

**МАТЕРІАЛИ НАУКОВО-ПРАКТИЧНИХ
КОНФЕРЕНЦІЙ ЧОРНОМОРСЬКОГО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ**

№ 2(1), 2 серія 2026

**Матеріали XXIII Міжнародної наукової конференції
«ОЛЬВІЙСЬКИЙ ФОРУМ – 2026: стратегії країн
Причорноморського регіону в геополітичному просторі»**

29 червня – 04 липня 2026 р., м. Миколаїв, Україна

СЕРІЯ: ЕКОЛОГІЯ

НАУКОВИЙ ЗБІРНИК

Заснований у 2025 році

Виходить 2 рази на рік



Миколаїв – 2026

Засновано у 2025 році. Виходить 2 рази на рік.

Засновник і видавець:

Чорноморський національний університет імені Петра Могили

РЕДАКЦІЙНА РАДА

Голова редакційної ради:

Леонід Клименко – доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, професор, в.о. ректора університету, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна).

Заступники голови:

Юрій Котляр – доктор історичних наук, професор, перший проректор, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна);

Роман Дінжос – доктор технічних наук, професор, проректор з наукової роботи, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна);

Володимир Смельянов – доктор наук з державного управління, заслужений діяч науки і техніки України, професор, директор Навчально-наукового інституту публічного управління та адміністрування, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна).

Члени редакційної ради:

Світлана Белінська – доктор економічних наук, професор, декан факультету економічних наук, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна);

Ангела Бойко – кандидат технічних наук, доцент кафедри комп'ютерної інженерії, декан факультету комп'ютерних наук, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна);

Віталій Вербицький – кандидат історичних наук, доцент, в.о. декана факультету фізичного виховання і спорту, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна);

Олена Кузнецова – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри соціальної роботи, управління і педагогіки, в.о. директора Навчально-наукового медичного інституту, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна);

Ганна Норд – доктор економічних наук, професор, директор Навчально-наукового інституту післядипломної освіти, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна);

Дмитро Січко – кандидат юридичних наук, доцент, декан юридичного факультету, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна);

Анастасія Хмель – кандидат історичних наук, доцент, декан факультету політичних наук, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна);

Людмила Шерстюк – кандидат педагогічних наук, доцент, в.о. декана факультету філології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна).

**Свідоцтво про реєстрацію
друкованого засобу
масової інформації:**
Серія, номер R30-05946
від 27.03.2025 року

**Конференція
зареєстрована в
УкрІНТЕІ**
№535 від 24.06.2026 р.

*Рекомендовано до друку та
поширення мережею
рішенням Вченої ради ЧНУ
№ 7 від 29.06.2026 р.*

Мови видання:
українська, англійська,
мови ЄС

Електронна версія:
<https://mspc.mk.ua>

Адреса редакції:
м. Миколаїв,
вул. 68 Десантників, 10,
54003
Тел.: 8 (0512) 76-55-99,
8 (0512) 76-55-81.
факс 50-00-69, 50-03-33
E-mail: rvv@chmnu.edu.ua

М 32 Матеріали науково-практичних конференцій Чорноморського національного університету імені Петра Могили. Серія : Екологія : Ольвійський форум – 2026 : стратегії країн Причорноморського регіону в геополітичному просторі : XXIII міжнар. наук. конф. 29 черв. – 04 лип. 2026 р., м. Миколаїв : матеріали конф. / М-во освіти і науки України ; ЧНУ імені Петра Могили. – Миколаїв : Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили, 2026. – № 2 (1) , 2 серія – 136 с.

УДК 004+3+62+7/9]:001.891](477)(06)

**MATERIALS OF THE SCIENTIFIC
AND PRACTICAL CONFERENCE
OF PETRO MOHYLA BLACK SEA
NATIONAL UNIVERSITY**

№ 2(1), Series 2, 2026

**Materials of the XXIII International Scientific Conference
«Olbia Forum – 2026: strategies of the countries of the
Black Sea region in the geopolitical space»**

June 29 – July 04, 2026, Mykolaiv, Ukraine

SERIES: ECOLOGY

SCIENTIFIC COLLECTION

Founded in 2025

Published 2 times a year



Mykolaiv – 2026

Founded in 2025. It is published 2 times a year.

Founder and publisher:

Petro Mohyla Black Sea National University

EDITORIAL COUNCIL

Chairman of the Editorial Board:

Leonid Klymenko - Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Professor, Acting Rector of the University, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine).

Deputy Chairmen:

Yurii Kotliar - Doctor of History, Professor, First Vice-Rector, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine);

Roman Dinzhos - Doctor of Technical Sciences, Professor, Vice-Rector for Research, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine);

Volodymyr Yemelianov - Doctor of Science in Public Administration, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Professor, Director of the Educational and Research Institute of Public Administration and Management, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine).

Members of the Editorial Board:

Svitlana Belinska - Doctor of Economics, Professor, Dean of the Faculty of Economics, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine);

Anzhela Boyko - PhD in Engineering, Associate Professor of the Department of Computer Engineering, Dean of the Faculty of Computer Science, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine);

Vitalii Verbytskyi - PhD in History, Associate Professor, Acting Dean of the Faculty of Physical Education and Sports, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine);

Olena Kuznetsova - PhD in Pedagogy, Associate Professor of the Department of Social Work, Management and Pedagogy, Acting Director of the Educational and Research Medical Institute, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine);

Hanna Nord - Doctor of Economics, Professor, Director of the Educational and Research Institute of Postgraduate Education, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine);

Dmytro Sichko - PhD in Law, Associate Professor, Dean of the Faculty of Law, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine);

Anastasiia Khmel - PhD in History, Associate Professor, Dean of the Faculty of Political Sciences, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine);

Liudmyla Sherstiuk - PhD in Pedagogy, Associate Professor, Acting Dean of the Faculty of Philology, Petro Mohyla Black Sea National University (Mykolaiv, Ukraine).

The conference is registered in
the catalog of international
conferences in Academic
Resource Index / Research Bib.



The conference is registered in
UkrNTI
№535 dated June 24, 2026.

**Identifier in the Register of
Subjects in the Media Sector:**
R30-05946 (Decision of the
National Council of Ukraine on
Television and Radio
Broadcasting No. 656 dated
March 27, 2025).

*Recommended for publication by
the decision of the Academic
Council of Petro Mohyla Black
Sea National University
(protocol № 7, 29.06.2026).*

Languages of the publication:
Ukrainian, English,
EU languages

Electronic version:
<https://mspc.mk.ua>

Editorial address:
Mykolaiv,
10 Desantnykov St., 68, 54003
tel.: 8 (0512) 76-55-99,
8 (0512) 76-55-81.
fax: 50-00-69, 50-03-33
e-mail: rvv@chmnu.edu.ua

M 32 Materials of scientific and practical conferences of Petro Mohyla Black Sea National University. Series : Ecology : Olbia Forum – 2026 : strategies of the countries of the Black Sea region in the geopolitical space : XXIII int. scientific conf. June 29 – July 04, 2026, Mykolaiv : scientific col. / Ministry of Education and Science of Ukraine ; Petro Mohyla Black Sea National University. – Mykolaiv : Publishing house of Petro Mohyla Black Sea National University, 2026. – № 2 (1) Series 2 – 136 p.

UDC 004+3+62+7/9]:001.891](477)(06)

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ
СЕРІЯ: ЕКОЛОГІЯ

Головний редактор:

Людмила Григор'єва доктор біологічних наук, професор, зав. кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, (м. Миколаїв, Україна)

Заступники головного редактора:

Олена Ракша-Слюсарєва доктор біологічних наук, професор, Донецький національний медичний університет, (м. Лиман, Україна)

Члени редакційної колегії:

Намік Рашидов доктор біологічних наук, професор, завідувач відділом біофізики та радіобіології Інституту Клітинної біології та генетичної інженерії Національної академії наук України, (м. Київ, Україна)

Вікторія Задорожна доктор медичних наук, професор, чл.-кор. НАМН України, в. о. директора ДУ «Інститут епідеміології та інфекційних хвороб імені Л. В. Громашевського» НАМН України, (м. Київ, Україна)

Кіда Малгожата доктор технічних наук, професор кафедри інженерії і хімії середовища, Жешувський політехнічний університет, (Польща)

Олена Мітрясова доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, (м. Миколаїв, Україна)

Відповідальний секретар:

Олена Макарова старший викладач кафедри екології, Чорноморський національний університет імені Петра Могили (м. Миколаїв, Україна)

EDITORIAL BOARD
SERIES: ECOLOGY

Editor-in-Chief:

Lyudmila Grygorieva Doctor of Biological Sciences, Professor, Chair of the Department of Ecology at Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine

Deputy editors-in-chief:

Olena Raksha-Slyusareva Doctor of Biological Sciences, Professor, Donetsk National Medical University, Lyman, Ukraine

Members of the editorial board:

Namik Rashidov Ph.D. in Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biophysics and Radiobiology at the Institute of Cell Biology and Genetic Engineering of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

Viktoria Zadorozhna Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding Member of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Acting Director of the L.V. Gromashevsky Institute of Epidemiology and Infectious Diseases of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine

Kida Malgorzata Doctor of Technical Sciences, Professor in the Department of Environmental Engineering and Chemistry, Rzeszów University of Technology, Poland

Olena Mitryasova Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor in the Department of Ecology at Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine

Executive Secretary:

Olena Makarova Senior Lecturer, Department of Ecology, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine

ЗМІСТ

ЕКОЛОГІЯ. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА	12
Наталія Андреева ОПРАЦЮВАННЯ ПРАКТИКИ ПОВОДЖЕННЯ З ПРОМИСЛОВИМИ ВОДАМИ В МАШИНОБУДІВНІЙ КОМПАНІЇ	13
Анна Боженко ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ ЕКОЛОГІЧНИХ КАДРІВ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ.....	17
Дмитро Веселовський, Людмила Григор'єва ЕКОЛОГІЧНА СТАБІЛЬНІСТЬ ТЕХНОГЕННО-ПОРУШЕНИХ ЕКОСИСТЕМ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЇХ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТА РАДІАЦІЙНОЇ ЄМНОСТЕЙ	21
Максим Горінштейн, Оксана Нагорнюк, Вікторія Собчик ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ ПРОБЛЕМИ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕРИТОРІЙ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ	24
Костянтин Григор'єв, Анна Алексеева SMART-СИСТЕМА ЕКОЛОГО-РАДІАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ АГЛОМЕРАЦІЙ.....	28
Людмила Григор'єва, Валерія Чайка ЕКОЛОГІЧНІ ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В УМОВАХ ВОЄННОГО ЧАСУ: НА ПРИКЛАДІ М. МИКОЛАЄВА	31
Тетяна Данчева, Олена Мітрясова СОЦІАЛЬНО-ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СПРИЙНЯТТЯ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ НАСЕЛЕННЯМ М. ІЗМАЇЛ.....	34
Марія Даус ОЦІНКА ОСНОВНИХ АНТРОПОГЕННИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ЇХНІХ ВПЛИВІВ У БАСЕЙНІ РІЧКИ ХАДЖИДЕР	38
Ярослава Іванців, Віталіна Федонюк, Василь Іванців ПОРІВНЯННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ У ЗАПОВІДНИХ ОБ'ЄКТАХ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	42
Олександра Ковальська, Олена Мітрясова ЗАЛЕЖНІСТЬ ВОДНОГО СЕРВІСУ ВІД ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ: ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТА ВИКЛИКИ В УМОВАХ ВОЄННИХ ДІЙ В УКРАЇНІ.....	45
Діана Крисінська ЗАУВАЖЕННЯ І ПРОПОЗИЦІЇ ДО ЗВІТУ З ОЦІНКИ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ПЛАНОВАНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ, НОВЕ БУДІВНИЦТВО АВТОЗАПРАВНОГО КОМПЛЕКСУ	49

