of environmental protection on solving this problem.

Methodology. The scientific works of domestic researchers have been analyzed regarding the determination of ecological priorities of environmental protection activities during waste management and solving the problems of waste management in Ukraine. In the works, the authors provided an assessment of global trends in the field of waste management, including, based on forecasts regarding the continuous growth of production and consumption waste volumes, as well as transformations in their qualitative composition. Also, the analysis of literary sources allows us to conclude that the study of the impact of solid waste landfills on environmental elements is an urgent issue in Ukraine.

The scientific novelty consists in the justification and development of organizational and technical solutions for ensuring the environmental safety of solid waste landfills and minimizing their negative impact on the environment.

Conclusions. To achieve positive changes in the solid waste management sector, the most important task today is to implement measures to prevent the generation of waste and reduce the degree of its danger. If this is not possible, then the waste must be reused, recycled or used as a source of energy.

Key words: waste management, waste landfills, impact on the environment, ecosystem changes.

Актуальність проблеми. Полігони ТПВ в Україні є сховищами відходів різного походження та складу. На жаль, на полігонах багатьох регіонів нашої держави продовжує відбуватися спільне поховання побутових, промислових, будівельних відходів та навіть мулових опадів. Під впливом зовнішніх та внутрішніх факторів у тілі полігону відбуваються біо- та геохімічні реакції з виділенням тепла та утворенням нових речовин у твердому, рідкому та газоподібному станах. Проблема функціонування полігонів ТПВ є однією з основних екологічних проблем, і вагомим елементом дослідження в аспекті ресурсокористування. Полігони ТПВ це наглядний приклад діяльності людства, для них характерна низка ознак хімічного забруднення ґрунтів, поверхневих, ґрунтових та підземних вод, рослинних груп, атмосферного повітря, які є об'єктами різноманітних екологічних досліджень.

Дослідження пов'язані з вивченням стану звалищ ТПВ та їх впливу на навколишнє середовище є актуальними, так як вивчення матеріалів з екологічних проблем полігонів твердих побутових відходів показують, що фільтрат та звалищний газ є основними забруднювачами довкілля. Також протягом тривалого часу відбувається постійне винесення речовин за межі полігону та утворення ореолів забруднення, розміри та характер яких залежать від стійкості геологічного середовища до техногенного впливу, що визначається комплексом властивих їй природних умов.

Результати роботи можуть бути використані у практиці обґрунтування та розробки організаційно-технічних рішень із забезпечення екологічної безпеки звалищ твердих побутових відходів та мінімізації їх негативного впливу на довкілля.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Огляд та аналіз наукових праць науковців, щодо визначення екологічних пріоритетів природоохоронної діяльності під час поводження з відходами та вирішення проблем поводження з відходами в Україні, спираючись на успішний досвід переробки придатних до вторинного використання відходів і повної утилізації усіх інших їх видів, підтверджує актуальність та нагальність питання. В роботах авторами була надана оцінка загальносвітовим тенденціям у сфері управління відходами, в тому

числі, виходячи із прогнозів щодо незупинного зростання обсягів відходів виробництва та споживання, а також трансформацій їх якісного складу. Авторами досліджень також визначено необхідність невідкладного формування ефективної системи управління відходами в Україні (Гончаренко, 2015; Коцюба, 2019, 2020, 2021; Попович, 2013, 2021; Тетеньова, 2017; Khrutba, 2021). Також, аналіз літературних джерел дозволяє зробити висновок, що в Україні нагальним питанням є вивчення впливу звалищ ТПВ на елементи навколишнього середовища (Літовка, 2021; Молчанова, 2016; Мольчак, 2015; Самойлік, 2017; Тітенко, 2017; Kotsiuba, 2019, 2023).

Мета дослідження. Зі створенням полігонів твердих побутових відходів пов'язаний комплекс серйозних екологічних проблем. Насамперед, у районі розташування полігонів порушується природний ландшафт і всі компоненти довкілля поблизу полігонів зазнають різних негативних впливів. Крім цього, з господарського обороту вилучаються чималі земельні площі. У ряді випадків негативний вплив на довкілля призводить до її деградації, а іноді і до зміни екосистеми.

В Україні стан поводження з побутовими відходами є вкрай незадовільним. На вирішення цієї проблеми необхідно зосередити зусилля всіх органів державного управління в галузі охорони навколишнього природного середовища. Переважна більшість виробничих і побутових відходів продовжується накопичуватися на територіях підприємств та військових об'єктів. Обладнання майданчиків для тимчасового зберігання відходів відбувається за узгодженням Державної санітарно-епідеміологічної служби України, однак переважна більшість місць зберігання відходів, на жаль, не відповідає всім умовам екологічної безпеки, які визначені відповідним законом «Про охорону навколишнього природного середовища» та постановами КМУ. Вичерпали потужності полігони твердих побутових відходів м. Житомир, Хмельницької області, м. Чернігів, та ін. Всього по країні кількість перевантажених полігонів твердих побутових відходів складає понад 200 одиниць. Саме тому, метою роботи є вивчення екологічного стану звалища твердих побутових відходів м. Житомира та встановлення хімічного складу поверхневих вод на площах його впливу. Для досягнення поставленої мети в роботі сформу-

льовані і вирішені наступні завдання: – здійснити пошук та аналіз літературних джерел, у яких наведені результати впливу звалищ побутових відходів на об'єкти довкілля; – проаналізувати стан звалища та його впливу на повітря та поверхневі води за звітними матеріалами. Об'єкт дослідження – звалище та поверхневі води, які забруднені внаслідок проникнення фільтратів, утворених в середині товщі сміття. Предметом дослідження є закономірності утворення та міграції фільтратів звалищ твердих побутових відходів до поверхневих вод.

Викладення основного матеріалу дослідження.

Відповідно до Закону України «Про відходи» поводження з відходами – це дії, спрямовані на запобігання утворенню відходів, їх збирання, перевезення, сортування, зберігання, оброблення, перероблення, утилізацію, видалення, знешкодження і захоронення, включаючи контроль за цими операціями та нагляд за місцями видалення. Побутові відходи – це відходи, що утворилися в процесі життя і діяльності людини в житлових та нежитлових будинках (тверді, великогабаритні, ремонтні, рідкі, крім відходів, пов'язаних з виробничою діяльністю підприємств) і не використовуються за місцем їх накопичення.

До джерел утворення побутових відходів належать об'єкти, на яких утворюються побутові відходи (житловий будинок, підприємство, установа, організація, земельна ділянка). Кількісні та якісні характеристики побутових відходів не є постійними та залежать від джерел їх утворення. У загальному вигляді до складу твердих побутових відходів входять: харчові відходи (овочі, фрукти, відходи садівництва тощо); папір та картон; полімери (пластик, пластмаси); скло; чорні метали; кольорові метали; текстиль; дерево; небезпечні відходи (батареї, сухі та електролітичні акумулятори, тара від розчинників, фарб, ртутні лампи, телевізійні кінескопи тощо); кістки, шкіра, гума; залишок твердих побутових відходів після вилучення компонентів (дрібне будівельне сміття, каміння, вуличний змет тощо).

Основні засади управління відходами полягають у так званій «ієрархії управління відходами». Найважливіше – запобігти утворення відходів та зменшити ступінь їх небезпеки. Якщо це неможливо зробити, то відходи необ-

хідно повторно використовувати, рециркулювати або застосовувати як джерело енергії (спалювання). Як останній засіб, відходи необхідно безпечно видалити, що здебільшого означає поховання на звалищах.

Існуючий полігон твердих побутових відходів м. Житомир був утворений у 1957р. і у теперішній час його загальна площа становить близько 22 га, а площа складування – близько 19 га. За час свого існування на ньому накопичилось близько 15 млн. м³ різних відходів, які утворюють шар висотою близько 30 метрів. Даний полігон є типовим і експлуатується з мінімальним виконанням природоохоронних заходів, а побутові відходи без попереднього сортування складуються на ньому. Відходи надходять головним чином від багатоповерхових і приватних будинків м. Житомира (біля 89%), а також від комерційних суб'єктів господарювання (біля 11%). Морфологічний склад побутових відходів, які надходять до полігону: харчові відходи – 33,1%; папір – 5,9%; метал – 3,3%; полімерна упаковка – 13,2%; деревина – 4,1%; скло – 13,5%; ганчір'я – 2%; шкіра, гума – 1,4%; будівельні відходи – 3,7%; шляховий змет – 11%; інші відходи – 8,8%.

Найменша відстань звалища до межі міста – 0,65 км; до житлової та громадської забудови – 0,514 км; до сільськогосподарських угідь – 0,05 км; до лісового масиву – 0,05 км; до р. Крошенки (притоки р. Кам'янки) – 1200 м.

В цілому спостерігається певний негативний вплив даного сміттєзвалища на об'єкти навколишнього середовища, яке полягає у забрудненні повітря в процесі тління та згоряння відходів; забрудненні поверхневих та підземних вод різними хімічними речовинами, які містяться у водних фільтратах, що утворюються в середині маси відходів.

Утворення фільтратів відбувається за рахунок підвищеної вологості самих відходів, а також за рахунок атмосферних опадів. Середньорічний об'єм надходження відходів на полігон – 162,2 тис м³, або 54 тис. т за питомої маси 0,333т/м³, розрахункова вологість – 60%. Таким чином за 1 рік на площу вноситься близько 32,4 тис. м³ гравітаційної води. Крім того, сума опадів для території звалища складає 562 мм/рік (за даними метеостанції Житомира). Враховуючи середню площу тіла полігону (18,7 га), середньорічний об'єм опадів на тіло

полігону складає 105,094 тис. м³/рік. Випаровування з поверхні полігону, яке залежить від суми опадів та радіаційного балансу поверхні випаровування (40,3 ккал/см² рік) складає 460 мм/рік (86,02 тис. м³/рік). Таким чином, об'єм утворення фільтрату на полігоні складає 51,47 тис.м³/рік або 141 м³/добу.

Згідно санітарно-технічного паспорту у фільтраті відстійників виявлені хімічні речовини, які містять фосфати, залізо, кобальт, кадмій, свинець, а показники ХСК та БСК, лужність та жорсткість на звалищі є завищеними (табл. 1). Матеріали свідчать про достатньо значні концентрації речовин, які визначалися. Відомо, що сульфати та хлориди є дуже шкідливими забруднювачами води і можуть викликати (в залежності від їх вмісту) численні розлади здоров'я у людей.

Таблиця 1

Вміст хімічних речовин у фільтраті полігону твердих побутових відходів

Показник	Значення показника
ХПК, мгО ₂ /дм ³	1996
Сульфати, мг/дм ³	365
Хлориди, мг/дм ³	3834
Залізо, мг/дм ³	7,2
Азот амонійний, мг/дм ³	262,2
Сухий залишок	6208

У районі розташування звалища існують специфічні геоморфологічні, ґрунтові та гідрологічні умови, які можуть впливати на інтенсивність надходження фільтратів до об'єктів водного середовища. Так, тут присутні наступні водоносні горизонти та комплекси: водоносний горизонт в сучасних алювіальних відкладах (аН), а статичні рівні залягають на глибинах 0,2–1,0 м, водоносний горизонт підлягає забрудненню з поверхні землі; водоносний горизонт середньо-четвертинних водно-льодовикових відкладів (f РН dn), а статичні рівні ґрунтових вод залягають на глибинах 0,5–2,6 м, що вказує на те, що в описаних відкладах відсутній водопор, а водоносний горизонт підлягає забрудненню з поверхні землі; строкаті глини з малопотужними проверстками пісків сарматського ярусу, які слугують водоупором між підземними водами середньо-четвертинних піщаних відкладів та водами в зоні вивітрювання та тріщинуватості кристалічних порід протерозою;

водоносний горизонт тріщинуватої зони кристалічних порід протерозою та продуктів їх руйнування розвинений всюди.

Полігон звалища, як свідчить технічна документація, не має фільтраційного екрану, системи відводу та очищення фільтрату. Головних шляхів поширення забруднення з території складування відходів, скоріше всього, є фільтрат та поверхневі води, що стікають з території полігону під час сильних дощів. З метою підтвердження цього положення здійснено аналіз хімічної характеристики води річки Крошенка, яка протікає біля полігону. Було використано матеріали відділу лабораторного контролю Державної екологічної інспекції в Житомирській області. Також проаналізовано стан води 11 основних річок області: Тетерів, Случ, Уж, Норинь, Ірша, Гнилоп'ять, а також гирла р. Гуйви, три річки на прикордонних з Київською областю територіях: р. Кам'янка, р. Ірпінь та р. Роставиця (басейн р. Рось), р. Уборть.

Аналізуючи дані про хімічний склад води можна зробити припущення, що головним фактором який призводить до їх забруднення у регіоні є надходження неочищених або недостатньо очищених комунально-побутових та промислових стічних вод безпосередньо у водні об'єкти та через системи каналізації.

Безпосередній аналіз даних свідчить, що вплив різноманітних звалищ на хімічний склад води річок є досить суттєвим. Це пояснюється тим, що у процесі експлуатації звалища в нижній частині відходів концентрується значна кількість фільтрату. Фільтрат має: складний хімічний склад, який залежить від багатьох факторів; високий вміст токсичних речовин; наявність різноманітних мікроорганізмів, серед яких багато патогенних. При натурному обстеженні виявилось, що вздовж річки відсутні промислові підприємства, які б могли забруднювати річку промисловими відходами. Тому припущення про вплив на стан води звалища є цілком ймовірним. Також було встановлено, що хімічний склад води річок Житомирської області є достатньо близьким до хімічного складу води інших річок Українського Полісся.

За розрахунковими даними на звалищі відбувається також забруднення повітря в процесі тління та згоряння відходів. Об'єми надходження у повітря речовин складають: азоту діоксид – 14,2 т/рік, аміаку – 68,2 т/рік, ангідриду сірчис-

того – 3,3 т/рік, сірководню – 8,95 т/рік, вуглецю оксид – 31,24 т/рік, метану – 6771,13 т/рік, ксилолу 56,68 т/рік, толуолу – 92,52 т/рік, етилбензолу – 12,15 т/рік, формальдегіду – 12,28 т/рік.

Аналіз вивчених матеріалів дозволяє зробити певні узагальнення: звалище твердих побутових відходів є потужним джерелом хімічного та органічного забруднення поверхневих вод. Можна стверджувати, що значне забруднення води сульфатами, амонійним азотом, загальним залізом та дуже високий показник хімічного споживання кисню пов'язане з діяльністю даного звалища.

У практиці передових країн, за звичай, влаштовуються «керовані» полігони, створення яких відбувається після детального вивчення рельєфу, гідро-геологічних умов, клімату. Проектуються та втілюється у життя дренажна система збору фільтраційних вод, система труб для відведення біогазу, а також створення захисних екранів із матеріалів, які мають високу ступінь гідроізоляції.

Можна виділити два підходи до управління процесами анаеробної інертизації заскладованого сміття для досягнення природоохоронного ефекту на довготерміновий період – через прискорення (інтенсифікацію) або уповільнення (придушення) процесів біодеградації. Перший підхід характеризується інтенсивними емісіями, але адаптація полігону до природного середовища в цьому випадку проходить за короткий термін. За другого підходу життєвий цикл полігону подовжується, але забруднення природного середовища токсичними емісіями зводиться до мінімуму.

До методів інертизації заскладованого сміття належать: передпідготовка ТПВ перед розміщенням на полігоні, наприклад механо-біологічна передпідготовки, змішане складування (проектування композитних сумішей), введення комплексу ферментативних препаратів перед складуванням (прискорення біорозкладу), спалювання; вплив на заскладоване сміття, наприклад зволоження, рециркуляція фільтрату поверхневих стічних вод, аерація примусова та шляхом природного припливу повітря (напіваеробний полігон), введення добавок в заскладоване сміття – ферментів каталізаторів, мікроорганізмів, подача додаткових поживних речовин.

Виконання поставлених цілей – мінімізація кількості відходів, які направляються на об'єкти

їх переробки та складування, удосконалення існуючих місць складування відходів, організація управління процесами біодеградації заскладованого сміття, управління процесами анаеробної інертизації сміття, скорочення кількості звалищ – це завдання, яка може бути вирішена лише за умови створення науково – обґрунтованої концепції у сфері управління твердими побутовими відходами.

Закриття полігону твердих побутових відходів зазвичай вимагає вирішення серії конкретних заходів: обґрунтування тривалості періоду закриття полігону; проектування та здійснення складування поточних відходів з урахуванням закриття полігону; створення системи збору та утилізації біогазу; створення системи збору та відводу умовно чистих атмосферних опадів; створення системи збору та очищення інфільтратів; створити проект поетапної технічної та біологічної рекультивації полігону.

У зв'язку з тим, що полігон твердих побутових відходів м. Житомир існує дуже тривалий час, створених без спеціальної підготовки вказаної вище, слід розглянути наступні варіанти подальшого поводження з ним:

– Пошук місця, проектування, здійснення підготовчих робіт нового полігону твердих побутових відходів. Новий полігон необхідно проектувати з урахуванням сучасних уявлень про їх створення, у відповідності до існуючих нормативних документів України (ДБН В.2.4-2-05) та Євросоюзу (ЄК 91/271/ЕЕС).

– Розширення функціональних можливостей та пропускних потужностей функціонуючого заводу по переробці сміття, на якому відходи проходять стадію сепарації (вилучення цінних компонентів), подаються на анаеробний розклад і у подальшому або спалюється, або складується. Наявний завод у м. Житомир розпочав своє функціонування у лютому 2023 р.

У той же час складування відходів в період підготовки та закриття полігону повинно слугувати не тільки як метод утилізації, але і як складова комплексного підходу до рекультивації полігону твердих побутових відходів. На площах, які не будуть використовуватися і де не передбачається рух вантажного транспорту, повинна бути завершена технічна рекультивація з формуванням наступних ізоляційних шарів та матеріалів: мінеральний захисний шар з водопроникністю 10^{-9} м/с

і товщиною 1 м.; шар синтетичної гідроізоляції завтовшки не менше 3 мм, стійкої до хімічної та біологічної агресії і до пошкодження гризунами; дренажний шар товщиною 0,5 м, який служить для відведення атмосферних вод з поверхні полігону ТПВ; рекультиваційний шар не менше 1 м, що має шар родючого ґрунту 30 ... 50 см.

Відомо, що законодавство Євросоюзу вимагає закриття полігонів ТПВ, які не відповідають вимогам. Крім того, українське законодавство передбачає тільки проектування та спорудження нових полігонів, а не розширення існуючих. Таким чином, новий регіон полігону, який освоюється, слід розглядати як новий об'єкт, який у свою чергу повинен проектуватися згідно з вимогами нормативних документів. Це, в свою чергу, потребує, що для забезпечення прийняття відходів протягом кількох років, які необхідні для прийняття рішень та розробки нової схеми управління відходами, необхідно освоювати нові площі під полігон твердих побутових відходів м. Житомира. Важливим завданням в освоєнні нової площі є дотримання нормативних рекомендацій щодо їх створення.

Відведена нова площа є продовженням старого полігону ТПВ, тому для її проектування можна дати наступні пропозиції:

– Створити геологічний бар'єр на підшві полігону з ухилом в бік зовнішнього його краю. Це дасть можливість фільтрату, який утворюється, стікати в напрямку системи збору а не в напрямку старого полігону. Вимоги для водонепроникності геологічного бар'єру та його товщини збігаються в директиві ЄК 91/271/ЕЕС та в ДБН В.2.4-2-05 і складають 10^{-9} м/с і 1 м відповідно.

– Побудувати систему збору звалищного газу. ДБН В.2.4-2-05 рекомендує спорудження газозбірних колодязів паралельно із заповненням площі відходами. Через кожні 2 м до центрального колодязя під'єднуються горизонтальні перфоровані труби для збільшення ефективності екстракції газу та зменшення кількості необхідних вертикальних колодязів. Оскільки технічні питання збору звалищного газу достатньо вивчені, а існуючі технічні рішення в достатній мірі апробовані на практиці, у цій роботі додатковому вивченню цих питань увага не приділялась.

– Створити систему збору фільтрату. Відповідно до директиви ЄК 91/271/ЕЕС геологічний бар'єр повинен покриватися синтетичним водонепроникним матеріалом та дренажним шаром, в якому встановлюються перфоровані труби для збору фільтрату. Згідно ДБН В.2.4-2-05 синтетичне покриття не потрібне. Слід зазначити, що позиція розробників згаданих ДБН незрозуміла. Синтетичний матеріал дозволяє поліпшити захист від потрапляння фільтрату, що утворюється в процесі анаеробного розкладу відходів, в ґрунтові води. Зате синтетичне покриття потрібно як захисний шар для верхнього перекриття полігону і розміщується на глибині 1,5 м від поверхні. Отже, більшого значення надається захисту від потрапляння атмосферних опадів в тіло звалища, ніж від потрапляння токсичного фільтрату в ґрунтові води. Також, одним з варіантів біологічної рекультивації є засадження рекультивованої поверхні кущами і деревами, які можуть пускати коріння глибоко вниз і тим самим пошкоджувати синтетичне покриття і зменшувати його ефективність.

Оскільки збір та очищення фільтратів є найбільшою проблемою звалищ твердих побутових відходів, а також оскільки на стадії створення звалища не приділялось необхідної уваги створенню геологічного бар'єру та системи збору фільтрату, проблема забруднення ґрунтових вод зостається великою. Запобігання потраплянню фільтрату в ґрунтові води може бути забезпечене – спорудженням системи збору фільтрату та пониження рівня ґрунтових вод.

У той же час для функціонування системи збору фільтрату важливим завданням є недопущення змішування атмосферних опадів з фільтратом, що утворюється в тілі відходів в результаті процесів анаеробного розкладу. Для забезпечення цього необхідно здійснювати збір атмосферних опадів за допомогою каналів.

Необхідним аспектом необхідно рахувати також впровадження технології очищення фільтрату, яка б дозволила скидати його у поверхневі води без загрози забруднення гідросфери.

Висновки. Для досягнення позитивних змін у секторі поводження з твердими побутовими відходами можна рекомендувати наступні заходи: створити незалежне агентство з управління відходами, яке здійснювало б єдину політику в секторі поводження з ТПВ, з метою

виключити переважання відомчих інтересів над загальнодержавними; упорядкувати правове регулювання поводження з ТПВ; упорядкувати держбюджетне фінансування національних програм у цій сфері; посилити роботу з підготовки кадрів у галузі переробки вторинної

сировини; підвищити рівень поінформованості населення про проблеми управління твердими побутовими відходами та рівень санітарної гігієни; розвинути підприємництво у сфері поводження з ТПВ, тим самим вивівши даний сектор із тіні в прозору систему управління.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Закон України «Про відходи». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80#Text>
2. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>
3. Постанова Кабінету Міністрів України від 1 листопада 1999 р. № 2034 «Про затвердження Порядку ведення державного обліку та паспортизації відходів».
4. Постанова Кабінету Міністрів України від 31.08.98 № 1360 (1360-98-п) «Про затвердження Порядку ведення реєстру об'єктів утворення, оброблення та утилізації відходів».
5. Гончаренко Я.С. Сучасний стан та перспективи вирішення проблеми поводження з відходами в Україні у контексті активізації інтеграційних процесів. *Ринкова економіка: сучасна теорія і практика управління*. 2015. Том 20. Вип. 3 (49). С. 232 – 242.
6. Коцюба І.Г., Лефтер Ю.О., Нонік Л.Ю., Єльнікова Т.О., Герасимчук О.Л. Аналіз сучасного досвіду та напрямів вирішення проблем управління твердими комунальними відходами. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. К.: Видавничий дім «Гельветика», 2021. № 6(39). С. 166-170. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.esc.6-39.28>
7. Коцюба І.Г., Хрутьба В.В. Методологія екологічного краудсорсингу у сфері поводження з відходами. *Науково-практичний журнал "Екологічні науки"*. 2019. Вип. 2(25). С. 203-205.
8. Літовка А.І., Козоріз В.О., Баранова А.О. Оцінка впливу побутових відходів на навколишнє середовище. *Молодий вчений*. 2021. № 11 (99). С. 85–88.
9. Молчанова А.В. Екологічні аспекти впливу полігонів твердих побутових відходів на агроландшафт, водне середовище та атмосферне повітря. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2016. № 4 С. 106 – 110.
10. Мольчак Я.О., Мисковець І.Я., Колядинський М.І. Визначення показників забруднення від сміттєзвалища для створення безпечних умов життєдіяльності людини. *Комунальне господарство міст*. 2015. Випуск 120 (1). С. 161–163.
11. Науково-теоретичне обґрунтування накопичення твердих побутових відходів Житомирщини / І. Коцюба, С. Лико, В. Лукянова, Ю. Анпілова. *Збірник наукових праць: Екологічна безпека та природокористування*. № 4 (36). 2020. с. 56-65.
12. Екологічний менеджмент у поводженні із побутовими відходами на регіональному рівні: прогнозування екологічної ситуації: монографія /В. В. Попович, А. І. Делятинчук, Н. П. Попович, М. С. Мальований. Львів : СПОЛОМ, 2021. 210 с. : рис., табл. Бібліогр.: с. 165-188 (197 назв).
13. Попович В.В., Перепелиця А.М., Квічка А.Є. Поводження із небезпечними побутовими відходами та особливості їх депонування на сміттєзвалищах. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013. Вип. 23.13. С. 155–160.
14. Самойлік М.С., Молчанова А.В. Екологічні аспекти впливу полігонів твердих побутових відходів на навколишнє середовище. Фільтрат. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2017. № 1 – 2. с. 88-91.
15. Сафранов Т.А., Приходько В.Ю., Шаніна Т.П. Проблема розміщення відходів на звалищах та полігонах Одеської області. *Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна*. 2016. Серія «Екологія». Вип. 14. С. 83 – 90.
16. Тетенцова І.О. Вплив сміттєзвалищ на довкілля та умови проживання населення. *EN VI RON MENT & HE ALTH (Навколишнє середовище і здоров'я)*. 2017. № 2. С. 26 – 30.
17. Тітенко Г.В., Широкоступ С.М. Підходи до вирішення проблеми видалення твердих побутових відходів в системі екологічного менеджменту територій. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2017. № 1–2 (27). С. 136 – 142.
18. I.G. Kotsiuba, G.V. Skyba, I.A. Skuratovskaya, S.M. Lyko. Ecological Monitoring of Small Water Systems: Algorithm, Software Package, the Results of Application to the Uzh River Basin (Ukraine). *Methods and objects of chemical analysis*, Volume 14, No.4, 2019. P. 200-207.
19. Kotsiuba, I., Herasymchuk, O., Shamrai, V., Lukianova, V., Anpilova, Y., Rybak, O., Lefter, I. (2023). A Strategic Analysis of the Prerequisites for the Implementation of Waste Management at the Regional Level. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24(1), 55-66.

20. Khrutba V., Morozova T., Kotsiuba I., Shamrai V. (2021) Simulation Modeling for Predicting the Formation of Municipal Waste. In: Shkarlet S., Morozov A., Palagin A. (eds) *Mathematical Modeling and Simulation of Systems (MODS'2020)*. MODS 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1265. Springer, Cham. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-030-58124-4_3

REFERENCES:

1. Law of Ukraine "About waste". Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/187/98-%D0%B2%D1%80#Text>
2. Law of Ukraine "About Environmental Protection". Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>
3. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated November 1, 1999 No. 2034 "On approval of the Procedure for State Accounting and Certification of Waste."
4. Resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated 08/31/98 No. 1360 (1360-98-p) "On approval of the Procedure for maintaining a register of objects of waste generation, processing and disposal."
5. Honcharenko, Ya.E. (2015). Current state and prospects for solving the problem of waste management in Ukraine in the context of activation of integration processes. *Market economy: modern management theory and practice*. 3(49). pp. 232-242.
6. Kotsyuba, I.G., Lefter, Yu.O., Nonik, L.Yu., Yelnikova, T.O., Gerasymchuk, O.L. (2021). Analysis of modern experience and ways of solving municipal solid waste management problems. *Environmental sciences: a scientific and practical journal*. 6(39). pp. 166-170. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39.28>
7. Kotsyuba, I.G., Khrutba, V.V. (2019). Ecological crowdsourcing methodology in the field of waste management. *Environmental sciences: a scientific and practical journal*. 2(25). pp. 203-205.
8. Litovka, A.I. (2021). Assessment of the impact of household waste on the environment. *Young scientist*. 11(99). pp. 85-88.
9. Molchanova, A.V. (2016). Ecological aspects of the impact of solid household waste landfills on the agricultural landscape, water environment and atmospheric air. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. 4. pp. 106-110.
10. Molchak, Y.O. (2015). Determining indicators of pollution from a landfill to create safe conditions for human life. *Communal management of cities*. 120(1). pp. 161-163.
11. I. Kotsyuba, S. Lyko, V. Lukyanova, Yu. Anpilova. (2020). Scientific and theoretical justification of solid household waste accumulation in Zhytomyr region. *Collection of scientific papers: Environmental safety and nature management*. 4(36). pp. 56-65.
12. Popovych, V. V. (2021). Ecological management in household waste management at the regional level: forecasting the ecological situation: *monograph*. pp. 210. Bibliography: pp. 165-188 (197 titles).
13. Popovych, V.V. (2013). Handling of hazardous household waste and features of their disposal in landfills. *Scientific Bulletin of National Technical University of Ukraine*. 23(13). pp. 155-160.
14. Samoilik, M.S. (2017). Ecological aspects of the impact of solid household waste landfills on the environment. *Bulletin of the Poltava State Agrarian Academy*. 1(2). pp. 55-57
15. Safranov, T.A. (2016). The problem of waste placement in landfills and landfills of the Odessa region. *Bulletin of the V.N. Karazin KhNU "Ecology" series*. 14(1). pp. 83-90.
16. Tetenyova, I.O. (2017). Impact of landfills on the environment and living conditions of the population. *ENVIRONMENT & HEALTH (Environment and health)*. 2(1). pp. 26-30.
17. Titenko, G.V. (2017). Approaches to solving the problem of solid household waste removal in the system of ecological management of territories. *Man and environment. Problems of neoecology*. 2(27). pp. 136-142.
18. I.G. Kotsiuba, G.V. Skyba, I.A. Skuratovskaya, S.M. Lyko. (2019). Ecological Monitoring of Small Water Systems: Algorithm, Software Package, the Results of Application to the Uzh River Basin (Ukraine). *Methods and objects of chemical analysis*. 14(4), pp. 200-207.
19. Kotsiuba, I., Herasymchuk, O., Shamrai, V., Lukianova, V., Anpilova, Y., Rybak, O., Lefter, I. (2023). A Strategic Analysis of the Prerequisites for the Implementation of Waste Management at the Regional Level. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24(1), 55-66.
20. Khrutba V., Morozova T., Kotsiuba I., Shamrai V. (2021) Simulation Modeling for Predicting the Formation of Municipal Waste. In: Shkarlet S., Morozov A., Palagin A. (eds) *Mathematical Modeling and Simulation of Systems (MODS'2020)*. MODS 2020. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1265. Springer, Cham. DOI https://doi.org/10.1007/978-3-030-58124-4_3

УДК 502/504: 622.7: 666.9

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-4>

Ольга ПАЛІЙ

аспірант кафедри екології та природоохоронних технологій Державного університету «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

ORCID: 0000-0001-9239-4956

Ірина ПАЦЕВА

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри екології та природоохоронних технологій Державного університету «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

ORCID: 0000-0002-6572-681X

Ганна КІРЕЙЦЕВА

кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій Державного університету «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

ORCID: 0000-0002-1055-1784

Ілля ЦИГАНЕНКО-ДЗЮБЕНКО

аспірант, асистент кафедри екології та природоохоронних технологій Державного університету «Житомирська політехніка», вул. Чуднівська, 103, м. Житомир, Україна, 10005

ORCID: 0000-0002-3240-8719

Бібліографічний опис статті: Палій О., Пацева І., Кірейцева Г., Циганенко-Дзюбенко І. (2023). Використання відходів гірничо-видобувної галузі, як альтернативної сировини у будівництві. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 1, 27–35, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-4>

ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ГІРНИЧО-ВИДОБУВНОЇ ГАЛУЗІ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНОЇ СИРОВИНИ У БУДІВНИЦТВІ

Стрімкий розвиток промисловості та значні обсяги відходів, що утворилися за останні десятиліття, посилили необхідність поєднання економічного зростання зі сталим розвитком та захистом довкілля. За останні десять років частка утилізації промислових відходів складала 27-34%. Високий рівень утворення відходів та низькі показники їх повторного використання призвели до того, що в Україні щороку нагромаджуються значні обсяги твердих відходів. Це величезний за своїми масштабами ресурсний запас.

За минуле століття видобуток рудних матеріалів та гірничо-хімічної сировини збільшився у 27 разів, видобуток корисних копалин для потреб будівництва – у 34 рази, в той час як обсяг продукування біомаси збільшився лише у 3,4 рази. Збільшення попиту на корисні копалини означає збільшення освоєння та експлуатації запасів, а також збільшення швидкості мінерального виснаження в різних регіонах. Гірничо-видобувна промисловість відіграє стратегічну роль як постачальник для решти галузей промисловості багатьох основних видів сировини для сучасного суспільства. Найбільший комерційний та економічний інтерес представляють декоративні породи, які завдяки своїм естетичним, фізико-механічним і полірувальним характеристикам є сировиною, що дала поштовх розвитку так званої індустрії природного каменю. У цьому контексті на національному рівні сектор декоративного каменю в основному складається з вапняку, мармуру, граніту та інших порід (пісковіку, кварциту тощо).

При регулюванні управління відходами гірничо-видобувної галузі потрібно виходити з принципів концепції сталого розвитку, тобто необхідності встановлення балансу між задоволенням сучасних економічних потреб країни та її громадян і захистом інтересів майбутніх поколінь, включаючи їх потребу в безпечному і здоровому довкіллі. На основі проведених досліджень можна стверджувати, що повторне використання відходів, що утворюються при розробці кар'єрів, дає змогу: змінити комплексний підхід до виробничих процесів; зменшити потребу у видобутку, збагаченні та переробці сировини, що призводить до забруднення навколишнього середовища; знизити загальні витрати на будівництво; створити новий альтернативний будівельний матеріал.

Ключові слова: сталий розвиток, управління відходами гірничо-видобувної галузі, будівельна промисловість, будівельні суміші, екологічна безпека.

Iryna PATSEVA

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology and Environmental Technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, 103 Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005

ORCID: 0000-0002-6572-681X

Hanna KIREITSEVA

PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Ecology and Environmental Technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, 103 Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005

ORCID: 0000-0002-1055-1784

Olga PALIY

PhD Student (Ecology), Zhytomyr Polytechnic State University, 103 Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005

ORCID: 0000-0001-9239-4956

Illia TSYHANENKO-DZIUBENKO

PhD Student (Ecology) Assistant Professor of the Department of Ecology and Environmental Technologies, Zhytomyr Polytechnic State University, 103 Chudnivska str., Zhytomyr, Ukraine, 10005

ORCID: 0000-0002-3240-8719

To cite this article: Paliy O., Patseva I., Kireitseva H., Tsyhanenko-Dziubenko I. (2023). Vykorystannia vidkhodiv hirnycho-vydobuvnoi haluzi, yak alternatyvnoi syrovyny u budivnytstvi [Mining waste using as an alternative raw material in construction]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 1, 27–35, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-4>

MINING WASTE USING AS AN ALTERNATIVE RAW MATERIAL IN CONSTRUCTION

Rapid industrial development and significant amounts of waste generated over the past decades have increased the need to combine economic growth with sustainable development and environmental protection. Over the past ten years, the share of industrial waste utilization was 27-34%. The high level of waste generation and low indicators of its reuse have led to the fact that significant volumes of solid waste are accumulated in Ukraine every year. This is a huge resource stock in terms of its scale.