Діана Крисінська РЕКОМЕНДАЦІЇ ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ ТА ПРОФОРІЄНТАЦІЙНОЇ ЗАЦІКАВЛЕНOSTІ ШЛЯХОМ ПРОВЕДЕННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ ПОДІЙ ДЛЯ ДІТЕЙ ТА МОЛОДІ	51
Олена Макарова, Людмила Григор'єва ЕКОСИСТЕМНА РОЛЬ ВОДЯНИХ РОСЛИН РУСЛОВИХ ВОДОЙМ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ	55
Алла Некос, Софія Уварова, Віталій Безсонний ІГРОВИЙ ЕКО-ЗАХІД НА БАЗІ НАЦІОНАЛЬНИХ ПРИРОДНИХ ПАРКІВ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЕКОПРОСВІТИ ШКОЛЯРІВ.....	58
Лариса Патрушева ВПЛИВ БАГАТОРІЧНОЇ ДИНАМІКИ КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НА БІОРІЗНОМАНІТТЯ СТЕПУ: АНАЛІЗ СТАНУ ВРАЗЛИВИХ ВИДІВ.....	62
Людмила Райчук, Ірина Швиденко РАДІОЕКОЛОГІЧНЕ ЗОНУВАННЯ АГРОЛАНДШАФТІВ ЯК СКЛАДОВА СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ РИЗИКІВ.....	67
Валентин Рибачек ОСОБЛИВОСТІ БЕЗПЕКИ ДОВКІЛЛЯ В ПРИЧОРНОМОРСЬКОМУ РЕГІОНІ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВИХ ВИКЛИКІВ	72
Віктор Смирнов, Олександр Луконін ЕКОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ ЯК ДЕТЕРМІНАНТИ ПОРУШЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ РЕГЕНЕРАТИВНИХ ПРОЦЕСІВ У ЛЮДИНИ	77
Денис Степенко, Людмила Григор'єва РОЛЬ АВТОМАТИЗОВАНОГО РАДІАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОЦІНЮВАННІ РИЗИКІВ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ ЯДЕРНОЇ СПАДЩИНИ.....	81
Віталіна Федонюк ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА БІОКЛІМАТИЧНИХ ІНДЕКСІВ В ПРОЦЕСІ АНАЛІЗУ КОМФОРТНОСТІ КЛІМАТУ ЛУЦЬКА	85
Світлана Хижняк, Інна Коверсун, Володимир Войціцький ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОТОКСИЧНОСТІ ҐРУНТУ ПІСЛЯ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ.....	88
Руслан Черниш СУПУТНИКОВИЙ І GIS-ОРІЄНТОВАНИЙ МОНІТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ОЦІНКИ ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІЙ	91
Руслан Шевчук АНАЛІЗ ДИНАМІКИ БІОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОСЛИННОГО ПОКРИВУ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «СЛАНЕЦЬКИЙ СТЕП» ЗА ДАНИМИ SENTINEL-2.....	94
Olena Mitryasova, Ruslan Mariychuk, Andrii Mats ЕКОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД, ОРІЄНТОВАНИЙ НА МАЙБУТНЄ: ПОРІВНЯЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ БАКАЛАВРСЬКИХ ПРОГРАМ В УКРАЇНІ ТА СЛОВАЧЧИНІ	98

РАДИОБІОЛОГІЯ. БІОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА	102
Вікторія Задорожна, Наталія Винник, Тетяна Сергеева ХАРАКТЕРИСТИКА ЕПІДЕМІЧНОЇ СИТУАЦІЇ ЩОДО ЕМЕРДЖЕНТНИХ І РЕЕМЕРДЖЕНТНИХ ІНФЕКЦІЙ У СВІТІ В 2026 РОЦІ	103
Любов Неумержицька, Денис Курінний БАГАТОРІВНЕВИЙ АНАЛІЗ ПОШКОДЖЕНЬ ГЕНОМУ: МОЛЕКУЛЯРНІ, ХРОМОСОМНІ ТА ЕПІГЕНЕТИЧНІ НАСЛІДКИ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ IN VITRO	108
Олена Ракша-Слюсарева, Ганна Ющук, Олексій Слюсарев, Софія Ковальчук, Ірина Тарасова ОСОБЛИВОСТІ ПОКАЗНИКІВ СИСТЕМИ ІМУНІТЕТУ У ХВОРИХ НА ІНФЕКЦІЮ, ПОВ'ЯЗАНУ ЗІ ШТАМОМ OMICRON ВІРУСУ SARS COV-19.....	111
Олена Ракша-Слюсарева, Олексій Слюсарев, Намік Рашидов РОЗРОБКА РАДІОПРОТЕКТОРІВ ЩОДО ВПЛИВУ НИЗЬКОІНТЕНСИВНОГО ОПРОМІНЕННЯ, ПОВ'ЯЗАНОГО З АВАРІЄЮ НА ЧАЕС.....	114
Олена Ракша-Слюсарева, Олексій Слюсарев, Ірина Тарасова, Поліна Коваленко, Ярослав Тур, Дар'я Дьомочка ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПРОДУКТИ ІЗ ЗАДАНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ДЛЯ ТЕРИТОРІЙ В СТАНІ РАДІОЕКОЛОГІЧНОЇ КРИЗИ.....	118
Олена Самойленко ГУМАНІТАРНА СКЛАДОВА ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ У ГАЛУЗІ РАДІОБЕЗПЕКИ.....	122
Вікторія Талько, Галина Лавренчук, Євгенія Малишевська ЕФЕКТИВНІСТЬ ФОТОН-ЗАХВАТНОЇ ПРОМЕНЕВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ФОТОДИНАМІЧНОГО ВПЛИВУ НА ЗЛОЯКІСНІ ТА НОРМАЛЬНІ КЛІТИНИ ЛЮДИНИ IN VITRO	125
Ярослава Тур, Олена Ракша-Слюсарева, Олексій Слюсарев ФІЛЬТРИ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ (SPF) У СИСТЕМІ ІНДИВІДУАЛЬНОГО БІОЗАХИСТУ ТА ПРОФІЛАКТИКИ ІНДУКОВАНИХ РАДІАЦІЄЮ ДЕРМАТОЗІВ	130
Олена Шеметун, Оксана Талан ПЕРСИСТЕНЦІЯ ХРОМОСОМНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ В ЛІМФОЦИТАХ КРОВІ ЛЮДИНИ ЗА УМОВ ВПЛИВУ КОНДИЦІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА ОПРОМІНЕНИХ IN VITRO КЛІТИН НЕДРІБНОКЛІТИННОГО РАКУ ЛЕГЕНЬ ЛЮДИНИ ЛІНІЇ А-549	133

CONTENTS

ECOLOGY. ENVIRONMENTAL SAFETY	12
Nataliia Andrieieva REVIEW OF INDUSTRIAL WATER MANAGEMENT PRACTICES IN A MACHINE-BUILDING COMPANY.....	13
Anna Bozhenko PROBLEMS OF TRAINING ENVIRONMENTAL PROFESSIONALS IN THE CONDITIONS OF DIGITIZATION OF THE ECONOMY OF UKRAINE	17
Dmytro Veselovsky, Lyudmila Grygorieva ECOLOGICAL STABILITY OF ANTHROPOGENICALLY DISTURBED ECOSYSTEMS AS MEASURED BY THEIR ECOLOGICAL AND RADIATION CAPACITIES.....	21
Maxym Gorinshtein, Oksana Nagorniuk, Wiktoria Sobczyk ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC PROBLEMS OF RADIATION CONTAMINATION IN THE NATURE RESERVES OF WESTERN POLISSYA.....	24
Konstantin Grygoriev, Anna Aleksyeyeva SMART SYSTEM FOR ENVIRONMENTAL AND RADIATION MONITORING OF ATMOSPHERIC AIR IN URBAN AREAS	28
Valeriia Chaika, Liudmyla Grygorieva ENVIRONMENTAL ADVANTAGES OF SOLAR ENERGY USE UNDER WARTIME CONDITIONS: CASE STUDY OF MYKOLAIV	31
Tetyana Dancheva, Olena Mitryasova SOCIAL-ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE PERCEPTION OF DRINKING WATER QUALITY BY THE POPULATION OF THE CITY OF IZMAIL	34
Maria Daus ASSESSMENT OF THE MAIN ANTHROPOGENIC LOADS AND THEIR IMPACTS IN THE KHAJIDER RIVER BASIN	38
Yaroslava Ivantsiv, Vitalina Fedoniuk, Vasyl Ivantsiv COMPARISON OF THE TEMPERATURE REGIME IN THE RESERVED OBJECTS OF THE VOLYN REGION	42
Oleksandra Kovalska, Olena Mitryasova DEPENDENCE OF WATER SERVICES ON ENERGY INFRASTRUCTURE: ENVIRONMENTAL ASPECTS AND CHALLENGES IN THE CONDITIONS OF MILITARY OPERATIONS IN UKRAINE ..	45
Diana Kryszinska COMMENTS AND SUGGESTIONS TO THE ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT REPORT OF THE PLANNED ACTIVITY, NEW CONSTRUCTION OF A FILLING STATION COMPLEX.....	49

Diana Kryszynska RECOMMENDATIONS FOR FORMING ENVIRONMENTAL AWARENESS AND CAREER INTEREST THROUGH INTERACTIVE EVENTS FOR CHILDREN AND YOUTH	51
Olena Makarova, Lyudmila Grygorieva THE ECOSYSTEM ROLE OF AQUATIC PLANTS IN THE CHANNELS OF THE SOUTHERN BUG RIVER.....	55
Alla Nekos, Vitalii Bezsonnyi, Sofia Uvarova GAME-BASED ECO-EVENT AT NATURE PARKS AS A TOOL FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION OF PRIMARY SCHOOL CHILDREN	58
Larysa Patrusheva IMPACT OF LONG-TERM CLIMATE DYNAMICS ON STEPPE BIODIVERSITY: ANALYSIS OF THE STATUS OF VULNERABLE SPECIES	62
Liudmyla Raichuk, Iryna Shvydenko RADIOECOLOGICAL ZONING OF AGROLANDSCAPES AS A COMPONENT OF THE ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT SYSTEM.....	67
Valentin Rybachek FEATURES OF ENVIRONMENTAL SECURITY IN THE BLACK SEA REGION UNDER THE CONDITIONS OF MILITARY CHALLENGES	72
Viktor Smirnov, Oleksandr Lukonin ENVIRONMENTAL FACTORS AS DETERMINANTS OF DISRUPTION AND RECOVERY OF HUMAN REGENERATIVE PROCESSES	77
Denys Stetsenko, Ludmila Grygorieva THE ROLE OF AUTOMATED RADIATION MONITORING AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN RISK ASSESSMENT FOR NUCLEAR LEGACY FACILITIES.....	81
Vitalina Fedoniuk COMPARATIVE ASSESSMENT OF BIOCLIMATIC INDEXES IN THE PROCESS OF ANALYSIS OF THE COMFORT OF THE CLIMATE OF LUTSK.....	85
Svitlana Khyzhnyak, Inna Koversun, Voitsitskiy Volodymyr RESEARCH ON SOIL ECOTOXICITY AFTER MILITARY ACTIONS.....	88
Ruslan Chernysh SATELLITE AND GIS-ORIENTED MONITORING OF THE ATMOSPHERIC ENVIRONMENT FOR ASSESSING TECHNOGENIC-ENVIRONMENTAL SAFETY OF TERRITORIES	91
Ruslan Shevchuk ANALYSIS OF SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS OF BIOPHYSICAL CHARACTERISTICS OF VEGETATION COVER IN THE YELANETSKYI STEPPE NATURE RESERVE USING SENTINEL-2 DATA	94
Olena Mitryasova, Ruslan Mariychuk, Andrii Mats FUTURE-PROOFING ENVIRONMENTALISM: A COMPARATIVE STUDY OF BACHELOR'S PROGRAMS IN UKRAINE AND SLOVAKIA	98

RADIOBIOLOGY. BIOLOGICAL SAFETY	102
Viktoriia Zadorozhna, Nataliya Vynnyk, Tatyana Serheieva CHARACTERISTICS OF THE EPIDEMIC SITUATION OF EMERGENT AND RE-EMERGENT INFECTIONS IN THE WORLD IN 2026	103
Liubov Neumerzhyska, Denys Kurinnyi MULTILEVEL ANALYSIS OF GENOME DAMAGE: MOLECULAR, CHROMOSOMAL, AND EPIGENETIC CONSEQUENCES OF IONIZING RADIATION IN VITRO	108
Olena Raksha-Sliusareva, Anna Yushchuk, Olexiy Sliusarev, Sofia Kovalchuk, Iryna Tarasova FEATURES OF IMMUNE SYSTEM INDICATORS IN PATIENTS WITH INFECTION ASSOCIATED WITH THE OMICRON STRAIN OF THE SARS COV-19 VIRUS	111
Olena Raksha-Sliusareva, Namik Rashidov, Olexiy Sliusarev DEVELOPMENT OF RADIOPROTECTORS AGAINST THE IMPACT OF LOW-INTENSITY RADIATION RELATED TO THE CHERNOBYL NUCLEAR POWER PLANT	114
Olena Raksha-Sliusareva, Olexiy Sliusarev, Iryna Tarasova, Polina Kovalenko, Yaroslava Tur, Dariia Domochka FUNCTIONAL PRODUCTS WITH SPECIFIED PROPERTIES FOR AREAS IN A STATE OF RADIOECOLOGICAL CRISIS.....	118
Olena Samoilenko THE HUMANITARIAN COMPONENT OF TRAINING FUTURE SPECIALISTS IN THE FIELD OF RADIATION SAFETY.....	122
Victoria Talko, Halyna Lavrenchuk, Evgenia Malyshevskaya EFFICIENCY OF PHOTON CAPTURE BEAM TECHNOLOGY AND PHOTODYNAMIC IMPACT ON MALIGNANT AND NORMAL HUMAN CELLS IN VITRO.....	125
Yaroslava Tur, Oleksiy Sliusarev, Olena Raksha-Sliusareva ULTRAVIOLET RADIATION (SPF) FILTERS IN THE SYSTEM OF INDIVIDUAL BIOSECURITY AND PREVENTION OF RADIATION-INDUCED DERMATOSES.....	130
Olena Shemetun, Oksana Talan PERSISTENCE OF CHROMOSOMAL INSTABILITY IN HUMAN BLOOD LYMPHOCYTES UNDER THE INFLUENCE OF THE CONDITIONED ENVIRONMENT OF IN VITRO IRRADIATED HUMAN NON-SMALL CELL LUNG CANCER CELLS A-549.....	133

Розділ
ЕКОЛОГІЯ. ЕКОЛОГІЧНА
БЕЗПЕКА

Section
ECOLOGY.
ENVIRONMENTAL SAFETY

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.01

Наталія Андрєєва

ОПРАЦЮВАННЯ ПРАКТИКИ ПОВОДЖЕННЯ З ПРОМИСЛОВИМИ ВОДАМИ В МАШИНОБУДІВНІЙ КОМПАНІЇ

Тези представляють матеріали практичного аналізу діяльності сучасної машинобудівної компанії в сфері поводження з промисловими водами. Розглянутого технологічний процес виготовлення деталей з метою ознайомлення з найбільш водовитратними операціями. Вивчено методи очищення стічних вод на підприємстві: фізичні, хімічні, фізико-хімічні та біологічні. Оглянуто ділянки локального очищення забруднених вод на двох промислових площадках підприємства. Встановлено, що підприємство проводить очищення стічних вод виробництва так, що очищену воду знову використовує для водозабезпечення технологічного процесу. Вода, що відправляється до водоймів загального користування відповідає показникам нормативно очищеної води. Обговорені пропозиції щодо покращення діяльності в сфері політики управління промисловими водами на підприємстві.