Over the past century, the extraction of ore materials and mining and chemical raw materials has increased 27 times, the extraction of minerals for construction needs – 34 times, while the amount of biomass production has increased only 3.4 times. An increase in the demand for minerals means an increase in the development and exploitation of reserves, as well as an increase in the rate of mineral depletion in various regions. The mining industry plays a strategic role as a supplier for the rest of the industries of many basic types of raw materials for modern society. The greatest commercial and economic interest is represented by decorative rocks, which, thanks to their aesthetic, physical, mechanical and polishing characteristics, are the raw materials that gave impetus to the development of the so-called natural stone industry. In this context, at the national level, the decorative stone sector mainly consists of limestone, marble, granite and other rocks (sandstone, quartzite, etc.).

When regulating mining waste management, it is necessary to proceed from the principles of the concept of sustainable development, i.e. the need to establish a balance between meeting the current economic needs of the country and its citizens and protecting the interests of future generations, including their need for a safe and healthy environment. On the basis of the conducted research, it can be stated that the reuse of waste generated during the development of quarries makes it possible to: change the comprehensive approach to production processes; reduce the need for extraction, enrichment and processing of raw materials, which leads to environmental pollution; reduce overall construction costs; create a new alternative building material.

Key words: *sustainable development, mining waste management, construction industry, construction mixtures, environmental safety.*

Актуальність проблеми. Стрімкий розвиток промисловості та значні обсяги відходів, що утворилися за останні десятиліття, посилили необхідність поєднання економічного

зростання зі сталим розвитком та захистом довкілля. Використання ресурсів та підвищення ефективності такого використання було розроблено в Рамковій директиві про управ-

ління відходами 2008/98/ЄС (Рамкова директива про управління відходами, 2008). У статті 3 цієї директиви вперше визначено низку термінів, таких як відходи, управління відходами, збирання, запобігання, відновлення, утилізація та побічні продукти. Крім того, стаття 4 встановлює ієрархію пріоритетів для законодавства та політики щодо запобігання утворенню відходів та управління ними за схемою (рис. 1). Під «переробкою», відповідно до цієї директиви розуміють «будь-яку операцію, основним результатом якої є те, що відходи слугують корисній меті шляхом заміни іншого матеріалу, який в іншому випадку був би використаний для виконання певної функції, або що відходи підготовлені для виконання цієї функції в установці або в економіці загалом».

Встановлено, що використання доменного шлаку, як альтернативної добавки у виробництві цементу дозволило зменшити на 29% кількість вапняку, що видобувається в кар'єрі на тону клінкеру, а також уникнути складування цих відходів на звалищах і зменшити викиди CO₂ в атмосферу на 149 кг CO₂/т клінкеру. У свою чергу, таке зменшення кількості вапняку, необхідного для виробництва клінкеру, пов'язане зі скороченням витрат енергії приблизно на 130-150 ккал/кг клінкеру в термічному процесі прожарювання вапняку (García, 2010)

За даними Державного комітету статистики (Офіційний сайт Державної служби статистики України), в Україні в 2021 році утворилося понад 352 млн.т відходів і 3,86 млн.т викидів

речовин, що забруднюють повітря. Більшість відходів – 96,63%, або 340 млн.т, – промислові, і лише 3,37%, або 11,85 млн.т – побутові. За останні десять років частка утилізації промислових відходів складала 27-34%. Високий рівень утворення відходів та низькі показники їх повторного використання призвели до того, що в Україні щороку нагромаджуються значні обсяги твердих відходів. Це величезний за своїми масштабами ресурсний запас.

Отже, при регулюванні управління відходами гірничо-видобувної галузі потрібно виходити з принципів концепції сталого розвитку, тобто необхідності встановлення балансу між задоволенням сучасних економічних потреб країни та її громадян і захистом інтересів майбутніх поколінь, включаючи їх потребу в безпечному і здоровому довкіллі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблемами дослідження теоретичних та практичних аспектів щодо забезпечення утилізації, переробки та повторного використання відходів гірничо-видобувної галузі займається велика кількість зарубіжних вчених: Р. Ілангована, Н. Махендрана, К. Нагаманіб (Pangovana, Mahendrana, Nagamanib, 2008), К.К. Бабу, Р. Радхакрішнан, Е. Намбіар (Babu, Radhakrishnan, Nambiar, 1997), А.К. Саху, Суніл Кумар, А.К. Сачан (Sahu, Sunil Kumar, Sachan, 2003), Правін Кумар, С.К. Каушкі (Kumar, Kaushik, 2005), Суміт А. Бальваїк, С.П. Раут (Balwaik, Raut, 2022), Валерія Коріналдесі, Джіакомо Маріконі, Р. Тарун (Corinaldesi, Giacomo Moriconi, Tarun, 2005), Саліх Язікіо-



Рис. 1. Ієрархія управління відходами

глу (Yazicioglu, 2005), Сарбжіет Сінгх, Равіндра Нугар, Вінай Агравал, Адітья Рана, Аншуман Тіварі (Singh, Ravindra Nagar, Vinay Agrawal et al., 2016), Г. Медіна, І.Ф. Саез дел Боскуе, М. Фріаз, М.І. Санчез де Ройас, С. Медіна (Medina, Sáez del Bosque, Frías, 2017), Алі А. Аліабдо, Абд Елмоаті, Есраа М. Ауда (Aliabdo, Abd Elmoaty M. Abd Elmoaty, 2014), М. Сахул Хамид, А.С.С. Секар (Sahul Hameed, Sekar).

Стратегічний аналіз передумов для впровадження управління відходами на регіональному рівні вивчали: О. Герасимчук, В. Шамрай, І. Коцюба (Kotsiuba, Herasymchuk, Shamrai, 2023). Сучасні методи утилізації і знешкодження відходів, в тому числі відходів гірничовидобувної галузі у своїх працях вивчали такі вітчизняні вчені: С.В. Станкевич, Л.В. Головань, Є.М. Білецький, А.Є. Тітова, В.О. Меленті (Станкевич, Головань, Білецький та ін., 2020). Можливість застосування композитних матеріалів для армування архітектурно-будівельних виробів з каменю аналізували: В.В. Котенко, С.І. Башинський, І.А. Піскун, П.П. Цимбалюк (Котенко, Башинський, Піскун, Цимбалюк, 2021). Над удосконаленням методики оцінки придатності використання будівельного піску як сировини для інших галузей промисловості працювали: В.В. Котенко, С.І. Башинський, Г.В. Скиба, М.А. Колодій, Н.М. Остафійчук (Башинський, Котенко, Скиба, 2020).

Метою дослідження є обґрунтування та вивчення можливості використання відходів гірничовидобувної галузі, як альтернативної сировини у будівництві відповідно до концепції сталого розвитку та сучасним вимогам щодо управління відходами.

Викладення основного матеріалу дослідження.

За минуле століття видобуток рудних матеріалів та гірничо-хімічної сировини збільшився у 27 разів, видобуток корисних копалин для потреб будівництва – у 34 рази, в той час як обсяг продукування біомаси збільшився лише у 3,4 рази. Збільшення попиту на корисні копалини означає збільшення освоєння та експлуатації запасів, а також збільшення швидкості мінерального виснаження в різних регіонах. Згідно зі статистичними даними, опублікованими у 2020 році країнами, де активно розвивається індустрія виробництва блочної сировини, загальна кількість матеріалу, що щорічно видо-

бувається з кар'єрів з видобутку блочної сировини, становить близько 316 млн. т., а близько 161,5 млн.т. стають кар'єрними відходами, що становить 51% видобутої сировини (Careddu, Siotto, Siotto, 2013). Це є суттєвим показником економічних втрат та екологічних збитків.

Україна належить до провідних мінерально-сировинних держав світу. Поєднання різновікових (від архею до кайнозою) структурних елементів, що сформувалися внаслідок впливу всіх властивих становленню земної кори процесів, зумовило широкий діапазон корисних копалин, що становлять мінерально-сировинну базу країни. Український кристалічний масив (також Український щит) – піднятий блок порід фундаменту в південно-західній частині Східноєвропейської платформи, що простягається вздовж середнього і нижнього Дніпра. Масив має площу близько 200 000 км². Саме в цій частині знаходяться запаси високоякісної сировини – гранітоїдів, що характеризуються міцністю на стиск 100-300 МПа/см², високою зносо- і морозостійкістю. Саме на Житомирщину припадає 60% видобутку порід цієї сировини – граніту, мармуру, травертину, вапняку тощо. Ці породи є основою для отримання будівельний матеріалів не тільки в Україні.

Розвідані запаси різновидів облицювального каменю складають 60 % від загальноукраїнських, а запаси лабрадоритів і габро становлять майже 90 % запасів цих корисних копалин в Україні. Щодо їх запасів, регіон займає лідируючі позиції не тільки в державі, але й у Європі. Для видобутку цих видів матеріалів використовуються блочний, відкритий, кар'єрний способи видобутку та такі види робіт, як буріння, вибухові роботи, різання. Ці операції призводять до утворення великої кількості відходів у вигляді пилу, валунів та кам'яної крихти. Відходи, що утворюються в каменеобробній промисловості, становлять приблизно 58% від загального обсягу продукції кар'єру (Torkaman, Ashori, Ali Momtazi, 2014).

Одним з істотних факторів, що визначають рентабельність видобутку каменю, є кількість матеріалів, що втрачаються в процесі видобутку. Згідно зі статистичними даними, опублікованими у 2020 році країнами, де активно розвивається індустрія виробництва каменю, загальна кількість матеріалу, що щорічно видобувається з кар'єрів з видобутку каменю, ста-

новить близько 316 млн. тон. Близько 161,5 млн тон стають кар'єрними відходами. З решти 154,5 млн тон, що транспортуються на камене-обробні заводи, близько 63,35 млн. тон перетворюються на відходи під час переробки, а це означає, що лише 91,15 млн тон перетворюється на кінцевий продукт (Torkaman, Ashori, Ali Momtazi, 2014). На рисунку 2 наведено обсяги продукції та відходів, що утворюються на різних етапах виробництва блочної сировини.

Примітним моментом у цій статистиці є те, що загальний обсяг виробництва матеріалів з кар'єрів з видобутку габаритного каміння склав близько 316 млн тон, з яких 161,5 млн тон – відходи кар'єрів, а 154,5 млн тон – продукція, що надходить на заводи з переробки габаритного каміння.

Під час процесу виробництва декоративного каменю (різання – полірування – кінцевий продукт) утворюється значний обсяг відходів, який, за оцінками, становить приблизно 58% від кінцевої продукції. Такі відходи можна класифікувати за фізичним станом і розміром частинок на дві основні групи: шлам і тверді відходи, причому перші становлять від 20 до 30% кінцевої продукції (Torkaman, Ashori, Ali Momtazi,

2014). Відповідно до Європейських стандартів, ці відходи можуть бути каталогізовані в Європейському переліку відходів (EWL). Слід також зазначити, що вищезгадані відходи можуть бути класифіковані як інертні, якщо вони відповідають наступним характеристикам:

- дрібнозернисті відходи, що утворюються при різанні та розпилюванні природного каменю, які можуть бути твердими (сухими або вологими), напівтвердими або у вигляді пульпи, утвореної суспензією твердих речовин у воді;

- тверді відходи видобутку, що складаються з уламків гірських порід, непридатних для подальшої переробки, продажу або використання.

Утворення інертних відходів є екологічною проблемою через значний вплив, який вони мають на навколишнє природне середовище, а саме: порушення ландшафту через розміщення териконів та звалищ відходів; зміниться водопроникні властивості ґрунту, що перешкоджають просочуванню води до нижніх шарів, відновленню водоносних горизонтів тощо, а також розвитку рослинності; впливає на стан здоров'я людини, оскільки дрібнодисперсні частинки характеризуються невеликим відсо-

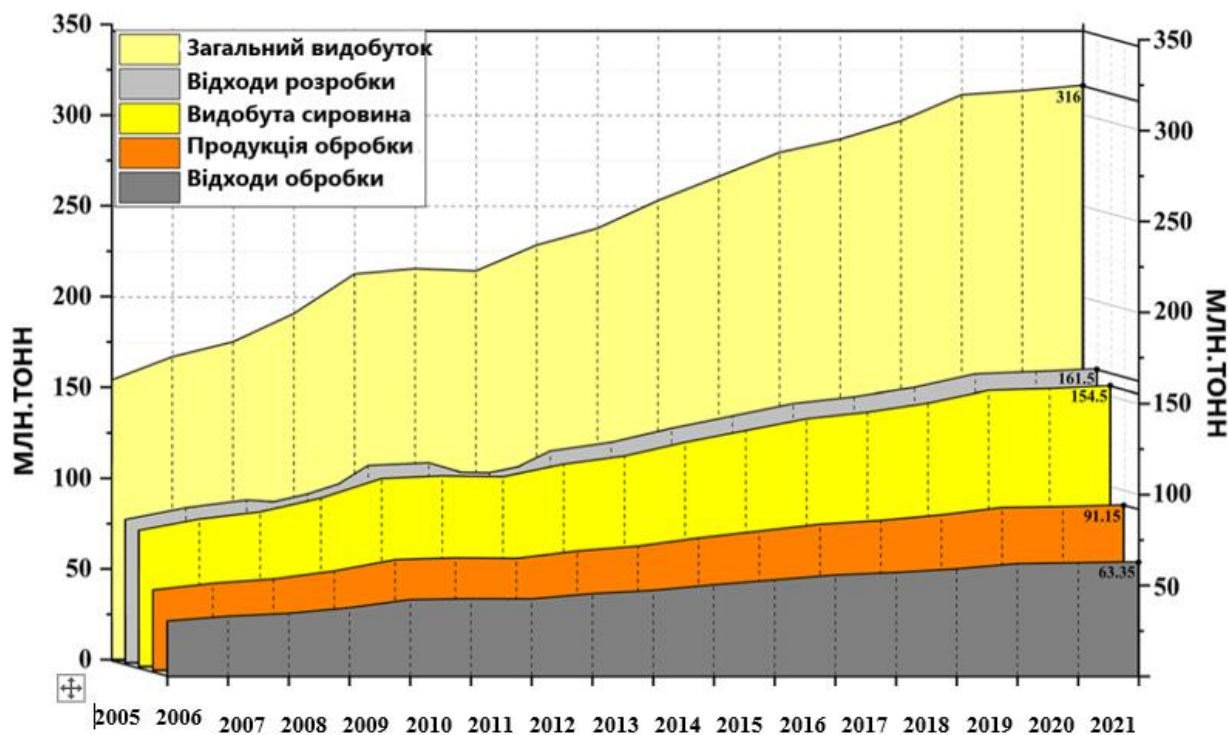


Рис. 2. Обсяги продукції та відходів, що утворюються на різних етапах виробництва блочної сировини [20]

тком кристалічного кремнезему, який при вдиханні може викликати захворювання легенів різного ступеня тяжкості.

Провівши аналіз можливих шляхів використання відходів гірничо-видобувної галузі (табл. 1) встановлено, що найчастіше їх використовують у будівництві, а саме, для виготовлення бетонних сумішей.

Розглянемо основні шляхи використання відходів для виробництва бетонних сумішей, отриманих внаслідок видобування блочної сировини трьох основних груп корисних копалин: осадові породи (вапняк), метаморфічні породи (мармур), магматичні породи (граніт).

Вапняк – це тип осадової гірської породи, що складається в основному з кальциту і арганіту і є основним джерелом матеріального вапна. Було проведено ряд досліджень щодо використання відходів вапнякового порошку та інших компонентів в якості заміни цементу в легких бетонах (Pangovana, Mahendrana, Nagamanib, 2008). Таким чином, використання відходів вапнякових кар'єрів в якості заміни цементу дозволило б зменшити насипну щільність суміші та отримати порівняно легший блок. Науковцями було проведено порівняльну характеристику використання відходів вапнякового порошку, золи рисового лушпиння та відходів деревних волокон як заміників цементу в легкому бетоні. Кожен вид відходів був доданий у співвідношенні 25% до цементу, а цемент був випробуваний на фізико-механічні властивості та довговічність. Результат випробувань показав, що

серед змішаних відходів найкращі показники міцності на стиск спостерігалися при додаванні відходів вапнякового порошку. Також було відзначено, що використання відходів вапнякових кар'єрів в якості заміни цементу може знижувати насипну щільність суміші, що дозволить отримати порівняно легший блок.

Мармур – це метаморфічна гірська порода, яка утворюється, коли вапняк піддається впливу тепла і тиску. Він складається в основному з мінералу кальциту. Дослідження показало, що використання мармурового пилу в якості заміни піску в бетоні має значний вплив на механічні властивості бетону в порівнянні з заміною цементу (Corinaldesi, Moriconi, Tarun, 2005; Yazicioglu, 2005; Aliabdo, Abd Elmoaty M. Abd Elmoaty, Esraa M. Auda, 2014; Hameed, Sekar). Дослідники використовували відходи мармурового кар'єру у виробництві цементу та бетону. Мармуровий пил додавали до цементу у співвідношенні 5%, 7,5%, 10% та 15% як заміник цементу при водоцементному відношенні 0,5 та 0,4. На основі експериментальних досліджень встановлено, що міцність на стиск підвищується при введенні мармурового пилу в якості заміни піску до 15% від маси піску. Також зафіксовано підвищення міцності при розтягуванні, покращення міцності зчеплення сталі з бетоном при введенні мармурового пилу до складу суміші. В цілому дослідження показало, що використання мармурового пилу в якості заміни піску в бетоні має значний вплив на механічні властивості бетону в порівнянні з заміною цементу.

Таблиця 1

Можливі шляхи використання відходів гірничо-видобувної галузі

Тип відходів	Можливі шляхи використання відходів
Дрібні кам'яні відходи (включаючи шлам)	<ul style="list-style-type: none"> – Виробництво асфальту та бетону – Виробництво цегли – Заповнювачі для будівельних матеріалів – Виробництво синтетичних заповнювачів – Засоби для систем біофільтрації або рекультивації ґрунту – Мінеральний заповнювач для ґрунту – Виробництво шинних сумішей – Будівельні суміші і як інгредієнт будівельних сумішей
Відходи у вигляді заповнювачів	<ul style="list-style-type: none"> – Інгредієнт будівельних сумішей – Заповнювач для доріг – Рекультивація при ландшафтному дизайні та декоративне застосування – Засоби для систем біофільтрації – Заповнювач для габійних конструкцій та фундаменту
Великі елементи каменю та бруківка	<ul style="list-style-type: none"> – Рекультивація при ландшафтному дизайні та декоративне застосування – Заповнювач фундаментів – Виробництво заповнювачів
Пошкоджені блоки та плити (неконденційна сировина)	<ul style="list-style-type: none"> – Для матеріалів невеликого розміру – Виробництво бруківки та плитки

Граніт – інтрузивна магматична гірська порода, що складається в основному з кварцу. Науковцями були проведені дослідження використання відходів гранітного кар'єру як часткової заміни річкового піску для виробництва бетонних сумішей (Singh, Nagar, Agrawal et al., 2016), (Medina, Sáez del Bosque, Frías et al., 2017). Включення таких відходів дало знижену оброблюваність, покращену міцність на стиск і кращу стійкість до стирання, ніж у контрольному варіанті суміші. У цьому дослідженні відходи гранітних кар'єрів використовувалися як часткова заміна річкового піску при відсотках заміни 10%, 25%, 40%, 55% і 70% при водоцементному відношенні 0,30, 0,35 і 0,40. Включення відходів дало підвищення міцності на стиск і кращу стійкість до стирання порівняно з контрольним складом суміші. Було відмічено, що при 55% заміщенні гранітні відходи зменшили водопроникність та водопоглинання суміші, що покращило її стійкість до впливів хімічних компонентів, таких як хлориди, сульфати та луги. В цілому дослідження показало, що використання гранітних відходів в якості 25-40% заміни річкового піску позитивно вплинуло на міцність та довговічність сумішей.

Отже, на основі проведених досліджень можна стверджувати, що повторне використання відходів, що утворюються при розробці кар'єрів, дає змогу: змінити комплексний підхід до виробничих процесів; зменшити потребу у видобутку, збагаченні та переробці сировини, що призводить до забруднення навколишнього середовища; знизити загальні витрати на будівництво; створити новий альтернативний будівельний матеріал.

Висновки. Гірничо-видобувна промисловість відіграє стратегічну роль як постачаль-

ник для решти галузей промисловості багатьох основних видів сировини для сучасного суспільства, Найбільший комерційний та економічний інтерес представляють декоративні породи, які завдяки своїм естетичним, фізико-механічним і полірувальним характеристикам є сировиною, що дала поштовх розвитку так званої індустрії природного каменю. У цьому контексті на національному рівні сектор декоративного каменю в основному складається з вапняку, мармуру, граніту та інших порід (пісковіку, кварциту тощо).

До завдань екологічно сталого розвитку гірничо-добувних галузей відносять: впровадження маловідходних ресурсозберігаючих технологій добування та комплексної поглибленої переробки сировини; удосконалення механізмів ліцензування та оплати за використання надр; пошук нових родовищ мінеральної сировини на принципах еколого-економічної доцільності їх освоєння; забезпечення можливості використання техногенних родовищ і відходів при формуванні балансу природних ресурсів на всіх рівнях природокористування; забезпечення державного контролю над обсягами, повнотою, ефективністю та доцільністю використання невідновлювальних природних ресурсів.

Слід зазначити, що найвищий рівень переробки у європейських країнах відповідає тим відходам, які підпадають під дію національних нормативних актів, тому дуже важливо проводити дослідження можливостей використання відходів у будівництві та визначити вимоги, яким мають відповідати відходи для їх безпечного використання, з метою заохочення переробки відходів в Україні.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Рамкова директива про управління відходами 2008/98/ЄС. URL: <http://epl.org.ua/wp-content/uploads/2019/09/Ramkova-dyrektyva-presreliz.pdf>.
2. García I. (2010). Obtención de cementos eco-eficientes a partir de residuos cerámicos como materia prima alternativa. Tesis doctoral inédita leída en la Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Ciencias, Departamento de Química Inorgánica. 1(1). pp. 374
3. Офіційний сайт Державної служби статистики України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
4. R. Ilangovana, N. Mahendrana and K. Nagamanib (2008). Strength and durability properties of concrete containing quarry rock dust as a fine aggregate. APRN Journal pp. 20-26.
5. Babu K.K., Radhakrishnan R. and Nambiar E. K. K. (1997). Compressive strength of Brick Masonary with Alternative- Aggregate Mortar. CE and CR journal, New Delhi. pp. 25-29.
6. Sahu A.K., Sunil Kumar and Sachan A.K. (2003). Quarry dust Waste as a Fine aggregate for concrete. The Indian Journal. Pp. 845-848. Green Concrete: Using Industrial Waste www.ijesi.org/

7. Pravin Kumar, Kaushik S.K. (2005). SCC with crusher sludge, fly ash and micro silica. *The Indian Concrete Journal*, 79(8):32-37, August
8. Sumit A Balwaik, S.P. Raut. (2022). Utilization of Waste Paper Pulp by Partial Replacement of Cement in Concrete. *International Journal of Engineering Research and Application*. Vol 1, issue2, pp. 300-309.
9. Valeria Corinaldesi, Giacomo Moriconi and Tarun R. Naik. (2005). Characterization of marble powder for its use in mortar and concrete. *NMET/ACE International Symposium on Sustainable Development of Cement and Concrete*, October 5-7, Toronto, CANADA.
10. Salih Yazicioglu. (2005). Physico-chemical treatment of marble processing wastewater and recycling of its sludge. *Materials Science and Engineering, Turkey*. 419(1-2):306-309.
11. Sarbjeet Singh, Ravindra Nagar, Vinay Agrawal, Aditya Rana, Anshuman Tiwari. (2016). Sustainable utilization of granite cutting waste in high strength concrete. *Journal of Cleaner Production*, Volume 116, 10, Pages 223-235.
12. G. Medina, I.F. Sáez del Bosque, M. Frías, M.I. Sánchez de Rojas, C. Medina. (2017). Granite quarry waste as a future eco-efficient supplementary cementitious material (SCM): Scientific and technical considerations. *Journal of Cleaner Production*, Volume 148, 1, pp. 467-476.
13. Ali A. Aliabdo, Abd Elmoaty M. Abd Elmoaty, Esraa M. Auda. (2014). Re-use of waste marble dust in the production of cement and concrete. *Construction and Building Materials* Volume 50, 15. pp. 28-41.
14. M. Sahul Hameed and A.S.S. Sekar. Properties of Green concrete containing Quarry dust and Marble sludge Powder as a aggregate. *APRN Journal* pp. 83-89.
15. Kotsiuba, I., Herasymchuk, O., Shamrai, V., Lukianova, V., Anpilova, Y., Rybak, O., Lefter, I. (2023). A Strategic Analysis of the Prerequisites for the Implementation of Waste Management at the Regional Level. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24(1), 55-66.
16. Управління та рекуперація відходів: навч. посіб. / С. В. Станкевич, Л.В. Головань, Є.М. Білецький та інш. – Х.: Видавництво Іванченка І. С., 2020. – 134 с.
17. Котенко В.В., Башинський С.І., Піскун І.А., Цимбалюк П.П. Застосування композитних матеріалів для армування архітектурно-будівельних виробів з каменю. *ВІСТІ Донецького гірничого інституту. Всеукраїнський науково-технічний журнал*. 2021. Вип. № 2 (49). С. 26-36.
18. Башинський С.І., Котенко В.В., Скиба Г.В., Колодій М.А., Остафійчук Н.М. Удосконалення методики оцінки придатності використання будівельного піску як сировини для інших галузей промисловості. *Технічна інженерія. Державний університет «Житомирська політехніка»*. 2020. № 1(85). С. 191-200.
19. Careddu, N., Siotto, G., Siotto, R. and Tilocca, C. (2013). From landfill to water, land and life: The creation of the Centre for stone materials aimed at secondary processing. *Resources Policy*. 38(3). pp. 258-265
20. Javad Torkaman, Alireza Ashori, Ali Sadr Momtazi. (2014). Using wood fiber waste, rice husk ash, and limestone powder waste as cement replacement materials for lightweight concrete blocks. *Construction and Building Materials*, Volume 50, 15. pp. 432-436

REFERENCES:

1. Directive 2008/98/EC of the European Parliament and of the Council on waste and repealing certain Directives. Access mode: <http://epl.org.ua/wp-content/uploads/2019/09/Ramkova-dyrektyva-presreliz.pdf>.
2. García I. (2010). Obtención de cementos eco-eficientes a partir de residuos cerámicos como materia prima alternativa. Tesis doctoral inédita leída en la Universidad Autónoma de Madrid, Facultad de Ciencias, Departamento de Química Inorgánica. 1(1). pp. 374
3. Official website of the State Statistics Service of Ukraine. Access mode: <https://www.ukrstat.gov.ua/>
4. R. Ilangothana, N. Mahendrana and K. Nagamanib (2008). Strength and durability properties of concrete containing quarry rock dust as a fine aggregate. *APRN Journal* pp. 20-26.
5. Babu K.K., Radhakrishnan R. and Nambiar E. K. K. (1997). Compressive strength of Brick Masonary with Alternative- Aggregate Mortar. *CE and CR journal*, New Delhi. pp. 25-29.
6. Sahu A.K., Sunil Kumar and Sachan A.K. (2003). Quarry dust Waste as a Fine aggregate for concrete. *The Indian Journal*. Pp. 845-848. *Green Concrete: Using Industrial Waste* www.ijesi.org/
7. Pravin Kumar, Kaushik S.K. (2005). SCC with crusher sludge, fly ash and micro silica. *The Indian Concrete Journal*, 79(8):32-37, August
8. Sumit A Balwaik, S.P. Raut. (2022). Utilization of Waste Paper Pulp by Partial Replacement of Cement in Concrete. *International Journal of Engineering Research and Application*. Vol 1, issue2, pp. 300-309.
9. Valeria Corinaldesi, Giacomo Moriconi and Tarun R. Naik. (2005). Characterization of marble powder for its use in mortar and concrete. *NMET/ACE International Symposium on Sustainable Development of Cement and Concrete*, October 5-7, Toronto, CANADA.

10. Salih Yazicioglu. (2005). Physico-chemical treatment of marble processing wastewater and recycling of its sludge. *Materials Science and Engineering, Turkey*. 419(1-2):306-309.
11. Sarbjeet Singh, Ravindra Nagar, Vinay Agrawal, Aditya Rana, Anshuman Tiwari. (2016). Sustainable utilization of granite cutting waste in high strength concrete. *Journal of Cleaner Production*, Volume 116, 10, Pages 223-235.
12. G. Medina, I.F. Sáez del Bosque, M. Frías, M.I. Sánchez de Rojas, C. Medina. (2017). Granite quarry waste as a future eco-efficient supplementary cementitious material (SCM): Scientific and technical considerations. *Journal of Cleaner Production*. 148(1). pp. 467-476.
13. Ali A. Aliabdo, Abd Elmoaty M. Abd Elmoaty, Esraa M. Auda. (2014). Re-use of waste marble dust in the production of cement and concrete. *Construction and Building Materials*. 50(15). pp. 28-41.
14. M. Sahul Hameed and A.S.S. Sekar. Properties of Green concrete containing Quarry dust and Marble sludge Powder as a aggregate. *APRN Journal*. pp. 83-89.
15. Kotsiuba, I., Herasymchuk, O., Shamrai, V., Lukianova, V., Anpilova, Y., Rybak, O., Lefter, I. (2023). A Strategic Analysis of the Prerequisites for the Implementation of Waste Management at the Regional Level. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 24(1), 55-66.
16. Waste management and recovery: education. manual / S.V. Stankevich, L.V. Golovan, E.M. Biletskyi et al. – Kh.: I. S. Ivanchenko Publishing House, 2020. – 134 p.
17. Kotenko V.V., Bashynskyi S.I., Piskun I.A., Tymbalyuk P.P. (2021). Application of composite materials for reinforcement of architectural and construction products made of stone. *NEWS of the Donetsk Mining Institute. All-Ukrainian Scientific and Technical Journal*. 2(49). pp. 26-36.
18. Bashynskyi, S.I., Kotenko, V.V., Skyba, G.V., Kolodiy, M.A., Ostafiichuk, N.M. (2020). Improving the methodology for assessing the suitability of using construction sand as a raw material for other industries. *Technical engineering. Zhytomyr Polytechnic State University*. 1(85). pp. 191-200.
19. Careddu, N., Siotto, G., Siotto, R. and Tilocca, C. (2013). From landfill to water, land and life: The creation of the Centre for stone materials aimed at secondary processing. *Resources Policy*. 38(3). pp. 258-265
20. Javad Torkaman, Alireza Ashori, Ali Sadr Momtazi. (2014). Using wood fiber waste, rice husk ash, and limestone powder waste as cement replacement materials for lightweight concrete blocks. *Construction and Building Materials*, Volume 50, 15. pp. 432-436

УДК 615.014

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-5>

Мар'яна ФЕДОРОВСЬКА

доктор фармацевтичних наук, професор кафедри органічної хімії та фармації, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID: 0000-0001-6479-6042

Інна ЯРЕМА

кандидат фармацевтичних наук, асистент кафедри фармацевтичного управління, технології ліків та фармакогнозії, Івано-Франківський національний медичний університет, вул. Галицька, 2, м. Івано-Франківськ, Україна, 76018

ORCID: 0000-0003-2081-6093

Анастасія КАШУБА

завідувач аптеки «Аптека оптових цін», вул. Слобідська 2, м. Івано-Франківськ, Україна, 76493

ORCID: 0009-0002-2990-2246

Леся САЛІЄВА

кандидат хімічних наук, старший викладач кафедри органічної хімії та фармації, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID: 000-0002-1047-8652

Бібліографічний опис статті: Федоровська М., Ярема І., Кашуба А., Салієва Л. (2023). Розробка складу і технології лікарської косметичної маски з рослинними компонентами. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 1, 36–46, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-5>

РОЗРОБКА СКЛАДУ І ТЕХНОЛОГІЇ ЛІКАРСЬКОЇ КОСМЕТИЧНОЇ МАСКИ З РОСЛИННИМИ КОМПОНЕНТАМИ

Косметичні маски (КМ) є особливою групою косметичних засобів, що характеризуються інтенсивною дією на структуру шкіри. КМ класифікують за різними ознаками, а саме: місцем застосування, типом шкіри, формою випуску, косметичною чи лікувальною дією, вмістом основної функціональної речовини, тривалістю аплікації, способом застосування та ін. У сучасній практичній дерматокосметології популярності набувають рослинні КМ, особливою характеристикою яких є суміш висушеної тонкоподрібненої лікарської рослинної сировини, яку самостійно чи з вмістом неорганічних наповнювачів безпосередньо перед застосуванням змішують з кремовою чи гелевою основою і наносять на шкіру з гігієнічною чи терапевтичною метою. Відповідно, актуальним напрямком наукових досліджень є розробка складу і технології лікарської КМ рослинними компонентами для лікування акне.

У роботі наведено результати пошукових й експериментальних досліджень з опрацювання рецептури КМ проти акне, за даними яких розроблено: склад № 1 – фітосуміш (нагідок лікарських квітки : ромашки лікарської квітки : лаванди вузьколистої квітки – 4 : 3 : 3) – 9 частин; глина косметична (синя/зелена, мароканська расул) – 1 частина; склад № 2 – гуарова камедь – 3,0 г, гліцерин – 8,0 г, ефірна олія чайного дерева – 0,5 г, Твін-20 – 0,5 г, калію сорбат – 0,2 г, вода очищена – до 100,0 г. Враховуючи органолептичні і споживчі властивості, опрацьовано оптимальне співвідношення компонентів КМ при разовому нанесенні на шкіру, а саме: склад № 1 змішують із складом № 2 безпосередньо перед нанесенням у співвідношенні 1 : 3 (4). Розроблено технологічну схему виготовлення лікарської КМ у лабораторних умовах.

Ключові слова: косметична маска, рослинні компоненти, склад, технологія, фізико-хімічні дослідження.

Mariana FEDOROVSKA

Doctor of Pharmacy (Dr. habil.), Professor at the Department of Organic Chemistry and Pharmacy, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0001-6479-6042

Inna YAREMA

Candidate of Pharmacy, Teaching Assistant at the Department of Pharmaceutical Management, Drug Technology and Pharmacognosy, Ivano-Frankivsk National Medical University, 2 Galytska str., Ivano-Frankivsk, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0003-2081-6093

Anastasiia KASHUBA

Manager of the Drug Store "Apteka Optovych Tsin", 2 Slobidska str., Ivano-Frankivsk, Ukraine, 76493

ORCID: 0009-0002-2990-2246

Lesya SALIYEVA

Candidate of Chemical Sciences, Senior Lecturer at the Department of Organic Chemistry and Pharmacy, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0002-1047-8652

To cite this article: Fedorovska M., Yarema I., Kashuba A., Saliyeva L. (2023). Rozrobka skladu i tekhnologii likarskoi kosmetychnoi masky z roslynnymy komponentamy [Composition and technology development of the medicinal cosmetic mask with herbal ingredients]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 1, 36–46, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-5>

COMPOSITION AND TECHNOLOGY DEVELOPMENT OF THE MEDICINAL COSMETIC MASK WITH HERBAL INGREDIENTS

Cosmetic masks (CM) are a special group of cosmetic remedies characterized with an intensive effect on skin structures. CMs are classified according to various characteristics, namely: place of application, skin type, dosage form, cosmetic or therapeutic effect, content of the main active substance, application method, etc. In modern practical dermatology and cosmetology herbal CMs are gaining popularity. The special characteristic of these CMs is a mixture of dried pulverised plant raw materials, which alone or together with inorganic constituents are mixed with a cream or gel base immediately before application on skin for hygienic or therapeutic purposes. Accordingly, the current direction of scientific research is the composition and technology development of medicinal CM with herbal ingredients for acne treatment.

In the article it is presented the results of investigative and experimental studies about development of the CM formulation against acne, namely: composition № 1 – herbal mixture (Calendulae flos: Matricariae flos: Lavandulae flos – 4: 3: 3) – 9 parts; cosmetic clay (Blue clay /Green clay/ Moroccan clay Rhassoul) – 1 part; composition № 2 – guar gum – 3.0 g, glycerol – 8.0 g, tea tree essential oil – 0.5 g, Tween-20 – 0.5 g, potassium sorbate – 0.2 g, purified water – up to 100.0 g. Taking into account the organoleptic and consumer properties, the optimal ratio of CM components for single application on the skin has been worked out, namely: composition № 1 is mixed with composition № 2 immediately before application in a ratio of 1:3 (4). A technological scheme of the medicinal CM compounding has been developed.

Key words: cosmetic mask, herbal ingredients, composition, technology, physical and chemical research.

Актуальність проблеми. Косметичні маски (КМ) є особливою групою косметичних засобів (КЗ), що характеризуються інтенсивною дією на структури шкіри обличчя і різних частин тіла. КМ відрізняються від інших КЗ способом застосування, тому ця косметична/лікарська форма також трактується як косметична чи лікувальна процедура, яка полягає у нанесенні препарату тонким шаром на поверхню шкіри і, переважно, з наступним видаленням через певний проміжок часу (Бахмач, 2021). КМ поділяють за різними класифікаційними характеристиками, які наведено у табл. 1 (Федоровська, Половко, 2018; Anakha, Fahidha, Godwin

et al., 2022; Perugini, Bleve, Redondi, 2020; Nilforoushzadeh, Amirkhani, Zarrintaj et al., 2018; Surini, Auliyya, 2017).

Сучасна практична дерматокосметологія застосовує інноваційний підхід щодо виду, складу, дії та призначення КМ (Morganti, Morganti, Chen, Gagliardini, 2019). Косметичний / фармацевтичний ринок пропонує широкий асортимент КМ, серед яких інтерес становлять так звані «китайські лікувальні маски для обличчя». У традиційній китайській медицині популярністю користуються рослинні маски (фітомаски), особливою характеристикою яких є застосування суміші висушеної

Класифікація косметичних масок

Вид КМ	Класифікаційна характеристика
<i>За місцем застосування</i>	Для наскірнього застосування на обличчі (facial masks), волосистій частині голови, інших частинах тіла (стегна, сідниці, шия)
<i>За типом шкіри</i>	Для жирної, сухої, нормальної, проблемної шкіри
<i>За формою випуску</i>	Порошки, тверді маси (воскові, парафінові), рідкі емульсії, креми, гелі, пасти, тканини-аплікації (sheet masks)
<i>За рівнем дії на структури шкіри</i>	Епідермальні (КМ механічної дії); трансдермальні (КМ фізіологічної дії)
<i>За косметичним призначенням</i>	Живильні, регенерувальні, нормалізувальні, тонізувальні, зволожувальні, омолоджувальні (ліфтинг-маски, ревіталайзинг), очищувальні, пілінг-маски, відбілювальні та ін.
<i>За лікувальним призначенням</i>	Протеугреві (антиакне), антицелюлітні, з регенерувальною чи венотонічною дією при облісінні та ін.
<i>За вмістом основної функціональної речовини</i>	Альгінатні, гліколеві, парафінові, вугільні, глиняні, бентонітові, пелоїдні чи грязеві, сірчані, фітомаски та ін.
<i>За тривалістю експозиції на шкірі</i>	Короткочасного і тривалого впливу
<i>За способом застосування</i>	Змиваються після застосування (rinse-off masks); злущуються чи видаляються після застосування руками (peel-off masks); нічні, які залишають на шкірі на ніч без змивання (sleeping masks); тканинні (sheet masks), які видаляють після використання
<i>За складністю застосування косметичної процедури</i>	Для професійного нанесення в клініці чи косметичному салоні (professional only masks); для самостійного використання в домашніх умовах (at-home masks)
<i>За місцем виготовлення</i>	Промислового виробництва; екстемпорального виготовлення в аптеках чи косметичних салонах; домашнього приготування – ячні, медові, фруктові, молочні та ін.

тонкоподрібненої лікарської рослинної сировини (ЛРС) в окремому пакуванні, а для зручного нанесення і підвищення ефективності дії разом відпускається в окремій тарі основаній у формі гелю або крему. До суміші ЛРС можуть вводити інші активні інгредієнти (ефірні олії, вітаміни, розчини солей) чи наповнювачі (каолін, марокканська глина расул, синя глина та ін.) з підсушувальним і проти-запальним ефектом. Спосіб застосування цих фітомасок полягає у тому, що тонкоподрібнену суміш ЛРС змішують безпосередньо перед застосуванням з кремовою чи гелевою основою і отриману масу наносять на певний час на шкіру обличчя чи тіла (Teoh, Xi, Wang, Qian, 2012; Promsorn, 2017).

Китайські фітомаски широко застосовують для профілактики і лікування захворювань чи патологічних станів шкіри, оскільки виявляють антимікробні, протизапальні, знеболювальні, протисвербіжні, регенерувальні, живильні властивості тощо. Лікувальна дія може бути спрямована на глибоке очищення шкіри, посилення кровообігу й активацію обмінних процесів. Особливий інтерес представляє застосування китайських фітомасок у терапії хворих на акне (вугрева хвороба) (Promsorn, 2017).

Акне є поширеним хронічним запальним захворюванням волосяних фолікул і сальних залоз шкіри, яке, не залежно від стадії прогресування, вимагає комплексного підходу у лікуванні. У терапії акне набуває важливості роль дерматокосметичних засобів, які вміщують неорганічні й органічні активні речовини (сірка, каолін, тальк, цинку оксид, цинку пероксид, бензоїлу пероксид, іони срібла, алантоїн, камфора, ментол, кислоти – саліцилова, бензойна, азелаїнова, АНА), в тому числі інгредієнти рослинного походження (екстракти м'яти перцевої трави, ромашки лікарської квіток, нагідок лікарських квіток, пижма звичайного квіток, лаванди вузьколистої квіток, чистотілу звичайного трави, алое деревовидного листя свіжого, лопуха великого коренів та ін.; ефірні олії шавлії лікарської, чайного дерева, евкаліпту, лаванди, герані, кипарису та ін.) (Гречанська, Остапенко, 2020; Лисянська, Ал Зедан Фаді, 2019; Morganti, Morganti, Chen, Gagliardini, 2019).

Отже, узагальнивши дані літературних джерел стосовно асортименту і складу дерматокосметичних засобів для наскірнього застосування при акне, актуальним напрямком наукових досліджень є розробка складу і тех-

нології багатокомпонентної лікарської КМ із сумішшю ЛРС, що дозволить розширити асортимент ефективних і безпечних вітчизняних препаратів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Питання розробки складу і дослідження КМ, а також препаратів для терапії акне описано у (Anakha, Fahidha, Godwin et al., 2022; Syamsidi, Syamsuddin, Sulastri, 2021; Promsorn, 2017; Бахмач, 2021; Гречанська, Остапенко, 2020; Лисянська, Ал Зедан Фаді, 2019).

Мета роботи – опрацювання складу і технології лікарської КМ з рослинними компонентами для лікування акне і вивчення її органолептичних і фізико-хімічних властивостей.

Виклад основного матеріалу дослідження. На першому етапі дослідження, використовуючи фармакотерапевтичний і фітохімічний дизайн інгредієнтів фітосуміші, було обґрунтовано кількісне співвідношення ЛРС у складі лікарської КМ, що призначена для нашкірного застосування при акне, а саме: нагідок лікарських квітки, ромашки лікарської квітки і лаванди вузьколистої квітки у співвідношенні 4 : 3 : 3 відповідно (Федоровська, Сініченко, Зудіна, 2021). Наступні етапи експерименту полягали: в обґрунтуванні складу гелевої основи-носія (склад № 2); розробці кінцевого складу і опрацюванні лабораторної технології КМ.

Під час вибору основи-носія у складі розробленої КМ на сам перед було враховано особливості типу шкіри, схильної до акне (Кілеєва, Бушуєва, 2017). Оскільки саме жирний тип шкіри найбільш чутливий до вугрового висипу, ми обрали гідрофільну гелеву основу як носій активних інгредієнтів КЗ. Гелеві основи володіють низкою переваг порівняно з гідрофобними чи емульсійними основами, а саме: забезпечують належну проникність БАР у шкіру, легко наносяться і швидко всмоктуються, не залишають жирного блиску, стабільні при належному зберіганні, зручні у застосуванні, прості у приготуванні (Перцев, 2007).

Ключовими компонентами гелевих основ є високомолекулярні сполуки (ВМС) природного, напівсинтетичного і синтетичного походження. Для КМ як гелеутворювач використали гуарову камедь, яка має природне походження (отримують з насіння гуарових бобів – стручків індійської акації), тому ця ВМС безпечна

і добре сприймається шкірою. Гелі гуарової камеді прозорі, в'язкі, стабільні, поєднуються з багатьма речовинами (Lal, Shekhawat, Yadav et al., 2021). У процесі розробки складу основи визначали оптимальну концентрацію гелеутворювача. Для цього виготовляли 6 серій зразків, в яких концентрація гуарової камеді становила 1, 2, 3, 4, 5 і 6 %. Розроблювані зразки оцінювали органолептично і визначали їхню структурну в'язкість.

Важливими компонентами гелевих основ є гідрофільні неводні розчинники (ГНР) – гліцерин, пропіленгліколь, ПЕГ-400 тощо. Після додавання ГНР прискорюється процес набухання природних ВМС, покращується їх змочування, підвищується стабільність гелю у процесі зберігання (Перцев, 2007). Тому подальші дослідження стосувались вибору ГНР і його концентрації у складі розробленої основи. Максимально допустима концентрація ГНР у складі гелів – 10 %. Для експерименту готували 6 зразків: зразок № 1: основа + 5 % гліцерину; зразок № 2: основа + 8 % гліцерину; зразок № 3: основа + 10 % гліцерину; зразок № 4: основа + 5 % пропіленгліколю; зразок № 5: основа + 8 % пропіленгліколю; зразок № 6: основа + 10 % пропіленгліколю. Експериментальні зразки оцінювали за такими показниками: опис, рН, колоїдна і термостабільність, структурна в'язкість.

Окрім ГНР, до складу гелю вводили консервант калію сорбат у кількості 0,2 %, який забезпечує широкий спектр антимікробної активності, не вступає в реакцію з активними інгредієнтами та іншими допоміжними речовинами, індиферентний і безпечний для шкіри та її придатків (Перцев, 2007).

Як ароматизатор обрали ефірну олію чайного дерева у концентрації 0,5 % (максимально допустима кількість у складі дерматологічних лікарських і косметичних засобів), оскільки цей інгредієнт, окрім дезодорувальної дії, забезпечує антимікробний, протизапальний ефект і часто використовується у складі засобів для догляду за проблемною шкірою з вугровим висипом (Лисянська, Ал Зедан Фаді, 2019). Ефірна олія не розчинна у гідрофільній основі, тому при її уведенні необхідно застосовувати емульгатор-солюбілізатор. Вибір концентрації емульгатора Твіну- 20 визначали експериментальним методом. Для цього у зразки гелю

вводили по 0,5 % ефірної олії чайного дерева в суміші з різною кількістю Твіну- 20, а саме: 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6 %. Ступінь дисперсності краплинок ефірної олії в гідрофільній основі визначали методом оптичної мікроскопії.

Методи дослідження. *Визначення однорідності.* Визначення однорідності зразків основ проводили за методикою, наведеною в ДФУ 1.0, ст. 511. *Визначення колоїдної і термостабільності* здійснювали за методиками, що описані у літературних джерелах (Федоровська, Даниляк, Волошенюк, Сливка, 2022).

Вимірювання структурної в'язкості модельних зразків гелевих основ проводили на ротаційному віскозиметрі “Муг 3000 V2R” (Viscotech, Іспанія) за температури $20 \pm 0,1$ °C відповідно до методу ДФУ 2 вид., том 1., 2.2.10 (Державна Фармакопея України, 2015).

Потенціометричне визначення рН. Рівень рН досліджуваних зразків визначали з використанням приладу «рН-150 МИ» за ДФУ 2 вид., том 1, п. 2.2.3 (Державна Фармакопея України, 2015).

Дисперсність часток ефірної олії при внесенні у гелеву основу проводили за допомогою електронного мікроскопа «Delta Optical Genetic Pro» з вмонтованою камерою (об'єктив 40/0,65 160/0.17; окуляр WF 10×/18) (ДФУ 2 вид., том 1., 2.9.37) (Державна Фармакопея України, 2015). Досліджувані зразки тонким шаром наносили на предметне скло, яке зверху накри-

вали покривним склом і переглядали під мікроскопом.

Результати дослідження та їх обговорення. За результатами експерименту з опрацювання складу гелевої основи будували графік залежності структурної в'язкості від концентрації гуарової камеді (рис. 1).

У результаті дослідження встановлено, що всі зразки були однорідними за зовнішнім виглядом. Зі збільшенням концентрації гелеутворювача зростала структурна в'язкість експериментальних зразків (оптимальні параметри в'язкості гелів – 2000-10000 мПа·с) (Перцев, 2007). Основи, в яких концентрація гуарової камеді становила 1 і 2 % погано фіксувалися на шкірі та розтікалися при нанесенні, що не відповідає призначенню розроблюваної КМ. Зразки, в яких вміст гелеутворювача становив 4-6 % володіли надто високою в'язкістю, важко наносилися на шкіру і викликали відчуття стягнутості. Відповідно, найкращими органолептичними властивостями і структурною в'язкістю характеризувалась основа з концентрацією гуарової камеді 3 % (рис. 2).

Результати дослідження впливу ГНР на якість гелевої основи наведено у табл. 2. Проаналізувавши отримані результати слід відзначити, що всі зразки були однорідними, колоїдно-і термостабільними. Важливою характеристикою дерматокосметичних засобів є рН. В нормі рН шкіри людини становить 4,5–5,5,



Рис. 1. Зміна структурної в'язкості гелевої основи залежно від концентрації гуарової камеді

що забезпечує надійний захист від патогенної мікрофлори, а також сприяє розвитку корисної мікрофлори (Перцев, 2007). З табл. 2 видно, що основи № 2 – 5 володіють належним значенням рН, а основи № 1 та № 6 – наближеним рН до норми.

При уведенні ГНР спостерігалось підвищення структурної в'язкості досліджуваних зразків (табл. 2). Після додавання гліцерину у концентрації 5 % структурна в'язкість гелю становила 8800 ± 40 мПа·с. Підвищення концентрації гліцерину до 8 і 10 % сприяло збільшенню в'язкості до 9000 ± 30 і 10750 ± 50 мПа·с відповідно. Уведення пропіленгліколю у концентраціях 5, 8 і 10 % підвищувало структурну в'язкість зразків до 9120 ± 55 , 11210 ± 57 і 13230 ± 61 мПа·с відповідно. Зважаючи на вищевикладене, оптимальною з точки зору фізико-хімічних і споживчих характеристик є зразок основи № 2, до складу якого як ГНР уводили 8 % гліцерину.

На рис. 3 зображено мікрофотографії зразків гелевої основи з додаванням суміші ефірної олії чайного дерева і різної концентрації емульгатора-солюбілізатора Твіну-20.

Як видно з рисунка, найвищим ступенем дисперсності й однорідним розподілом краплин ефірної олії володіли зразки, в яких концентрація Твіну-20 становила 0,5 і 0,6 % (рис. 3 Г і Д). Оскільки дисперсність у вказаних зразках практично не відрізнялася, тому ми зупинили свій вибір на основі з вмістом Твіну-20 – 0,5 %.

Отже, у результаті проведених досліджень було опрацьовано склад гелевої основи, яка є носієм активних речовин КМ, а саме склад № 2: гуарова камедь – 3,0 г, гліцерин – 8,0 г, ефірна олія чайного дерева – 0,5 г, Твін-20 – 0,5 г, калію сорбат – 0,2 г, вода очищена – до 100,0 г.

Розробка кінцевого складу і опрацюванні лабораторної технології КМ. Основними активними інгредієнтами КМ є суміш подріб-

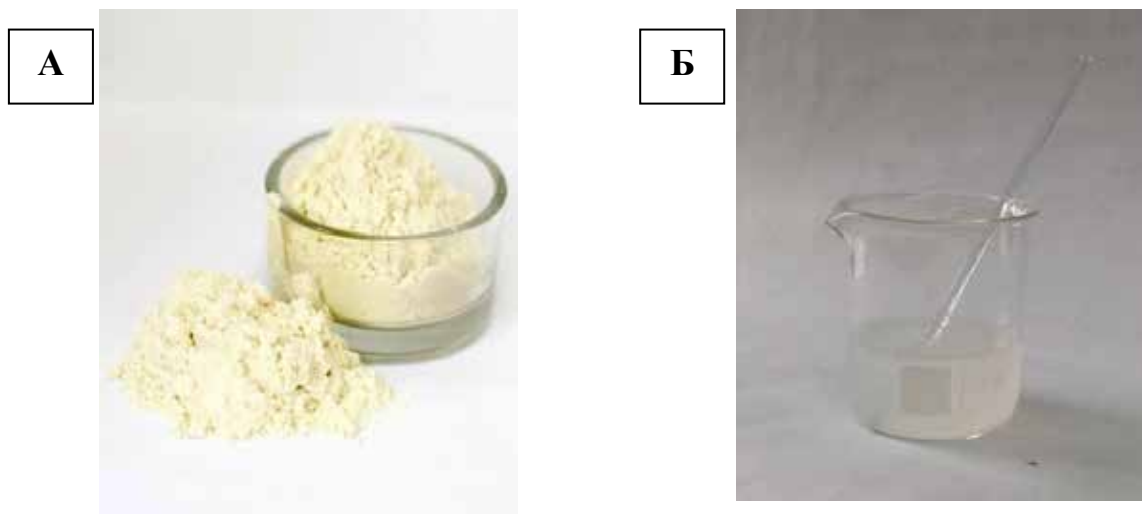


Рис. 2. Порошок гуарової камеді (А); розчин гуарової камеді 3 % (Б)

Таблиця 2

Показники якості зразків гелевих основ після додавання ГНР

№ зразка	Показники якості				
	Однорідність	Колоїдна стабільність	Термо-стабільність	рН	Структурна в'язкість, мПа·с
1	Однорідна	Стабільна	Стабільна	$4,3 \pm 0,07$	8800 ± 40
2	Однорідна	Стабільна	Стабільна	$4,5 \pm 0,03$	9000 ± 30
3	Однорідна	Стабільна	Стабільна	$4,8 \pm 0,06$	10750 ± 50
4	Однорідна	Стабільна	Стабільна	$5,1 \pm 0,04$	9120 ± 55
5	Однорідна	Стабільна	Стабільна	$5,4 \pm 0,05$	11210 ± 57
6	Однорідна	Стабільна	Стабільна	$5,8 \pm 0,03$	13230 ± 61

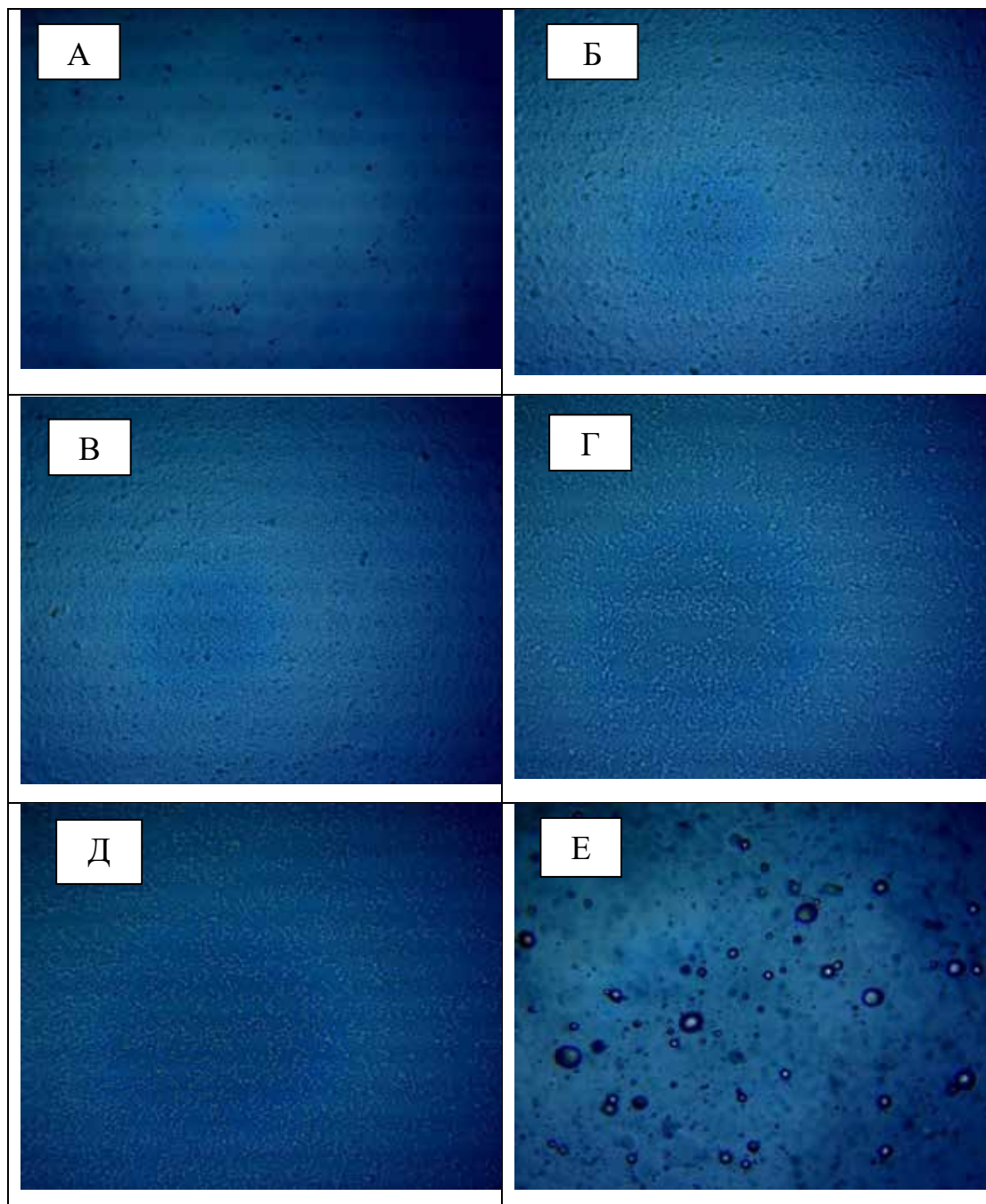


Рис. 3. Дисперсність крапель ефірної олії чайного дерева у складі гелевої основи з різною концентрацією твіну 20: А – 0,2 %; Б – 0,3 %; В – 0,4 %; Г – 0,5 % та Д – 0,6 %; Е – зразок без Твіну-20 (для порівняння). Зб. у 400 разів

неної ЛРС. Для підсилення терапевтичного ефекту і надання КЗ підсушувальної дії до складу порошкової суміші ЛРС доцільно увести косметичну глину, наприклад глину синю, зелену, марокканську рассул (Федоровська, Половко, 2018; Syamsidi, Syamsuddin, Sulastri, 2021). Тому наступний етап дослідження стосувався опрацювання кінцевого складу і вибору оптимального співвідношення сухих компонентів маски (склад № 1) та основи-носія

(склад № 2). З цією метою суміш ЛРС (нагідок лікарських квітки : ромашки лікарської квітки: лаванди вузьколистої квітки – 4 : 3: 3) змішували з однією із запропонованих глин у співвідношенні 9 : 1 (рис. 4).

Для визначення, у якому співвідношенні необхідно змішувати порошкову суміш (склад № 1) з гелевою основою (склад № 2) безпосередньо перед нанесенням КЗ на шкіру, їх змішували у таких пропорціях:

- 1) 1 ч. сухої суміш + 1 ч. гелевої основи (зразок 1);
- 2) 1 ч. сухої суміш + 2 ч. гелевої основи (зразок 2);
- 3) 1 ч. сухої суміш + 3 ч. гелевої основи (зразок 3);
- 4) 1 ч. сухої суміш + 4 ч. гелевої основи (зразок 4);
- 5) 1 ч. сухої суміш + 5 ч. гелевої основи (зразок 5).

Отримані зразки оцінювали візуально (однорідність, консистенція), а також визначали споживчі властивості (легкість нанесення на шкіру і змивання водою, відсутність дискомфорту після нанесення). Результати випробувань наведено у таблиці 3.

Результати досліджень органолептичних і споживчих властивостей досліджуваних зразків показали, що оптимальне співвідношення сухих компонентів і основи для безпосереднього нанесення на шкіру становить 1 : 3 або 1 : 4.

Таким чином, у результаті проведених випробувань було опрацьовано кінцеву рецептуру КМ (табл. 4), яка складається з композиції ЛРС з косметичною глиною (склад № 1) і гелевої основи (склад № 2). Суміш сухих компонентів змішують з гелевою основою безпосередньо перед нанесенням у співвідношенні 1 : 3 (4),

тобто на одну частину сухих компонентів потрібно взяти три або чотири частини гелевої основи.

Лабораторну технологію КМ наведено на рис. 4. Технологічний процес виготовлення КМ включає такі стадії: 1) підготовчі роботи; 2) приготування суміші ЛРС та глини (склад № 1); 3) приготування гелевої основи (склад № 2); 4) контроль якості складу № 1 та складу № 2; 5) фасування, пакування і маркування сухих компонентів (складу № 1) та гелевої основи (складу № 2).

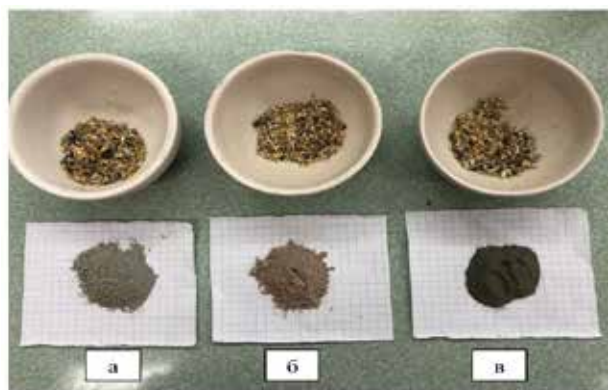


Рис. 4. Суміш ЛРС з відповідною косметичною глиною (а – зелена глина; б – марокканська глина; в – синя глина) – склад № 1

Таблиця 3

Характеристика зразків КМ при змішуванні складів № 1 і № 2

№ зразка	Органолептичні показники		Споживчі властивості	
	Однорідність	Консистенція	Легкість нанесення і змивання водою	Дискомфорт при нанесенні
1	+	Дуже густа липка грудка	-	+
2	+	Густа в'язка маса	-	+
3	+	М'яка пластична маса	+	-
4	+	М'яка пластична маса	+	-
5	-	Драглеподібна маса, що розтікається	-	-

Таблиця 4

Кінцева рецептура косметичної маски проти акне

Склад № 1	г	Склад № 2	г
Суміш ЛРС (квіти нагідок : квіти ромашки : квіти лаванди – 4 : 3: 3)	90,0	Гуарова камедь	3,0
		Гліцерин	8,0
		Ефірна олія чайного дерева	0,5
Косметична глина	10,0	Твін-20	0,5
		Калію сорбат	0,2
		Вода очищена	до 100,0
Загальна кількість на одне застосування	10,0	Загальна кількість на одне застосування	30,0 або 40,0

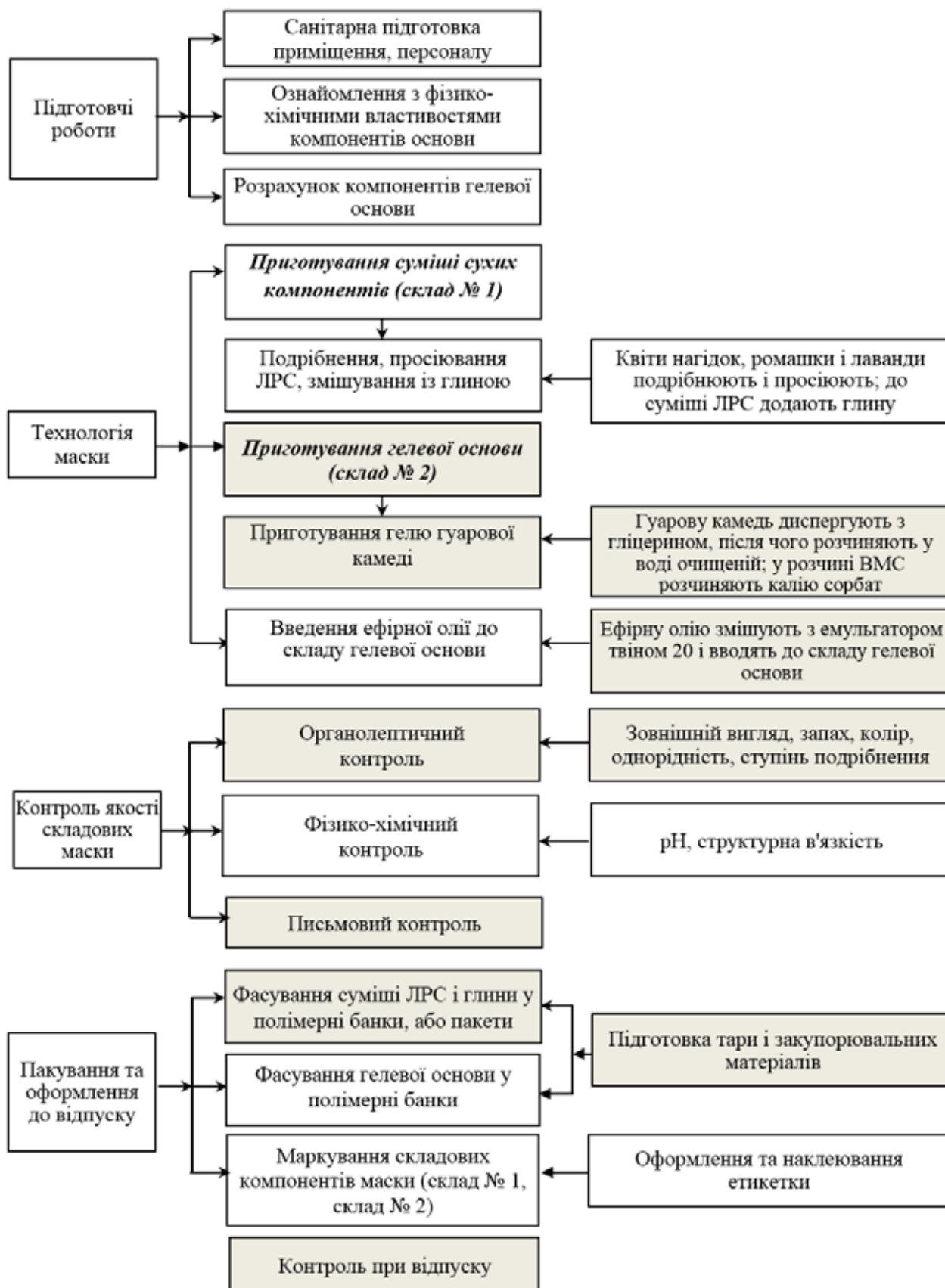


Рис. 5. Технологічна схема виготовлення лікарської КМ в лабораторних (аптечних) умовах

Висновки

1. За даними літературних джерел, а також враховуючи органолептичні властивості запропоновано склад порошкоподібних інгредієнтів КМ (склад № 1), а саме: фітосуміш (нагідок лікарських квітки : ромашки лікарської квітки : лаванди вузьколистої квітки – 4 : 3 : 3) – 9 частин; глина косметична (синя/зелена, мароканська расул) – 1 частина.

2. У результаті проведення органолептичних і фізико-хімічних досліджень опрацьовано склад і співвідношення компонентів гелевої основи КМ

(склад № 2): гуарова камедь – 3,0 г, гліцерин – 8,0 г, ефірна олія чайного дерева – 0,5 г, Твін- 20 – 0,5 г, калію сорбат – 0,2 г, вода очищена – до 100,0 г.

3. Враховуючи органолептичні і споживчі властивості, опрацьовано оптимальне співвідношення компонентів КМ при разовому нанесенні на шкіру, а саме: склад № 1 (порошкоподібні компоненти) змішують із складом № 2 (гелева основа) безпосередньо перед нанесенням у співвідношенні 1 : 3 (4).