Ключові слова: Технічні промислові води, підприємство, технологічний процес, практика поводження, очищення, оборотне використання.

Сучасна концепція національної водної політики в економічно розвинутих країнах будується відповідно до принципу: «Збереження водного середовища як головного регулятора стану всього довкілля, основи забезпечення рівня життя людей і розвитку економіки». В водних кодексах переважної більшості держав підтримується найбільше сприятливий для економіки «підхід граничних величин на скиди», який може бути досягнуто з урахуванням наявності доступних технологій і рівня фінансових витрат [1]. Це означає, що промислові підприємства повинні бути відповідальними за зменшення скидів настільки, наскільки це можливо.

За оцінкою галузевих витрат водних ресурсів такий, технологічно складний напрямок, як машинобудування (в складі переробної промисловості) за даними «Національної доповіді про стан навколишнього природного середовища» (Табл. 1), займає в Україні друге місце по обсягам скинутих вод, що пройшли очищення на очисних спорудах до нормативних показників.

Таблиця 1.

Скид зворотних (стічних) вод за видами економічної діяльності у 2020 році

Галузь промисловості	Скинуто зворотних (стічних) вод у поверхневі водні об'єкти, млн. м ³		
	Всього	Забруднених	Нормативно очищених на очисних спорудах
Водопостачання, каналізація, поводження з відходами	1473,45	380,58	1043,07
Переробна промисловість *	793,00	25,49	322,10
Постачання електроенергії, пару	2458,46	4,29	17,81
Добувна промисловість, розроблення кар'єрів	154,78	77,59	29,90
Сільське, лісове, рибне господарство	253,90	24,58	5,75
Транспорт, поштова діяльність	5,75	0,54	3,09
Будівництво	2,93	2,41	0,19
Торгівля, ремонт транспорту	0,54	0,06	0,20
Інші галузі	16,66	2,81	3,22
Всього по Україні	5159,47	518,35	1425,33

Переробна промисловість* – включає машинобудування, як вид діяльності для створення нових товарів.

Джерело: сформовано автором на основі [2]

Машинобудування використовує значні обсяги води в технологічних процесах для операцій: термічної обробки, промивання, гальваніки, кондиціонування, транспортування, розчинення тощо. В таких процесах промисловою воду не вносяться до відходів виробництва і вона не стає безповоротними втратами, а є оборотною рідиною. В сучасному виробництві потреби промисловості на 89% задовольняються у спосіб залучення води в оборотні й повторно-последовні системи [3]. Залишки води перед поверненням до водоймищ загального користування в очисних спорудах доводять до стану нормативно очищених вод. Процес очищення стічних вод є окремим виробництвом, в якому сировиною є забруднена вода, а продукцією – очищена. Побічним продуктом при очищенні стічних вод є вилучені з них забруднюючі речовини, які часто є чимало цінними. Для промисловості, в цілому, радикальним напрямом у розв'язанні проблеми охорони природних вод від забруднення мають стати мінімізація витрат та максимальне оборотне використання. Тому питання поводження з водою на підприємствах є актуальним для промисловості, а для охорони навколишнього середовища ще й найважливішим.

Технологічних ресурсів для зведення до мінімуму подібних витрат на підприємствах не так багато і обсяги економії води рахуються на відсотки. Українська промисловість займає не найгірше місце, оскільки системно запроваджує інноваційні ресурсозберігаючі практики поводження з водою. Але, цікавий і досвід закордонних технічно розвинених компаній.

В серпні 2025 року, як здобувачу освітньо-наукової програми PhD з екології, отримано можливість ознайомитися з практикою поводження з промисловими водами в сучасній машинобудівній компанії. Об'єктом вивчення стало велике підприємство машинобудівного профілю з повним технологічним циклом по виготовленню 20-ти типорозмірів складної високотехнологічної продукції. Мета аналізу: пропозиція рекомендацій з вдосконалення технології доочищення потоків води на території підприємства, утилізації відходів очищення і повторного використання доочищених промислових вод.

Оглянуто два виробничі майданчики машинобудівного підприємства. Обидві заводські території являють собою два територіально роз'єднаних виробничих об'єкти, які розташовані в відокремленій від міста промисловій зоні. Відстань до відкритих водойм (озер або річок) становить понад 5 км, що відповідає загальноприйнятим вимогам і нормам. Ухил місцевості в бік найближчої річки становить 0,5%, в бік прилеглого озера ухилу немає. А значить, дощові поверхневі води не потрапляють в водоймища. На ситуаційній карті-схемі району розміщення підприємства та суміжних з ним характерних об'єктів: промислових підприємств і житлових масивів, відповідає обов'язковим межах нормативної санітарно-захисної зони.

В основу розглянутого процесу виготовлення деталей покладено принцип замкнутого технологічного циклу. З цією метою виробництво розділено на операційні підрозділи, де створені самостійні цехи (корпуси), що виконують функції за видами обробки: ковальська, токарна, термічна, шліфувальна, ливарна, складальна. До складу підприємства входять цехи та підрозділи: головний корпус, ковальсько-ливарний підрозділ, цех токарно-термічної обробки, цех автоматичних ліній шліфувальної обробки, складальний цех, лабораторії та складські приміщення. В технологічному процесі виділені операції, в яких залучені вода або водомісткі рідини (Табл. 2).

Таблиця 2.

Технологічні операції виготовлення продукції з залученням води або водомісткої рідини

Гаряче штампування	Токарна обробка	Термічна обробка (закалювання, відпуск)	Шліфувальна обробка	Травлення, гальваніка	Термічна обробка (додаткова)	Шліфувальна обробка (доводка)	Дефектоскопія	Мийка деталей	Контроль	Складання	Консервація, пакування
-	+	+	+	+	+	+	-	+	-	-	-

1. технологічна операція без води, + технологічна операція з водою або водомісткою рідиною

Тверді шламові відходи від токарної та шліфувальної обробки деталей утворюються в результаті технологічних процесів у виробництві на операціях різання сталевих заготовок та шліфування абразивними кругами. В такій технології задіяні значні обсяги мастильно-охолоджуючої рідини (емульсії), яка містить воду, що використовується по оборотному замкнутому циклу. Після застосування в технологічному процесі водні емульсії проходять первинну очистку через смугові фільтри (фільтрація, сепарація), де і утворюються тверді відходи в пухкому вигляді, які накопичуються в спеціальних контейнерах, а вода повертається в виробництво.

Найбільш забруднені мастильно-охолоджуючі рідини після попередньої фільтрації надходять на блок очисних споруд, де з'єднуються з кислотними стоками, лужними стоками, мийними розчинами, окалино-масломісткими стоками та іншими відповідно до технології. Там проводиться очищення виробничих стічних вод реагентним способом. Локальні очисні споруди – є основним і обов'язковим елементом такої замкненої системи (Рис 1). На підприємстві задіяні всі чотири групи методів очищення стічних вод промисловості: фізичні, хімічні, фізико-хімічні та біологічні.



Рис. 1. Дільниця очищення води машинобудівного підприємства: а) приміщення реагентного очищення води; б) шнекові преси для збору твердої фази відходів; в) система мулових танків.

Реагентний спосіб очищення включає наступні фізико-хімічні процеси: окислення, відновлення, нейтралізація, коагуляція, флотаж, осадження (Рис.1а). Стоки, що пройшли очищення, мають у своєму складі залишкові шкідливі речовини в межах допустимих концентрацій до скидання на споруди біологічного очищення.

Зазвичай, шламові відходи очищення промстоків збираються у вигляді пастоподібного осаду із вмістом вологи до 70% , та у міру накопичення вивозяться на полігон для захоронення. На полігоні (шламосховищі) дрібнодисперсні частинки осідають під дією сили тяжіння, і над ними утворюється поверхнево-водний шар, який захищає поверхню від висихання та запилення. На підприємстві, що досліджувалось, застосовується інноваційний підхід: встановлені шнекові преси для видалення залишків води з шламових відходів, а отримана тверда фаза має значно менший об'єм (Рис 1б).

Важливою складовою очисних споруд промислових стічних вод є наявність системи аеротенків для аеробної біологічної очистки, де забруднені води доочищуються за допомогою аеробних мікроорганізмів у присутності кисню, який подається через аератори (Рис 1в).

Результатом ознайомлення з практикою поводження з промисловими водами в машинобудівній компанії є заключення, що підприємство не здійснює скидів безпосередньо в поверхневі водні об'єкти прилеглої території, тому прямого впливу на поверхневі води не чинить. Всі стічні води підприємства перед скиданням їх у системи загального користування проходять локальне очищення. Підприємство налагоджує очищення стічних вод виробництва так, що очищену воду знову можна використовувати для водозабезпечення технологічного процесу, або направляти на повторне використання води на інших промислових площадках.

Під час обговорення зовнішніх пропозицій щодо покращення діяльності в сфері політики управління промисловими водами на підприємстві, було виказано:

2. пропозиція щодо запровадження дистанційної електронної диспетчеризація показників якості води через додатки на мобільних пристроях;

3. за рекомендаціями світових практик оптимізація витрати реагентного очищення води за рахунок магнітного впливу на основі змішаних намагнічених коагулянтів, у тому числі отриманих з відходів власного шліфувального виробництва;

4. розгляд можливості використання біоіндикаторного показника якості води, яка повертається з підприємства в водойми загального користування;

5. організація зовнішнього водозабору з можливістю поповнення технологічних втрат прісної води шляхом збирання дощових опадів з дахів заводських цехів та споруд.

Взагалі, як сучасна і екологічно орієнтована структура, компанія має сертифікацію за стандартами ISO9001, ISO14001, ISO9002, ISO/TS16949. За отриманою інформацією вона на постійній основі впроваджує всі вимоги щодо системи екологічного менеджменту, здійснює модернізацію обладнання та систематично проводить навчання персоналу. Співробітники постійно здійснює моніторинг дотримання вимог щодо внутрішньозаводського життєвого циклу такого важливого продукту як промислова вода.

References

1. Основні засади управління якістю водних ресурсів та їхня охорона : навч. посібник / В. К. Хільчевський, М. Р. Забокрицька, Р. Л. Кравчинський, О. В. Чунарьов / за ред. В. К. Хільчевського – К. : ВПЦ "Київський університет", 2015. – 172 с
https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u104/upravlinnya_vodnih_bioresursiv_posibnik_0.pdf
2. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2020 році. – К. : Центр екологічної освіти та інформації, 2021. – 421 с. <file:///C:/Users/admin/Downloads/Natsionalna-Dopovid-2020-2%20.pdf>
3. Екологічна та природно-техногенна безпека України: регіональний вимір загроз і ризиків: монографія / С. П. Іванюта, А. Б. Качинський. – К. : НІСД, 2012. – 308 с.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.01

Nataliia Andrieieva

REVIEW OF INDUSTRIAL WATER MANAGEMENT PRACTICES IN A MACHINE-BUILDING COMPANY

The abstract presents the results of a practical analysis of a modern machine-building company's activities in the field of industrial water management. The technological process of manufacturing parts was examined in order to identify the most water-intensive operations. Methods of wastewater treatment at the enterprise were studied: physical, chemical, physicochemical and biological. Localised contaminated water treatment areas at two industrial sites of the enterprise were inspected. It was established that the enterprise treats production wastewater in such a way that the treated water is reused for the technological process. The water discharged into public water bodies meets the standards for treated water. Proposals for improving industrial water management policy at the enterprise were discussed.

Key words: Technical industrial water, enterprise, technological process, handling practices, treatment, reuse.

Відомості про автора / Information about the Author

Наталія Андреева, здобувач кафедри екології Навчально-наукового медичного інституту Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: astronataa@gmail.com.