4. Розроблено технологічну схему виготовлення лікарської КМ у лабораторних умовах.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Бахмач В. Дослідження показників косметичної маски для обличчя / *Norwegian Journal of development of the International Science*. 2021. № 63. С. 58-61.
2. Гречанська Л.В., Остапенко С.П. Дерматокосметичні препарати як інтегральний компонент у менеджменті пацієнтів з акне. *Український журнал дерматології, венерології, косметології*. 2020. № 2. С. 41-46.
3. Державна Фармакопея України. Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів» 2-е вид. Х.: Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів», 2015. Т. 1. 1128 с., Т. 2. 724 с., Т. 3. 732 с.
4. Кілеєва О.П., Бушуєва І.В. Догляд за жирною шкірою з застосуванням лосьйонів та гелів при лікуванні акне в комплексній терапії. *Paradigm of knowledge*. 2017. № 3(23). С. 36-46.
5. Лисянська Г.П., Ал Зедан Фаді. Дослідження асортименту лікарських косметичних засобів проти акне та перспективи використання ефірних олій. *International Trends in Science and Technology*, March 31, 2019, Warsaw, Poland. P. 39-42.
6. Перцев І.М. Фармацевтичні та медико-біологічні аспекти ліків. Навчальний посібник / І.М. Перцев, О.Х. Пімінов, М.М. Слободянюк; за ред. І.М. Перцева. Видання друге, перероблене та доповнене. Вінниця: Нова книга, 2007. 728 с.
7. Розробка складу емульсійної основи косметичного крему живильної дії / М. Федоровська, М. Даниляк, Т. Волошенюк, Н. Сливка. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2022. № 4. С. 97-106.
8. Федоровська М. І., Половко Н. П. Характеристика масок як косметичної форми. *Сучасні аспекти створення екстемпоральним алопатичних, гомеопатичних і косметичних лікарських засобів*: матеріали II Міжнарод. наук.-практ. дистанц. конф., м. Харків, 1-2 берез. 2018 р. Харків: НФаУ, 2018. С. 266–269.
9. Федоровська М.І., Сініченко А.В., Зудіна А.С. Обґрунтування вибору і співвідношення лікарської рослинної сировини при створенні «китайської косметичної маски» для лікування акне. *Технологічні та біофармацевтичні аспекти створення лікарських препаратів різної направленості дії* : матеріали VI Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції, м. Харків, 11-12 листопада 2021 р. Харків : НФаУ, 2021. С. 480-485.
10. Beauty mask: market and environment / Morganti P., Morganti G., Chen H.D., Gagliardini A. *Journal of Clinical and Cosmetic Dermatology*. 2019. Vol. 3(2). P. 1-10.
11. Comprehension and experience of acne treated with traditional chinese medicine facial mask of Bai Zhi (Radix angelicae formosanae) and Bai Fu Zi (Rhizoma typhonii gigantei) as the Basis Formula by External Application / Soo Min Teoh, Sheng Yan Xi, Yan Hui Wang, Xiao Yan Qian. *Chinese Medicine*. 2012. Iss. 3. P. 87-93.
12. Formulation and evaluation of skin invigorating caffeine face mask / Anakha Narayanan, Fahidha K. S, Godwin Babu et al. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*. 2022. Vol. 75(2). P. 86-89.
13. Guar gum valuable for pharmacological and pharmaceutical conscious: a review / Gopal Lal, Neha Shekhawat, Swati Yadav et al. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 2021. Vol.10(1). P. 7-13.
14. In vivo evaluation of the effectiveness of biocellulose facial masks as active delivery systems to skin / Perugini P., Bleva M., Redondi R. *Journal of Cosmetic Dermatology*. 2020. Vol.19. P. 725–735.
15. Skin care and rejuvenation by cosmeceutical facial mask / Nilforoushzhadeh M.A., Amirkhani M.A., Zarrintaj P. et al. *Journal of Cosmetic Dermatology*. 2018. Iss. 5. P. 693-702.
16. Surini S., Auliyya A. Formulation of an anti-wrinkle hydrogel face mask containing ethanol extract of Noni fruit (Morinda citrifolia L) for use as a nutracosmeceutical product / *International Journal of Applied Pharmaceutics*. 2017. Vol. 9. P. 74-76.
17. Syamsidi A., Syamsuddin A. M., Sulastri E. Formulation and antioxidant activity test of Tomato Lycopene extract (Solanum lycopersicum L.) clay mask with variation of kaolin and bentonite base concentrations / *Galenika Journal of Pharmacy*. 2021. Vol.7(1). P. 77-90.

18. Thanya Promsorn. Development of herbal facial mask cream from Suan Sunandha Palace Facial Beauty / *International Journal of Advances in Science Engineering and Technology*. 2017. Vol. 5 (1). P. 23-26.

REFERENCES:

1. Bakhmach V. (2021). Doslidzhennia pokaznykiv kosmetychnoi masky dlia oblychchia. [Study of cosmetic face mask]. *Norwegian Journal of development of the International Science*, 63, 58-61 [in Ukrainian].
2. Hrechanska L., Ostapenko S. (2020). Dermatokosmetychni preparaty iak integralnii komponent u menedzhmenti patsientiv z akne. [Dermocosmetics as integral component in management of patients with acne]. *Ukrainian Journal of Dermatology, Venereology, Cosmetology*, 2, 41-46 [in Ukrainian].
3. Derzhavna Farmakopeia Ukrainy / Derzhavne pidpriemstvo «Ukrainskyi naukovyi farmakopeyni tsestr yakosti likarskykh zasobiv» 2-e vyd. Kh.: Derzhavne pidpriemstvo «Ukrainskyi naukovyi farmakopeyni tsestr yakosti likarskykh zasobiv», 2015. T. 1. 1128 s., T. 2. 724 s., T. 3. 732 s [in Ukrainian].
4. Kilyeyeva O., Bushueva I. (2017). Dohlyad za zhyrnoyu shkiroyu z zastosuvannyam los'yoniv ta heliv pry likuvanni akne v kompleksni terapii. [Care of oily skin with the use of lotions and gels in the treatment of acne in complex therapy]. *Paradigm of knowledge*, 3(23), 36-46 [in Ukrainian].
5. Lisyanskaya A., Al Zedan Fadi (2019). Doslidzhennya asortymentu likars'kykh kosmetychnykh zasobiv proty akne ta perspektyvy vykorystannya efirnykh oliy. [Study of the range of medicated cosmetic products against acne and prospects for the use of essential oils]. *International Trends in Science and Technology*, March 31, 2019, Warsaw, Poland, 3, 39-42 [in Ukrainian].
6. Pertsev I.M. Farmatsevtichni ta medyko-biologichni aspekty likiv. Navchalnyi posibnyk / I.M. Pertsev, O.Kh. Piminov, M.M. Slobodianiuk; za red. I.M. Pertseva. Vydannia druhe, pereroblene ta dopovnene. Vinnytsia: Nova knyha, 2007. 728 s [in Ukrainian].
7. Fedorovska M., Danyliak M., Volosheniuk T., Slyvka N. (2022). Rozrobka skladu emulsiinoi osnovy kosmetychnoho kremu zhyvylnoi dii [Development of the emulsion cream base with nutritive properties]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 4, 97-106 [in Ukrainian].
8. Fedorovska M.I., Polovko N.P. (2018). Kharakterystyka masok yak kosmetychnoi formy. [Characteristics of masks as a cosmetic form]. *Modern aspects of creating extemporaneous allopathic, homeopathic and cosmetic medicines: II International scientific and practical remote conference*, Kharkiv, March 11-12, 2018 Kharkiv: NUPh, 2018, 266-269 [in Ukrainian].
9. Fedorovska M.I., Sinichenko A.V., Zudina A.S. (2021). Obgruntuvannya vyboru i spivvidnoshennya likars'koyi roslynnoi syrovyny pry stvorenni «kytays'koyi kosmetychnoi masky» dlya likuvannya akne. [Justification of the choice and ratio of medicinal plant raw materials when creating a "Chinese cosmetic mask" for the treatment of acne]. *Technological and biopharmaceutical aspects of the creation of medicinal preparations of different directions of action: VI International Scientific and Practical Internet Conference*, Kharkiv, March 1-2, 2021 Kharkiv: NUPh, 2021, 480-485 [in Ukrainian].
10. Morganti P, Morganti G, Chen HD, Gagliardini A. (2019). Beauty mask: market and environment. *Journal of Clinical and Cosmetic Dermatology*. 3, 2, 1-10 [in English].
11. Teoh S.M., Xi S.Y., Wang Y.H., Qian X.Y. (2012). Comprehension and experience of acne treated with traditional chinese medicine facial mask of Bai Zhi (Radix angelicae formosanae) and Bai Fu Zi (Rhizoma typhonii gigantei) as the Basis Formula by External Application. *Chinese Medicine*. 3, 87-93 [in English].
12. Narayanan A., Fahidha K.S., Babu G. et al. (2022). Formulation and evaluation of skin invigorating caffeine face mask. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 75, 2, 86-89 [in English].
13. Lal G., Shekhawat N., Yadav S. et al. (2021). Guar gum valuable for pharmacological and pharmaceutical conscious: a review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 10, 1, 7-13 [in English].
14. Perugini P., Bleve M., Redondi R. (2020). In vivo evaluation of the effectiveness of biocellulose facial masks as active delivery systems to skin. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 19, 725-735 [in English].
15. Nilforoushzhadeh M.A., Amirkhani M.A., Zarrintaj P. et al. (2018). Skin care and rejuvenation by cosmeceutical facial mask. *Journal of Cosmetic Dermatology*, 5. 693-702 [in English].
16. Surini S., Auliyya A. (2017). Formulation of an anti-wrinkle hydrogel face mask containing ethanol extract of Noni fruit (*Morinda citrifolia* L) for use as a nutracosmeceutical product. *International Journal of Applied Pharmaceutics*, 9. 74-76 [in English].
17. Syamsidi A., Syamsuddin A. M., Sulastri E. (2021). Formulation and antioxidant activity test of Tomato Lycopene extract (*Solanum lycopersicum* L.) clay mask with variation of kaolin and bentonite base concentrations. *Galenika Journal of Pharmacy*, 7, 1, 77-90 [in English].
18. Promsorn T. (2017). Development of herbal facial mask cream from Suan Sunandha Palace Facial Beauty. *International Journal of Advances in Science Engineering and Technology*, 5, 1, 23-26 [in English].

УДК 911.2:338.2:626

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-6>

Василь ФЕСЮК

доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри фізичної географії, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID: 0000-0003-3954-9917

Ольга БЄДУНКОВА

доктор біологічних наук, професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства, Національний університет водного господарства та природокористування вул. Соборна 11, м. Рівне, Україна, 33028

ORCID: 0000-0003-4356-4124

Scopus-Autor ID: 57193439260

Ірина НЕТРОБЧУК

кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри фізичної географії, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID: 0000-0002-8633-7426

Марія БОЯРИН

кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID: 0000-0001-9822-5897

Бібліографічний опис статті: Фесюк В., Бедункова О., Нетробчук І., Боярин М. (2023). Аналіз сучасного стану водокористування у басейні Прип'яті Волинської області. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 1, 47–55, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-6>

СУЧАСНИЙ СТАН ВОДОКОРИСТУВАННЯ У БАСЕЙНІ ПРИП'ЯТІ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Вода – стратегічний ресурс для забезпечення сталого розвитку будь-якої країни. Хоча в останні десятиліття спостерігаємо тенденцію до збільшення частки використання води різними галузями господарства, зростання її дефіциту, погіршення якості води, проблем забезпечення населення чистою питною водою в достатній кількості. Для вирішення цих питань необхідно забезпечити інтегроване управління водними ресурсами за басейновим принципом.

У статті проаналізовано водогосподарську діяльність в басейні Прип'яті Волинської області з метою оптимізації водокористування. Більше $\frac{1}{4}$ усіх обсягів забраної води припадає на басейн Прип'яті. В середньому із цього басейну щорічно забирається приблизно 37 млн. м³ води. Основним джерелом для забору води є підземні горизонти. Із них щорічно забирається близько 29 млн. м³ води. Виявлено, що найбільший відсоток води споживають сільське та житлово-комунальне господарства для задоволення побутово-питних і виробничих потреб. Найменше води споживає промисловість. Водопостачання населення в басейні річки здійснюється або комунальними підприємствами, або за допомогою шахтних колодязів. Зворотні води скидаються у поверхневі водойми та на поля фільтрації. Встановлено, що основним забруднювачем поверхневих вод є житлово-комунальне підприємство.

Визначено основні проблеми внаслідок водогосподарської діяльності, що впливає на кількісні та якісні показники стану басейну річки та призводить до певних антропогенних навантажень.

Запропоновано комплекс заходів для раціонального та збалансованого ведення водогосподарського сектору в басейні Прип'яті.

Ключові слова: басейн річки, водокористування, забір води, відведення води, водопостачання, водоспоживання.

Vasyl FESIUK

Doctor of Science in Geography, Professor, Head of the Department of Physical Geography, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0003-3954-9917

Olha BIEDUNKOVA

Doctor of Biology, Associate Professor, Professor at the Department of Ecology, Environmental Technology and Forestry, National University of Water and Environmental Engineering, 11 Soborna str., Rivne, Ukraine, 33028

ORCID: 0000-0003-4356-4124

Scopus-Autor ID: 57193439260

Iryna NETROBCHUK

PhD of Geography, Docent, Associate Professor of the Department of Physical Geography, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0002-8633-7426

Mariia BOIARYN

PhD of Geography, Docent, Associate Professor of the Department of Ecology and Protection of Environment, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0001-9822-5897

To cite this article: Fesiuk V., Biedunkova O., Netrobchuk I., Boiaryn M. (2023). Analiz suchasnoho stanu vodokorystuvannia u baseini Pryp'iaty Volynskoi oblasti [Current state of water use in the Pripet basin of the Volyn Region]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 1, 47–55, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-6>

CURRENT STATE OF WATER USE IN THE PRIPET BASIN OF THE VOLYN REGION

Water is a strategic resource for ensuring the sustainable development of any country. The recent decades oversaw a trend towards an increase in the share of water use by various sectors of the economy, an increase in water lack, deterioration of water quality, problems of providing the population with clean drinking water in sufficient quantity. Integrated management of water resources according to the basin principle is necessary to solve these issues.

The article analyzes water management activities in the Pripet basin of the Volyn region with the aim of optimizing water use. More than $\frac{3}{4}$ of the volume of water intake belongs to the Pripet basin. On average, approximately 37 million m^3 of water is withdrawn from this basin annually. The main source for water intake is underground aquifers accounting for about 29 million m^3 of water annually. It was found that the largest percentage of water is consumed by agriculture and housing and communal services to meet domestic drinking and industrial needs. Industry consumes the least amount of water. Water supply to the population in the river basin is achieved either by communal enterprises or with the help of wells. Wastewater is discharged into surface reservoirs and filtration fields. It was established that the main polluter of surface water is the housing and communal enterprises.

The main problems resulting from water management activities, which affect the quantitative and qualitative indicators of the state of the river basin and lead to certain anthropogenic loads, have been identified.

A set of measures for rational and balanced management of the water management sector in the Pripet Basin is proposed.

Key words: river basin, water use, water intake, water drainage, water supply, water consumption.

Актуальність проблеми. Будь-яка сфера господарської діяльності людини неможлива без використання води, як стратегічного ресурсу для забезпечення сталого розвитку будь-якої країни. Донедавна вважали, що людині вистачить водних ресурсів назавжди. Але,

на жаль, в останні десятиліття спостерігаємо тенденцію до збільшення частки використання води різними галузями господарства, зростання її дефіциту навіть у добре забезпечених водними ресурсами районах, погіршення якості води, бо водночас водні об'єкти здебільшого

стають колекторами для скидання стічних вод. Крім того, на фоні змін клімату, які призводять до зменшення річкового стоку та інфільтраційного живлення підземних вод, наразі існують проблеми забезпечення суспільства чистою питною водою в достатній кількості. Отже, сьогодні змінилось ставлення до води як до вичерпного відновного ресурсу. Нині якісна питна вода вже стає предметом експорту. Все це засвідчує про дисбаланс між водокористуванням і наявними водними ресурсами, оскільки водокористування в Україні відзначається низьким рівнем раціональності та збалансованості.

У зв'язку з цим в Проекті стратегії сталого розвитку України до 2030 р. у стратегічній цілі 5 передбачено забезпечення переходу до моделей збалансованого споживання і виробництва, збалансованого управління природними ресурсами та зміцнення заходів реагування на зміну клімату. Відповідно операційна ціль 5.2 має забезпечити інтегроване управління водними ресурсами за басейновим принципом і доступ до санітарії для всіх. (Стратегія сталого розвитку України до 2030 року). Тож Держводагентству України необхідно оптимізувати та запровадити стратегію екологічно безпечного водокористування в річкових басейнах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значний внесок у дослідження водних ресурсів Волинської області, а також басейну р. Прип'ять зокрема, зроблений у (Зузука, 2009; Фесюка & Полянського, 2009). Характеристики осушувальних системи Волинської області та їх охорона висвітлена у (Зузука, Колошко, Карпюк, 2012). Формуванням водного режиму басейну Прип'яті за умов антропогенного навантаження займалася (Цветова & Демида, 2015). Оцінку якості води та антропогенного навантаження, екологічної збалансованості ландшафтів басейну р. Прип'ять в межах області подано у (Нетробчук, 2012; 2020). Окрім того, якість води р. Прип'ять та її приток досліджували (Лахай, 2010; Даус, 2019; Цьось, 2017; Боярин, 2017; Ситник & Морозова, 2010). Особливості водокористування, визначення основних причин погіршення екологічного стану водних ресурсів Волинської області проаналізовано у (Мельнійчука, Горбач, Горбач, 2021).

З огляду на вищесказане впливає, що питанням сучасного водокористування в розрізі басейнів річок Волинської області приді-

ляється мало уваги. Тож виникла необхідність у проведенні аналізу показників використання води у басейні Прип'яті з метою оптимізації водокористування.

Мета дослідження – проаналізувати водогосподарську діяльність в басейні Прип'яті, виявити проблеми та вказати шляхи щодо сталого безпечного водокористування.

Виклад основного матеріалу дослідження. На заході Волинської області проходить частина головного європейського вододілу, який розділяє поверхневий стік між Балтійським і Чорним морем. На західних схилах цього вододілу протікає річка Західний Буг, яка належить до басейну Вісли і Балтійського моря (Khilchevskiy, Zabokrytska, 2018). На східних схилах головного європейського вододілу бере початок річка Прип'ять, найбільша права притока Дніпра (басейн Чорного моря).

Вітик 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 перетинає державний кордон з Республікою Білорусь, де тече Поліською низовиною в слабо вираженій долині району Пінських боліт. У пониззі (останні 50 км) річка Прип'ять переходить у Київську область (Україна) і біля м. Чорнобиль впадає у Київське водосховище Дніпра (Khilchevskiy, Netrobchuk, Sherstyuk, Zabokrytska, 2022).

Загальна довжина річки – 775 км (на території України – 254 км), площа басейну – 114,3 тис. км² (на території України – 68,37 тис. км²). Згідно гідрографічного районування території України 2016 р., р. Прип'ять виділяється як окремий суббасейн в районі басейну Дніпра (Khilchevskiy, Grebin, Sherstyuk, 2019).

Природною особливістю суббасейну Прип'яті є те, що його верхів'я розташовано на території Волинської області в Україні. Саме тут починається формування хімічного складу річкової води, основні риси якого зберігаються протягом всієї довжини річки. Верхів'я річки Прип'ять у Волинській області (72 км) перетворено на магістральний канал однієї з найбільших в Європі Верхньо-Прип'ятської осушувальної системи (Характеристика басейну р. Прип'ять, 2021).

Для аналізу сучасного стану водокористування у верхів'ї басейну Прип'яті використано матеріали Регіональної доповіді про стан навколишнього природного середовища у Волинській області за 2019-2021 роки.

З вищесказаного випливає, що забезпечення Волинської області ґрунтується на водних ресурсах двох великих річкових басейнів – Прип'яті та Західного Бугу. Згідно даних Регіонального офісу водних ресурсів у Волинській області за 2021 р. із поверхневих водних об'єктів і підземних водних горизонтів було забрано 43,033 млн. м³ води, що на 2,906 млн. м³ більше, ніж у 2020 р. та на 24,6 млн. м³ менше ніж у 2019 р. Як видно з рис. 1, більше $\frac{3}{4}$ усіх обсягів забраної води припадає на басейн Прип'яті. В середньому із цього басейну щорічно забирається приблизно 37 млн. м³ води, причому в останні роки спостерігається зменшення цього обсягу. Частка води, забраної із поверхневих водних об'єктів,

становить в середньому близько 22 % і з кожним роком все меншає. Основним джерелом для забору води є підземні горизонти. Із них щорічно забирається близько 29 млн. м³ води (табл. 1, рис. 1).

Варто зауважити, що основна водогосподарська діяльність в басейні Прип'яті здійснюється по її основному руслу та руслах її приток, де знаходяться центри колишніх адміністративних районів: смт. Любешів, смт. Стара Виживка, смт. Ратне, а також міста Ковель і Камінь-Каширський. Особливістю басейну Прип'яті в межах Волинської області є відсутність великих промислових підприємств. Окрім того значна частина басейну лежить в межах природоохоронних територій як місцевого, так і загальнодержавного значення.

Із загального об'єму забраної води з басейну Прип'яті, використовується в середньому 81%. Так, серед галузей економіки, найбільший від-

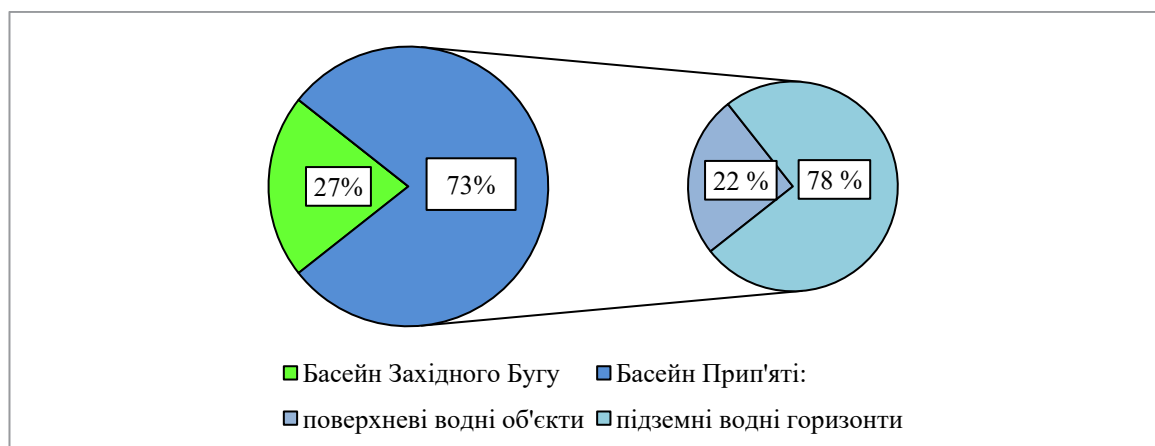


Рис. 1. Співвідношення забору води із різних джерел водопостачання в басейні річки Прип'ять, %

Таблиця 1

Загальні показники забору, використання та відведення води у басейні Прип'яті за 2019-2021 роки*, млн. м³

Показник	2019	2020	2021
Забрано води всього:			
у т.ч. із	48,58	30,484	32,582
поверхневих водних об'єктів	11,11	5,737	8,107
підземних водних горизонтів	37,47	24, 747	24,475
Використано води всього: у т.ч. із	40,16	24,445	26,268
поверхневих водних об'єктів	8,97	4,01	6,501
підземних водних горизонтів	31,19	20,435	19,767
Загальне відведення зворотних вод	20,66	19,699	20,522
у т.ч. забруднених (недостатньо очищених)	0,472	0,423	0,485

Джерело: складено за матеріалами регіональної доповіді про стан навколишнього природного середовища у Волинській області за 2019-2021 рр.

соток води споживають сільське та житлово-комунальне господарства (ЖКГ). Понад 84% використаної води у секторі ЖКГ йде на побутово-питні потреби, решта 16% – на виробничі. У сільському господарстві виробничі потреби у воді складають 17,5%, а побутово-питні – 0,4%. Серед основних галузей найменше води споживає промисловість, лише 10% від забору, із яких майже вся вода йде на виробничі потреби (рис. 2) (Екологічний паспорт Волинської області, 2019).

Основними водокористувачами басейну Прип'яті, що мають дозвіл на спеціальне водокористування, є вісім підприємств: ТОВ «Ратнівський молокозавод», Любешівське КП «Любешів-Комфорт-Сервіс», Ратнівське ВУЖКГ, Забродівська сільська рада, Ратнівська ЦРЛ, ТОВ «Дубечненський керамічний завод», ДП «Любешівське лісомисливське господарство», ТОВ «Гірники-Агро» (Перелік дозволів на спеціальне водокористування).

Забір води такі водокористувачі здійснюють з підземних джерел. Ліміт забору в загальному становить понад 680 тис. м³ на рік. Метою водокористування є питні і санітарно-гігієнічні та виробничі потреби, передача води населенню та вторинним водокористувачам. Стічні води скидаються у поверхневі водойми, на поля фільтрації та у вигріб. Загальний об'єм скиду становить майже 340 тис. м³ на рік. Втрати в системах водопостачання не перевищують 88 тис. м³ на рік.

Водопостачання населення в басейні річки здійснюється або комунальними підприємствами, або за допомогою шахтних колодязів і локальних свердловин. Комунальні підприємства надають послуги із водопостачання населенню та юридичним особам об'ємом

у 180-200 тис. м³ води (Стратегія розвитку 2018-2025 роки).

Так послуги з водопостачання в смт. Любешів надає Любешівське комунальне підприємство «Любешів-Комфорт-Сервіс». Загальна протяжність водопроводу становить 15,1 км. До мереж централізованого водопостачання у 2019 р. було приєднано 853 споживачі (789 – населення; 29 – заклади бюджетної сфери; 35 – інші споживачі) (Стратегія розвитку 2018-2025 роки).

В селах Березна Воля, Деревок, Проходи та Підкоромілля працюють сільські водопроводи, які обслуговуються населенням самостійно.

Централізована система водовідведення функціонує лише в смт. Любешів, яку обслуговує КП «Любешів-Комфорт-Сервіс». Система каналізування складається з вуличних та внутрішньодворових каналізаційних мереж протяжністю 3,4 км, 2-ох каналізаційно-насосних станцій, головного колектора довжиною 5,5 км та очисних споруд (поля фільтрації). Загалом довжина усіх каналізаційних мереж становить 9,8 км.

До централізованої каналізаційної мережі приєднано 513 абонентів, з яких 450 – населення, 25 – бюджетна сфера, 38 – інші споживачі. Послугами централізованого відведення в смт. Любешів користується 24 % населення.

Всього в басейн Прип'яті скидається в середньому 67% використаної води, з якої 2% є забрудненими. В межах басейну комунальними підприємствами здійснюються послуги з водовідведення об'ємом у 90-100 тис. м³/рік. Зворотні води скидаються у поверхневі водойми (Ратнівське ВУЖКГ) або на поля фільтрації (Любешівське КП «Любешів-Комфорт-Сервіс») (Стратегія розвитку 2018-2025 роки).

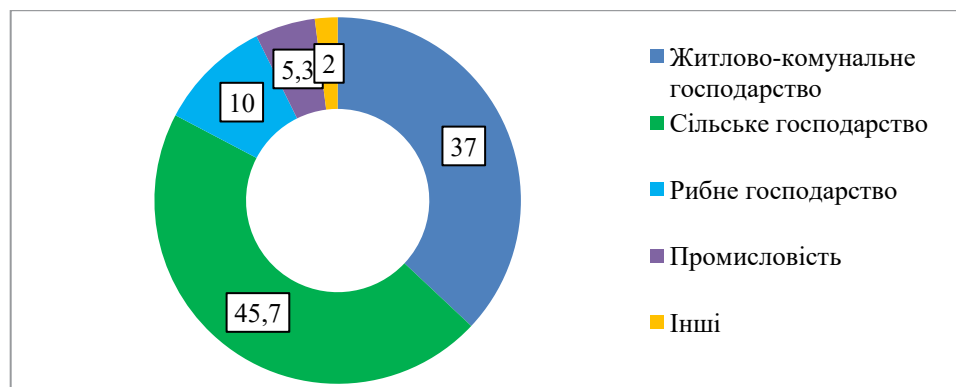


Рис. 2. Використання води підприємствами галузей економіки, %

Серед галузей економіки найбільший відсоток скиду води припадає на житлово-комунальне господарство – понад 64 % (рис. 3). Саме цей сектор економіки є основним забруднювачем поверхневих вод. З усього об'єму скинутих забруднених вод, понад 70 % скидаються без очищення. Найменше зворотних вод у поверхневі об'єкти відводить сільське господарство – 8,3% (Екологічний паспорт Волинської області, 2019).

Отже, водопостачання та водовідведення окремих населених пунктів, які не користуються послугами комунальних підприємств, оцінити дуже важко, оскільки не ведеться облік локальних свердловин та колодязів, об'єм забору води з них, якість цієї води; не обліковуються об'єми скиду, кількість забрудників і їх об'єми в цих стоках. Немає даних, які могли б допомогти оцінити використання води й у сільському господарстві, зокрема на полив с/г культур.

Таким чином, водогосподарська діяльність в басейні річки так чи інакше впливає на кількісні та якісні показники її стану та призводить до певних антропогенних навантажень. Основними проблемами, що виникають в результаті такої діяльності, а також нераціонального використання водних ресурсів є технологічно та технічно застарілі каналізаційно-очисні споруди, які потребують капітального ремонту та реконструкції, забруднення річок, інтенсивне заростання русел річок, а також руйнування природних ландшафтів басейну річки та прилеглих територій. Так, проведені осушувальні меліоративні роботи призвели до інженерної

перебудови русел. Ситуація ускладнюється ще й тим, що в останні роки простежується тенденція до активного відведення берегів та заплав річок під дачне будівництво, садівництво й огородинство.

Враховуючи вище сказане, для оптимізації роботи водогосподарського сектору необхідно забезпечити ведення його за басейновим принципом і на засадах сталого та екологічно безпечного водокористування.

Для цього необхідно провести комплекс заходів щодо покращення системи водозабезпечення, нормування, обліку і контролю за водокористуванням, переглянути зміни в ціноутворенні, організації звітності, системі організації праці робітників галузі. Крім того, для впровадження сталих підходів у водокористуванні необхідно змінити свідомість управлінців, водокористувачів, громадськості загалом. Це забезпечить встановлення рівноваги між задоволенням потреб населення та обмеженого використання галузей господарства, що, в свою чергу, зменшить навантаження на басейни річок. Звісно, що для впровадження ідеї сталого екологічно безпечного водокористування необхідна взаємодія усіх гілок влади з громадськістю, оскільки вона має характер домінуючої соціальної складової: для задоволення потреб, покращення здоров'я та підвищення добробуту кожного.

Висновки і перспективи подальших досліджень. На підставі проведеного аналізу можна стверджувати. З басейну Прип'яті в середньому щорічно забирається приблизно 37 млн. м³ води.

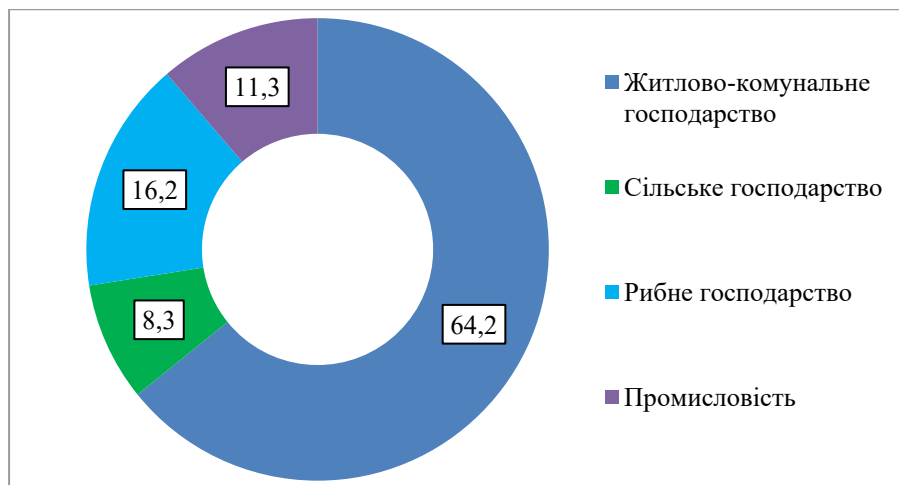


Рис. 3. Відведення зворотних вод у поверхневі водні об'єкти підприємствами галузей економіки, %

Основним джерелом водопостачання є підземні горизонти. Із них щорічно забирається близько 29 млн. м³ води. Основними споживачами води є сільське та житлово-комунальне господарства, які задовольняють побутово-питні та виробничі потреби. Найменше води споживає промисловість. Послуги з водопостачання і водовідведення окремих населених пунктів надаються комунальними підприємствами. Основним забруднювачем поверхневих вод басейну Прип'ять є житлово-комунальне господарство, яке генерує найбільші об'єми стічних вод. Зворотні води скидаються переважно

у поверхневі водні об'єкти та на поля фільтрації. Для оптимізації роботи водогосподарського сектору необхідно забезпечити ведення його за басейновим принципом і на засадах сталого та екологічно безпечного водокористування.

Проведений аналіз водокористування у басейні Прип'яті є важливим для впровадження інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом і для оптимізації екологічно безпечного водокористування. Все це окреслює перспективу подальших досліджень водокористування басейнів інших річок Волинської області.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Боярин М. В., Нетробчук І. М. Екологічний стан поверхневих вод басейну річки Стохід. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. Харків : Харківський нац. ун-т ім. В. Н. Каразіна. 2017. № 3-4 (28). С. 120-129.
2. Даус М. Є. Вплив водності на якість води у басейні річки Прип'ять. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. Київ, 2019. № 3 (54). С. 40-42.
3. Екологічний паспорт Волинської області. *Веб-сайт Волинської обласної державної адміністрації*. URL: <https://voladm.gov.ua/article/ekologichniy-pasport-volinskoyi-oblasti-za-2019-rik>
4. Зузук Ф. В., Кутовий С. С., Ільїн Л. В., Колошко Л. К., Нетробчук І. М., Міщенко О. В., Химин М. Природні ресурси Волинської області. *Вісник Львівського університету. Серія: Географія*. 2009. Вип. 37. С. 29-42.
5. 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.
6. Лахай Ю. О. Екологічна оцінка природних умов басейну річки Турія. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2010. Т.2 (19). С. 216-222.
7. Мельничук М. М., Горбач В. В., Горбач Л. М. Особливості використання водних ресурсів Волинської області та їх екологічний стан у сучасних умовах. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія: Геологія. Географія. Екологія*. 2021. Випуск 54. С. 306-315. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-54-23>
8. Нетробчук І. М. Оцінка антропогенного навантаження та екологічної збалансованості ландшафтів річкової долини верхньої Прип'яті в межах Волинської області. *Науковий вісник Чернівецького університету. Серія: Географія*. Чернівці, 2012. Вип. 612-613. С. 133-137.
9. Нетробчук І. М., Оласюк І. Ю. Оцінка антропогенного навантаження на долину річки Прип'ять у Волинській області. *Науковий огляд*. Київ, 2020. № 8 (71). С. 15-33. <http://oaji.net/articles/2020/797-1609433374.pdf>
10. Перелік дозволів на спеціальне водокористування. Веб-сайт Державного агентства водних ресурсів України. URL: <https://e-services.davr.gov.ua/site/permit-registry>
11. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Волинській області за 2019-2020 рр. URL: <https://voladm.gov.ua>
12. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища у Волинській області за 2021 рік. URL: <https://mepr.gov.ua/files/docs/>
13. Ситник Ю. М., Арсан О. М., Морозова А. О. Гідрохімічні дослідження річок Стохід та Прип'ять влітку 2000 року. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету. Серія: Біологія*. 2010. № 2 (43). С. 14-17.
14. Стратегія сталого розвитку України до 2030 року. *Веб-сайт United Nation Development Programme*. URL: https://www.undp.org/content/dam/ukraine/docs/SDGreports/UNDP_Strategy_v06-optimized.pdf
15. Стратегія розвитку 2018-2025 роки. *Веб-сайт Любешівської селищної ради об'єднаної територіальної громади*. URL: https://rada.info/upload/users_files/04333170/93b7bb8a960e6ed9afc42b574b0e8a18.pdf
16. Фесюк В. О., Полянський С. В. Водні ресурси Волинської області, їх екологічний стан. *Наукові записки СумДПУ ім. А. С. Макаренка. Географічні науки*. Суми, 2009. Вип. 19. С. 49-53.
17. Характеристика басейну р. Прип'ять в межах Волинської області. *Веб-сайт Регіонального офісу водних ресурсів у Волинській області*. URL: <https://www.vodres.gov.ua/node/1168>
18. Цветова О. В., Сидоренко О. О., Тураєва О. В., Демида І. А. Формування водного режиму в долині р. Прип'ять за умов антропогенного навантаження. *Меліорація і водне господарство*. 2015. Вип 102. С. 111-114.