Nataliia Andrieieva, Researcher at the Department of Ecology, Educational and Scientific Medical Institute of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: astronataa@gmail.com.

© Н. Андреева

Стаття отримана редакцією 26.05.2026.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.02

Анна Боженко

ПРОБЛЕМИ ПІДГОТОВКИ ЕКОЛОГІЧНИХ КАДРІВ В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ

У тезах представлено теоретико-практичний аналіз впливу цифровізації на професійну підготовку майбутніх екологів та екологічну освіту на всіх рівнях. Окремо проаналізовано додаткові аспекти, які характеризують цифровізацію освіти під час війни. Показано, що важливим напрямком використання цифрових технологій в екології є екологічна освіта та екоапросвіта, а цифрові інструменти допомагають забезпечити доступ до інформації, підвищуючи обізнаність про сталий розвиток, використання цифрових систем для фіксації шкоди довкіллю, завданої військовими діями, моніторинг та аналіз даних при використанні IoT-датчиків, дронів та космічної зйомки, а також оптимізацію ресурсів за допомогою розумних мереж енергопостачання та автоматизації виробництва. Все це робить професію еколога важливою для переходу на циркулярну економіку.

Ключові слова: екологічна освіта, професійна освіта, цифровізація, цифрова економіка.

У сучасному світі не можна обійтися без інформаційних технологій, що змінюють різні галузі й відкривають новий ринковий потенціал. Виникнення нової цифрової інфраструктури, розробка технологій цифрової комунікації та обчислювальної техніки породжує нові можливості в сфері інформаційних технологій, їх інтеграцію до економічного та соціально-політичного суспільного життя, формування нової цифрової системи міжнародної економіки.

Цифрова економіка базується на розробці електронної продукції та послуг і збуті даного товару через електронну комерцію [1].

Ключовим перевагою цифрової економіки перед традиційною є реалізація можливості автоматичного управління всією системою або окремими її компонентами, а також її практично необмежене масштабування без втрати ефективності, що дозволяє значно підвищувати ефективність управління економікою на мікро- та макrorівнях.

Звідси стає зрозумілим, що цифрова економіка – це не просто окремі IT-компанії, а вся існуюча економіка – всі традиційні галузі та компанії (легка і важка промисловість, сільське господарство, будівництво, транспорт тощо), які під впливом цифрової трансформації за рахунок технологічної еволюції модернізують свої виробничі та бізнес-процеси та отримують нові можливості для зростання продуктивності та ефективності вже існуючого бізнесу [2].

Організація праці та управління людськими ресурсами в умовах цифровізації економіки

У цифровій економіці змінюється як характер праці, так і вся система трудових відносин. Цифрові технології створюють специфічний процес праці, вносять суттєві зміни до предмета, засобів, технології, організації та результатів праці. У сучасній інформаційній економіці сама інформація стає предметом праці.

Важливою особливістю цифрового ринку праці є його глобальний характер. Цифровий ринок праці передбачає взаємодію роботодавця з працівником на цифровій платформі в режимі віддаленої праці. Особливо суттєво ці зміни проявилися під час епідемії ковіду. Працівник може бути працевлаштований дистанційно поза територіальними і країновими кордонами всюди, де дозволяють його конкурентоспроможність і умови праці.

Таким чином в узагальненому вигляді:

- цифровий ринок праці – це специфічний сегмент глобального ринку праці, на якому формуються дистанційно попит і пропозиція на трудові цифрові послуги, при цьому взаємодія його суб'єктів відбувається винятково з використанням інформаційно-комп'ютерних технологій;

- цифрова зайнятість – це діяльність економічно активного населення за допомогою використання інформаційно-комп'ютерних технологій, результатом якої є інформаційний продукт, а сама діяльність

спрямована на задоволення суспільних і особистих потреб і є економічно вигідною як для працівників, так і роботодавців. Пропозиція робочої сили і попит на неї фіксується на спеціальних онлайн-платформах, де також формуються умови найму, оплати і оцінка результатів праці [2].

Україна орієнтована на експорт своїх послуг у рамках офшорного аутсорсингу. Головна причина використання аутсорсу – фінансова вигідність. За його допомогою можна мінімізувати витрати на утримання персоналу з країни, в якій реально розташований бізнес замовника, а також витрати на соціальне забезпечення, придбання обладнання, оренду приміщень та розгортання виробничих потужностей. Найбільша кількість вигід у поєднанні з невеликими ризиками компанія отримує, якщо виносить на офшорний аутсорс некритичні, допоміжні процеси, що мають в її виробничій структурі великий обсяг. У зв'язку з трендом останніх років на реіндустріалізацію й збільшення контролю держав над всіма галузями власних еконік, можливі коливання кількості робочих місць і в галузі ІТ.

У деяких галузях автоматизація призведе до зникнення робочих завдань і поступового зникнення цілих професій, однак навички, які були раніше затребувані та поширені, рідко зникають повністю. Найчастіше вони зберігаються, знижується лише число їх носіїв. Життєвий цикл професій буде скорочуватись, тому більш підходящим вважається не прогнозування конкретних професій, а формування набору навичок, освоєння яких дасть змогу працівникам адаптуватися в тій чи іншій діяльності майбутнього, будучи готовими до подальшого перенавчання.

Локальні особливості цифровізації в Україні

В Україні на державному рівні визнається необхідність формування цифрової економіки, а цифрові технології розглядаються в якості одного з ключових драйверів сталого розвитку [3]. Рівень цифровізації економіки України істотно різниться, залежно від конкретної галузі. У таких сферах, як фінансові послуги, надання послуг зв'язку, логістика українські компанії використовують досягнення інформаційних технологій так само широко, як і закордонні конкуренти.

Найбільш популярними сайтами й застосунками серед користувачів є чати й месенджери, соцмережі, пошукові системи, e-commerce-ресурси, далі – геолокаційні сервіси. Шосте місце, відведене електронній пошті (49,5 % людей назвали це у списку популярних сайтів чи сервісів для себе), наступне – музика (48,1 %), її обрала майже така ж кількість користувачів. Новинні ресурси опинилися на 10 місці – 40,3 % респондентів включили новинні сайти до топових ресурсів для себе.

Українська мова увійшла до списку 20 найпопулярніших мов у світі, на яких створюється вебконтент, і зайняла 18 місце поруч з арабською. Частка контенту українською – 0,6 %, тоді як частка населення України (за даними авторів звіту) – 0,4 % від загального населення Землі [4].

Власне українські соціальні мережі та месенджери виникли на початку 2000-х років і мають свою історію розвитку. З 2005 по 2023 роки було створено понад 70 українських соціальних платформ, але вони не здобули масової популярності, поступаючись глобальним гігантам (під українськими соціальними мережами та месенджерами маються на увазі ті платформи, які створили українці й здебільшого для українців) [5].

Окремо треба виділити вплив війни. Кількість користувачів дещо зменшилася, що пов'язано з виїздом населення та окупацією територій, але активність у сегменті новин та волонтерства залишається високою. Війна стала потужним прискорювачем цифровізації в Україні, перетворивши цифрові технології на інструмент виживання, стійкості та ефективності. Основні зміни охоплюють переведення держпослуг в онлайн, цифровізацію бізнесу, освіти та посилення кіберзахисту, що забезпечило безперервність функціонування держави та економіки.

Ключові аспекти впливу війни на цифровізацію:

1. цифрове врядування та «Дія», масштабування застосунку «Дія» для отримання послуг (єПідтримка, допомога ВПО, єВорог, документи) забезпечило стабільність державного управління в умовах війни;
2. цифровізація бізнесу, прискорений перехід підприємств у онлайн, використання цифрових інструментів для адаптації бізнес-процесів до умов війни;
3. освіта та соціальна сфера, швидке впровадження дистанційного навчання та цифрових платформ;
4. кібербезпека, посилення захисту критичної інфраструктури та державних реєстрів від кібератак;
5. діджитал-відбудова, цифрові рішення стають основою для відновлення економіки та прозорої відбудови, наприклад, через фіксацію руйнувань.

Попри виклики (руйнування інфраструктури), цифровізація стала інструментом, що посилив стійкість України, прискоривши трансформацію економіки та державного сектору [6, 7].

Вступ значної кількості студентів і викладачів до Збройних Сил України, переїзд багатьох українських здобувачів вищої освіти до інших країн та пошкодження суттєвої частини приміщень і матеріально-технічної бази закладів освіти України потребують використання нових сучасних інформаційно-комунікативних

технологій як у навчанні здобувачів аудиторно, так і в формі дистанційного навчання. Необхідно забезпечити, щоб здобувачі освіти були готові до потреб ринку, які формуються у сучасному світі, а також встановлювати зв'язки між наукою та бізнесом, що стане ключовим аспектом післявоєнної відбудови України [8].

Цифрові технології впливають і на поведінкову складову екологічної культури. За їх допомогою учні можуть брати участь у проєктах, що мають реальний вплив: вести моніторинг стану довкілля, брати участь у шкільних екоініціативах, створювати інформаційні кампанії щодо відповідального споживання, моделювати енергоефективні рішення для школи, пропонувати екологічні стратегії для громади. Поєднання реальних дій і цифрової фіксації результатів (фото, відео, мапування, цифрові щоденники) формує у школярів відчуття, що їхній внесок є значущим, а екологічні зміни залежать і від їх участі. Це підвищує мотивацію дітей і підсилює власне екопросвітний ефект [9, 10].

Найбільш активними в інтернет все ще є користувачі молодого віку, але сегмент 45+ стрімко зростає, окремо розвиваються напрямки контенту для пенсіонерів, які використовують соцмережі, як і телебачення, для відпочинку й розваг, маючи при цьому багато часу. У цілому соцмережі в Україні є ключовим джерелом новин, в тому числі, в галузі освіти, інструментом волонтерського збору коштів та ведення бізнесу.

Одним із найбільш перспективних напрямів розвитку екологічної культури є використання цифрових технологій у проєктній та дослідницькій діяльності. Нині навіть учні початкової школи можуть створювати цифрові міні-проєкти: моделювати прості екологічні явища, складати інтерактивні карти місцевості, аналізувати власні спостереження за природою. Старші учні здатні проводити складніші дослідження: вимірювати рівень шуму, забруднення повітря, стан водойм, аналізувати кліматичні показники того чи іншого регіону. Такі форми діяльності сприяють розвитку умінню працювати зі статистичними даними та знаходити в них закономірності. Саме дослідницька діяльність, за даними сучасних українських досліджень, найбільше сприяє формуванню екологічної компетентності, особливо коли вона поєднана з використанням цифрових інструментів [10, 11].

Висновки

1. Вимога пожиттєвої освіти, яку висуває сучасна цифрова економіка, суперечить зниженню здатності людини з віком до навчання. При цьому сфера освіти та підготовки кадрів є однією з найбільш консервативних, в яких програми підготовки не змінюються десятиліттями. Це вже зараз вважається одним з основних викликів до традиційних ВНЗ України. Ми бачимо вихід у значному збільшенні в освітніх програмах усіх спеціальностях частки універсальних дисциплін, які будуть присвячені формуванню soft skills, основам програмування та інших ІТ професій. Фундаментальне перенавчання літніх людей доречніше замінити формуванням звички поступово підвищувати свою кваліфікацію маленькими кроками протягом усього життя.

2. Прогнозується, що в умовах цифрової економіки бурхливо розвиватиметься зайнятість у сфері STEM (science, technology, engineering and mathematics), тобто наука, технології, інжиніринг та математика. Це створює потенційну загрозу цілим масивам професій, де задіяні жінки, бо вони традиційно задіяні в галузі STEM (і проявляють до неї інтерес) у значно меншому ступені, ніж чоловіки. З точки зору організації освіти це означає необхідність шукати способи підвищити зацікавленість і освіченість жінок у сфері STEM, а також проводити наукові дослідження в пошуку методик викладання точних наук для жінок.

3. Основні напрямки використання цифрових технологій в екології в наш час включають екологічну освіту та формування екологічної свідомості, а цифрові інструменти допомагають формувати екологічну культуру, забезпечуючи доступ до інформації та підвищуючи обізнаність про сталий розвиток. Це дотично охоплює решту важливих сучасних напрямків екології, наприклад, воєнну екологію, тобто використання цифрових систем для фіксації шкоди довкіллю, завданої військовими діями, зокрема аналіз наслідків підризу Каховської ГЕС; моніторинг та аналіз даних при використанні IoT-датчиків, дронів та космічної зйомки для вимірювання якості повітря, рівня радіації, стану лісів та водойм; оптимізацію ресурсів за допомогою розумних мереж енергопостачання та автоматизації виробництва (що допоможе зменшити викиди CO₂ та раціонально використовувати сировину); а також циркулярну економіку при застосуванні ІТ для зменшення паперового сліду (електронний документообіг), оптимізацію логістики та управління відходами.

4. Проведений нами аналіз дозволяє зберігати певний оптимізм при прогнозуванні збереження робочих міст екологів в еру всеосяжного впровадження ІІІ, але вказує на необхідність додаткової освіти й самоосвіти екологів у сфері ІТ і також забезпечення формування цих цифрових компетенцій вже під час отримання екологами своєї профільної освіти в рамках галузевого стандарту.

Список використаних джерел

1. Цифрова економіка: тренди, ризики та соціальні детермінанти. Доповідь центру Разумкова за авторством **Ольги Пищуліної**: Видавництво «Заповіт». – 2020. – 274 с.:URL: https://razumkov.org.ua/uploads/article/2020_digitalization.pdf.

2. Розпорядження КМУ «Про схвалення Концепції розвитку цифрової економіки та суспільства України на 2018-2020 роки та затвердження плану заходів щодо її реалізації» №67 від 17 січня 2018р.
3. Senkevich O.F. Transformation of territorial and economic systems in the development of digital economy and society. Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.
4. Популярність соцмереж і можливості для брендів. Як людство взаємодіє з цифровими технологіями – звіт digital 2024. Дослідження. Надія Баловсяк. 26 Березня, 2024. URL: <https://mediamaker.me/yak-lyudstvo-vzayemodiye-z-cyfrovymy-tehnologiyamy-zvit-digital-2024-8566/>
5. Ірина Мудра. Історія розвитку українських мереж і месенджерів та їх значення для журналістів. Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: журналістика No 2 (8), 2024. с. 56-64. DOI: <https://doi.org/10.23939/sjs2024.02.056>. URL: science.lpnu.ua.
6. Пічкурова З. В. Розвиток цифрової економіки України в умовах воєнного стану. // Економіка та суспільство. В. 58. 2023.
7. Лебідь О. М. Цифровізація в Україні: тренди в умовах війни // Наукове видання «Освіта для цифрової трансформації суспільства». Монографія Т. 2. За науковою редакцією В. Кременя, Н. Ничкало, Л. Лук'янової, Н. Лазаренко 2024. С. 310-319.
8. Озерова Л. А., Запотічна М. І., & Горват Г. Т. Перетворення освітніх парадигм у післявоєнний період: оцінка впливу цифрових технологій на навчання та доступ до освіти. Академічні візії (28). 2024. URL: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/932>
9. Герганов Л.Д., Ярмак А.Х. Впровадження цифрових технологій в освітній процес закладу вищої морської освіти. «Молодий вчений» No 11 (99), листопад, 2021 р. URL: <https://www.molodyvchenyi.ua/index.php/journal/article/view/2434>.
10. Ковальчук, В. (2025). Цифрові технології у формуванні екологічної культури учнів відповідно до цілей сталого розвитку. Українська професійна освіта=Ukrainian Professional Education, (18), 128–136. <https://doi.org/10.33989/2519-8254.2025.18.347735>.
11. Годєцька, Т. І. Інновацізація екологічної освіти в цифровому вимірі: аналітичний огляд. Інформаційно-аналітичний супровід цифрової трансформації освіти і педагогіки, 19. 2024. 25-53.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.02

Anna Bozhenko

PROBLEMS OF TRAINING ENVIRONMENTAL PROFESSIONALS IN THE CONDITIONS OF DIGITIZATION OF THE ECONOMY OF UKRAINE

The abstracts present theoretical and practical analysis of the impact of digitalization on the professional training of future ecologists and environmental education at all levels. Additional aspects that characterize the digitalization of education during wartime are analyzed in particular. It is shown that an important area of use of digital technologies in ecology is environmental education and eco-education. Digital tools help to provide access to information, raising awareness of sustainable development, the use of digital systems to record environmental damage caused by military actions, monitoring and analysis of data using IoT sensors, drones and space photography, as well as resource optimization using smart energy supply networks and production automation. All of this makes the profession of an ecologist important for the transition to a circular economy.

Keywords: environmental education, vocational education, digitalization, digital economy.

Відомості про автора / Information about the Author

Анна Боженко, старший викладач кафедри екології Навчально-наукового медичного інституту, Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: voodoo@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0002-7280-5372>.

Anna Bozhenko, Senior Lecturer of the Department of Ecology of the Educational and Scientific Medical Institute of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: voodoo@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0000-0002-7280-5372>.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.03

Дмитро Веселовський,
Людмила Григор'єва

ЕКОЛОГІЧНА СТАБІЛЬНІСТЬ ТЕХНОГЕННО-ПОРУШЕНИХ ЕКОСИСТЕМ ЗА ПОКАЗНИКАМИ ЇХ ЕКОЛОГІЧНОЇ ТА РАДІАЦІЙНОЇ ЄМНОСТЕЙ

Проаналізовано сучасні підходи використання понять екологічна ємність та радіаційна ємність екосистем при оцінюванні їх екологічної стабільності. Показано, що у воєнні часи оцінювання екологічної та радіаційної ємності є актуальним через потребу фіксації збитків, розробку стратегій безпеки для населення та визначення допустимого антропогенного навантаження на території, які постраждали від бойових дій. Представлено стратегію оцінювання радіаційної ємності прісноводної екосистеми технологічної водойми – ставка-охолоджувача ПВАЕС та наземної екосистеми території шламосховищ Миколаївського глиноземного заводу.

Ключові слова: екосистема, наземна екосистема, прісноводна екосистема, екологічна та радіаційна ємність, екологічна стабільність.

Екологічна та радіаційна ємності екосистеми – це універсальні екологічні індикатори стану екосистем. Вони дозволяють зрозуміти, наскільки ефективно екосистема справляється з навантаженнями, не руйнуючи власну структуру, та чи безпечне середовище для живих організмів. [2]. Ось головні причини їх використання:

1. визначення межі стійкості: екологічна ємність показує максимальне антропогенне навантаження (забруднення, вилучення ресурсів), яке система може витримати без незворотного руйнування;

2. оцінка накопичувального ефекту: радіаційна ємність дозволяє зрозуміти, скільки радіонуклідів може поглинути екосистема (грунт, вода, рослини) до того, як вони почнуть масово потрапляти в харчові ланцюги та загрожувати людині;

3. прогноз деградації: якщо поточне навантаження наближається до показника ємності, це сигнал, що екосистема втрачає здатність до самовідновлення;

4. нормування безпеки: на основі цих показників розробляють екологічні нормативи та ліміти для підприємств, щоб не допустити екологічної катастрофи.

Екологічна (асиміляційна) ємність визначає граничний обсяг забруднень або антропогенного тиску, який екосистема здатна витримати, розкласти та вивести без втрати здатності до самовідтворення. Вона дозволяє оцінювати межі витривалості екосистеми: показує межу, після якої починається деградація (наприклад, виснаження ґрунтів чи втрата біорізноманіття). Цей показник використовується в управлінні природокористуванням, адже допомагає розраховувати допустимі норми викидів і використання ресурсів, не допускаючи екологічної кризи. [2]

У воєнні дні оцінювання екологічної та радіаційної ємності є критично актуальним через потребу фіксації збитків, розробку стратегій безпеки для населення та визначення допустимого антропогенного навантаження на території, які постраждали від бойових дій. Оцінювання стану техногенно-порушених екосистем через показники екологічної та радіаційної ємностей під час війни є критично важливим з кількох причин:

5. прогнозування межі колапсу: екологічна ємність показує, яке навантаження (забруднення, руйнування) екосистема може витримати без незворотної деградації. У часи активних бойових дій важливо знати, чи здатна природа самовідновлюватися після обстрілів та хімічних витоків.

6. радіаційні ризики: радіаційна ємність визначає межу накопичення радіонуклідів. Через ризики на АЕС та бойові дії в зоні відчуження, моніторинг цього показника дозволяє оцінити безпеку територій для життя та ведення сільського господарства.

7. визначення пріоритетів відновлення: розуміння «запасу міцності» екосистеми допомагає вирішити, які території потребують негайної консервації чи очищення, а які можуть почекати до завершення активної фази війни.

8. юридична фіксація збитків: ці показники є базою для розрахунку екологічних збитків та формування позовів до міжнародних судів для стягнення репарацій за екоцид.

Наші дослідження спрямовано на оцінювання показників екологічної ємності та радіаційної ємностей для різних техногенно порушених екосистем. Такими екосистемами нами обрано:

9. прісноводна екосистема штучних технологічних водойм, ставків-охолоджувачів, ставків біоочищення, які супроводжують багато промислових підприємств. Зокрема, це стосується виробництва електроенергії на АЕС (як видно, для ставків-охолоджувачів на АЕС України задіяно величезні масштаби прісних водних ресурсів – для ЮУАЕС ставок площею майже 9 кв.км., для ХАЕС – майже 20 кв.км);

10. наземна екосистема техногенного масиву для одного з хвостосховищ – шламосховища Миколаївського глиноземного заводу, наслідки експлуатації яких супроводжуються процесами дефляції токсикантів з поверхні, а також фільтрацією через підземні горизонти і міграцією до поверхневих водойм.

Опис прісноводної екосистеми ставка-охолоджувача (Ташликського воцосховища) Південноукраїнської АЕС. Це штучна прісноводна екосистема, яка функціонує в умовах значного теплового та техногенного навантаження. [1, 2]. Термічний режим: водойма не замерзає взимку. Влітку спостерігається різкий перепад температур: понад +40°C біля водоскиду АЕС, тоді як у придонних шарах вона може становити +11...+12°C. Параметри: площа поверхні – 8,6 км², середня глибина – 10 м (максимальна до 46–54 м біля греблі). Характеризується високою мінералізацією (240–2700 мг/дм³) з високим вмістом сульфатів і хлоридів. Вода забруднена сполуками азоту та фосфору, що провокує літнє «цвітіння». Іхтіофауна: попри специфічний режим, у водоймі мешкають щука, головень, краснопінка, короп, плітка, карась та лящ. Водосховище працює в режимі «продувки» (забір свіжої води з Південного Бугу та скид солоної назад), що впливає на екосистему річки. Флора Ташликського водосховища сформована під впливом високої температури води та її мінералізації. Оскільки водойма є ставком-охолоджувачем АЕС, рослинне життя тут розподілене за зонами термічного навантаження. Флора представлена прибережно-водними рослинами (очерет, рогоз), зануреними гідрофітами (рдесник, елодея, роголистник) та нитчастими водоростями. Берегова лінія завдовжки близько 30 км має складний рельєф із крутими схилами, де розвиваються наступні групи рослин:

11. Повітряно-водні: очерет звичайний та рогози (вузьколистий і широколистий). Вони утворюють густі зарості, особливо в мілководних затоках, де температура стабільніша;

12. Занурені та з плаваючим листям: рдесники (гребінчастий, пронизанолистий), елодея канадська та кушир.

Здійснені нами ретроспективні та прогнозні розрахунки свідчили про високий відгук фактору радіоемності екосистеми Ташликського водосховища на зміни техногенного тиску на екосистему водосховища.

Опис наземної екосистеми району розташування шламосховища МГЗ. Наземна екосистема в районі шламосховищ Миколаївського глиноземного заводу (МГЗ), які розташовані на березі Бузького лиману, характеризується сильно зміненим техногенним ландшафтом. Вона характеризується високим рівнем антропогенного навантаження, пригніченою рослинністю та вразливістю до пилу з червоного шламу [3]. У санітарно-захисній зоні переважає типова лучна та степова рослинність, проте на прилеглих до шламосховища ділянках видове різноманіття значно збіднене. Через лужну реакцію ґрунтів та специфіку відходів виживають лише резистентні види. Відомо, що у червоному шламі містяться миш'як, кадмій, ртуть, свинець, а також елементи алюмінію, бор, кальцій, хром, залізо, магній, сірка, ванадій, стронцій і силіцій. Містяться також природні радіоактивні елементи у підвищених рівнях [3]. Загальна площа територій, зайнятих шламосховищами Миколаївського глиноземного заводу (МГЗ), складає понад 330 гектарів. Ця техноекосистема складається з двох об'єктів: шламосховище №1, яке займає площу близько 180 га, зберігає значну частину рідкої фракції шламу; шламосховище №2, яке займає земельну ділянку площею 150 га і зберігає червоний шлам за методом "сухого" складування, що потребує постійного зволоження для запобігання пилінню. Загальний обсяг відходів: на полях накопичено понад 48–49 мільйонів тон червоного шламу.

Орієнтовані розрахунки екологічної ємності території техноекосистеми шламосховищ МГЗ свідчили про можливість швидкого оцінювання екологічної стабільності цієї техногенно порушеної екосистеми.

В подальшому за отриманими результатами дослідження розробити модель оцінювання екологічної стабільності техноекосистеми за показниками радіаційної та екологічної ємностей.