19. Цьось О. О. Екологічна оцінка якості поверхневих вод річки Цир за категоріями. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2017. № 1-2 (27). С. 71-76.
20. Khilchevskiy, V., Zabokrytska, M., Sherstyuk, N. Hydrography and hydrochemistry of the transboundary river Western Bug on the territory of Ukraine. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 2018. 27(2). P. 232-243. <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/111848>
21. Khilchevskiy, V. K., Grebin, V. V., Sherstyuk, N. P. Modern Hydrographic and Water management zoning of Ukraine's territory in 2016 – implementation of the WFD-2000/60/EC. Electronic book with full papers from XXVIII Conference of Danubian countries on the hydrological forecasting and hydrological bases of water management. Kyiv, 2019. P. 209-223.
22. 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. 31(1). P. 71-80. DOI: 10.15421/112207

REFERENCES:

1. Boiaryn, M. V., Netrobchuk, I. M. (2017). Ekolohichniy stan poverkhnevyykh vod baseinu richky Stokhid. [Ecological condition of the surface waters of the Stokhid river basin]. *Liudyna ta dovkillia. Problemy neokolohii. – Man and environment. Problems of neoecology*, № 3-4(28), 120-129 [in Ukrainian].
2. Daus, M. Ye. (2019). Vplyv vodnosti na yakist vody u baseini richky Prypiat. [The influence of water content on water quality in the Pripjat River basin]. *Hidrolohiia, hidrokhimii i hidroekolohiia. – Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*. № 3 (54), 40-42 [in Ukrainian].
3. Ekolohichniy pasport Volynskoi oblasti. [Ecological passport of the Volyn region]. *Veb-sait Volynskoi oblasnoi derzhavnoi administratsii. – Website of the Volyn Regional State Administration*. Retrieved from: <https://voladm.gov.ua/article/ekologichniy-pasport-volynskoyi-oblasti-za-2019-rik> [in Ukrainian].
4. Zuzuk, F. V., Kutovyi, S. S., Ilin, L. V., Koloshko, L. K., Netrobchuk, I. M., Mishchenko, O. V., Khymyn, M. (2009). Pryrodni resursy Volynskoi oblasti. [Natural resources of the Volyn region]. *Visn. Lvivsk. un-tu. Ser.: Heohrafiia. – Bulletin of Lviv University. Series: Geography*, 37, 29-42 [in Ukrainian].
5. Zuzuk, F. V., Koloshko, L. K., Karpiuk, Z. K. (2012). Osusheni zemli Volynskoi oblasti ta yikh okhrona : monohrafiia. [Drained lands of the Volyn region and their protection: monograph]. Lutsk : Volyn. nats. un-t im. Lesi Ukrainky, 294 [in Ukrainian].
6. Lakhai, Yu. O. (2010). Ekolohichna otsinka pryrodnykh umov baseinu richky Turii. [Ecological assessment of the natural conditions of the Turia River basin]. *Hidrolohiia, hidrokhimii i hidroekolohiia. – Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*, T.2 (19), 216-222 [in Ukrainian].
7. Melniichuk, M. M., Horbach, V. V., Horbach, L. M. (2021). Osoblyvosti vykorystannia vodnykh resursiv Volynskoi oblasti ta yikh ekolohichniy stan u suchasnykh umovakh. [Peculiarities of the use of water resources of the Volyn region and their ecological status in modern conditions]. *Visn. Kharkivskoho nats. un-tu im. V.N. Karazina. Ser.: Heolohiia. Heohrafiia. Ekolohiia. – Bulletin of Kharkiv National University named after V.N. Karazin. Series: Geology. Geography. Ecology*, 54, 306-315. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-54-23> [in Ukrainian].
8. Netrobchuk, I. M. (2012). Otsinka antropohennoho navantazhennia ta ekolohichnoi zbalansovanosti landshaftiv richkovoï dolyny verkhnoi Prypiati v mezhakh Volynskoi oblasti. [Assessment of anthropogenic load and ecological balance of the landscapes of the upper Pripjat river valley within the Volyn region]. *Nauk. Visn. Cherniv. un-tu. Ser.: Heohrafiia. – Scientific Bulletin of Chernivtsi University. Series: Geography*, 612-613, 133-137 [in Ukrainian].
9. Netrobchuk, I. M., Olasiuk, I. Iu. (2020). Otsinka antropohennoho navantazhennia na dolynu richky Prypiat u Volynskii oblasti. [Assessment of anthropogenic load on the Pripjat river valley in the Volyn region]. *Naukovyi ohliad. – Scientific review*, 8(71), 15-33 [in Ukrainian].
10. Perelik dozvoliv na spetsialne vodokorystuvannia. [List of permits for special water use]. *Veb-sait Derzhavnoho ahentstva vodnykh resursiv Ukrainy. – Website of the State Agency of Water Resources of Ukraine*. Retrieved from: <https://e-services.davr.gov.ua/site/permit-registry> [in Ukrainian].
11. Rehionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha u Volynskii oblasti za 2019-2020 rr. [Regional report on the state of the natural environment in the Volyn region for 2019-2020]. Retrieved from: <https://voladm.gov.ua> [in Ukrainian].
12. Rehionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha u Volynskii oblasti za 2021 rik. [Regional report on the state of the natural environment in the Volyn region for 2021]. Retrieved from: <https://mepr.gov.ua/files/docs/> [in Ukrainian].
13. Sytnyk, Yu. M., Arsan, O. M., Morozova, A. O. (2010). Hidrokhimichni doslidzhennia richok Stokhid ta Prypiat vlitku 2000 roku. [Hydrochemical studies of the Stokhid and Pripjat rivers in the summer of 2000]. *Nauk. zap. Ternop.*

nats. ped-ho un-tu. Ser.: Biolohiia. – Scientific notes of Ternopil National Pedagogical University. Series: Biology, № 2 (43), 14-17 [in Ukrainian].

14. Stratehiia staloho rozvytku Ukrainy do 2030 roku. [Strategy of sustainable development of Ukraine until 2030]. *Veb-sait United Nation Development Programme.* – *United Nations Development Program website.* Retrieved from: https://www.undp.org/content/dam/ukraine/docs/SDGreports/UNDP_Strategy_v06-optimized.pdf [in Ukrainian].

15. Stratehiia rozvytku 2018-2025 roky. [Development strategy for 2018-2025]. *Veb-sait Liubeshivskoi selyshchnoi rady obiednanoi terytorialnoi hromady.* – *The website of the Lyubeshiv settlement council of the united territorial community.* Retrieved from: https://rada.info/upload/users_files/04333170/93b7bb8a960e6ed9afc42b574b0e8a18.pdf [in Ukrainian].

16. Fesiuk, V. O., Polianskyi, S. V. (2009). Vodni resursy Volynskoi oblasti, yikh ekolohichni stan. [Water resources of the Volyn region, their ecological condition]. *Nauk. zap. SumDPU im. A. S. Makarenka. Heohrafichni nauky.* – *Scientific notes of the State State University named after A. S. Makarenko. Geographical sciences*, 19, 49-53 [in Ukrainian].

17. Kharakterystyka baseinu r. Prypiat v mezhakh Volynskoi oblasti. [Characteristics of the Pripjat river basin within the Volyn region]. *Veb-sait Rehionalnoho ofisu vodnykh resursiv u Volynski oblasti.* – *Regional Office of Water Resources in Volyn region.* Retrieved from: <https://www.vodres.gov.ua/node/1168> [in Ukrainian].

18. Tsvietova, O. V., Sydorenko, O. O., Turaieva, O. V., Demyda, I. A. (2015). Formuvannia vodnoho rezhymu v dolyni r. Prypiat za umov antropohennoho navantazhennia. [Formation of the water regime in the Pripjat River valley under conditions of anthropogenic load]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo.* – *Reclamation and water management*, 102, 111-114 [in Ukrainian].

19. Tsos, O. O. (2017). Ekolohichna otsinka yakosti poverkhnevyykh vod richky Tsyr za katehoriiami. [Ecological assessment of the quality of surface waters of the Tsyry River by categories]. *Liudyna ta dovkilia. Problemy neoekolohii.* – *Man and environment. Problems of neoecology*, № 1-2 (27), 71-76 [in Ukrainian].

20. Khilchevskiy, V., Zabokrytska, M., Sherstyuk, N. (2018). Hydrography and hydrochemistry of the transboundary river Western Bug on the territory of Ukraine. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 27(2), 232-243. <https://doi.org/https://doi.org/10.15421/111848>

21. Khilchevskiy, V. K., Grebin, V. V., Sherstyuk, N. P. (2019). Modern Hydrographic and Water management zoning of Ukraine's territory in 2016 – implementation of the WFD-2000/60/EC. Electronic book with full papers from XXVIII Conference of Danubian countries on the hydrological forecasting and hydrological bases of water management. Kyiv, 209–223. <https://doi.org/10.15407/uhmi.conference.01.23>

22. Khilchevskiy, V. K., Netrobchuk, I. M., Sherstyuk, N. P., Zabokrytska, M. R. (2022). 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*, 31(1), 71-80. DOI: 10.15421/112207

УДК 911.2:631.6(477)

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-7>

Василь ФЕСЮК

доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри фізичної географії, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID: 0000-0003-3954-9917

Андрій КАПЛЮК

здобувач другого рівня вищої освіти, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

Бібліографічний опис статті: Фесюк, В., Каплюк, А. (2023). Оцінка впливу на довкілля Кизівської осушувальної системи. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 1, 56–62, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-7>

ОЦІНКА ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ КИЗИВСЬКОЇ ОСУШУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Метою статті є визначення чинників негативного впливу осушувальної системи на довкілля та можливостей його обмеження.

Методологія роботи передбачає проведення оцінки впливу системи на структуру земельного покриву, деградацію ґрунтів, розвиток несприятливих екзогенних процесів, забруднення поверхневого стоку і збільшення викидів парникових газів. Застосовані методи: дистанційного зондування Землі, географічного моделювання і прогнозування, експертних оцінок.

Наукова новизна роботи полягає у практичній імплементації методики оцінки впливу на довкілля однієї із типових осушувальних систем на Волинському Поліссі (Кизівської).

Висновки і перспективи досліджень. Експлуатація системи та нераціональне використання її угідь зумовлюють негативні екологічні наслідки. Одним із них є зменшення площі угідь, що активно використовуються в аграрному виробництві. Зокрема, зменшується площа сінокосів через їх розорювання, деградують кормові угіддя через надмірне антропогенне навантаження. Відбувається втрата сільськогосподарських угідь внаслідок деградації ґрунтів (дефляції і пірогенної деградації), розвитку несприятливих екзогенних процесів (підтоплення, повторне заболочення, заростання чагарниками). Також важливим наслідком є забруднення поверхневого стоку через недотримання бережних захисних смуг. Експлуатація осушувальної системи зумовлює збільшення викидів парникових газів і посилення зміни клімату. Для поліпшення функціонування системи і підвищення екологічної безпеки необхідна реалізація: заходів технічної експлуатації осушувальної системи, агро меліоративних, агротехнічних і заходів охорони земель і вод.

Ключові слова: осушувальна система, вплив осушувальної меліорації на довкілля, екологічні проблеми, спричинені осушувальною меліорацією.

Vasyl FESYUK

Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of Department of Physical Geography, Lesia Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0003-3954-9917

Andriy KAPLYUK

Second-level Graduate of Higher Education, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

To cite this article: Fesyuk, V., Kaplyuk, A. (2023). Otsinka vplyvu na dovkillya Kyzivskoyi osushvalnoyi systemy. [Environmental impact assessment of the Kyzivska drainage system]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 1, 56–62, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-7>

ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF THE KYZIVSKA DRAINAGE SYSTEM

The purpose of the article is to identify the factors of negative environmental impact of the drainage system and the possibilities limiting it.

The methodology involves assessing the impact of the system on the structure of the land cover, soil degradation, development of unfavorable exogenous processes, pollution of surface runoff and increase in greenhouse gas emissions. Methods used: remote sensing, geographic modeling and forecasting and expert assessments.

The scientific novelty of the work lies in the practical implementation of the methodology for assessing the environmental impact of one of the typical drainage systems in Volyn Polissya (Kyzivska).

Conclusions and prospects for research. The operation of the system and the irrational use of its land cause negative environmental consequences. One of them is the reduction of the area of land actively used in agricultural production. In particular, the area of hayfields is decreasing due to their plowing, and the degradation of fodder lands due to excessive anthropogenic pressure. There is a loss of agricultural land as a result of soil degradation (deflation and pyrogenic degradation) and the development of unfavorable exogenous processes (flooding, rewetting, overgrowth of shrubs). Another important consequence is the pollution of surface runoff due to noncompliance with coastal protection zones. The operation of the drainage system leads to an increase in greenhouse gas emissions and climate change. To improve the functioning of the system and increase environmental safety, it is necessary to implement measures for the technical operation of the drainage system, agromeliorative, agrotechnical and land and water protection measures.

Key words: drainage system, environmental impact of drainage reclamation, environmental problems caused by drainage reclamation.

Актуальність проблеми. Будівництво та експлуатація зрошувальних та осушувальних систем впливає на фізичні, хімічні та біологічні компоненти екосистем. Наслідки впливу меліорації на довкілля залежать від того наскільки адекватно екологічні аспекти враховані при плануванні та проектуванні конкретної меліоративної системи. Осушувальні системи будують в районах надлишкового зволоження для боротьби з заболочуванням, збільшення площ сільськогосподарських угідь і забезпечення стійкого землеробства в умовах зміни клімату. Але поряд із підвищенням врожайності сільськогосподарських культур існує багато чинників впливу осушувальних систем на довкілля. Такий вплив може бути позитивним чи негативним, відбуватися в межах осушувальної системи чи поза її межами. Оцінці впливу на довкілля однієї із осушувальних систем Волинського Полісся, а саме Кизівської, присвячена ця стаття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оцінка меліоративного стану осушуваних земель України розглядається у багатьох наукових працях. Наприклад, у монографії (Мошинський, 2005) висвітлені питання управління продуктивністю та екологічною стійкістю осушуваних земель. Меліоративні системи Волинської області, стан осушених земель, екологічні наслідки осушувальної меліорації розглядаються в монографії (Зузук, Колошко & Карпюк, 2012). Також увага цим питанням при-

ділена у колективній монографії (Фесюк (Eds.), 2016). Оцінка стану осушених земель Волинської області та обґрунтування способів його оптимізації проведена в статті (Лішук, 2012). Вплив осушувальної меліорації на стан ґрунтів Волинської області розглядається в монографії (Шевчук, Зінчук & Колошко, 1999). Проте вивченість впливу осушувальних систем Волинської області на довкілля поки що недостатня. Тому потрібно продовжувати дослідження усіх аспектів впливу з метою екологічно безпечного стійкого розвитку.

Мета дослідження: визначення чинників негативного впливу осушувальної системи на довкілля та можливостей його обмеження.

Виклад основного матеріалу дослідження. Кизівська осушувальна система знаходиться в долині р. Кизівка. Вона досить значна за розмірами: площа осушення становить 4,6 тис. га, протяжність закритої осушувальної мережі – 1908 км, відкритої – 177. Тому для детального аналізу обрано не всю осушувальну систему, а її репрезентативну ділянку біля с. Смідин Старовижівського району (за старим адміністративно-територіальним устроєм), нині – Ковельського району. Площа ділянки становить 255 га. Введена в експлуатацію в 1959 р. В той час землекористувачем угідь системи був колгосп ім. Суворова. В наш час угіддя системи розпайовані, частково знаходяться у власності, частково в оренді, використовуються як орні землі, сінокоси, городи.

Територія знаходиться на південному заході Волинської моренної гряди, за рельєфом є плоскою вододільною рівниною, що ускладнена витягнутими зниженнями і окремими замкнутими безстічними западинами. Абсолютні висоти змінюються в інтервалі 176-180 м, відносні перевищення становлять 0,3-1,5 м. Загальний ухил поверхні на північний захід змінюється в інтервалі 0,001-0,0015. Ґрунти представлені, переважно, дерновими, болотними та торфовими.

В 1991 р. обрана для аналізу ділянка зазнала реконструкції, оскільки на той момент було зрозуміло, що вона перебуває в незадовільному технічному стані і не виконує свої функції належним чином. Проектом реконструкції передбачено, що на ріллі припадатиме 58 га с/г угідь (22,7% площі осушених угідь системи), сінокоси – 182 га (71,4%), канали – 13 га (5,1%), дороги – 2 га (0,8%).

На сьогодні рекомендації проєктантів по структурі угідь не дотримуються. Із 58 га ріллі, передбачених Проєктом (Рабочий проєкт, 1991), 51,5 га (88,79%) продовжує розорюватись. Із 182 га сінокосів розорані 165 га (90,66%). Сумарно по репрезентативній ділянці всупереч рекомендаціям проєкту використовується 71,46% угідь.

Зменшення площ с/г угідь відбувається внаслідок надмірного антропогенного навантаження і розвитку деградаційних процесів, який унеможлиблює подальше використання с/г угідь. Серед цих процесів найгостріше проявляється дефляція ґрунтів і пірогенна деградація. На супутникових знімках чітко фіксуються

сліди торфових пожеж на більшості полів ділянки, причому ці пожежі відбувались неодноразово (рис. 1) і завдавали значних збитків.

Пожежі торфових масивів є частим явищем в межах колишнього Старовижівського району (за старим адміністративно-територіальним устроєм). З початку 2000-х р.р. до сьогодні офіційно зареєстровано вигорання 37 га торфовищ (Fesyuk, Moroz, Chyzhevsk, Karpiuk & Polianskyi, 2020). Зміни клімату й надалі сприятимуть аридизації клімату та підвищенню температури повітря, а отже ймовірність та небезпека торфових пожеж зростатимуть у майбутньому. Існуючі на сьогодні пірогенні утворення слід рекультивувати.

Гідромеліоративний моніторинг угідь системи і гідроекологічний моніторинг р. Кизівки не проводився. Тому не можна оцінити збільшення забруднення поверхневих вод внаслідок впливу осушувальної системи. Інтенсивні способи землеробства, глибоке рихлення, кротування, а також значні дози внесення мінеральних добрив та отрутохімікатів перетворюють осушувальні системи в джерело забруднення річок-водоприймачів (Мошинський, 2005). Проєкт реконструкції ділянки містить розрахунки згідно яких вміст в дренажному стоці нітратів та азоту амонійного не перевищуватиме ГДК під час експлуатації системи. В наш час ці розрахунки не є безпечними. Оскільки захисні смуги каналів не витримані, майже всі поля системи розорюються (в т.ч. 165 з 182 га сінокосів), для вирощування с/г культур використовуються зовсім інші агротехнології, ніж на початку 90-х р.р. XX ст. Тому логічним



27.10.2011 р.



9.05.2019 р.

Рис. 1. Наслідки пірогенної деградації території Кизівської ОС (супутникові знімки отримано за допомогою програми Google Earth Pro)

і обґрунтованим виглядає припущення про те, що експлуатація осушувальної системи сприяє збільшенню забруднення р. Кизівки.

В наш час поліські річки зазнають інтенсивних змін внаслідок розвитку меліоративних систем. Зокрема, знижується їх самоочисна здатність, погіршується гідроекологічний стан. В публікації Інституту водних проблем і меліорації НААН України виділені основні аспекти впливу осушувальної меліорації на водні об'єкти: докорінна перебудова гідрологічного режиму річок; зменшення водності та обміління річок; інтенсифікація ерозійних процесів; зниження рівня ґрунтових вод, пересихання долин і заплав, зниження їх ролі як перехоплювачів забруднень з полів та ферм (пестицидів, органічних сполук, мінеральних добрив тощо); втрата болотами і заболоченими луками акумулятивних і водорегулюючих властивостей; зниження якості вод; збіднення флори і фауни, поява інвазійних видів організмів.

Більшість річок Полісся перетворені в магістральні канали осушувальних систем, русла їх спрямлені, долини висушені і позбавлені прируслової рослинності. У зв'язку із цим вода, протікаючи руслом, не затримується. Осушення боліт і заплав сприяло зниженню рівня ґрунтових вод на водозборі, прояву не типового раніше для Полісся явища водної ерозії ґрунтів. Різного ступеня еродованості ґрунти займають в басейні р. Стир – 10,2%, р. Ікви – 24,4%, р. Горині – 21,3% (Томільцева, Яцик & Мокін, 2017).

Прогноз зниження рівня ґрунтових вод після початку експлуатації системи показав, що таке зниження буде незначним. На рис. 2 зображено результати апроксимації емпіричних даних по

зниженню рівня ґрунтових вод поліноміальною функцією третього порядку. Значення коефіцієнта детермінації дорівнює 1, що свідчить про високу точність апроксимації.

Для опосередкованої оцінки зміни рівня ґрунтових вод і водного балансу репрезентативної ділянки осушувальної системи використано метод дистанційного зондування Землі (ДЗЗ). За основу взято супутникові знімки місії Sentinel-2 із просторовою розрізненістю 10 м/піксель. На онлайн-платформі EO Browser розраховано індекс NDMI – нормалізований диференційний індекс вологості. NDMI використовується для визначення вмісту вологи в рослинності та моніторингу посухи. NDMI змінюється в діапазоні значень (-1;1). Значення, що наближаються до -1 відповідають відкритому ґрунту, близькі до нуля (-0,2;0,4) відповідають водному стресу, вищі значення (0,4;1) відповідають рослинному покриву, що не зазнає водного стресу. Для супутникових знімків місії Sentinel-2 NDMI обчислюється за допомогою коефіцієнтів відбиття ближнього інфрачервоного (NIR) та короткохвильового інфрачервоного (SWIR).

Оцінка проведена станом на 8.10.2022 р. (рис. 3). Територія репрезентативної ділянки характеризується значеннями індексу NDMI < 0, що відповідає водному стресу. Лише ділянки навколо дренажних каналів мають дещо вищі значення NDMI (0-0,032), що свідчить про їх кращу зволоженість. Чітко видно, що територія осушувальної системи контрастно виділяється на фоні оточуючих ландшафтів, де значення NDMI додатні, особливо, на фоні лісового масиву, що межує з осушувальною системою на півночі (синій колір). Значення

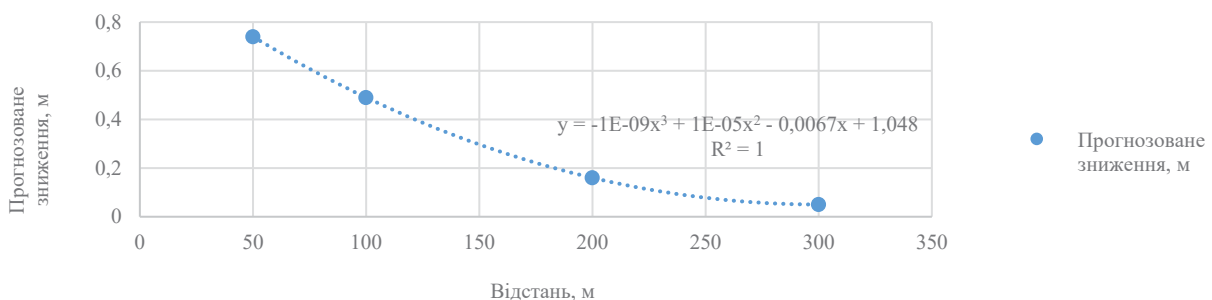


Рис. 2. Вплив реконструкції репрезентативної ділянки на зниження рівня ґрунтових вод на прилеглих до осушувальної системи землях

індексу, що відповідають водному стресу, крім території репрезентативної ділянки, характерні також для селитебної зони с. Смідин.

При аналізі річної динаміки індексу NDMI (рис. 3) прослідковується тенденція до збільшення значення індексу в холодну пору року, зменшення у вегетаційний період і потім знов поступового збільшення з серпня до грудня. В багаторічній динаміці за 5 років нечітко, але видно тенденцію до зменшення середньорічного значення індексу NDMI з 0,16 до 0,14. Можна зробити висновок, що для досліджуваної ділянки Кизівської осушувальної системи не характерне надлишкове зволоження, навпаки вона перебуває в зоні водного стресу протягом найбільш активної фази вегетаційного періоду, з року в рік зволоженість території повільно, але неухильно зменшується. Тому необхідно протидіяти наслідкам зміни клімату та запобігати емісії парникових газів.

Природні екосистеми (ліси, луки, болота тощо) поглинають парникових газів суттєво більше, ніж виділяють. Після осушення боліт і їх с/г використання тенденція змінюється на протилежну, тобто емісія парникових газів починає переважати над поглинанням. За даними (Н. Joosten, 2017), сільськогосподарські угіддя на осушених торфових масивах Німеччини є джерелом емісії 37 т CO₂ з 1 га, а осушені пасовища – 29 т CO₂ з 1 га.

Проведені розрахунки сумарної емісії CO₂ в межах досліджуваної ділянки осушувальної системи (рис. 4) показують, що за умови дотримання землекористувачами рекомендацій проєктантів по використанню осушених угідь, розмір емісії становив би 7424 т/рік, за реального стану використання угідь ділянки (з врахуванням використання угідь не за призначенням) – 8652 т/рік, тобто ще на 1228 т/рік або 16,54% більше. В цілому по осушувальній системі

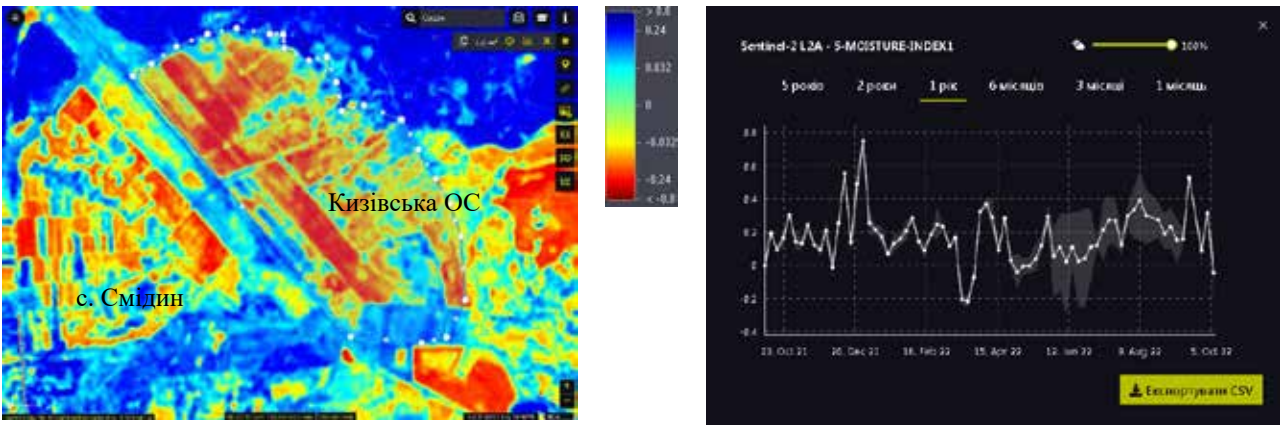


Рис. 3. Картосхема індексу NDMI для репрезентативної ділянки Кизівської ОС 8.10.2022 р. та динаміка індексу NDMI за 1 рік, розраховані в EO Browser

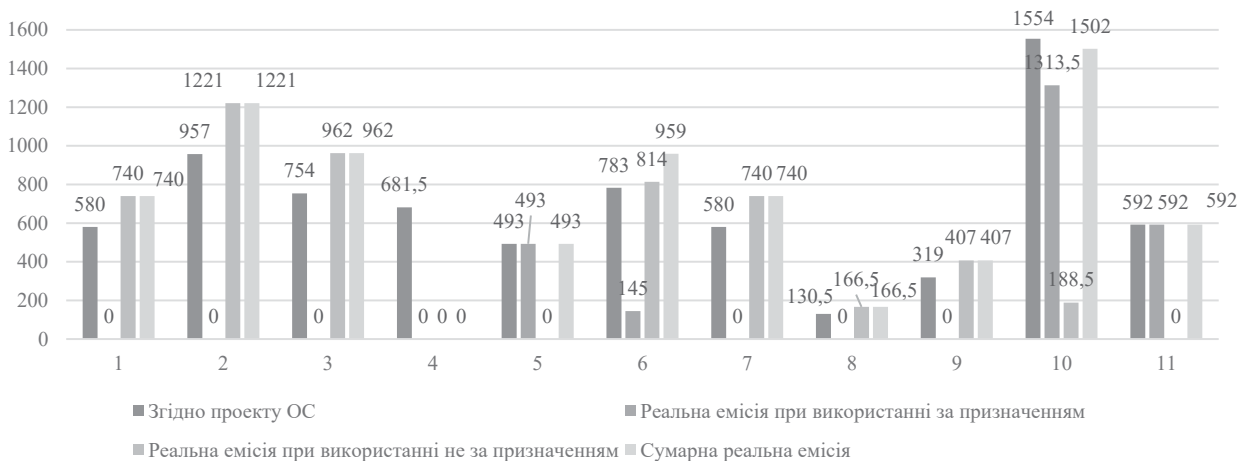


Рис. 4. Результати розрахунку показників емісії CO₂

емісія CO₂ становить 36,05 т/га/рік. І це вклад у глобальні зміни клімату.

Висновки. Нераціональне використання угідь осушувальної системи приводить до негативних екологічних наслідків: втрати с/г угідь в зв'язку із деградацією ґрунтів, зокрема, дефляцією і пірогенною деградацією; розвитку несприятливих процесів (підтоплення, повторне заболочення, заростання ділянок чагарниками); забруднення поверхневого стоку внаслідок надмірного розорювання, недотримання прибережних захисних смуг; зниження рівня ґрунтових вод, емісії парникових газів, посилення змін клімату. На території, прилеглий до осушувальної системи, формуються еко-

логічні проблеми: зменшення площі с/г угідь, дефляція ґрунтів, торфові пожежі, забруднення поверхневих вод, зниження рівня ґрунтових вод, зменшення поверхневого стоку, емісія парникових газів.

Для поліпшення функціонування системи і підвищення екологічної безпеки необхідна реалізація: заходів технічної експлуатації осушувальної системи, агро меліоративних і агротехнічних заходів, а також заходів по охороні земель і вод (організація гідроекологічного моніторингу, дотримання водоохоронних зон річки та берегозахисних смуг меліоративних каналів, обмеження використання міңдобрив і отрутохімікатів).

ЛІТЕРАТУРА:

1. Зузук Ф.В., Колошко Л.К., Карпюк З.К. Осушені землі Волинської області та їх охорона: монографія. Луцьк. ВНУ ім. Лесі Українки, 2012. 294 с.
2. Ліщук Н. М. Оцінка стану земель меліоративного фонду Волинської області та обґрунтування способів його оптимізації. Природа Західного Полісся та прилеглих територій. 2012. № 9. С. 83-89.
3. Мошинський В.С. Методи управління продуктивністю та екологічною стійкістю осушуваних земель. Рівне. НУВГП, 2005. 250 с.
4. Осушувальні заходи. Енциклопедія сільського господарства. URL: <http://ias.pp.ua/меліоративний-захід-m12/>
5. Рабочий проект реконструкции осушительной системы в колхозе им. Суворова Старовыжевского района Волинской области. Ч. 1. Мелиоративное строительство. Луцк. УКРГИПРОВОДХОЗ, 1991. 78 с.
6. Сучасний екологічний стан та перспективи екологічно безпечного стійкого розвитку Волинської області: колективна монографія / за ред. В. О. Фесюка. Київ. ТОВ «Підприємство «Ві Ен Ей», 2016. 316 ст.
7. Томільцева А.І., Яцик А.В., Мокін В.Б. Екологічні основи управління водними ресурсами: навчальний посібник. Київ. Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 200 с.
8. Joosten H. Mires and peatlands of Europe Status, distribution and conservation. URL: https://www.schweizerbart.de/publications/detail/isbn/9783510653836/Joosten_Tanneberger_Moen_Mires_and_peat
9. Normalized Difference Moisture Index (NDMI). URL: <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/sentinel-2/ndmi>
10. Fesyuk V.O., Moroz I.A., Chyzhevska L.T., Karpiuk Z.K., Polianskyi S.V. Burned peatlands within the Volyn region: state, dynamics, threats, ways of further use. Journal of Geology, Geography and Geocology. 2020. № 29. P. 483-494.

REFERENCES:

1. Zuzuk, F.V., Koloshko, L.K., Karpyuk, Z.K. (2012). *Osusheni zemli Volynskoyi oblasti ta yikh okhorona: monohrafiya [Drained lands of Volyn region and their protection: monographs]*. Luck. VNU im. Lesi Ukrayinky. [in Ukrainian].
2. Lishchuk, N. M. (2012). Otsinka stanu zemel melioratyvnoho fondu Volynskoyi oblasti ta obgruntuvannya sposobiv yoho optymizatsiyi [Assessment of the state of land reclamation fund of Volyn region and justification of ways to optimize it]. *Pryroda Zakhidnoho Polissya ta prylehlykh terytoriy*. 9, 83-89 [in Ukrainian].
3. Moshynskyy, V.S. (2005). *Metody upravlinnya produktyvnisty ta ekolohichnoyu stiykisty osushuvanykh zemel [Methods for managing the productivity and environmental sustainability of drained lands]*. Rivne. NUVHP. [in Ukrainian].
4. Osushuvalni zakhody. Entsyklopediya silskoho hospodarstva [Drainage measures. Encyclopedia of agriculture]. URL: <http://ias.pp.ua/меліоративний-захід-m12/>. [in Ukrainian].
5. Rabochyy proekt rekonstruktsyy osushytelnoy systemy v kolkhoze im. Suvorova Starovyzhevskoho rayona Volynskoy oblasti. Ch. 1. Melyoratyvnoe stroytelstvo (1991) [Working draft of the reconstruction of the drainage system in the collective farm named after Suworov Starovyzhevsky district Volyn region. Part 1. Land reclamation construction]. Lutsk. UKRHYPPOBODKHOZ, 78. [in Russian].
6. Fesyuk, V.O. (Eds) (2016). *Suchasnyy ekolohichnyy stan ta perspektyvy ekolohichno bezpechnoho stiykoho rozvytku Volyns'koyi oblasti: kolektyvna monohrafiya [Current ecological state and prospects for sustainable development of Volyn region: a collective monograph]*. Kyiv. TOV «Pidpryyemstvo «Vi En Ey». [in Ukrainian].

7. Tomiltseva, A.I., Yatsyk, A.V., Mokin, V.B. (2017). *Ekolohichni osnovy upravlinnya vodnymy resursamy: navchal'nyy posibnyk [Ecological bases of water resources management: a textbook]*. Kyiv. Instytut ekolohichnoho upravlinnya ta zbalansovanoho pryrodokorystuvannya. [in Ukrainian].
8. Joosten, H. (2017). Mires and peatlands of Europe Status, distribution and conservation. URL: https://www.schweizerbart.de/publications/detail/isbn/9783510653836/Joosten_Tanneberger_Moen_Mires_and_peat
9. Normalized Difference Moisture Index (NDMI). URL: <https://custom-scripts.sentinel-hub.com/sentinel-2/ndmi>
10. Fesyuk, V.O., Moroz, I.A., Chyzhevska, L.T., Karpiuk, Z.K., Polianskyi, S.V. (2020). Burned peatlands within the Volyn region: state, dynamics, threats, ways of further use. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*. 29, 483-494.