Список використаних джерел

1. Barbashev S.V., Burban N.S. Zastosuvannia modeli radiatsiinoi yemnosti landshaftu ta yoho komponentiv dlia otsinky radiatsiinoho ryzyku zovnishnoho oprominennia liudyny i bioty u vyznachennia ekolohichno bezpechnykh vykydiv AES. *Ekolohichni nauky*. 151-157. №5 (44). <https://www.ecoj.dea.kiev.ua/archives/2022/5/22.pdf>
2. Hudkov I.M., Haichenko V.A., Kashparov V.O. ta inshi. (2017) Radioekolohiia: *Navchalnyi posibnyk. /Za redaktsiieiu akademika NAAN Ukrainy I.M. Hudkova. Vyd. 2-he dopovnene. stereotypne*. Kherson.:OLDI PLIuS, 468.

https://oldiplus.ua/files/contents/276-s.pdf?srsid=AfmBOop9UKP1xP91zJ4VMV5tqcgk0hJCiZ_Nv3q6-FIF5wCxxDiWMaWe

3. Hryhorieva, L. Upravlinnia ryzykom defliatsiinykh yavlyshch na khvostoskhovyshchakh pererobnykh pidpriemstv u systemi yikh ryzyk-menedzhmentu. (2017) *Monohrafiia*. ChDU im. Petra Mohyly. 270. [in Ukrainian] <https://dspace.chmnu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/53/1/%D0%93%D1%80%D0%B8%D0%B3%D0%BE%D1%80%27%D1%94%D0%B2%D0%B0%20%D0%9B.%20%D0%86.%20%D0%A3%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D1%96%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D1%80%D0%B8%D0%B7%D0%B8%D0%BA%D0%BE%D0%BC%20%D0%B4%D0%B5%D1%84%D0%BB%D1%8F%D1%86%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B8%D1%85%20%D1%8F%D0%B2%D0%B8%D1%89.pdf>

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.03

Dmytro Veselovsky,
Lyudmila Grygorieva

ECOLOGICAL STABILITY OF ANTHROPOGENICALLY DISTURBED ECOSYSTEMS AS MEASURED BY THEIR ECOLOGICAL AND RADIATION CAPACITIES

This paper analyzes current approaches to the use of the concepts of ecological capacity and radiation capacity of ecosystems in assessing their ecological stability. It is shown that during wartime, assessing ecological and radiation capacity is relevant due to the need to document damage, develop safety strategies for the population, and determine the permissible anthropogenic load on territories affected by hostilities. A strategy is presented for assessing the radiation capacity of the freshwater ecosystem of a technological water body—the cooling pond of the PUAES—and the terrestrial ecosystem of the sludge storage area at the Mykolaiv Alumina Plant.

Keywords: ecosystem, terrestrial ecosystem, freshwater ecosystem, ecological and radiation capacity, ecological stability.

Відомості про авторів / Information about the authors

Дмитро Веселовський, аспірант кафедри екології Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: dmveselovsky@gmail.com, ORCID: 0009-0002-3643-0611

Dmytro Veselovsky, Ph.D candidate, Department of Ecology, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: dmveselovsky@gmail.com, ORCID: 0009-0002-3643-0611

Людмила Григор'єва, доктор біологічних наук, професор, завідувачка кафедри екології Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: ludmila.grygorieva@chmnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9452-2982>

Lyudmila Grygorieva, Dr. Sc in Biology, Professor, Chair of the Department of Ecology at Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. ludmila.grygorieva@chmnu.edu.ua, ORCID: 0000-0001-9452-2982

© Д. Веселовський, Л. Григор'єва

Стаття отримана редакцією 26.05.2026.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.04

Максим Горіништейн,
Оксана Нагорнюк,
Вікторія Собчик

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНІ ПРОБЛЕМИ РАДІАЦІЙНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕРИТОРІЙ ЗАХІДНОГО ПОЛІССЯ

Акцентується увага на тому, що частина природоохоронних територій Західного Полісся, а саме окремі північні лісові масиви, ближчі до зони відчуження, мають локальне накопичення радіонуклідів. Вказаний детальний радіологічний стан природоохоронних територій Західного Полісся за ключовими об'єктами, критичні аспекти поширення та впливу радіації на природоохоронні об'єкти Західного Полісся, та основні еколого-економічні наслідки та виклики радіаційного забруднення.

Ключові слова: збалансований розвиток, природоохоронні території, Західне Полісся, поширення та впливу радіації.

Аварія на Чорнобильській АЕС залишається найбільшою техногенною ядерною катастрофою в історії людства. В Україні особливо постраждали Київська, Житомирська, Чернігівська, Черкаська, Рівненська, Вінницька, Волинська області. Високі рівні забруднення небезпечними радіоактивними елементами цезієм, стронцієм, плутонієм, йодом були зафіксовані в межах 30-ти кілометрової зони навколо Чорнобильської АЕС (так звана «зона відчуження») площею близько 2,6 тис.кв.км. (7% території країни). Саме з цієї зони в квітні-травні 1986 року було терміново евакуйовано населення. Загалом до радіоактивнозабруднених було віднесено 2293 населених пунктів. Визнано, що 3,4 млн. українців зазнали аварійного радіоактивного опромінювання [1].

Територія Західного Полісся складається з західної частини в складі Республіки Польща (Підляське, Люблінське воєводство), північна в складі Республіки Білорусь (Берестейська область), південна в складі України (Волинська, Рівненська область). Загальна площа 51 тис. км².

Західне Полісся України вирізняється високим рівнем заповідності, зберігаючи унікальні післяльодовикові ландшафти, великі болотні масиви, ліси та карстові озера.

Радіаційний фон у межах природоохоронних територій Західного Полісся (Волинська та Рівненська області) стабільно контролюється і на більшості площ перебуває в межах безпечної природної норми. Однак окремі північні лісові масиви, ближчі до зони відчуження, мають локальне накопичення радіонуклідів, зокрема в ґрунтах, грибах та ягодах (Рис. 1) [1, 3].

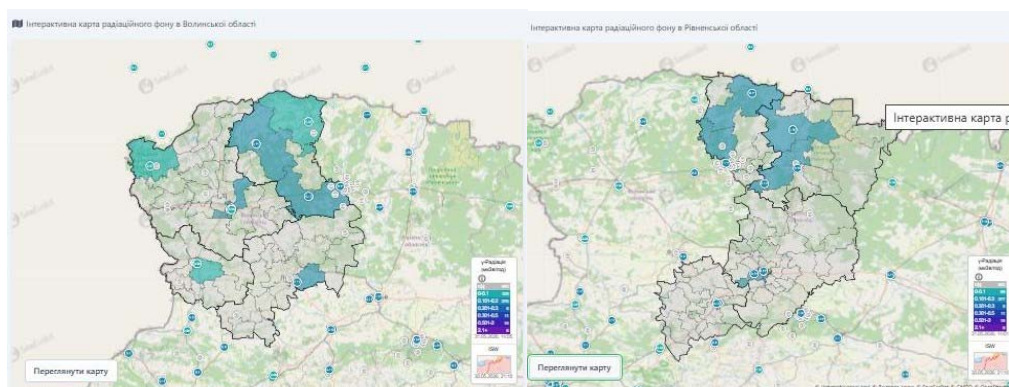


Рис. 1. Радіаційне забруднення у Волинської та Рівненської областей станом на 2026 р. [9, 10]

Станом на травень 2026 року радіаційний фон у Рівненській та Волинській областях загалом тримається на рівні 0,08 – 0,15 мкЗв/год (мікрозіверт на годину). Ці значення є абсолютно безпечними (безпечний діапазон становить до 0,30 мкЗв/год).

Перевищень контрольних рівнів на метеостанціях та постах спостереження не зафіксовано. [3]

Таблиця 1.

Детальний радіологічний стан природоохоронних територій Західного Полісся за ключовими об'єктами

Природні заповідники та парки	Стан за ключовими об'єктами
Рівненський природний заповідник	Розташований у межах так званого західного радіоактивного сліду ЧАЕС. Забруднення тут має виражений плямистий характер. У деяких переданих заповіднику лісових масивах через підвищені показники господарська діяльність заборонена (крім гасіння пожеж).
Черемський природний заповідник (Волинська область)	Регіон відрізняється підвищеною вологістю та значною площею боліт. Радіонукліди особливо Cs 137 мають властивість накопичуватися у верхових сфагнових болітах, проте показники зовнішнього фону для відвідувачів залишаються в безпечних межах.
Шацький національний природний парк	Озерний край розташований у південно-західній частині Полісся і традиційно вважається одним із найчистіших. Радіаційний фон довкола Світязя та інших озер є стабільним та відповідає природному рівню

Радіаційне забруднення територій Західного Полісся характеризується міграцією довгоживучих ізотопів (переважно ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr) у специфічних ландшафтах. Ключовими екологічними нюансами є висока вразливість біоти, вторинне забруднення через лісові пожежі та здатність місцевих екосистем накопичувати радіонукліди (аккумулятивний ефект). Також головною проблемою для Західного Полісся залишається внутрішнє забруднення (через харчові ланцюги). Особливо це стосується територій на півночі Рівненської та Волинської областей. Через особливості лісових та болотних ґрунтів там спостерігається підвищене накопичення цезію-137 у лісовій підстилці, грибах, ягодах та лікарських рослинах [2, 4].

Виділяють кілька критичних аспектів поширення та впливу радіації на природоохоронні об'єкти регіону (зокрема, Рівненський та Поліський природні заповідники):

Таблиця 2

Критичні аспекти поширення та впливу радіації на природоохоронні об'єкти Західного Полісся

Об'єкти впливу	Критичні аспекти поширення та впливу радіації
Ландшафтна специфіка боліт	На відміну від мінеральних ґрунтів, поліські торфовища виступають потужними природними "пастками" для радіонуклідів. Водночас це робить їх зонами підвищеного ризику під час сезонних змін рівня води.
Пожежна безпека	Під час лісових чи торф'яних пожеж відбувається вторинне вивільнення радіації та її транскордонне перенесення з димом і попелом, що становить пряму загрозу для унікальних екосистем і прилеглих населених пунктів
Ланцюги живлення	Радіоактивні елементи активно включаються до трофічних ланцюгів. Особливий небезпеці піддаються дикі тварини (наприклад, кабани) та гриби, які здатні концентрувати радіонукліди у своїх тканинах у десятки разів більше за фонові показники ґрунту.
Водні артерії	Вимивання ізотопів із ґрунту та їх подальша міграція в басейнах річок (Прип'ять, Стохід, Горинь) сприяють поширенню радіаційного забруднення на значні відстані, впливаючи на заплавні луки та водно-болотні угіддя.

Еколого-економічні проблеми радіаційного забруднення являють собою комплекс глобальних та локальних криз, що виникають через антропогенне поширення радіоактивних речовин у довкіллі (наприклад, цезію-137, стронцію-90). Ці проблеми охоплюють пряму шкоду екосистемам, деградацію природних ресурсів і величезні економічні витрати. [6]

Таблиця 3.

Основні еколого-економічні наслідки та виклики радіаційного забруднення

Аспекти радіаційного забруднення	Еколого-економічні показники	Наслідки та виклики радіаційного забруднення
1. Втрата природного та економічного потенціалу	Відчуження територій	Виведення з господарського обігу мільйонів гектарів родючих земель та лісових масивів через небезпеку для здоров'я
	Обмеження природокористування	Заборона на збір ягід, грибів, полювання та ведення промислового лісового господарства у зонах радіоактивного забруднення
	Деградація екосистем	Зниження біорізноманіття, порушення харчових ланцюгів та накопичення радіонуклідів у флорі й фауні.
2. Збитки для агропромислового комплексу	Забруднення сільгосппродукції	Перехід радіонуклідів з ґрунту в рослини робить продукцію непридатною для споживання та експорту
	Падіння рентабельності	Необхідність використання спеціальних агротехнологій (глибока оранка, внесення сорбентів, зміна сівозміни), що суттєво здорожує виробництво
3. Величезні фінансові витрати держави	Соціальні виплати	Компенсації, пільги, спеціальні пенсії та фінансування програм медичного забезпечення для постраждалого населення
	Витрати на ліквідацію та моніторинг	Утримання інфраструктури захисту (наприклад, об'єкт "Укриття"), постійний дозиметричний контроль та утилізація радіоактивних відходів
	Знецінення регіонів	Інвестиційна непривабливість та відтік робочої сили із забруднених територій
4. Шляхи вирішення еколого-економічних проблем	Зонування територій	Визначення рівнів забруднення (наприклад, зони відчуження, безумовного (обов'язкового) відселення тощо) для диференційованого господарювання
	Рекультивация земель	Впровадження методів дезактивації ґрунтів та вирощування енергетичних культур, які не йдуть у їжу
	Раціональне природокористування	Переорієнтація забруднених лісів на екологічні чи рекреаційні потреби замість заготівлі деревини

Основні еколого-економічні проблеми радіаційного забруднення природо-охоронних територій Західного Полісся зводяться до порушення механізмів сталого природокористування, втрати економічного потенціалу лісових та сільськогосподарських угідь та необхідності значних державних витрат на бар'єрні й реабілітаційні заходи. [4, 11]

Ключові наслідки радіаційного забруднення для регіону включають екологічні, економічні аспекти та соціально-економічні виклики. Акумуляція радіонуклідів у ґрунтах (особливо торфовищах) та лісова підстилка Західного Полісся є активними накопичувачами ізотопів. Вторинне забруднення відбувається за рахунок кругообігу речовин у природі, лісові екосистеми продовжують бути джерелом розповсюдження радіонуклідів, що виключає ці території з повноцінного господарського обігу. Обмеження природокористування відбувається через радіоактивне забруднення та суттєво обмежує або повністю забороняє заготівлю деревини, збір дикорослих ягід, грибів та ведення мисливського господарства. [4]

Специфіка регіону вимагає класифікації таких земель як «умовно придатні» або «забруднені», що знижує загальну економічну продуктивність несе великі збитки для лісової та аграрної галузей. А утримання заповідних територій у безпечному стані потребує постійних фінансових впливів з державного чи місцевих бюджетів на моніторинг, охорону від пожеж та бар'єрні заходи. Унікальні природні комплекси Полісся втрачають свою інвестиційну привабливість для екотуризму через об'єктивні та психологічні фактори радіофобії [6].

Концепція сталого розвитку передбачає баланс між екологічною безпекою, відновленням природних екосистем та розвитком місцевих громад. Головною метою є перехід від режиму суворого обмеження до керованого, безпечного природокористування. Також необхідний перехід від пасивного очікування природного розпаду до активного господарювання на безпечних ділянках.

Для цього необхідно впроваджувати дієві методики економічної оцінки втрат екосистемних послуг для того, щоб обґрунтувати необхідність фінансування екологічних програм. Перехід до "чистих" технологій дасть змогу впровадження ресурсоощадних моделей сільського господарства, вирощування енергетичних культур, які не йдуть у харчовий ланцюг, але дають економічний прибуток.

Список використаних джерел

1. Відображення радіоактивного забруднення території України внаслідок аварії Чорнобильської АЕС на картах у фонді НБУВ. <https://www.nbu.gov.ua/node/7122>
2. Громик Оксана, Ільїн Леонід (2020). Радіоекологічний аналіз ландшафтів Волинської області. РВБ Луцького НТУ. https://www.researchgate.net/publication/360375815_Radioekologicnij_analiz_landsaftiv_Volynskoi_oblasti
3. Категорії зон радіоактивного забруднення. Правовий режим забруднених територій. <https://buklib.net/books/26377/> Ландін В. П., Чоботко Г. М., Тараріко М. Ю., Райчук Л. А., Швиденко І. К. (2018). Еколого-економічні засади реабілітації радіоактивно забруднених земель Полісся: монографія. К.: Аграрна наука. https://www.agroeco.org.ua/wp-content/uploads/pdf/pub_radio_eco/%D0%9C%D0%BE%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D1%96%D1%8F_2018.pdf
4. Потужність дози та накопичена доза радіації - у чому різниця? <https://brom.ua/uk/potuahnist-dozy-i-nakopichena-doza-radiacii-u-chomu-riznicya-ukr>
5. Райчук Л. А., Дем'янюк О. С., Коніщук В. В., Городиська І. М. (2023). Соціально-економічні передумови сталого розвитку радіоактивно забруднених територій Українського Полісся. Збалансоване природокористування, №1. 66-73. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2023.278541>
6. Радіаційний фон міст Рівненської області (2023). <https://eco.rayon.in.ua/news/644466-radiatsiyniy-fon-mist-rivnenskoi-oblasti-25-zhovtnya>
7. Регіональні доповіді про стан навколишнього природного середовища в Україні.
8. Стан радіаційного фону в Рівненській області. <https://www.saveecobot.com/radiation/rivnenska-oblast>
9. Стан радіаційного фону в Волинській області. <https://www.saveecobot.com/radiation/volynska-oblast>
10. Тищенко О.Г., Ландін В.П., Цидик Н.М., Мартиненко В.В. (2023). Оцінка радіоекологічної ситуації для території природного заповідника «Древлянський» станом на 2023 р. Ядерна енергетика та довкілля № 1 (26). 55-63. DOI: <https://doi.org/10.31717/2311-8253.23.1.6>

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.04

Maxym Gorinshtein,
Oksana Nagorniuk,
Wiktoria Sobczyk

**ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC PROBLEMS OF RADIATION CONTAMINATION IN THE NATURE
RESERVES OF WESTERN POLISSYA**

The focus is on the fact that some nature reserves in Western Polissya—specifically, certain northern forest areas closer to the exclusion zone—exhibit localized accumulation of radionuclides. The article details the radiological status of the nature conservation areas of Western Polissya based on key sites, critical aspects of the spread and impact of radiation on nature conservation sites in Western Polissya, and the main ecological and economic consequences and challenges posed by radiation contamination.

Keywords: balanced development, nature conservation areas, Western Polissya, spread and impact of radiation.

Відомості про авторів / Information about the Author

Максим Горінштейн, здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії (С1-Економіка) відділу економіки природокористування в агросфері, Інституту агроєкології і природокористування НААН, Київ, Україна <https://orcid.org/0009-0004-2555-2124>, maxgorinshteyn@gmail.com

Maxym Gorinshtein, Candidate for the degree of Doctor of Philosophy Department of Envir. Economics in the Agricultural Sector, Institute of Agroecology and Environmental Management of the NAAS, Kyiv, Ukraine, <https://orcid.org/0009-0004-2555-2124>, maxgorinshteyn@gmail.com

Оксана Нагорнюк, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, старший науковий співробітник, сектору розвитку сільських територій, відділу економіки природокористування в агросфері, Інститут агроєкології та природокористування НААН, Київ, Україна, <https://orcid.org/0000-0002-6694-9142>, onagornuk@ukr.net

Oksana Nagorniuk, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, Rural Development Sector, Department of Envir. Economics in the Agricultural Sector, Institute of Agroecology and Environmental Management of the NAAS, Kyiv, Ukraine, <https://orcid.org/0000-0002-6694-9142>, onagornuk@ukr.net

Вікторія Собчик, професор, доктор сільськогосподарських наук, доктор інженерних наук, професор кафедри розвитку сталої енергетики факультет енергетики та палива, Краківський університет АГН, Польща, <https://orcid.org/0000-0003-2082-9644>, sobczyk@agh.edu.pl

Wiktoria Sobczyk, Prof. PhD. D.Sc. Eng. Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Sustainable Energy, Faculty of Energy and Fuels, Krakow University AGH, Krakow, Poland, <https://orcid.org/0000-0003-2082-9644>, sobczyk@agh.edu.pl

SMART-СИСТЕМА ЕКОЛОГО-РАДІАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ АГЛОМЕРАЦІЙ

Представлено схему створення Smart-системи екологічного моніторингу у населених пунктах, мешканці яких відчують на собі вплив викидів стаціонарними джерелами, автотранспорту, в першу чергу, від транзитного багатотонажного транспорту, а також знаходяться в зоні ризику впливу радіонуклідних викидів. Це надасть можливість громадам і місцевому самоврядуванню громад, виробляти політику обмеження впливу інтенсивних транспортних потоків на населення та/або відшкодовувати завдану шкоду; оперативно реагувати на зміни радіонуклідного складу повітря. В результаті буде вирішуватися питання стійкості громади до небезпечних поллютантів атмосферного повітря, в т.ч. під час екологічної загрози, спричиненої воєнними діями.

Ключові слова: *атмосферне повітря, екологічна і радіаційна загроза, екологічний моніторинг, забруднення повітря, моніторинг, радіоекологічна безпека, сталий розвиток, якість повітря.*

За результатами проведених досліджень на території Миколаївській міській агломерації та агломерацій інших територіальних громад Миколаївської області встановлено першорядну роль підприємств енергетики, теплогенеруючих підприємств, інших промислових підприємств (олійноекстракційної, будівельної галузі) у викидах атмосферних поллютантів стаціонарними джерелами викиду. За об'ємами викидів на першому місці виявилися викиди діоксиду азоту, потім оксиду вуглецю, діоксиду сірки, тверді пилові частинки.

Для Миколаївської міської агломерації показано, що у повітряному просторі наявне хронічне перевищення гранично-допустимих концентрацій небезпечних поллютантів: формальдегід, фтористий водень, двоокис азоту, вуглекислий газ, бензапірен, пил. Особлива велика кратність перевищення нормативів характерна для формальдегіду, основним чинником чого виступає автотранспорт. При цьому, як показано у попередніх розділах, через автомагістралі Миколаївщини може курсувати на рівні 1000-1500 вантажівок на добу. Це пов'язано з перевезенням вантажу, в першу чергу зерна.

У воєнні роки забруднення атмосферного повітря, пов'язаного з викидами вантажним автотранспортом також було високим, адже через місто курсували воєнні машини. При таких масштабах курсуючих вантажівок кількість поллютантів, які викидаються у повітря на рік на кожні 10 км транзиту, складає: за чадним газом – більше 17,5 тон; за двоокисом азоту – близько 2 тон; за неметановими леткими органічними сполуками (в т.ч. формальдегід) – біля 5 тон.

Транзитні траси проходять безпосередньо через населені пункти (міста: Нова Одеса, Вознесенськ, Південноукраїнськ, Первомайськ, Баштанка, Новий Буг, Казанка тощо та ряд селищних населених пунктів), які не забезпечені, як в європейських країнах, жодними захисними бар'єрами, і ці поллютанти насичують повітря та потрапляють до легенів мешканців, осідають на сільськогосподарських землях тощо.

Існує проблема щодо забезпечення мешканців розташованих вздовж таких трас населених пунктів Smart-системою моніторингу атмосферного повітря, яка дозволяє в постійному он-лайн режимі здійснювати спостереження за: 1) вмістом дрібнодисперсних частинок PM10 і PM2,5, діоксиду азоту, чадного газу, 2) вмістом формальдегіду, 3) потужністю ефективної дози (для окремих населених пунктів).

Пропонована Smart-система представляє собою розміщення станцій індикативних вимірювань (станцій Save-Dnipro, станцій Eco-city тощо) у кожному населеному пункті (перед в'їздом та після) з під'єднанням станцій до онлайн-платформ SaveEcoBot, EcoCity, IQAir.

Для створення Smart-системи (рис. 1):

1. станції індикативних вимірювань формальдегіду калібруються відповідно до лабораторних вимірів вмісту CH₂O у повітрі,

2. станції індикативних вимірювань потужності ефективної дози калібруються відповідно до гранично-допустимого рівня ^{131}I у повітрі відкритої місцевості;
3. станції індикативних вимірювань розміщуються перед в'їздом у населений пункт та у населеному пункті в районі світлофора (де найбільший викид у повітря атмосферних поллютантів);
4. для оперативного реагування на радіаційну загрозу: можливе під'єднання до станцій пробовідбірників атмосферного повітря з автоматичним включенням при перевищенні граничного значення потужності ефективної дози, можливе розміщення пробовідбірників опадів з атмосфери;
5. у територіальних громадах фокусується центр спостережень, доступ до електронних карт, а також можливе додаткове розташування відбору проб опадів з атмосфери та пробовідбірника опадів з атмосфери.



Рис. 1 Принципова схема Smart-системи еколого-радіаційного моніторингу атмосферного повітря у населеному пункті, через який проходить автомагістраль

Розгортання у населених пунктах, які розташовані вздовж транспортних магістралей Миколаївщини, станцій Smart-системи дозволить кожному мешканцю:

- 1) в постійному онлайн режимі (на смартфонах, комп'ютерах) отримувати інформацію про рівні діоксиду азоту, чадного газу, формальдегіду, дрібнодисперсних частинок PM_{10} і $\text{PM}_{2,5}$, потужності ефективної дози (в окремих пунктах) в атмосферному повітрі населених пунктів;
- 2) спостерігати про стан атмосферного повітря в населеному пункті на світовій карті моніторингу атмосферного повітря (типу eco-city.org.ua);
- 3) спостерігати за рівнем потужності ефективної дози опромінення;

Це надасть можливість громадам і місцевому самоврядуванню населених пунктів, через які проходять інтенсивні транспортні потоки, виробляти політику обмеження впливу цих потоків на населення та/або відшкодування завданої шкоди (наприклад, через введення екологічного податку на проїзд тощо). В умовах воєнної загрози викиду радіонуклідних поллютантів з АЕС це дозволить швидко орієнтуватися у радіонуклідному складі атмосферного повітря та в оперативному введенні відповідних превентивних заходів.

В результаті буде вирішуватися питання стійкості громади до небезпечних поллютантів оточуючого середовища, в т.ч. під час воєнної екологічної загрози. Схематично це зображено на рис. 2.