УДК 556.18(477.82-25)

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-8>

Ольга КАРАЇМ

кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID: 0000-0002-1722-4110

Олена ДЖАМ

кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID: 0000-0003-2222-3734

Зоряна ЛАВРИНЮК

кандидат хімічних наук, доцент, доцент кафедри екології та охорони навколишнього середовища, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID: 0000-0002-1906-3330

Бібліографічний опис статті: Караїм, О., Джам, О., Лавринюк, З., (2023). Екологічні засади управління водними ресурсами малих річок (на прикладі річки Жидувка). *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 63–73, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-8>

ЕКОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ МАЛИХ РІЧОК (НА ПРИКЛАДІ РІЧКИ ЖИДУВКА)

Управління водними ресурсами малих річок нині виступає стрижнем забезпечення якісного стану та раціонального використання їх вод. Оскільки малі річки під впливом хімізації виробництва, розорювання заплав, розвитку промисловості та розбудови міст зазнають значних змін, тому необхідним є постійний контроль якості екологічного стану їх поверхневих вод.

Метою роботи є дослідження екологічних засад управління водними ресурсами р. Жидувка, зокрема здійснення комплексної оцінки якості поверхневих вод.

У роботі здійснено екологічну оцінку якості поверхневих вод р. Жидувка за блоковими індексами: показників сольового складу, трофо-сапробіологічного складу та показників специфічних речовин токсичної дії. Відповідно до розрахованого значення комплексного екологічного індексу виділено класи і категорії якості поверхневих вод за ступенем їх забруднення. Визначені за цими показниками класи і категорії якості вод відображають природний стан водного об'єкта і ступінь антропогенного навантаження, тому є необхідними у процесі здійснення управління водними ресурсами, зокрема планування водоохоронної діяльності.

За результатами дослідження встановлено, що комплексний екологічний індекс I_E для річки Жидувка упродовж 2018–2020 рр. знаходився в межах 2,7–3,5 й відповідав 2 та 3 категоріям якості, II класу якості води, класу якості за станом «добрі», категорії якості за станом «добрі» та «дуже добрі», класу якості за ступенем чистоти «чисті», категорії якості за ступенем чистоти «досить чисті».

З метою ефективного управління водними ресурсами річки Жидувка необхідним є постійний моніторинг якості її поверхневих вод та за потреби здійснення необхідних оптимізаційних заходів щодо покращення екологічного стану.

Ключові слова: управління водними ресурсами, поверхневі води, блокові індекси, екологічна оцінка, якість води.

Olha KARAIM

PhD of Economics, Docent, Associate Professor of the Department of Ecology and Protection of Environment, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli Ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0002-1722-4110

Olena DZHAM

PhD of Chemistry, Docent, Associate Professor of the Department of Ecology and Protection of Environment, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli Ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0003-2222-3734

Zoryana LAVRYNYUK

PhD of Chemistry, Docent, Associate Professor of the Department of Ecology and Protection of Environment, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Voli Ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0002-1906-3330

To cite this article: Karaim, O., Dzham, O., Lavrynyuk, Z., (2023). Ekolohichni zasady upravlinnia vodnymy resursamy malykh richok (na prykladi richky Zhyduvka) [Ecological bases of water resources management of small rivers (on the example of the Zhyduvka River)]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 63–73, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-8>

ECOLOGICAL BASES OF WATER RESOURCES MANAGEMENT OF SMALL RIVERS (ON THE EXAMPLE OF THE ZHYDUVKA RIVER)

Management of water resources of small rivers is currently the core of ensuring the quality and optimal use of their waters. Since small rivers undergo significant changes under the influence of chemicalization of production, plowing of floodplains, industrial development and urban restructuring, therefore, constant monitoring of the quality of the ecological state of their surface waters is necessary.

The aim of the work is to study the ecological foundations of water management in the city of Zhyduvka, in particular, the implementation of a comprehensive assessment of the quality of surface waters.

In the work, an ecological assessment of the quality of surface waters in the city of Zhyduvka was carried out according to block indices: indicators of salt composition, tropho-saprobological composition and indicators of specific substances of toxic action. In accordance with the calculated value of the complex environmental index, classes and categories of surface water quality are distinguished according to the degree of their pollution. The classes and categories of water quality determined by these indicators reflect the natural state of the water body and the degree of anthropogenic pressure, therefore, they are necessary in the process of water resources management, in particular, planning water protection activities.

According to the results of the study, it was found that the integrated environmental index IE for the Zhyduvka River during 2018-2020. quality categories according to the state of "good" and "very good", quality class according to the degree of purity "pure", quality category according to the degree of purity "pure enough".

In order to effectively manage the water resources of the Zhyduvka River, it is necessary to constantly monitor the quality of its surface waters and, if necessary, implement the necessary optimization measures to improve the ecological state.

Key words: *water resources management, surface water, block indices, environmental assessment, water quality.*

Актуальність проблеми. Інтенсивна господарська діяльність, нераціональне природо-користування, нехтування законами природи спричиняють тяжкі, часто незворотні, зміни в навколишньому середовищі, як у масштабах планети, так і на рівні окремих ландшафтів та екосистем. Внаслідок недалекоглядного і необгрунтованого ставлення до природи в Україні страждають водні об'єкти. Річки Волинської області під впливом хімізації виробництва, розорювання заплав, осушення земель, розвитку промисловості та розбудови міст зазнали значних змін (Яцик А.В., Гопчак І. В., 2006). У басейнах річок знизилась стійкість природних ландшафтів, має місце погіршення якості

вод (Боярин М. В., Цьось О. О., Волошин В. У., 2020). Значна частина річок втратила природну самоочисну здатність (Тімченко З. В., 2000). Найбільш вразливими до антропогенного впливу є малі річки, зокрема й у м. Луцьк (Караїм О. А., Ахнюк М. М., 2022;). У даній ситуації особливої увагу потребує дослідження екологічних засад управління водними ресурсами річки Жидувка.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблемам дослідження водних ресурсів малих річок присвячені роботи багатьох авторів. Питання гідрохімії річкових вод описані у (Караїм О. А., Джам О. А., 2020; Лавринюк З. В., 2022) Оцінка екологічного стану річок

Волині зроблена у (Мольчак Я. О., 1999; Тімченко З. В., 2000). Методика оцінки якості поверхневих вод представлена у (Величко О. М., 2002; Романенко В. Д., 1998). Здійсненню екологічної оцінки поверхневих вод методами фітоіндикації присвячені праці (Цьось О. О., Музиченко О. С., Боярин М. В., 2022). Однак дослідженню екологічних засад управління водними ресурсами малих річок, зокрема здійснення комплексної оцінки якості поверхневих вод не було приділено достатньої уваги.

Метою роботи є дослідження екологічних засад управління водними ресурсами річки Жидувка, зокрема здійснення комплексної оцінки якості поверхневих вод.

Матеріали та методи. Комплексна оцінка якості вод має важливе значення при організації управління водними ресурсами, зокрема здійсненні моніторингу, визначенні пріоритетів водоохоронної діяльності, плануванні водогосподарських заходів та ін. (Кукурудза С. І, Гурій С. М., 1990; Величко О. М., Зеркалов Д. В., 2002). Етап визначення об'єднаної оцінки якості води для певного водного об'єкту в цілому або для окремої його частини полягає в обчисленні інтегрального показника – комплексного екологічного індексу.

Комплексний екологічний індекс I_E розраховується згідно з методикою (Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П., Яцик А. П., 1998), у відповідності з якою усі показники якості групуються у три блоки: критерії сольового складу, трофо-сапробіологічні (еколого-санітарні) критерії, критерії вмісту специфічних речовин токсичної і радіаційної дії. Далі визначаються номери категорії за кожним показником у блоках, розраховуються середні блокові індекси (I_1, I_2, I_3) та узагальнюється екологічний індекс I_E .

Відповідно до розрахованого значення індексу виділяють класи і категорії якості поверхневих вод за їхнім станом та за ступенем їх забрудненості. Ці характеристики відображають природний стан водного об'єкта та ступінь антропогенного навантаження, а, отже, і вказують на необхідні заходи щодо діяльності із охорони вод, здійснення ефективного управління водними ресурсами.

Для екологічної оцінки якості води р. Жидувка використані фондові матеріали хіміко-бактеріологічної лабораторії КП «Луць-

кводоканал».

Виклад основного матеріалу дослідження. Річка Жидувка є малою річкою, яка протікає територією м. Луцьк та Луцького району. Її довжина становить близько 8,0 км. Довжина в межах міста Луцьк 2,43 км. Площа басейну 0,65 км² (Караїм О., Ахнюк М., Лавринюк З., Джам О., 2022).

Управління водними ресурсами р. Жидувка є досить вагомим та особливим у зв'язку із тим, що у її басейні розміщено 2 природоохоронні об'єкти – загальнозоологічний заказник «Гнідавське болото» та ботанічна пам'ятка природи «Дубовий гай». Заказник «Гнідавське болото» створений з метою збереження частини заболоченої заплави річки. Тут зростає велика кількість рідкісних рослин. Місце мешкання та розмноження рідкісних видів тварин, занесених до Червоної книги України. Місце гніздування водоплавних птахів, місце концентрації зимуючих птахів, а також малочисельних видів.

Однією з причин незадовільного санітарно-екологічного стану річки та прилеглих до неї водоохоронних територій, з яких формується поверхневий стік є факт вилучення їх із переліку території, які обслуговуються житлово-комунальними підприємствами та комунальними організаціями. Спеціалізований підрозділ чи підприємство, яке б виконувало роботи з утримання та підтримки в належному санітарно-екологічному стані водних об'єктів у місті відсутні. На даний момент вони є безгосподарними.

Показники екологічного стану річки слугують ключовим аспектом для здійснення управління її водними ресурсами. Для аналізу відбиралися проби води у р. Жидувка в межах м. Луцьк у пунктах № 1 по вул. Дружби народів та № 2 по вул. Потебні у розрізі 4 пір року протягом 2018–2020 рр.

Критеріальною базою екологічної оцінки якості поверхневих вод є система екологічних класифікацій якості поверхневих вод, яка включає спеціалізовані екологічні класифікації за показниками трьох блоків:

– блок показників сольового складу має 4 спеціалізовані класифікації (за критеріями мінералізації, за критеріями іонного складу, за критеріями забруднення прісних гіпо- та олігогалінних вод компонентами сольового складу; за критеріями забруднення солонуватих

β-мезогалинних вод компонентами сольового складу);

– блок трофо-сапробіологічних (еколого-санітарних) показників оцінюється за відповідними критеріями по єдиній класифікації;

– блок вмісту речовин токсичної дії та рівня токсичності включає три спеціалізовані класифікації (за критеріями вмісту специфічних речовин токсичної дії, за рівнем токсичності прісних і солонуватих вод, за критеріями вмісту специфічних показників радіаційної дії) (Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П., Яцик А. П., Чернявська А. П., Васенко О. Г., Верниченко Г. А., Лаврик В. І, Гриб Й. В., 1998).

Визначені значення індексу забруднення компонентами сольового складу показані на рис. 1.

У пункті 1 спостерігається різка зміна значень індексу забруднення компонентами сольового складу протягом періоду досліджень. У пункті 2 цей показник стабілізується і знаходиться в межах 1,3–2,4.

Згідно значень індексу I_1 поверхневі води річки Жидувка віднесені до певних класів та категорій якості води (табл. 1) у пункті 1 (Дружби народів) та (табл. 2) у пункті 2 (Потебні).

Динаміка індексу трофо-сапробіологічних показників представлена на рис. 2.

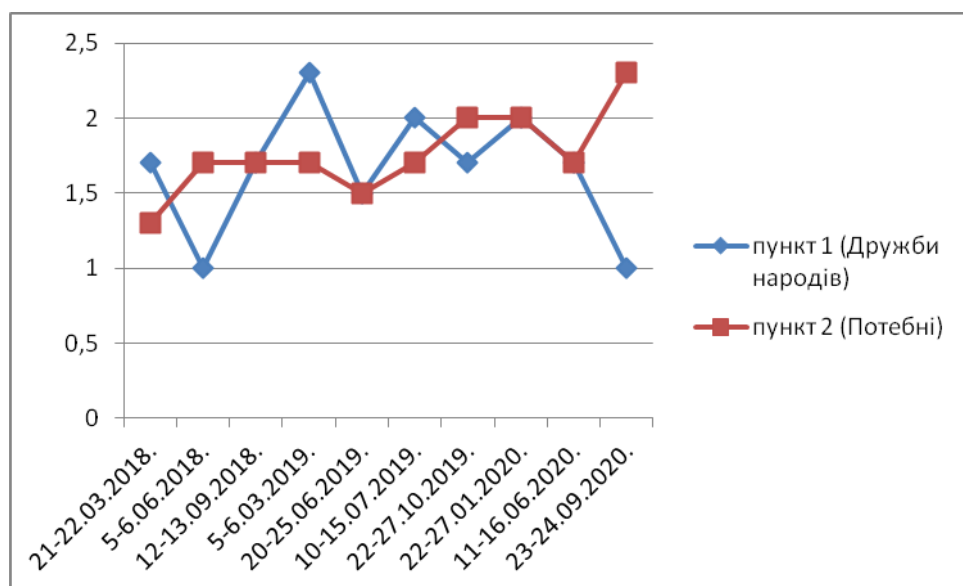


Рис. 1. Динаміка індексу забруднення компонентами сольового складу, I_1

Таблиця 1

Класи та категорії якості води відповідно до значення блокового індексу I_1 у пункті спостереження 1 (Дружби народів)

дата відбору проб	I_1	категорія якості	клас якості	клас якості за станом	категорія якості за станом	клас якості за ступенем чистоти	категорія якості за ступенем чистоти
21-22.03.2018.	1,7	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
5-6.06.2018.	1	1	I	відмінні	відмінні	дуже чисті	дуже чисті
12-13.09.2018.	1,7	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
5-6.03.2019.	2,3	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
20-25.06.2019.	1,5	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
10-15.07.2019.	2,0	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
22-27.10.2019.	1,7	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
22-27.01.2020.	2	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
11-16.06.2020.	1,7	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
23-24.09.2020.	1	1	I	відмінні	відмінні	дуже чисті	дуже чисті

Класи та категорії якості води відповідно до значення блокового індексу I_1 у пункті спостереження 2 (Потебні)

дата відбору проб	I_1	категорія якості	клас якості	клас якості за станом	категорія якості за станом	клас якості за ступенем чистоти	категорія якості за ступенем чистоти
21-22.03.2018.	1,3	1	I	відмінні	відмінні	дуже чисті	дуже чисті
5-6.06.2018.	1,7	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
12-13.09.2018.	1,7	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
5-6.03.2019.	1,7	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
20-25.06.2019.	1,5	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
10-15.07.2019.	1,7	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
22-27.10.2019.	2	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
22-27.01.2020.	2	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
11-16.06.2020.	1,7	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
23-24.09.2020.	2,3	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті

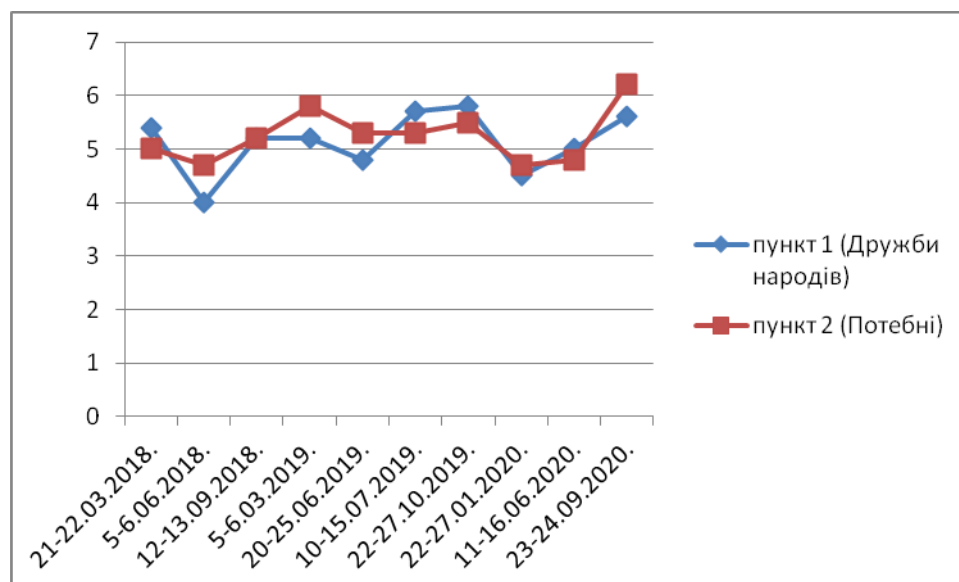


Рис. 2. Динаміка індексу трофо-сапробіологічних показників, I_2

Значення індексу трофо-сапробіологічних показників протягом досліджуваного періоду у двох пунктах спостережень суттєво не відрізняються один від одного і перебуває у межах 4–6.

Відповідно до значень індексу I_2 встановлена якість води річки у досліджуваній річці (табл. 3, 4).

Значення, яких набуває індекс специфічних показників токсичної протягом досліджуваного періоду можна побачити на рис. 3.

У пункті 1 (Дружби народів) значення індексу специфічних показників токсичної дії є дещо вищим ніж у пункті 2 (Потебні). Проте, значних коливань в обох створах не спостерігається.

Класи і категорії води за індексом I_3 досліджуваних створів визначені у табл. 5 та табл. 6.

Завершальний етап досліджень – визначення комплексного екологічного індексу (рис. 4).

Показники комплексного екологічного індексу у двох пунктах дослідження поверхневих вод р. Жидувка приймають майже однакові значення протягом часу дослідження і лежать в межах 2,6–3,5.

Класи та категорії якості води р. Жидувка у створі 1 (Дружби народів) та у створі 2 (Потебні) згідно індексу I_E протягом 2018–2020 рр. представлено у таблицях 7 та 8 відповідно.

За результатами дослідження підсистеми «Якість води», комплексний екологічний індекс I_E для пункту спостережень 1 (Дружби

Таблиця 3

**Класи та категорії якості води відповідно до значення блокового індексу I_2
у пункті спостереження 1 (Дружби народів)**

дата відбору проб	I_2	категорія якості	клас якості	клас якості за станом	категорія якості за станом	клас якості за ступенем чистоти	категорія якості за ступенем чистоти
21-22.03.2018.	5,4	5	III	задовільні	посередні	забруднені	помірно забруднені
5-6.06.2018.	4	4	III	задовільні	задовільні	забруднені	слабко забруднені
12-13.09.2018.	5,2	5	III	задовільні	посередні	забруднені	помірно забруднені
5-6.03.2019.	5,2	5	III	задовільні	посередні	забруднені	помірно забруднені
20-25.06.2019.	4,8	5	III	задовільні	посередні	забруднені	помірно забруднені
10-15.07.2019.	5,7	6	IV	погані	погані	брудні	брудні
22-27.10.2019.	5,8	6	IV	погані	погані	брудні	брудні
22-27.01.2020.	4,5	4	III	задовільні	задовільні	забруднені	слабко забруднені
11-16.06.2020.	5	5	III	задовільні	посередні	забруднені	помірно забруднені
23-24.09.2020.	5,6	5	III	задовільні	посередні	забруднені	помірно забруднені

Таблиця 4

**Класи та категорії якості води відповідно до значення блокового індексу I_2
у пункті спостереження 2 (Потебні)**

дата відбору проб	I_2	категорія якості	клас якості	клас якості за станом	категорія якості за станом	клас якості за ступенем чистоти	категорія якості за ступенем чистоти
21-22.03.2018.	5	5	III	задовільні	посередні	забруднені	помірно забруднені
5-6.06.2018.	4,7	5	III	задовільні	посередні	забруднені	помірно забруднені
12-13.09.2018.	5,2	5	III	задовільні	посередні	забруднені	помірно забруднені
5-6.03.2019.	5,8	6	IV	погані	погані	брудні	брудні
20-25.06.2019.	5,3	5	III	задовільні	посередні	забруднені	помірно забруднені
10-15.07.2019.	5,3	5	III	задовільні	посередні	забруднені	помірно забруднені
22-27.10.2019.	5,5	5	III	задовільні	посередні	забруднені	помірно забруднені
22-27.01.2020.	4,7	5	III	задовільні	посередні	забруднені	помірно забруднені
11-16.06.2020.	4,8	5	III	задовільні	посередні	забруднені	помірно забруднені
23-24.09.2020.	6,2	6	IV	погані	погані	брудні	брудні

народів) упродовж 2018–2020 рр. знаходився в межах 2,7–3,2 й відповідав 2 та 3 категоріям якості, II класу якості води, класу якості за станом «добрі», категорії якості за станом «добрі», класу якості за ступенем чистоти «чисті», категорії якості за ступенем чистоти «досить чисті».

Відповідно, для пункту спостережень 2 (Потебні) упродовж 2018–2020 рр. I_E знаходився в межах 2,7–3,5 й відповідав 3 категорії якості, II класу якості води, класу якості за станом «добрі», категорії якості за станом «дуже добрі», класу якості за ступенем чистоти

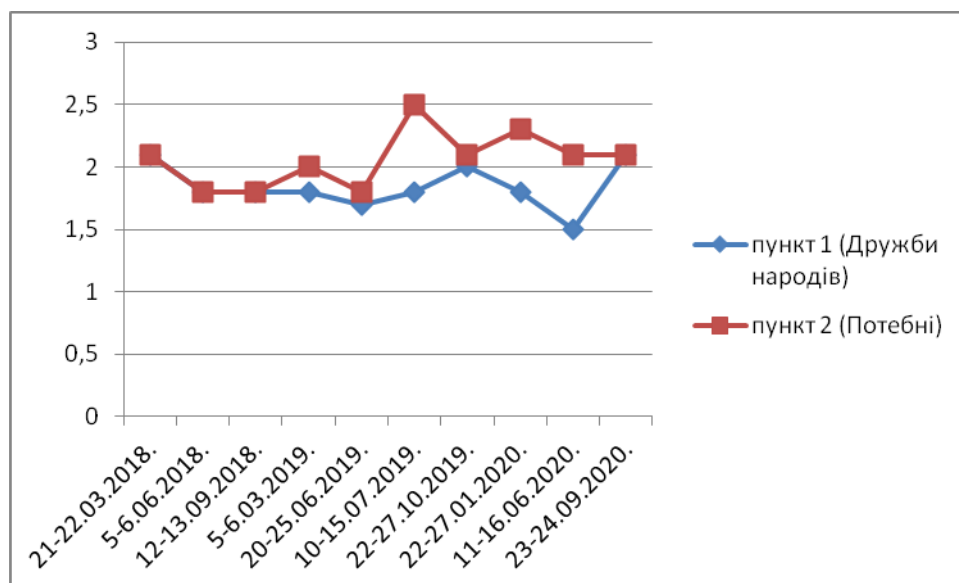


Рис. 3. Динаміка індексу специфічних показників токсичної дії, I₃

Таблиця 5

Класи та категорії якості води відповідно до значення блокового індексу I₃ у пункті спостереження 1 (Дружби народів)

дата відбору проб	I ₃	категорія якості	клас якості	клас якості за станом	категорія якості за станом	клас якості за ступенем чистоти	категорія якості за ступенем чистоти
21-22.03.2018.	2,1	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
5-6.06.2018.	1,8	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
12-13.09.2018.	1,8	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
5-6.03.2019.	1,8	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
20-25.06.2019.	1,7	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
10-15.07.2019.	1,8	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
22-27.10.2019.	2	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
22-27.01.2020.	1,8	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
11-16.06.2020.	1,5	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
23-24.09.2020.	2,1	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті

Таблиця 6

Класи та категорії якості води відповідно до значення блокового індексу I₃ у пункті спостереження 2 (Потебні)

дата відбору проб	I ₃	категорія якості	клас якості	клас якості за станом	категорія якості за станом	клас якості за ступенем чистоти	категорія якості за ступенем чистоти
21-22.03.2018.	2,1	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
5-6.06.2018.	1,8	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
12-13.09.2018.	1,8	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
5-6.03.2019.	2	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
20-25.06.2019.	1,8	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
10-15.07.2019.	2,5	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
22-27.10.2019.	2,1	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
22-27.01.2020.	2,3	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
11-16.06.2020.	2,1	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
23-24.09.2020.	2,1	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті

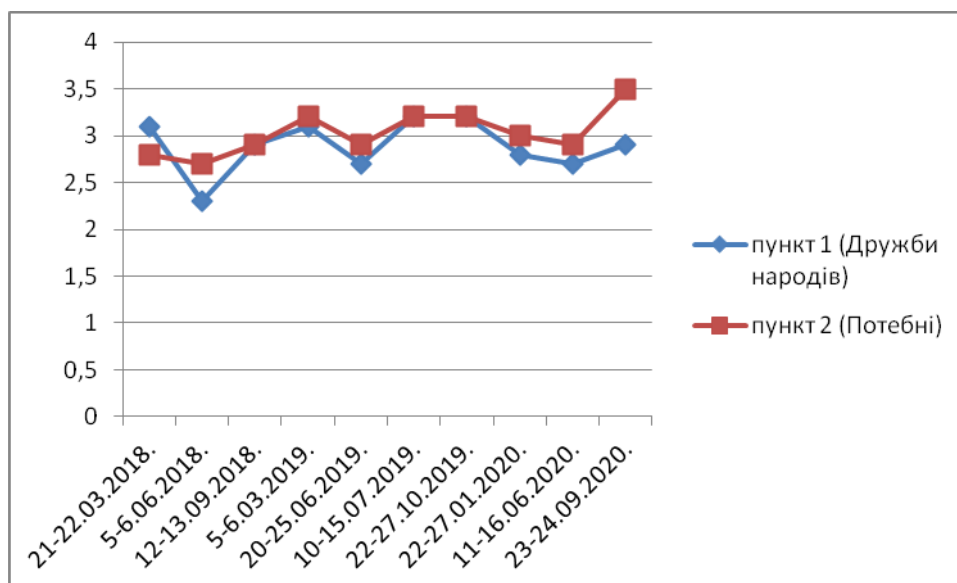


Рис. 4. Динаміка комплексного екологічного індексу, I_E

Таблиця 7

Класи та категорії якості води відповідно до значення комплексного екологічного індексу I_E у пункті спостереження 1 (Дружби народів)

дата відбору проб	I _E	категорія якості	клас якості	клас якості за станом	категорія якості за станом	клас якості за ступенем чистоти	категорія якості за ступенем чистоти
21-22.03.2018.	3,1	3	II	добрі	добрі	чисті	досить чисті
5-6.06.2018.	2,3	2	II	добрі	дуже добрі	чисті	чисті
12-13.09.2018.	2,9	3	II	добрі	добрі	чисті	досить чисті
5-6.03.2019.	3,1	3	II	добрі	добрі	чисті	досить чисті
20-25.06.2019.	2,7	3	II	добрі	добрі	чисті	досить чисті
10-15.07.2019.	3,2	3	II	добрі	добрі	чисті	досить чисті
22-27.10.2019.	3,2	3	II	добрі	добрі	чисті	досить чисті
22-27.01.2020.	2,8	3	II	добрі	добрі	чисті	досить чисті
11-16.06.2020.	2,7	3	II	добрі	добрі	чисті	досить чисті
23-24.09.2020.	2,9	3	II	добрі	добрі	чисті	досить чисті

Таблиця 8

Класи та категорії якості води відповідно до значення комплексного екологічного індексу I_E у пункті спостереження 2 (Потебні)

дата відбору проб	I _E	категорія якості	клас якості	клас якості за станом	категорія якості за станом	клас якості за ступенем чистоти	категорія якості за ступенем чистоти
21-22.03.2018.	2,8	3	II	добрі	дуже добрі	чисті	досить чисті
5-6.06.2018.	2,7	3	II	добрі	дуже добрі	чисті	досить чисті
12-13.09.2018.	2,9	3	II	добрі	дуже добрі	чисті	досить чисті
5-6.03.2019.	3,2	3	II	добрі	дуже добрі	чисті	досить чисті
20-25.06.2019.	2,9	3	II	добрі	дуже добрі	чисті	досить чисті
10-15.07.2019.	3,2	3	II	добрі	дуже добрі	чисті	досить чисті
22-27.10.2019.	3,2	3	II	добрі	дуже добрі	чисті	досить чисті
22-27.01.2020.	3	3	II	добрі	дуже добрі	чисті	досить чисті
11-16.06.2020.	2,9	3	II	добрі	дуже добрі	чисті	досить чисті
23-24.09.2020.	3,5	3	II	добрі	дуже добрі	чисті	досить чисті

«чисті», категорії якості за ступенем чистоти «досить чисті».

Варто також зазначити, що річка Жидувка володіє високою самоочисною здатністю, яка зумовлена вищою водною рослинністю, якою вкрите русло річки. Вища водна рослинність, притаманна для евтрофних водойм Поліської зони, сприяє вловлюванню у своїй масі завислих речовин, органічних та токсичних речовин, які при цьому ефективніше розкладаються бактеріями.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Основними показниками, які характеризують якість поверхневих вод і відображають особливості абіотичної біотичної складових водних екосистем, є показники сольового складу води, торфо-сапробіологічні (еколого-санітарні) та показники вмісту воді специфічних речовин токсичної і радіаційної

дії. Усі вони групуються в межах відповідних блоків. Визначальним показником інтегрованої екологічної оцінки якості води є комплексний екологічний індекс.

Таким чином, за результатами дослідження комплексний екологічний індекс I_E для річки Жидувка упродовж 2018–2020 рр. знаходився в межах 2,7–3,5 й відповідав 2 та 3 категоріям якості, II класу якості води, класу якості за станом «добрі», категорії якості за станом «добрі» та «дуже добрі», класу якості за ступенем чистоти «чисті», категорії якості за ступенем чистоти «досить чисті».

З метою ефективного управління водними ресурсами річки Жидувка необхідним є постійний моніторинг якості її поверхневих вод та за потреби здійснення необхідних оптимізаційних заходів щодо покращення екологічного стану у її басейні.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Боярин М.В., Цьось О.О., Волошин В.У. Екологічний стан річки Сапалаївка в умовах урбосистеми м. Луцьк. *Вісник Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна* вип. 23 Серія «Екологія». Випуск X, 2020. С. 21–29. URL: <http://dx.doi.org/10.26565-1992-4249-2020-23-02>.
2. Величко О.М., Зеркалов Д.В. Контроль забруднення довкілля. Київ, 2002. 255 с.
3. Вишневецький В.І. Річки і водойми України: стан і використання. Київ, 2000. 376 с.
4. Гопчак І.В. Результати екологічної оцінки та екологічного нормування поверхневих вод Волинської області. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2006. Т. 11. С. 370–374.
5. Гулай Л., Джам О., Караїм О., Лавринюк З. Екологічний стан поверхневих вод р. Прип'ять. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. № 3. 2022. С. 26–35. URL: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-4>.
6. Джам О.А., Караїм О.А. Екологічна оцінка якості поверхневих вод р. Пруднік. *Науковий вісник Східноєвропейського національного університету імені Лесі Українки. Серія: Біологічні науки*. 2020. № 2. С. 31–37.
7. Караїм О.А., Ахнюк М.М. Аналіз вмісту завислих речовин у поверхневих водах річки Жидувка. *Актуальні проблеми хімії, матеріалознавства та екології: матеріали I Міжнародної наукової конференції (12–14 травня 2021 року)*. Луцьк, 2021. С. 196–199.
8. Караїм О.А., Ахнюк М.М. Аналіз хімічного споживання кисню у поверхневих водах річки Жидувка. *Матеріали XV Міжнар. наук.-практ. конф. аспірантів і студентів «Молода наука Волині: пріоритети та перспективи досліджень», 12–13 травня 2021 року*. Луцьк, 2021. С. 687–689.
9. Караїм О., Ахнюк М., Лавринюк З., Джам О., Гулай Л. Гідрохімічний аналіз поверхневих вод в аспекті управління водними ресурсами річки Жидувка. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. № 1. 2022. С. 10–17. DOI: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-1-2>.
10. Кофанов В.І., Огняник М.С. Нормативно-методичне забезпечення визначення якості води при оцінці впливу на навколишнє середовище. *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. 2008. № 4. С. 15–23.
11. Кукурудза С.І, Гурій С.М. Аналіз якості природних вод. Львів, 1990. 90 с.
12. Лавринюк З., Караїм О., Гулай Л. Гідрохімічний аналіз та особливості використання поверхневих вод річки Оконка. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2021. № 3. С. 24–29.
13. Лавринюк З., Караїм О., Гулай Л., Юрченко О. Оцінка якості поверхневих вод за сполуками нітрогену та особливості антропогенного впливу в аспекті управління водними ресурсами річки Бистряк. *Проблеми хімії та сталого розвитку*. 2022. № 4. С. 39–45. DOI: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-4-6>
14. Мольчак Я. О., Мігас Р. В. Річки Волині. Луцьк: Надстир'я, 1999. 176 с.
15. Методика екологічної оцінки якості поверхневих вод за відповідними категоріями / Романенко В. Д., Жукинський В. М., Оксіюк О. П., Яцик А. П. та ін. К. 1998. 50 с.
16. Nekos A.N., Boiaryn M.V., Lugowska M., Tsos O.O., Netrobchuk I.M. Assessment of the ecological condition of the Western Bug river basin according to the Macrophyte index for rivers (MIR). *Вісник Харківського національ-*

ного університету імені В. М. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія». Випуск 54. 2021. С. 316-328. URL: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-54-24>.

17. Тімченко З. В. Оцінка екологічного стану малих річок. Луцьк: РВВ «Вежа» Волин. держ. ун-ту ім. Лесі Українки, 2000. 320 с.

18. Цьось О.О., Музиченко О.С., Боярин М.В. Екологічна оцінка поверхневих вод приток верхів'я річки Прип'ять методами фітоіндикації: монографія. Луцьк, 2022. 220 с.

19. Яцик А.В., Гопчак І.В. Екологічна оцінка стану поверхневих вод Волинської області та нормування їх якості. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. Київ, 2006. № 10. С 129–135.

REFERENCES:

1. Boiaryn, M.V., Tsos, O.O., Voloshyn, V.U. (2020). Ekolohichniy stan richky Sapalaivka v umovakh urbosystemy m. Lutsk [The ecological state of the Sapalaivka River in the conditions of the urban system of Lutsk.]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu im. V. N. Karazina vyp. 23 Serii «Ekolohiia»*. Vypusk X. 21-29. URL: <http://dx.doi.org/10.26565-1992-4249-2020-23-02> [in Ukrainian].

2. Velychko, O.M., Zerkalov, D.V. (2002). Kontrol zabrudnennia dovkillia [Environmental pollution control]. Kyiv [in Ukrainian].

3. Vyshnevskiy, V.I. (2000). Richky i vodoimy Ukrainy: ctan i vykorystannia [Rivers and reservoirs of Ukraine: state and use]. Kyiv [in Ukrainian].

4. Hопchak, I.V. (2006). Rezultaty ekolohichnoi otsinky ta ekolohichnoho normuvannia poverkhnevyykh vod Volynskoi oblasti [Results of ecological assessment and ecological regulation of surface waters of the Volyn region]. *Hidrolohiia, hidrokhiimiia i hidroekolohiia*. T. 11. S. 370-374. [in Ukrainian].

5. Hulai, L., Dzham, O., Karaim, O., Lavryniuk, Z. (2022). Ekolohichniy stan poverkhnevyykh vod r. Prypiat [Ecological condition of surface waters of the Pripjat River]. *Problemy khimii ta staloho rozvytku*. 3. 26-35. URL: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-3-4> [in Ukrainian].

6. Dzham, O.A., Karaim, O.A. (2020). Ekolohichna otsinka yakosti poverkhnevyykh vod r. Prudnik [Environmental assessment of surface water quality of the Prudnik River]. *Naukovyi visnyk Shkhidnoievropeiskoho natsionalnoho universytetu imeni Lesi Ukrainky. Serii: Biolohichni nauky*. 2. 31-37. [in Ukrainian].

7. Karaim, O.A., Akhniuk, M.M. (2021). Analiz vmistu zavyslykh rehovyn u poverkhnevyykh vodakh richky Zhyduvka [Analysis of the content of suspended substances in the surface waters of the Zhiduvka River]. *Aktualni problemy khimii, materialoznavstva ta ekolohii: materialy I Mizhnarodnoi naukovoii konferentsii (12-14 travnia 2021 roku)*. Lutsk. 196–199. [in Ukrainian].

8. Karaim, O.A., Akhniuk, M.M. (2021). Analiz khimichnoho spozhyvannia kysniu u poverkhnevyykh vodakh richky Zhyduvka [Analysis of chemical oxygen consumption in the surface waters of the Zhiduvka River]. *Materialy KhV Mizhnar. nauk.-prakt. konf. aspirantiv i studentiv «Moloda nauka Volyni: priorytety ta perspektyvy doslidzhen»*, 12-13 travnia 2021 roku. Lutsk. 687-689.

9. Karaim, O., Akhniuk, M., Lavryniuk, Z., Dzham, O., Hulai, L. (2022). Hidrokhiimichniy analiz poverkhnevyykh vod v aspekti upravlinnia vodnymi resursamy richky Zhyduvka [Hydrochemical analysis of surface waters in the aspect of water resources management of the Zhiduvka River]. *Problemy khimii ta staloho rozvytku*. 1. 10-17. DOI: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2022-1-2> [in Ukrainian].

10. Kofanov, V.I., Ohniansky, M.S. (2008). Normatyvno-metodychne zabezpechennia vyznachennia yakosti vody pry otsintsi vplyvu na navkolyshnie seredovyshe [Normative and methodical support for determining water quality during environmental impact assessment]. *Ekolohiia dovkillia ta bezpeka zhyttiedialnosti*. 4. 15-23. [in Ukrainian].

11. Kukurudza, S.I., Hurii, S.M. (1990). Analiz yakosti pryrodnykh vod [Analysis of the quality of natural waters]. Lviv [in Ukrainian].

12. Lavryniuk, Z., Karaim, O., Hulai, L. (2021). Hidrokhiimichniy analiz ta osoblyvosti vykorystannia poverkhnevyykh vod richky Okonka [Hydrochemical analysis and peculiarities of use of surface waters of the Okonka River]. *Problemy khimii ta staloho rozvytku*. 3. 24-29. [in Ukrainian].

13. Lavryniuk, Z., Karaim, O., Hulai, L., Yurchenko, O. (2022). Otsinka yakosti poverkhnevyykh vod za spolukamy nitrohenu ta osoblyvosti antropohennoho vplyvu v aspekti upravlinnia vodnymi resursamy richky Bystriak [Assessment of surface water quality by nitrogen compounds and features of anthropogenic influence in the aspect of water resources management of the Bystryak River]. *Problemy khimii ta staloho rozvytku*. 4. 39-45. DOI: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2021-4-6> [in Ukrainian].

14. Molchak, Ya. O., Mihas, R. V. (1999). Richky Volyni [Rivers of Volyn]. Lutsk [in Ukrainian].

15. Romanenko, V. D., Zhukynskiy, V. M., Oksiuk, O. P., Yatsyk, A. P. (1998). Metodyka ekolohichnoi otsinky yakosti poverkhnevyykh vod za vidpovidnymi katehoriiami [Methodology of ecological assessment of the quality of surface water according to the relevant categories]. Kyiv [in Ukrainian].

16. Nekos, A.N., Boiaryn, M.V., Lugowska, M., Tsos, O.O., Netrobchuk, I.M. (2021). Assessment of the ecological condition of the Western Bug river basin according to the Macrophyte index for rivers (MIR) [Assessment of the ecological condition of the Western Bug river basin according to the Macrophyte index for rivers (MIR)]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu imeni V. M. Karazina. Seriiia «Heolohiia. Heohrafiia. Ekolohiia»*. Vypusk 54. 316-328. URL: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-54-24> [in Ukrainian].

17. Timchenko, Z. V. (2000). Otsinka ekolohichnoho stanu malykh richok [Assessment of the ecological state of small rivers]. Lutsk: RVV «Vezha» Volyn. derzh. un-tu im. Lesi Ukrainky [in Ukrainian].

18. Tsos, O.O., Muzychenko, O.S., Boiaryn, M.V. (2022). Ekolohichna otsinka poverkhnevykh vod pry tok verkhivii richky Prypiat metodamy fitoindykatsii [Ecological assessment of surface waters of tributaries of the upper reaches of the Pripjat River using phytoindication methods]: monohrafiia. Lutsk [in Ukrainian].

19. Iatsyk, A.V., Hopchak, I.V. (2006). Ekolohichna otsinka stanu poverkhnevykh vod Volynskoi oblasti ta normuvannia yikh yakosti [Ecological assessment of the state of surface waters of the Volyn region and regulation of their quality]. *Hidrolohiia, hidrokhimiiia i hidroekolohiia*. Kyiv. 129-135. [in Ukrainian].

УДК 378.091+61

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-9>

Олексій МАРКОВИЧ

кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізичної терапії, ерготерапії, Комунальний заклад вищої освіти «Рівненська медична академія» Рівненської обласної ради, вул. М. Карнаухова, 53, м. Рівне, Україна, 33018

ORCID: 0000-0001-7917-3382

Микола ЛУКАЩУК

кандидат педагогічних наук, професор кафедри хіміко-фармацевтичних дисциплін, Комунальний заклад вищої освіти «Рівненська медична академія» Рівненської обласної ради, вул. М. Карнаухова, 53, м. Рівне, Україна, 33018

ORCID: 0000-0001-9177-7808

Scopus: 57283621400

Web of Science ResearcherID: G-2791-2019

Михайло ДЕМЯНЧУК

доктор педагогічних наук, професор кафедри медико-профілактичних дисциплін та лабораторної діагностики Комунального закладу вищої освіти «Рівненська медична академія» Рівненської обласної ради, вул. М. Карнаухова, 53, м. Рівне, Україна, 33018

ORCID: 0000-0001-8729-5144

Scopus: 57484282000

Web of Science ResearcherID: CMI-2011-2022

Бібліографічний опис статті: Маркович, О., Лукащук, М., Демянчук, М. (2023). Формування професійного, творчо-індивідуального стилю мислення та діяльності за допомогою засобів алгоритмізації. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 74–81, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-9>

ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОГО, ТВОРЧО-ІНДИВІДУАЛЬНОГО СТИЛЮ МИСЛЕННЯ ТА ДІЯЛЬНОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗАСОБІВ АЛГОРИТМІЗАЦІЇ

Сучасне практичне заняття в системі професійної освіти повинно органічно поєднувати досконале оволодіння базовими професійними компетенціями, з творчим навчанням. Саме алгоритмізація фахової підготовки дозволяє потрапити в творчу лабораторію не тільки педагогів, але й студентів, оскільки спрямування творчої діяльності педагога розповсюджується і на тих, кого він навчає.

Серед психологів і педагогів існує думка, що між проблемним навчанням і алгоритмізацією існує протиріччя, що творчий підхід стимулює ефективність навчання, індивідуальність та творчість студентів, а алгоритмізація навпаки – стандартизує думку. Ми, на основі власного досвіду переконалися, що алгоритмічний підхід до підготовки професійних кадрів може гармонічно поєднувати одне з іншим.

В статті проаналізовано принцип побудови алгоритмічних інструкцій на двох рівнях, на кожному з котрих вирішуються різні задачі: а) при покроковому засвоєнні чітких алгоритмічних інструкцій на рівні професійних навичок, власна імпровізація непідготовленого студента є недоречною і шкідливою; б) на рівні алгоритмічного засвоєння професійних умінь, студент вирішує не лише завдання, а проблему в цілому, залучаючи до цього усі отримані під час навчання знання і вміння, а також творчо-індивідуальний потенціал.

Зроблено короткий аналіз понять «творчі здібності» і «творче мислення», «алгоритмічне мислення» і його складових елементів, таких як «синтетично-дедукційні, аналітично-індукційні та логічні здібності».

В статті проаналізовано проведений формуючий педагогічний експеримент, який тривав три роки і до якого було залучено 658 студентів випускних груп. Математичним статистичним аналізом, методом рангової кореляції Спірмена, було підтверджено ефективність формування творчо-індивідуального мислення студентів при навчанні за алгоритмічними технологіями.

Ключові слова: творче мислення, творчі здібності, алгоритмічне мислення, алгоритм, алгоритмізація.

Oleksiy MARKOVICH

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Physical Therapy, Occupational Therapy, Municipal Institution of Higher Education "Rivne Medical Academy" of Rivne Regional Council, (Rivne, Ukraine)

ORCID: 0000-0001-7917-3382

Mykola LUKASHCHUK

Candidate of Pedagogical Sciences, Professor of the Department of Chemical and Pharmaceutical Disciplines, Municipal Institution of Higher Education "Rivne Medical Academy" of Rivne Regional Council, (Rivne, Ukraine)

ORCID: 0000-0001-9177-7808

Scopus: 57283621400

Web of Science ResearcherID: G-2791-2019

Mykhailo DEMIANCHUK

Doctor of Pedagogical Sciences, Professor at the Department of Medical Prevention Disciplines and Laboratory Diagnostics, Municipal Institution of Higher Education «Rivne Medical Academy» of the Rivne Regional Council, M. Karnaukhov str., 53, Rivne, Ukraine, 33018

ORCID: 0000-0001-8729-5144

Scopus: 57484282000

Web of Science ResearcherID: CMI-2011-2022

To cite this article: Markovych, O., Lukashchuk, M., Demianchuk, M. (2023). Formuvannia profesiinoho, tvorcho-indyvidualnoho stylu myslennia ta diialnosti za dopomohoiu zasobiv alhorytmizatsii. [Formation of a professional, creative and individual style of thinking and activity with the help of algorithmization tools.]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 74–81, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-9>

FORMATION OF A PROFESSIONAL, CREATIVE AND INDIVIDUAL STYLE OF THINKING AND ACTIVITY WITH THE HELP OF ALGORITHMIZATION TOOLS

Modern practical training in the system of professional education should organically combine the perfect mastery of basic professional competencies with creative learning. It is the algorithmization of professional training that allows not only teachers but also students to get into the creative laboratory, since the direction of the teacher's creative activity extends to those whom he or she teaches.

Psychologists and educators believe that there is a contradiction between problem-based learning and algorithmization, that the creative approach stimulates learning efficiency, individuality, and creativity of students, while algorithmization, on the contrary, standardizes thought. Based on our own experience, we have made sure that an algorithmic approach to training professional staff can harmoniously combine one with the other.

The article analyzes the principle of constructing algorithmic instructions at two levels, each of which solves different problems: a) when learning clear algorithmic instructions step by step at the level of professional skills, an unprepared student's own improvisation is inappropriate and harmful; b) at the level of algorithmic learning of professional skills, a student solves not only the task, but the problem as a whole, involving all the knowledge and skills acquired during training, as well as creative and individual potential.

A brief analysis of the concepts of «creative abilities and creative thinking», «algorithmic thinking» and its constituent elements, such as «synthetic-deduction, analytical-induction and logical abilities» is made.

The article analyzes the conducted formative pedagogical experiment, which lasted three years and involved 658 students of graduate groups. The mathematical statistical analysis of the Spearman's rank correlation method has confirmed the effectiveness of the formation of students' creative and individual thinking in the course of learning by algorithmic technologies.

Key words: *creative thinking, creative abilities, algorithmic thinking, algorithm, algorithmization.*

Вступ. Формування творчо-індивідуальних зародків майбутньої фахової діяльності у випускників професійних закладів освіти є важливим фактором практичної підготовки, розвитку професійних здібностей і фахової придатності. В практичній педагогіці розрізня-

ють два рівні фахової підготовки студента: на рівні виконання практичних навичок і на рівні виконання професійних умінь.

Під терміном «сформована практична навичка» в психології, педагогіці і професійній освіті розуміють виконання дії, складові елементи якої в процесі цілеспрямованого тренування стають автоматизованими, тобто виконуються без поелементної свідомої регуляції й контролю. Більшість алгоритмів (алгоритмічних інструкцій), розроблених у вітчизняних навчальних посібниках, підручниках і науковій літературі розглядаються саме в розумінні практичного відпрацювання «практичної навички». Зауважимо, що оскільки кожна алгоритмічна інструкція, на початковому етапі її засвоєння є незнайомою для студента, він не повинен вносити в неї жодної власної імпровізації. Тому й затвердилась думка, що алгоритмізація не стимулює творчий розвиток здобувачів освіти.

В діаметрально протилежному значенні слід розуміти термін «вміння», який є більш вищим щаблем формування навчальних і професійних якостей у студентів. Основне що відрізняє вміння від навички полягає в тому, що на рівні навички досконало відпрацьовується лише техніка виконання конкретних рухових дій, а рівень вміння передбачає оволодіння всім арсеналом проблеми – підбір наявних і альтернативних засобів для її вирішення; постійне внесення перемін в алгоритм виконання відповідно до зміни завдання чи ситуації; відмова від виконання запланованої дії або заміна її іншою та ін. На рівні умінь, студент орієнтуючись на базовий алгоритм засвоєний раніше, створює свій власний, відповідно до конкретної ситуації.

Уміння на відміну від навичок, обов'язково передбачають свідомий інтелектуальний контроль при їх виконанні із залученням процесів творчого мислення. В основі творчого мислення дослідники виділяють такі складові: бачення нових проблем у стандартних умовах; виявлення нових функцій у знайомих об'єктах; альтернативність пошукової активності щодо розв'язання поставлених завдань; комбінування раніше відомих способів розв'язання завдань у конкретних ситуаціях; вміння створювати оригінальний спосіб розв'язання проблеми та ін. (Чуба, 2009, с. 320).

Формування основ професійної майстерності, за алгоритмічними інструкціями на етапі

вміння, дозволяє розвивати творчо-індивідуальний потенціал здобувачів освіти, який полягає в: а) формуванні нестандартного мислення, тобто теоретичної готовності нестандартно діяти в майбутньому; б) вміння виявляти суть проблеми або ситуації, оцінювати її можливості й шляхи реалізації (Яковишин, 2000, с. 66-67).

Матеріал та методи дослідження.

Для підтвердження гіпотези, про формування засобами алгоритмізації творчо-індивідуального стилю мислення, нами було проведена дослідницько-експериментальна робота. Дослідження проводилось в контрольних і експериментальних групах студентів (які займалися за алгоритмічними технологіями), на відділенні «Сестринська справа» протягом трьох років.

На початок експерименту, студенти контрольних і експериментальних груп займалися за загальноприйнятою технологією алгоритмічного навчання, тобто засвоювали практичні навички до певного автоматизму на рівні навички (наприклад «Накладання еластичного кровоспинного джгута на плече при артеріальній кровотечі з передпліччя»).

На цьому рівні, студентами контрольних груп засвоєння зазначеного завдання закінчувалося. Студенти ж експериментальних груп продовжували поглиблене засвоєння даного питання шляхом алгоритмічного вирішення спеціально підібраних тематичних запитань, задач і завдань. Наприклад: запропонуйте альтернативні шляхи зупинки артеріальної кровотечі з передпліччя і складіть власні алгоритми їх виконання; поясніть рівні накладання джгута на плече, і від чого вони залежать; яким чином ви забезпечите власну безпеку, безпеку пацієнта і довкілля при накладанні джгута; поясніть правила і етапи дотримання асептики при вирішенні даної проблеми та ін.

Таким чином, студенти контрольних груп займалися лише на рівні репродуктивного засвоєння навчального матеріалу, а студенти експериментальних – проблемно-пошуковим методом навчання, розвиваючи свої творчі індивідуальні здібності.

Педагогічний експеримент полягав у здатності студентів обох груп вирішувати синтетично-дедукційні, аналітично-індукційні і логічні завдання по різній тематиці з предмету «Хірургія» (приклад завдань – таблиця 1)

Таблиця 1

Категорія завдання	Завдання
Приклади завдань на синтетично-дедукційний аналіз	<ol style="list-style-type: none"> 1. Поясніть чому при підвищеній температурі тіла хворого на 1°C пульс прискорюється приблизно на 10 ударів на хвилину. 2. Поясніть чому у важкого (агонізуючого) хворого наявність пульсу потрібно визначати не на променевій, а на стегновій артерії. 3. Поясніть чому пульсацію артерій можна визначити в тих ділянках тіла, де під артерією розміщується кістка. 4. Поясніть чому сила напруження пульсу змінюється в залежності від фізичного і нервового навантаження хворого. 5. Відомо, що наповнення пульсу залежить від кількості крові, яка викидається в систолу. Поясніть, в яких випадках наповнення пульсу збільшується, а в яких знижується. 6. У хворого дуже мала величина пульсу, яку прийнято називати ниткоподібним пульсом. В яких випадках на вашу думку, у людини може бути ниткоподібний пульс і від чого це залежить. 7. Поясніть від яких факторів систолічний артеріальний тиск підвищується і від яких знижується.
Приклади завдань на аналітично-індукційний аналіз	<ol style="list-style-type: none"> 1. Від чого в першу чергу, залежить величина систолічного тиску. 2. Від чого, в першу чергу, залежить величина діастолічного тиску. 3. Від чого залежить головний біль у хворого при підвищенні і при зниженні артеріального тиску. 4. Які системи і органи хворого страждають в першу чергу при зниженні артеріального тиску. 5. Які скарги будуть у хворого в першу чергу при низькому артеріальному тиску. 6. Які симптоми будуть у хворого, в першу, чергу при високому артеріальному тиску. 7. Чому лікарські засоби, для внутрішнього застосування, уводять переважно перед їдою.
Приклади завдань на логічний аналіз	<ol style="list-style-type: none"> 1. Чим принципово відрізняється метод уведення в пряму кишку рідини при очисній і сифонній клізмі. 2. Чому для проведення очисної клізми необхідно взяти 1-1,5 л рідини, а для сифонної – 10-15л. 3. Які фактори необхідно враховувати вибираючи очисну чи сифонну клізму для пацієнта. 4. Чому при ендоскопічному обстеженні товстого кишечника необхідно виконати очисну клізму двічі, а сифонну – одноразово. 5. Чому для очисної клізми необхідно використовувати грілку (кружку Есмарха), а для постановки лікувальної – гумову грушу. 6. Можливі показання стосовно постановки очисної клізми, які на вашу думку. 7. Можливі показання для постановки лікувальної клізми.

Наведені приклади в таблиці № 1 та інші подібні завдання студенти обох груп виконували під час письмової контрольної роботи, отримані відповіді оцінювалися поважною комісією. Узагальнені результати, за трьома зазначеними пунктами, за всі роки експерименту, було внесено в таблицю за трьома категоріями завдань (таблиця 2).

Для достовірності отриманих експериментальних даних було проведено математичний статистичний аналіз методом рангової кореляції Спірмена. При цьому було обчислено вибіркового коефіцієнт рангової кореляції Спірмена за формулою:

$$\rho_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n^3 - n}$$

де $d_i = x_i - y_i$;

n – об'єм вибірки

При цьому за формулою було визначено критичне значення $T_{кр}$

$$T_{кр} = t_{кр}(\alpha, k) \sqrt{\frac{1 - \rho_s^2}{n - 2}}$$

де $t_{кр}(\alpha, k)$ – критична точка, яку ми визначали за таблицею розподілу Стюдента, при наперед заданому рівні значимості $\alpha = 0,05$ і при числі ступенів свободи $k = n - 2$.

Використовуючи таблицю критичних точок розподілу Стюдента було з'ясовано, що $t_{кр} = 3,18$.

За нашими статистичними даними ρ_s знаходиться в межах від 0,4-0,5, відповідно $T_{кр}$ знаходиться в межах 1,59-1,68, що згідно критерію Спірмена підтверджує суттєві відмінності між вибірковими даними в сторону зростання, що є підтвердженням того, що показники сформованості професійно-значущих якостей психіки

Таблиця 2

Критерії	Контрольні групи: всього 330 студентів				Експериментальні груп – 328 студентів					
	Показники ефективності									
	Надзвичайно високий	Високий	Середній	Низький	Надзвичайно низький	Надзвичайно високий	Високий	Середній	Низький	Надзвичайно низький
Схильність до аналізу	15	68	144	73	13	27	94	157	40	10
%	4,5	20,6	43,6	22,1	3,9	8,2	28,7	47,9	12,2	3,1
Схильність до синтезу	21	81	148	65	15	29	97	155	39	9
%	6,4	24,5	44,9	19,6	4,5	8,8	29,4	46,7	11,8	2,7
Логічне мислення	18	78	148	69	17	29	91	156	43	9
%	5,5	23,6	44,8	20,9	5,1	8,8	27,7	47,5	13,1	2,7

у студентів, які займалися по експериментальній методиці навчання значно зросли.

Результати дослідження та обговорення.

В результаті проведеного педагогічного експерименту було отримано такі узагальнюючі дані:

1) уміння виділяти головне (аналітичні здібності) у студентів експериментальних груп були значно вищими ніж у студентів контрольних груп, а саме: високі показники (надзвичайно високі і високі) є більшими на 14, 8 % (25,1% проти 36,9%), в той час як низькі (низькі і надзвичайно низькі) є меншими на 10,7% (26% проти 15,3%);

2) уміння узагальнити навчальний матеріал (синтетичні здібності) у студентів експериментальних груп є вищими, а саме: високі показники (надзвичайно високі і високі) є більшими на 7,3% (30,9% проти 38,2%), в той час низькі (низькі і надзвичайно низькі) є меншими (24,1% проти 14,5%);

3) уміння робити висновки із змісту навчального матеріалу (логічні здібності) у студентів, які займалися по експериментальній програмі, також виявились вищими, а саме: високі показники (надзвичайно високі і високі) зросли на 7,4 % (з 29,1% до 36,5%), а низькі (низькі і надзвичайно низькі) є меншими на 10,2% (26% проти 15,8%).

Проблемами розвитку творчої особистості, формування її здібностей є предметом наукових досліджень відомих педагогів і психологів В. І. Андрєєва, Д. Б. Богоявленської, С. У. Гончаренко, Г. С. Костюка, Д. Ф. Ніколаєнко, С. О. Сисоєва та ін.

У психології і педагогіці розрізняють два види творчості: творчість першого рівня, яка притаманна людському мисленню взагалі і формується ще з дитинства; і творчість другого рівня пов'язана з конкретною сферою людської діяльності, які формуються в процесі професійної підготовки. Творчі здібності і творчий потенціал кожного окремого індивіда (зокрема студента) є синтезом багатьох якостей, компоненти яких й досі залишаються відкритими. Що стосується професійної школи, то творчий або креативний тип мислення характерний для тих студентів, які оволоділи вираженою професійною спрямованістю з добре розвинутими аналітичними, прогностичними, конструктивними, виконавчими вміннями, спроможні оригінально і продуктивно розв'язувати професійні проблеми і задачі, шукати нові підходи, методи і техніку їх вирішення, виявляти інтуїцію та антиципацію більш високих рівнів досконалості (Фіцула, 2000, с. 22-25).

Зазначимо, що запорукою формування майбутнього фахівця є так званий аналітико-синтетичний стиль творчого мислення. Термін «аналітичний» передбачають розкладання складних для розуміння студентів положень теоретичного або практичного матеріалу, на більш прості і зрозумілі компоненти, а «синтетичний» – в поєднанні виділених аналізом властивостей предмета, певних явищ тощо в одне ціле. В процесі пізнання конкретного явища відбувається діалектичне поєднання процесів синтезу і аналізу (Маркович, 2009, с. 165).

Творчий розвиток особистості відбувається через навчання і завдяки йому. У про-

цесі розв'язання творчих навчальних завдань формуються різні дії мислення, що перетворюються потім на творчі операції мислення (висування гіпотез, виявлення протиріч, аналіз, синтез, абстрагування тощо. Творчість окремої людини розглядається в двох аспектах: як сукупність рис особистості із ставлення суб'єкта до світу й до себе, її спосіб самоствердження, і як діяльність певного характеру, яка відображає вищий ступінь професіоналізму (Сисоєва, 2001, с. 176 – 212).

У підручниках з психології, серед класифікацій психічних категорій особистості можна знайти такий тип мислення, як алгоритмічне. Вміння мислити формально і ясно, є однією з важливих прикмет загальної культури людини в сучасному високотехнологічному світі.

Зміст та обсяг поняття «алгоритмічне мислення» розглядали Я. Грудьонов, Т. Губіна, А. Єршов, Г. Звенигородський, Г. Лебедев, Т. Лебедева, А. Кушніренко та інші. Продовжують обґрунтування різних аспектів даної технології навчання Барболіна Т. М., Мельник Ю. С., Русанова О. О., Шаран О. В. та ін.

Алгоритмічне мислення визначається науковцями як система способів діяльності, прийомів, методів і відповідних їм стратегій, які спрямовані на розв'язування як теоретичних, так і практичних задач і результатом яких алгоритми виконують роль специфічного продукту людської діяльності. Процес його формування наступний: ознайомлення здобувачів освіти з алгоритмами певної структури; введення елементів зрозумілої навчальної алгоритмічної мови; розробка і реалізація комплексів вправ для виконання; відшукування помилок, відтворення, заміну, конструювання, перехід від однієї до іншої форми; подання алгоритмів різної структури (Вдовенко, 2017, с. 26).

Має право на існування й інша думка, що під здатністю алгоритмічно мислити слід розуміти вміння самостійно вирішувати завдання різноманітного характеру, що вимагають складання прогнозованого плану дій для досягнення бажаного результату та адекватних форм прийняття правильних рішень (Мельник, 2007, с. 52).

Алгоритмічне мислення має універсальний характер і може застосовуватися майже у всіх сферах людської діяльності. Основними його компонентами є структурний аналіз завдання, розбивка великого завдання на малі, плану-

вання можливих ситуацій і реакцій на них, розуміння й використання формальних способів запису розв'язання (Шаран, 2016, с. 222).

Можна виділити такі його компоненти: здатність планувати і аналізувати необхідний результат, уміння організувати пошук інформації, необхідної для розв'язування поставленої задачі; впорядкування операцій та побудова моделі процесу розв'язування; реалізація процесу розв'язування і співвідношення результатів із тим, які слід було отримати (Барболіна, 2010, с. 1). Алгоритмічний підхід у поєднанні з іншими методами навчання підвищує осмисленість засвоєння, полегшує і прискорює вивчення програмного матеріалу (Шаран, 2018, с. 97).

Висновки. Таким чином викладачам професійних закладів освіти необхідно цілеспрямовано розвивати алгоритмічне мислення підрастаючого покоління, навчити його віднаходити сенс в чужих діях і рекомендаціях, а також розшукувати власні, раціональні шляхи вирішення тих проблем, які їм будуть зустрічатися в житті і в професійній діяльності.

Творче мислення у студентів без сумніву потрібно розвивати і стимулювати, але всьому свій час. На перших етапах навчання, коли засвоюються ази бездоганного і безпомилкового виконання професійних дій, «творчість» недостатньо підготовлених студентів є недоречною, оскільки вони ще не можуть досягнути в повному обсязі усіх проблем, які можуть виникнути в реаліях практичної діяльності і до яких наслідків необґрунтована імпровізація може призвести.

Безперечно, що алгоритмізація є прогресивною технологією навчання: вона автоматизує компоненти навчального процесу, що особливо актуалізувалося в зв'язку з інтеграцією комп'ютерних та освітніх технологій; стимулює евристичну активність вихованців, оскільки виявлення та формування алгоритмів є творчим процесом, що пов'язаний з формалізацією та моделюванням; розвиває логічне мислення. Завдяки алгоритмізації, під час практичної підготовки, узагальнюється навчальний матеріал, співвідносяться конкретні факти із загальними моделями; збільшує частку самостійної роботи вихованців, що сприяє вдосконаленню управління освітнім процесом як при традиційній підготовці, так і в умовах диференційованого та індивідуального навчання.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Барболіна Т. М. Розвиток алгоритмічного й операційного мислення у процесі вивчення прикладного програмного забезпечення. *Комп'ютер у школі та сім'ї*. К., 2010. № 1. С. 19–22.
2. Вдовенко В. В. Формування алгоритмічного мислення молодших школярів на уроках інформатики. *Наукові записки. Серія: Проблеми методики фізико-математичної і технологічної освіти*. Ч. 4. Вип. 11. 2017. С. 23-27.
3. Маркович О. В. Формування професійних умінь майбутніх медичних сестер хірургічного профілю засобами алгоритмізації: дис...канд. пед. наук: 13.00.04; Ін-т педагогічної освіти і освіти дорослих АПН України. Київ, 2009. 284 с.
4. Мельник Ю.С. Дидактичні умови формування алгоритмічної культури молодших школярів : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.09; Ін-т педагогіки АПН України. Київ, 2007. 238 с.
5. Сисоєва С. О. Творчий розвиток особистості в процесі неперервної професійної освіти. *Неперервна професійна освіта: теорія і практика: зб. наук. праць / За ред. І. А. Зязюна та Н. Г. Ничкало*. К.: 2001. ч I. 391 с.
6. Фіцула М. М. Педагогіка: навч. посіб. для студентів вищих педагогічних закладів освіти. К.: 2000. 542 с.
7. Чуба О. Є. Формування креативності студентів як психолого-педагогічна проблема. *Актуальні проблеми психології: Проблеми психології творчості: Збірник наукових праць / за ред. В.О. Моляко*. Т. 12. Вип. 7. Житомир: Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2009. С. 318-324.
8. Шаран О.В. Використання алгоритмічного підходу у процесі вивчення курсу «Теорія та методика формування елементарних математичних уявлень». Педагогіка вищої та середньої школи: збірник наукових праць Криворізького педагогічного інституту ДВНЗ «Криворізький національний університет». Кривий Ріг, 2016. Вип. 47. С. 220-224.
9. Шаран О.В., Голинська М.Й. Особливості формування алгоритмічної культури молодших школярів на уроках математики та інформатики. *Perspektywiczne opracowania są nauką i technikami*. 2018: Materiały XIV Międzynarodowej naukowemu – praktycznej konferencji. Przemyśl: Nauka i studia, 2018. 116 с. С. 94–98.
10. Яковичин П.А. Теоретичні і методичні основи навчання студентів методів аналізу і синтезу механізмів і машин: Дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.04. К., 2000. 380 с.

REFERENCES:

1. Barbolina T. M. (2010). Rozvytok alhorytmichnogo u operatsiynogo myslennya u protsesi vyvchennya prykladnogo programnogo zabezpechennya [Development of algorithmic and operational thinking in the process of studying applied software]. *Komp'yuter u shkoli ta sim'yi*. K. № 1. S. 19–22. [in Ukrainian]
2. Vdovenko V.V. (2017). Formuvannya alhorytmichnogo myslennya molodshykh shkolyariv na urokakh informatyky [Formation of algorithmic thinking of younger schoolchildren in computer science lessons]. *Naukovi zapysky. Seriya: Problemy metodyky fizyko-matematychnoyi i tekhnologichnoyi osvity*. Ch. 4. Vyp. 11. S. 23-27. [in Ukrainian]
3. Markovych O.V. (2009). Formuvannya profesiynykh umin maybutnikh medychnykh sester khirurgichnogo profilyu zasobamy alhorytmizatsiyi [Formation of professional skills of future nurses of a surgical profile by means of algorithmization]: dys...kand. ped. nauk: 13.00.04; In-t pedagogichnoyi osvity i osvity doroslykh APN Ukrayiny. Kyiv, 2009. 284 s. [in Ukrainian]
4. Melnyk Yu.S. (2007). Dydaktychni umovy formuvannya alhorytmichnoyi kultury molodshykh shkolyariv [Didactic conditions for the formation of algorithmic culture of junior high school students]: dys. ... kand. ped. nauk : 13.00.09; In-t pedagogiky APN Ukrayiny. Kyiv, 2007. 238 s. [in Ukrainian]
5. Sysoyeva S.O. (2001). Tvorchyy rozvytok osobystosti v protsesi neperervnoyi profesiynoyi osvity [Creative personality development in the process of continuous professional education]. *Neperervna profesiyna osvita: teoriya i praktyka: zb. nauk. prats / Za red. I. A. Zyazyuna ta N. G. Nychkalo*. K.: 2001. ch I. 391 s. [in Ukrainian]
6. Fitsula M.M. (2000). Pedagogika: navch. posib. dlya studentiv vyshchyykh pedagogichnykh zakladiv osvity [Pedagogy: teaching. manual for students of higher pedagogical educational institutions]. K. 542 s. [in Ukrainian]
7. Chuba O.Ye. (2009). Formuvannya kreatyvnosti studentiv yak psykholoho-pedagogichna problema [Formation of students' creativity as a psychological and pedagogical problem]. *Aktualni problemy psykholohiyi: Problemy psykholohiyi tvorchosti: Zbirnyk naukovykh prats / [za red. V.O. Molyako]*. T. 12. Vyp. 7. Zhytomyr: Vyd-vo ZhDU im. I. Franka., S. 318-324. [in Ukrainian]
8. Sharan O.V. (2016). Vykorystannya alhorytmichnogo pidkhodu u protsesi vyvchennya kursu «Teoriya ta metodyka formuvannya elementarnykh matematychnykh uyavlen» [The use of an algorithmic approach in the process of studying the course "Theory and method of forming elementary mathematical ideas"]. *Pedagogika vyshchoyi ta serednoyi shkoly: zbirnyk naukovykh prats Kryvorizkogo pedagogichnogo instytutu DVNZ «Kryvorizkyy natsionalnyy universytet»*. Kryvyi Rig. Vyp. 47. S. 220-224. [in Ukrainian]
9. Sharan O.V., Golynska M.Y. (2018). [Peculiarities of formation of algorithmic culture of junior high school students in mathematics and informatics lessons. *Perspektywiczne opracowania are science and techniques*] *Perspektywiczne*

opracowania są nauką i technikami – 2018: Materiały XIV Międzynarodowej naukowi – praktycznej konferencji. Przemysł: Nauka i studia. 116 s. С. 94–98. [in Ukrainian]

10. Yakovyshyn P.A. (2000). Teoretychni i metodychni osnovy navchannya studentiv metodiv analizu i syntezy mekhanizmiv i mashyn [Theoretical and methodological foundations of teaching students methods of analysis and synthesis of mechanisms and machines]: Dys. ... d-ra ped. nauk: 13.00.04. K. 380 s. [in Ukrainian]

УДК 556.552

DOI <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-10>

Василь ФЕСЮК

доктор географічних наук, професор, завідувач кафедри фізичної географії, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID: 0000-0003-3954-9917

Ірина НЕТРОБЧУК

кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри фізичної географії, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

ORCID: 0000-0002-8633-7426

Микола АЛЕКСІЙЧУК

здобувач другого рівня вищої освіти, Волинський національний університет імені Лесі Українки, просп. Волі, 13, м. Луцьк, Волинська обл., Україна, 43025

Бібліографічний опис статті: Фесюк, В., Нетробчук, І., Алексійчук, М. (2023). Оцінка евтрофікованості озера Велике методами дистанційного зондування Землі. *Проблеми хімії та сталого розвитку*, 1, 83–88, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-10>

ОЦІНКА ЕВТРОФІКОВАНОСТІ ОЗЕРА ВЕЛИКЕ МЕТОДАМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

Метою статті є визначення рівня евтрофікованості озера Велике для його раціонального використання та охорони. Для досягнення мети потрібно оцінити рівень евтрофікації озера, його динаміку, причини виникнення цього явища, запропонувати шляхи зменшення рівня евтрофікованості.

Методологічною основою роботи є напрацювання українських та зарубіжних вчених у галузі лімнології, гідроекології, дистанційного зондування Землі. Застосовані методи: аналіз гідрометричних характеристик та гідрологічного режиму озера, геоекологічна оцінка стану водозбору озера, оцінка евтрофікації озера методами дистанційного зондування Землі.

Наукова новизна роботи полягає у практичній імплементації методики оцінки рівня евтрофікації одного з типових озер Волинського Полісся, а саме, озера Велике.

Висновки і перспективи досліджень. Гідроекологічний стан озера погіршується внаслідок антропогенного впливу. Особливо негативно впливає нераціональна структура використання земель водозбору (перевищення площ екологічно не стабільних ландшафтів над стабільними) і порушення санітарно-екологічних норм під час забудови прибережних зон. Тому поверхневий стік з водозбору забруднює озеро. Особливо небезпечним є забруднення біогенними речовинами. Збільшення їх концентрації у воді зумовлює евтрофікацію водойми. Рівень евтрофікації озера оцінено як не високий. Але навіть за такого рівня евтрофікації знижується якість води, погіршуються екологічні умови для живих організмів. Для поліпшення гідроекологічного стану необхідно зменшити надходження до озера біогенних речовин, поліпшити гідрологічний режим озера, збільшити аерацію води та реалізувати заходи протидії потеплінню клімату.

Ключові слова: озеро, лімносистема, гідроекологічний стан озера, евтрофікація озера, рівень евтрофікації, методи дистанційного зондування Землі.

Vasyl FESYUK

Doctor of Geographical Sciences, Professor, Head of Department of Physical Geography, Lesia Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0003-3954-9917

Iryna NETROBCHUK

Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor at the Department of Physical Geography, Lesia Ukrainka Volyn National University, 13 Voli ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

ORCID: 0000-0003-3954-9917

Mykola ALEKSIYCHUK

Second-level graduate of higher education, Lesya Ukrainka Volyn National University, 13 Volye ave., Lutsk, Volyn region, Ukraine, 43025

To cite this article: Fesyuk, V., Netrobchuk, I., Aleksiychuk, M. (2023). Ocinka eutrofikovanosti озера Velyke metodamy dystancijnogo zonduvannya Zemli. [Assessment of lake Velyke eutrophication by remote sensing methods]. *Problems of Chemistry and Sustainable Development*, 2, 83–88, doi: <https://doi.org/10.32782/pcsd-2023-1-10>

ASSESSMENT OF LAKE VELYKE EUTROPHICATION BY REMOTE SENSING METHODS

The purpose of the article is to determine the level of eutrophication of Lake Velyke for its rational use and protection. To achieve this goal, it is necessary to assess the level of eutrophication of the lake, its dynamics, causes, and to propose ways to reduce the level of eutrophication.

The methodological basis of the work is the achievements of Ukrainian and foreign scientists in the field of limnology, hydroecology, and remote sensing. Methods used: analysis of the hydrometric characteristics and hydrological regime of the lake, geoecological assessment of the lake catchment, assessment of lake eutrophication by remote sensing methods.

The scientific novelty of the work is that the article provides a practical implementation of the methodology for assessing the level of eutrophication of one the typical Volyn's lake.

Conclusions and prospects of research. The hydroecological state of the lake is deteriorating due to anthropogenic impact. The irrational structure of land use in the catchment area (excess of areas of ecologically unstable landscapes over stable ones) and violation of sanitary and environmental standards during the development of coastal zones have a particularly negative impact. As a result, surface runoff from the catchment pollutes the lake. Pollution by nutrients is particularly dangerous. An increase in their concentration in water causes eutrophication of the reservoir. The level of eutrophication of the lake is assessed as not high. But even at this level of eutrophication, water quality is decreasing and environmental conditions for living organisms are deteriorating. In order to improve the hydroecological state of the lake, it is necessary to reduce the flow of nutrients into the lake, improve its hydrological regime and implement measures to counteract climate warming.

Key words: lake, limnosystem, hydroecological state of the lake, lake eutrophication, eutrophication level, remote sensing methods.

Актуальність проблеми. Озера України, як і інші водні об'єкти, зазнають інтенсивного антропогенного впливу. Перш за все він полягає у надходженні до озер різноманітних забруднюючих речовин. Для озер Волинського Полісся скиди промислових стічних вод не характерні. Основними джерелами забруднення є стік з сільськогосподарських полів, ферм, селитебних територій, не обладнаних централізованою каналізацією. Такий стік містить багато біогенних речовин, насамперед сполук нітрогену і фосфору. Також погіршення екологічного стану зумовлюють зміни клімату, через які знижується надходження поверхневого і підземного стоку до озер, вони міліють, можуть пересихати. В результаті дії цих чинників проявляється несприятливий процес – евтрофікація озер. Оцінці евтрофікованості одного з озер Волинського Полісся, а саме оз. Велике, присвячена ця стаття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Озера Волинської області вивчалися в роботах

Ільїна & Мольчака, 2000, Ільїна, 2008. Екологічний стан озер Волинської області розглянуто в статті Шевчук, Юрчука & Горуна, 2009, колективній монографії за ред. Мольчака, 2019. Природні умови території дослідження детально описані в статті Шульгача, 2015. Гео-екологічна оцінка оз. Велике проведена в статті Мартинюка, Зубковича & Андрійчука, 2018. Можливості застосування методів дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) для оцінки евтрофікації водойм обґрунтована в роботах Федоровського, Хижняк & Томченко, 2021, Фесюка, Полянського & Копитюк, 2022. Проте лімнологічна вивченість озер басейну р. Турії, зокрема, й озера Велике поки що недостатня. Необхідно й надалі проводити лімнологічні, гідроекологічні, гео-екологічні дослідження цієї території з метою раціонального використання та охорони озер.

Мета дослідження: визначення рівня евтрофікованості озера Велике для його раціонального використання та охорони.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Озеро Велике знаходиться в Ковельському районі Волинської області за 0,5 км на північ від с. Облапи в межах басейну р. Турія. Згідно схеми фізико-географічного районування за С.І. Кукурудзою (1991), озеро розміщене у Любомльсько-Ковельському фізико-географічному районі Волинського Полісся. В межах водозбору поширені місцевості зандрових рівнин із зеленомоховими і чорничниковими сосняками з домішкою дрібнолистяних порід на дерново-слабо- і середньопідзолистих ґрунтах, частково розораних.

Береги озера досить високі, 2,0-2,5 м над рівнем води, зарослі лісом-самосівом із дрібнолистяних порід (вільха, береза, верболіз, зрідка сосна). За різночасовими супутниковими знімками вставлено, що північна частина озерної тераси на початку 2000-х р.р. активно розорювалась, нині – це перелоги, локально вкриті дрібноліссям. Північно-західна частина тераси розорювалась ще до 2015 р., а з 2019 р. теж частково заростає дрібноліссям. Південно-східна прибережна частина покрита сосновим лісом, висота окремих дерев становить 18-22 м, діаметр стовбура 0,15-0,25 см (Мартинюк, Зубкович & Андрійчук, 2018). Західна частина озерної тераси заболочена, по ній прокопаний дренажний канал шириною 2 м, глибиною 1,5 м, що впадає в озеро. Літоральна зона озера на 10-15 м від берега, а в окремих місцях до 70 м, вкрита поясом макрофітів (очерет, рогіз, аїр болотний). Ця рослинність виконує важливу екологічну функцію, запобігаючи проникненню біогенних елементів до субліторальної зони озера.

Саме озеро за формою овальне. Площа – 0,124 км², довжина – 0,43 км, ширина максимальна – 0,4 км, середня – 0,29 км (Мольчак, 2019). При незначній площі озеро досить глибоке – максимальна глибина становить 11,8 м, а середня – 5,18 м. Глибина біля берегів незначна – до 2,5 м, різко зростає у центральній осьовій частині улоговини до 8-11 м. Об'єм води в озері становить 559 тис. м³.

Для оцінки еврифікованості оз. Велике методом дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) використано супутникові знімки місій Sentinel-2, Landsat-8 за 2022 р. Для них розрахований нормований різницевий індекс рослинності (NDVI), що є простим, але ефективним

індексом для кількісної оцінки динаміки вегетаційних процесів. Індекс базується на ефекті різного відбивання світла рослинами на певних довжинах хвилі і залежно від стану зелених рослин. Його діапазон значень знаходиться в межах (-1; 1). Значення NDVI близькі до -1 відповідають воді, в інтервалі (-0,1; 0,1), як правило, відповідають безплідним ділянкам (скелі, пісок або сніг), в інтервалі (0,2; 0,4) свідчать про низьку інтенсивність вегетації, а високі значення (близькі до 1) показують хороший стан рослинності і високий вегетаційний потенціал (NDVI, 2023).

В роботах (Федоровський, Хижняк & Томченко, 2021; Фесюк, Полянський & Копитюк, 2022) обґрунтовано можливість використання індексу NDVI для оцінки ступеня евтрофікації водойм. Це реалізується завдяки можливості диференціації значень NDVI по супутниковому знімку. Можна виділяти окремі ділянки води та узбережжя, вкритих рослинністю. Також в межах самого водного об'єкта можна виокремити ареали із відмінними значеннями інтенсивності вегетації, а значить і NDVI. Їх площа та локалізація змінюються упродовж року і залежать від поєднання багатьох чинників: температури води, віддаленості від берегу, вмісту біогенних сполук тощо. Визначення NDVI проводилось за допомогою інтернет-ресурсу sentinel-hub.com Європейського космічного агенства (ESA). Робота з згаданим ресурсом відбувалась через веб-додаток EO Browser. Дати знімків залежать від періодичності проходження супутника над певною територією (часова розрізненість), ступеня покриття неба хмарами (для аналізу відбирались знімки із хмарністю <10%).

За результатами аналізу супутникових знімків озера за багаторічний період встановлено, що для евтрофікації водойми характерна внутрішньорічна динаміка, яка найбільш чітко проявляється в теплий період року (рис. 1-2). Причому спостерігається така закономірність: в травні евтрофікація дуже низька, фактично відсутня, значення NDVI для поверхні озера -0,1-0,2, для деяких ділянок навіть менше, що відповідає безплідним ділянкам із відсутньою вегетацією. В червні значення NDVI зростають, з'являються окремі ділянки поверхні озера із додатними значеннями NDVI, що свідчить про початок активної вегетації поки

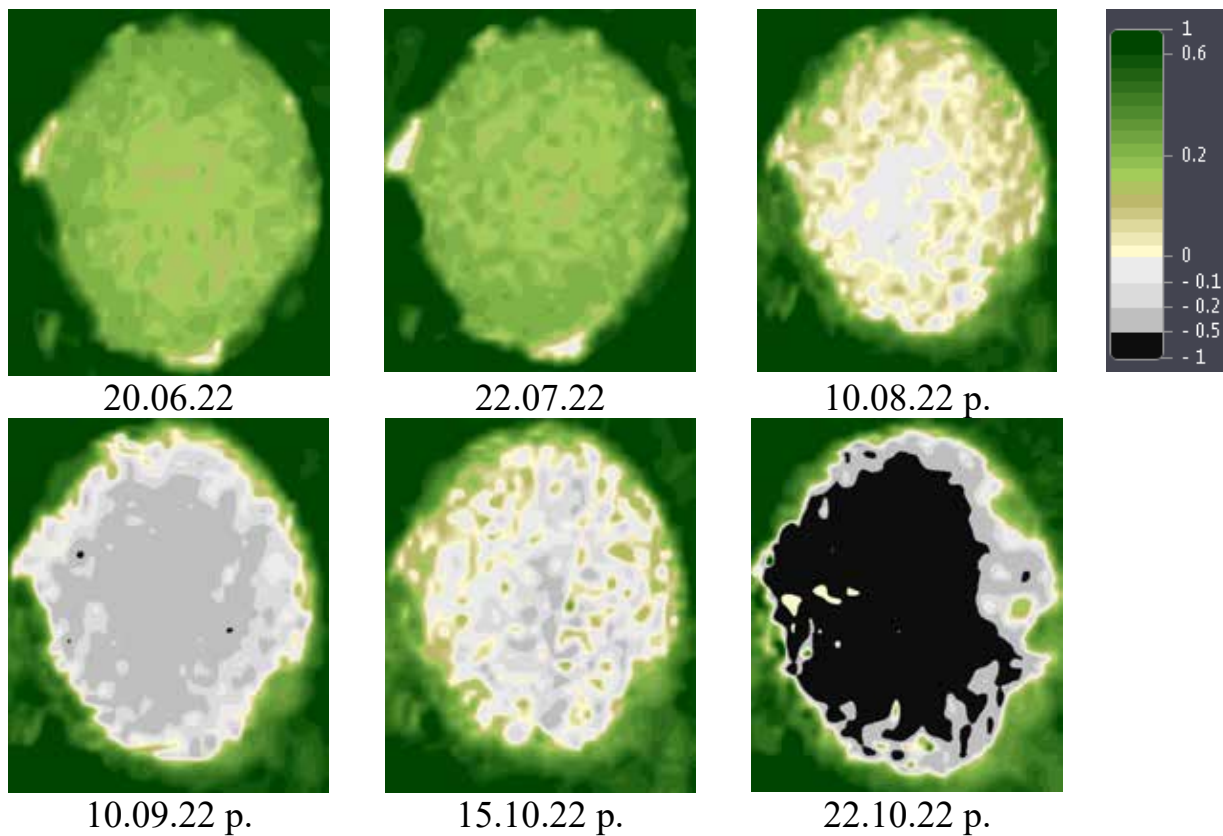
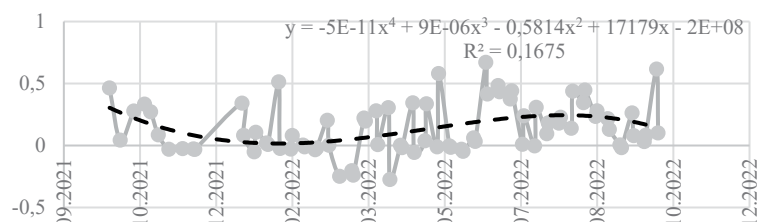


Рис. 1. Динаміка індексу NDVI оз. Велике за теплий період 2022 р. за даними місії Sentinel-2 ресурсу sentinel-hub.com (під рисунками – дати)



Динаміка NDVI за 1 рік



Апроксимація емпіричних даних поліномом 4 ступеня

Рис. 2. Внутрішньорічна динаміка індексу NDVI для оз. Велике за 2021–2022 рр. за даними місії Sentinel-2 ресурсу sentinel-hub.com

що далекої від небезпечних масштабів. Найменша етрофікованість (0,05-0,1) характерна для центральної найглибшої частини озера; ближче до берегів вегетація набагато активніша (0,2 і більше), в поясі макрофітів біля берегів значення NDVI максимальні (0,3 і більше). В липні значення NDVI продовжують зростати, зона із значеннями індексу 0,3-0,4 поширюється майже на всю поверхню озера. Ближче до середини серпня евтрофікація зменшується, озеро потрохи звільняється

від цвітіння води. Вищі значення індексу поступово відступають до берегів (рис. 1), в центральній глибшій частині озера вже фіксуються від'ємні значення NDVI (-0,1). В вересні значення індексу в центрі водойми знижуються до -0,5, що відповідає майже чистій воді. Біля берегів вони вищі, але все одно від'ємні (-0,2-0,3). З'являються окремі, поки що незначні за площею осередки чистої води (NDVI = -1). До останньої декади жовтня вони охоплюють вже всю водойму.

З року в рік динаміка евтрофікації повторюється. Звісно ж з певними відмінностями, що пов'язані з кліматичними особливостями конкретного року.

Отже, максимальні значення NDVI ($> 0,3$) характерні в липні-серпні, близькі до нуля – в листопаді-лютому, від'ємні (< 0) – в березні-квітні. Звідси можна зробити висновок, що інтенсивність евтрофікації корелює з температурою поверхні водойми (рис. 2-4). На рис. 2 наведена апроксимація емпіричних значень NDVI за 2021–2022 рр. поліномом 4-го порядку із коефіцієнтом детермінації $R^2 = 0,1675$. Невисоке значення R^2 свідчить про те, що:

- фактично лінія тренду лише відтворює загальну тенденцію;
- окрім температури води на інтенсивність евтрофікації впливають й інші чинники (вміст біогенних речовин, віддаль від берегу тощо);
- озеро не дуже значне за площею аби можна було виділяти окремі ареали суттєво відмінних і більш-менш сталих в часі значень NDVI;
- при невеликих розмірах озеро досить глибоке, а тому цей чинник також впливає на

швидкість і масштаби евтрофікаційних процесів.

Взаємозв'язок евтрофікації з температурою води підтверджує і рис. 4. На ньому зображені графіки річної динаміки індексу NDVI та температури поверхні води озера Велике за 2021–2022 рр. На перший погляд чітка кореляція відсутня. Для співставлення використано не абсолютні значення температури та NDVI, а їх зважені значення, отримані шляхом ділення на середнє арифметичне значення відповідних показників. Як видно з рис. 4, характерна середня часова кореляція між досліджуваними показниками. Розрахований коефіцієнт кореляції становить 0,33. Це не висока тіснота зв'язку. Але потрібно врахувати ряд чинників, які впливають на взаємозв'язок: інерційність показника NDVI, який змінюється значно повільніше від температури; в порівнянні не враховано час доби, в який здійснювалась супутникова зйомка, а від цього залежить температура; до порівняння включені не всі знімки, а лише ті, відповідали критерію «рівень хмарності $< 10\%$ ». В літературних джерелах описано, що аналогічний показник може досягати набагато

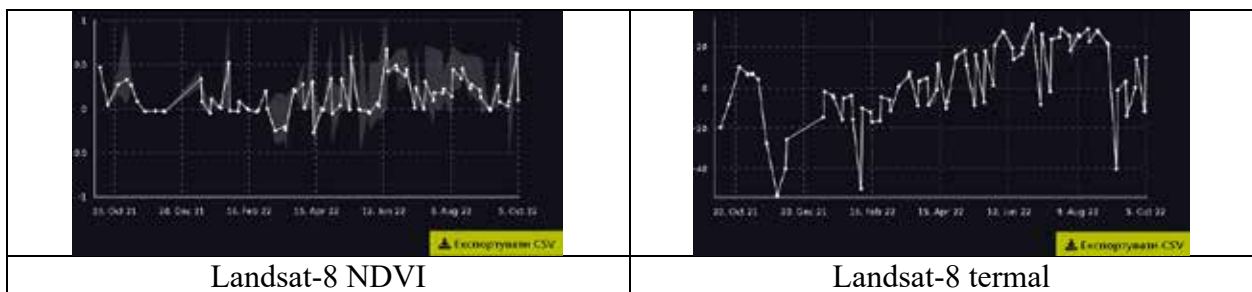


Рис. 3. Порівняння динаміки індексу NDVI та температури води озера Велике за даними місії Landsat-8 ресурсу sentinel-hub.com за 2021–2022 рр.

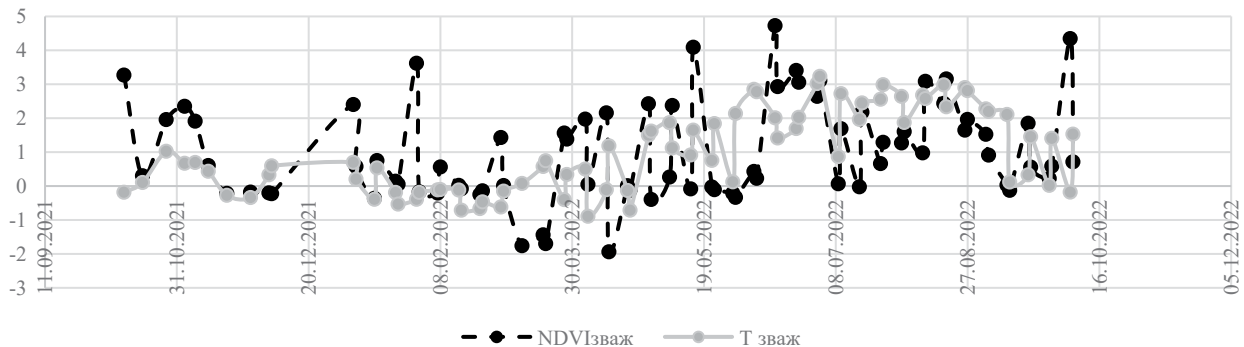


Рис. 4. Порівняння динаміки зважених значень NDVI і температури поверхні води оз. Великого за 2021–2022 рр. за даними місії Landsat-8

вищих значень. Наприклад, в статті (Фесюк, Полянський & Копитюк, 2022) розрахований аналогічний коефіцієнт для оз. Турське (Волинське Полісся) становить 0,88.

Висновки. Антропогенний вплив на лімно-систему озера зумовлює погіршення її гідроекологічного стану. Внаслідок нераціональної структури використання земель, зокрема, перевищення площ екологічно не стабільних ландшафтів над стабільними (КЕСЛ = 1,56) і порушення санітарно-екологічних норм під час забудови прибережних зон, поверхневий стік з водозбору не очищується належним чином, а потрапляє в озеро, забруднюючи його. Кон-

центрація забрудників, а особливо біогенних речовин, у воді озера зростає, що зумовлює евтрофікацію водойми. Рівень евтрофікації озера порівняно з багатьма іншими озерами Волинської області не високий. Але він зумовлює подальше зниження якості води і погіршення умов існування гідробіонтів. Тому для вирішення екологічних проблем в межах водозбору та поліпшення гідроекологічного стану озера необхідна реалізація комплексу оптимізаційних заходів, які передбачають обмеження надходження до озера біогенних речовин, поліпшення гідрологічного режиму озера та протидію потеплінню клімату.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Ільїн Л.В. Лімнокомплекси Українського Полісся. У 2 т. Т. 2. Регіональні особливості та оптимізація: монографія. Луцьк: РВВ "Вежа" ВНУ ім. Лесі Українки, 2008. 340 с.
2. Ільїн Л.В., Мольчак Я.О. Озера Волині: лімно-географічна характеристика. Луцьк: Надстир'я, 2000. 140 с.
3. Лахай Ю.О. Екологічна оцінка природних умов басейну річки Турія. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. 2012. 2. С. 216- 222.
4. Мартинюк В.О., Зубкович І.В., Андрійчук С.В. Регіональна геоecологічна оцінка озер Українського Полісся. *Регіональні геоecологічні проблеми в умовах сталого розвитку. Збірник наукових праць III Міжнар. наук.-практ. конференції* (Рівне, 18-20.10.2018). 2018. С. 78-86.
5. Поверхневі води Волині: колективна монографія / за ред. Я.О. Мольчака. Луцьк: Терен, 2019. 344 с.
6. Федоровський О. Д., Хижняк А. В, Томченко О. В. Оцінка якості водного середовища міських водойм з використанням методів системного аналізу на основі комплексування даних ДЗЗ. *Космічна наука і технологія*. 2021. Т. 27. № 5. С. 11-18.
7. Фесюк В.О., Полянський С.В., Копитюк Т.В. Методика та практична імплементація застосування даних ДЗЗ для моніторингу евтрофікації водойм (на прикладі Турського озера). *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: географія*. 2022. № 1. С. 159-166
8. Шевчук М.Й., Юрчук П.В., Горун А.А. Екологічний стан озерних екосистем Волині та основні напрями його покращення. *Науковий вісник Волинського національного університету ім. Лесі Українки*. 2009. № 1. С. 188-191.
9. Шульгач А.С. Ландшафтне різноманіття перспективного національного природного парку, „Лісова пісня”. *Фізична географія та геоморфологія*. 2015. № 6. С. 165-168.
10. NDVI. URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/?zoom=16&lat=51.06328&lng=24.8132&themeId=DEFAULT-24T23%3A59%3A59.999Z>

REFERENCES:

1. Ilin, L.V. (2008). *Limnokompleksy Ukrainiskoho Polissya. U 2 t. T. 2. Rehionalni osoblyvosti ta optymizacija: monohrafija* [Limnocomplexes of Ukrainian Polissya. In 2 vols. Vol. 2. Regional features and optimization: monograph]. Lutsk: RVV "Veza" VNU im. Lesi Ukraïny [in Ukrainian].
2. Ilin, L.V., Molchak, Ya.O. (2000). *Ozera Volyni: limno-heohrafichna kharakterystyka* [Lakes of Volyn: limno-geographic characteristics]. Lutsk: Nadstyria [in Ukrainian].
3. Lakhay, Yu.O. (2012). *Ekolohichna otsinka pryrodnykh umov baseynu richky Turiya* [Environmental assessment of the natural conditions of the Turia River basin]. *Hidrolohiya, hidrokhiimiya i hidroekolohiya*. 2, 216-222. [in Ukrainian].
4. Martyniuk, V.O., Zubkovich, I.V., Andriyuchuk, S.V. (2018). *Rehionalna heoekolohichna otsinka ozer Ukrayinskoho Polissya* [Regional geoecological assessment of lakes in Ukrainian Polissya]. *Rehionalni heoekolohichni problemy v umovakh staloho rozvytku. Zbirnyk naukovykh prats' III Mizhnar. nauk.-prakt. konferentsiyi*. S. 78-86 [in Ukrainian].
5. Molchak, Ya.O. (Eds.) (2019). *Poverkhnevi vody Volyni: kolektyvna monohrafiya* [Surface waters of Volyn: a collective monograph]. Lutsk: Teren. [in Ukrainian].
6. Fedorovsky, O.D., Khyzhnyak, A.V, Tomchenko, O.V. (2021). *Otsinka yakosti vodnoho seredovishcha mis'kykh vodoym z vykorystannyam metodiv systemnoho analizu na osnovi kompleksuvannya danykh DZZ* [Assessment of the water quality of urban water bodies using system analysis methods based on remote sensing data integration]. *Kosmichna nauka i tekhnolohiya*. 27, 5, 11-18. [in Ukrainian].

7. Fesyuk, V.O., Polyansky, S.V., Kopytyuk, T.V. (2022). *Metodyka ta praktychna implementatsiya zastosuvannya danykh DZZ dlya monitorynhu evtrofikatsiyi vodoym (na prykladi Turskoho ozera)* [Methodology and practical implementation of the use of remote sensing data for monitoring eutrophication of water bodies (on the example of Lake Turske)]. *Naukovi zapysky Ternopilskoho natsionalnoho pedahohichnoho universytetu imeni Volodymyra Hnatyuka. Seriya: heohrafiya*, 1. 159-166 [in Ukrainian].

8. Shevchuk, M.Y., Yurchuk, P.V., Horun, A.A. (2009). *Ekolohichnyy stan ozernykh ekosystem Volyni ta osnovni napryamy yoho pokrashchennya* [Ecological state of Volyn lake ecosystems and main directions of its improvement]. *Naukovyy visnyk Volynskoho natsionalnoho universytetu im. Lesi Ukrayinky*, 1, 188-191. [in Ukrainian].

9. Shulhach, A.S. (2015). *Landschaftne riznomanittya perspektyvnoho natsionalnoho pryrodnoho parku „Lisova pisnya”* [Landscape diversity of the promising national nature park "Lisova Pisnya"]. *Fizychna heohrafiya ta heomorfolohiya*. 6, 165-168. [in Ukrainian].

10. NDVI. URL: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/?zoom=16&lat=51.06328&lng=24.8132&themeId=DEFAULT-24T23%3A59%3A59.999Z>

ЗМІСТ

Людмила ДЕМЧУК, Ганна КІРЕЙЦЕВА, Ілля ЦИГАНЕНКО-ДЗЮБЕНКО, Вадим ВОВК КОНЦЕПЦІЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ДЕРЖАВИ В КОНТЕКСТІ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ТА ЄВРОІНТЕГРАЦІЇ.....	3
Галина МАРТИНЮК, Олена АКСІМЕНТЬЄВА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРОВІДНОСТІ ТА ТЕРМОДЕФОРМАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОМПОЗИТІВ ПОЛБУТИЛМЕТАКРИЛАТ – ПОЛІАНЛІН.....	12
Людмила НОНІК, Ірина ПАЦЕВА, Ілля ЦИГАНЕНКО-ДЗЮБЕНКО, Олександр МЕДВІДЬ, Іван ДАСЕВИЧ ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПРІОРИТЕТІВ УПРАВЛІННЯ ВІДХОДАМИ (НА ПРИКЛАДІ ПОЛІГОНУ ТПВ М. ЖИТОМИР).....	18
Ольга ПАЛІЙ, Ірина ПАЦЕВА, Ганна КІРЕЙЦЕВА, Ілля ЦИГАНЕНКО-ДЗЮБЕНКО ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ГІРНИЧО-ВИДОБУВНОЇ ГАЛУЗІ ЯК АЛЬТЕРНАТИВНОЇ СИРОВИНИ У БУДІВНИЦТВІ.....	27
Мар'яна ФЕДОРОВСЬКА, Інна ЯРЕМА, Анастасія КАШУБА, Леся САЛІЄВА РОЗРОБКА СКЛАДУ І ТЕХНОЛОГІЇ ЛІКАРСЬКОЇ КОСМЕТИЧНОЇ МАСКИ З РОСЛИННИМИ КОМПОНЕНТАМИ.....	36
Василь ФЕСЮК, Ольга БЄДУНКОВА, Ірина НЕТРОБЧУК, Марія БОЯРИН СУЧАСНИЙ СТАН ВОДОКОРИСТУВАННЯ У БАСЕЙНІ ПРИП'ЯТІ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	47
Василь ФЕСЮК, Андрій КАПЛЮК ОЦІНКА ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ КИЗІВСЬКОЇ ОСУШУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ.....	56
Ольга КАРАЇМ, Олена ДЖАМ, Зоряна ЛАВРИНЮК ЕКОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ УПРАВЛІННЯ ВОДНИМИ РЕСУРСАМИ МАЛИХ РІЧОК (НА ПРИКЛАДІ РІЧКИ ЖИДУВКА).....	63
Олексій МАРКОВИЧ, Микола ЛУКАЩУК, Михайло ДЕМ'ЯНЧУК ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНОГО, ТВОРЧО-ІНДИВІДУАЛЬНОГО СТИЛЮ МИСЛАННЯ ТА ДІЯЛЬНОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ ЗАСОБІВ АЛГОРИТМІЗАЦІЇ.....	74
Василь ФЕСЮК, Ірина НЕТРОБЧУК, Микола АЛЕКСІЙЧУК ОЦІНКА ЕВТРОФІКОВАНOSTІ ОЗЕРА ВЕЛИКЕ МЕТОДАМИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ.....	83

CONTENTS

<i>Lyudmila DEMCHUK, Anna KIREITSEVA, Ilya TSYGANENKO-DYUBENKO, Vadim VOVK</i> THE CONCEPT OF ECOLOGICAL SECURITY OF THE STATE IN THE CONTEXT OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND EUROPEAN INTEGRATION.....	3
<i>Galyna MARTYNIUK, Olena AKSIMENTYEVA</i> INVESTIGATION OF ELECTRICAL CONDUCTIVITY AND THERMODEFORMATION PROPERTIES OF POLYBUTHYLMETHACRYLATE –POLYANILINE COMPOSITES.....	12
<i>Liudmyla NONIK, Iryna PATSEVA, Illia TSYHANENKO-DZIUBENKO, Oleksandr MEDVID, Ivan DASEVYCH</i> DETERMINATION OF ECOLOGICAL PRIORITIES WASTE MANAGEMENT (ON THE EXAMPLE OF THE ZHYTOMYR WASTE LANDFILL).....	18
<i>Iryna PATSEVA, Hanna KIREITSEVA, Olga PALIY, Illia TSYHANENKO-DZIUBENKO</i> MINING WASTE USING AS AN ALTERNATIVE RAW MATERIAL IN CONSTRUCTION.....	27
<i>Mariana FEDOROVSKA, Inna YAREMA, Anastasiia KASHUBA, Lesya SALIYEVA</i> COMPOSITION AND TECHNOLOGY DEVELOPMENT OF THE MEDICINAL COSMETIC MASK WITH HERBAL INGREDIENTS.....	36
<i>Vasyl FESIUK, Olha BIEDUNKOVA, Iryna NETROBCHUK, Mariia BOIARYN</i> CURRENT STATE OF WATER USE IN THE PRIPET BASIN OF THE VOLYN REGION.....	47
<i>Vasyl FESIUK, Andriy KAPLYUK</i> ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT OF THE KYZIVSKA DRAINAGE SYSTEM.....	56
<i>Olha KARAIM, Olena DZHAM, Zoryana LAVRYNYUK</i> ECOLOGICAL BASES OF WATER RESOURCES MANAGEMENT OF SMALL RIVERS (ON THE EXAMPLE OF THE ZHYDUVKA RIVER).....	63
<i>Oleksiy MARKOVICH, Mykola LUKASHCHUK, Mykhailo DEMIANCHUK</i> FORMATION OF A PROFESSIONAL, CREATIVE AND INDIVIDUAL STYLE OF THINKING AND ACTIVITY WITH THE HELP OF ALGORITHMIZATION TOOLS.....	74
<i>Vasyl FESYUK, Iryna NETROBCHUK, Mykola ALEKSIYCHUK</i> ASSESSMENT OF LAKE VELYKE EUTROPHICATION BY REMOTE SENSING METHODS.....	83

НОТАТКИ

ПРОБЛЕМИ ХІМІЇ ТА СТАЛОГО РОЗВИТКУ

Випуск 1

Коректура • Ірина Миколаївна Чудеснова

Комп'ютерна верстка • Юрій Васильович Ковальчук

Формат 60x84/8. Гарнітура Times New Roman.

Папір офсет. Цифровий друк. Ум. друк. арк. 10,70. Замов. № 0623/372. Наклад 300 прим.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»

65101, Україна, м. Одеса, вул. Інглєзі, 6/1

Телефон +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08

E-mail: mailbox@helvetica.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

ДК № 7623 від 22.06.2022 р.