Рис. 2 Схематичне зображення переваг від втілення Smart-системи екологічного моніторингу у населених пунктах, розташованих вздовж автомагістралей

Список використаних джерел

1. Anhurets O., Khazan P., Kolesnykova K., Kushch M., Chernokhova M., Havranek M. (2023) *Ukraina, shkola dovkilliu, ekolohichni naslidky viiny*. [Ukraine, environmental damage, ecological consequences of war]. 84 [in Ukrainian]
2. Bohorad, V. I., Slepchenko, O. Yu., Lytvynska, T. V., Bielykh, D. O., Kalyta, I. A., Poludnenko, V. A. (2020) Radiatsiini aspekty zakhystu naseleння na etapi rannoho vykydu v razi vazhkoї avarii na AES [Radiation aspects of protecting the population during the early release phase in the event of a severe accident at a nuclear power plant]. *Yaderna ta radiatsiina bezpeka – Nuclear and radiation safety*, (3 (87). 62-73 [in Ukrainian]
3. Kustov M., Slepuzhnikov E., Lipovoi V., Khmyrov I., Dadashov I., Buskin O. (2023) Protseďura realizatsii metodu shtuchnogo osadzhenня radioaktyvnykh rečovyn z atmosfery [Procedure for implementing the method of artificial precipitation of radioactive substances from the atmosphere.] *Yaderna ta radiatsiina bezpeka – Nuclear and radiation safety*. 3 (83). 13–25 [in Ukrainian]
4. Lytvynenko A.S. (2023) Viiskovo-tekhnołohichni ta sotsiohumanitarni doslidzhennia v Natsionalnii Akademii nauk Ukrainy pid chas rosiisko-ukrainskoi viiny [Military-technological and socio-humanitarian research at the National Academy of Sciences of Ukraine during the Russian-Ukrainian war] *Nauka ta naukoznavstvo - Science and science studies*. 2 (120). 95–115. [in Ukrainian]
5. Novosolov, H., Masko, M. (2019) Pro radiatsiinyi vplyv Zaporizkoi ta Yuzhno-Ukrainskoi AES na navkolyshnie seređovyshche [On the radiation impact of the Zaporizhzhya and South Ukraine Nuclear Power Plants on the environment.] *Yaderna enerhetyka ta dovkillia - Nuclear energy and the environment*. 2 (14). 58–70. [in Ukrainian]

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.05

**Konstantin Grygoriev,
Anna Aleksyeyeva**

**SMART SYSTEM FOR ENVIRONMENTAL AND RADIATION MONITORING OF ATMOSPHERIC AIR IN
URBAN AREAS**

This document outlines a plan for establishing a smart environmental monitoring system in communities whose residents are directly affected by emissions from stationary sources and motor vehicles—primarily from heavy-duty transit vehicles—and who are also at risk of exposure to radionuclide emissions. This will enable communities and local governments to develop policies to limit the impact of heavy traffic on the population and/or compensate for the damage caused; and to respond promptly to changes in the radionuclide composition of the air. As a result, the issue of community resilience to hazardous atmospheric air pollutants will be addressed, including during environmental threats caused by military actions.

Keywords: atmospheric air, environmental and radiation threat, environmental monitoring, air pollution, monitoring, radioecological safety, sustainable development, air quality.

Відомості про авторів / Information about the authors

Костянтин Григор'єв, аспірант кафедри екології Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: kosss.iop@gmail.com

Konstantin Grygoriev, Ph.D candidate, Department of Ecology, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: kosss.iop@gmail.com

Анна Алексєєва, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри екології Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: anna.aleksyeyeva@chmnu.edu.ua

Anna Aleksyeyeva, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor in the Department of Ecology at Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: anna.aleksyeyeva@chmnu.edu.ua

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.06

Людмила Григор'єва,
Валерія Чайка

ЕКОЛОГІЧНІ ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В УМОВАХ ВОЄННОГО ЧАСУ: НА ПРИКЛАДІ М. МИКОЛАЄВА

У тезах розглянуто екологічні переваги використання сонячної енергії в умовах воєнного часу в Україні на прикладі м. Миколаєва. Проаналізовано вплив традиційної енергетики на довкілля у кризових умовах та обґрунтовано доцільність переходу до відновлюваних джерел енергії. Визначено ключові екологічні та практичні переваги сонячної енергетики як інструменту підвищення енергетичної стійкості та екологічної безпеки.

Ключові слова: сонячна енергія, відновлювані джерела енергії, воєнний стан, енергетична безпека, Миколаїв.

Питання енергетичної безпеки та екологічної стабільності в умовах воєнного стану в Україні набувають особливого значення. Пошкодження об'єктів енергетичної інфраструктури, систематичні перебої в електропостачанні та зростання використання резервних джерел енергії зумовлюють суттєвий негативний вплив як на економічні процеси, так і на стан навколишнього природного середовища. Особливої актуальності зазначені проблеми набувають у регіонах України, що зазнали значних руйнувань унаслідок бойових дій, зокрема у південних областях, таких як м. Миколаїв.

Пошкодження об'єктів енергетичної інфраструктури, системні перебої в електропостачанні та інтенсифікація використання резервних джерел енергії зумовлюють суттєве зростання техногенного навантаження на довкілля. Зокрема, широке застосування дизельних та бензинових генераторів супроводжується підвищеними викидами забруднюючих речовин в атмосферне повітря, серед яких оксиди азоту (NO_x), діоксид сірки (SO_2), чадний газ (CO), тверді частинки ($\text{PM}_{2.5}$ та PM_{10}), а також вуглекислий газ (CO_2), що є одним із основних парникових газів [1]. Це призводить до погіршення якості атмосферного повітря, посилення процесів локального та регіонального забруднення, формування фотохімічного смогу, а також негативного впливу на здоров'я населення. Крім того, збільшення обсягів викидів парникових газів сприяє інтенсифікації кліматичних змін, порушенню екологічної рівноваги та деградації міських екосистем. У сукупності зазначені процеси формують комплексний негативний вплив як на стан навколишнього природного середовища, так і на екологічну безпеку держави [2].

Сонячна енергія як різновид відновлюваних (альтернативних) джерел енергії являє собою енергію електромагнітного випромінювання Сонця, яка може бути перетворена на теплову або електричну енергію за допомогою спеціальних технологій, зокрема фотоелектричних (сонячні панелі) та геліотермічних установок [3]. Вона є одним із найбільш екологічно безпечних джерел енергії, оскільки у процесі експлуатації не супроводжується викидами парникових газів, зокрема діоксиду вуглецю (CO_2), та інших забруднюючих речовин. На відміну від традиційної енергетики, що базується на спалюванні викопного палива, сонячна енергетика не призводить до утворення твердих відходів, не спричиняє забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів і ґрунтів, а також характеризується відсутністю шумового навантаження на довкілля. Крім того, використання сонячних енергетичних систем сприяє зниженню антропогенного впливу на кліматичну систему, збереженню природних ресурсів та формуванню екологічно сталих моделей енергоспоживання. Впровадження сонячних панелей дозволяє зменшити залежність від викопних енергоресурсів, підвищити рівень енергетичної автономії та мінімізувати негативний вплив на навколишнє природне середовище [4].

Однією з ключових переваг сонячної енергетики є її автономність, яка полягає у можливості функціонування незалежно від централізованих енергомереж [5, с. 18]. Фотоелектричні системи, особливо у поєднанні з акумулювальними установками, здатні забезпечувати безперервне електропостачання окремих об'єктів критичної інфраструктури, зокрема медичних закладів, пунктів тимчасового перебування населення, систем водопостачання та житлового сектору. Це сприяє зниженню навантаження на пошкоджені енергомережі,

підвищує рівень енергетичної безпеки та забезпечує стабільність функціонування соціально важливих об'єктів навіть в умовах кризових ситуацій

Ще однією важливою перевагою сонячної енергетики є децентралізація енергопостачання, яка передбачає формування розподіленої генерації електроенергії [6]. У випадку руйнування або виведення з ладу великих енергетичних об'єктів локальні сонячні електростанції можуть функціонувати автономно або в складі мікромереж (microgrids), забезпечуючи базові енергетичні потреби населення. Такий підхід суттєво підвищує стійкість енергетичної системи до зовнішніх впливів, зокрема воєнних загроз, та зменшує ризики повного знеструмлення територій. Особливого значення це набуває для населених пунктів, розташованих у безпосередній близькості до зони бойових дій, де централізоване енергопостачання є найбільш уразливим.

Миколаївський регіон має значний потенціал для розвитку сонячної енергетики, що зумовлено сприятливими природно-кліматичними умовами [7]. Висока інтенсивність сонячної радіації, значна тривалість сонячного сяйва протягом року та відносно низька хмарність створюють оптимальні передумови для ефективного функціонування фотоелектричних систем. За оцінками міжнародних енергетичних організацій, південні регіони України належать до територій із високим рівнем сонячного потенціалу. Додатковою перевагою є наявність значних площ відкритих територій, придатних для розміщення як малих приватних, так і великих промислових сонячних електростанцій. Це відкриває можливості для масштабного впровадження відновлюваної енергетики та підвищення рівня енергетичної незалежності регіону.

Впровадження сонячної енергетики в міському середовищі сприятиме істотному зниженню рівня атмосферного забруднення за рахунок скорочення викидів забруднюючих речовин та парникових газів. Заміщення традиційних джерел енергії, що базуються на спалюванні викопного палива, відновлюваними джерелами, зокрема сонячною енергією, дозволяє зменшити техногенне навантаження на атмосферне повітря та покращити його якісні характеристики [1]. Особливого значення набуває скорочення використання дизельних генераторів, які в умовах енергетичної нестабільності є одним із основних джерел локального забруднення, спричиняючи підвищені концентрації токсичних речовин у повітрі. Крім того, експлуатація генераторів супроводжується значним рівнем шумового забруднення, що негативно впливає на психофізіологічний стан населення, підвищує рівень стресу та порушує комфортність міського середовища. На відміну від них, сонячні енергетичні установки функціонують практично безшумно, що сприяє зниженню акустичного навантаження на урбанізовані території та покращенню якості життя населення [2].

Крім того, використання сонячної енергії сприяє раціональному використанню природних ресурсів та зменшенню залежності від невідновлюваних енергоресурсів, таких як вугілля, нафта та природний газ. Це, у свою чергу, забезпечує зниження антропогенного впливу на природні екосистеми, зменшення рівня деградації земель, водних ресурсів та біорізноманіття. Впровадження технологій відновлюваної енергетики також формує передумови для підвищення рівня екологічної свідомості населення, стимулює розвиток екологічно орієнтованого мислення та сприяє переходу до моделей сталого енергоспоживання. У довгостроковій перспективі це відповідає основним принципам сталого розвитку, зокрема забезпеченню екологічної безпеки, збереженню природного капіталу та гармонізації взаємодії суспільства і довкілля [3; 4].

У м. Миколаєві вже реалізуються практичні заходи щодо впровадження сонячної енергетики в установах громадського сектору та житловій інфраструктурі. Зокрема, станом на 01.12.2025 року у місті було встановлено 18 сонячних електростанцій на дахах лікарень, поліклінік та багатоквартирних житлових будинків [8]. Реалізація таких проєктів сприяє підвищенню енергетичної автономії об'єктів соціальної інфраструктури, забезпечує стабільне електропостачання в умовах перебоїв та зменшує залежність від централізованих енергомереж.

Отже, розвиток сонячної енергетики є одним із ключових напрямів забезпечення сталого розвитку та відновлення енергетичної системи України в умовах воєнного часу. Її впровадження сприяє підвищенню рівня енергетичної автономії, зниженню техногенного навантаження на довкілля, скороченню викидів забруднюючих речовин і парникових газів, а також зменшенню рівня шумового забруднення.

Крім того, використання сонячної енергії забезпечує децентралізацію енергопостачання та підвищує стійкість енергетичної інфраструктури до зовнішніх впливів, що є особливо важливим в умовах воєнних викликів. Практичний досвід впровадження сонячних електростанцій у м. Миколаєві підтверджує ефективність таких рішень як з екологічної, так і з енергетичної точки зору.

Таким чином, розширення використання сонячної енергетики є необхідною умовою забезпечення екологічної безпеки, енергетичної незалежності та сталого розвитку України.

References

1. Yak vykorystannia heneratoriv vplyvaie na dovkillia ta yak tse mozna skorotyty [How the use of generators affects the environment and how it can be reduced]. VINUR. Retrieved from: <https://vinur.com.ua/ua/aboutus/usefull->

- info/articles/yak-vykorystannya-generatoriv-vplyvaye-na-dovkilliya-ta-yak-ce-mozhna-skorotyty (accessed: 29.03.2026) [in Ukrainian].
2. Yak ukrainski mista perekhodiat na vidnovliuvanu enerhetyku [How Ukrainian cities are transitioning to renewable energy]. *Chesno*. Retrieved from: <https://www.chesno.org/post/6041/> (accessed: 29.03.2026) [in Ukrainian].
 3. Kalogirou, S. A. (2014). *Solar Energy Engineering: Processes and Systems* (2nd ed.). Amsterdam: Academic Press. Retrieved from: https://library.uniteddiversity.coop/Energy/Solar/Solar_Energy_Engineering-Processes_and_Systems.pdf (accessed: 29.03.2026).
 4. Intergovernmental Panel on Climate Change. (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Cambridge: Cambridge University Press. Retrieved from: <https://www.ipcc.ch> (accessed: 29.03.2026).
 5. Pryshchepa, O. S. Elektropostachannia promysloвого pidpriemstva vid nazemnoi soniachnoi elektrostantsii: mahisterska dysertatsiia [Power supply of an industrial enterprise from a ground-based solar power plant: Master's thesis]. Kyiv: NTUU "KPI im. Ihoria Sikorskoho". Retrieved from: <https://ela.kpi.ua/server/api/core/bitstreams/1822ec0e-f882-4815-82a0-0c9cd7f26495/content> (accessed: 29.03.2026) [in Ukrainian].
 6. Soniachni elektrostantsii na dakhakh: perevahy ta mozhlyvosti [Rooftop solar power plants: advantages and opportunities]. *EcoClub Rivne*. Retrieved from: https://ecoclubrivne.org/spp_roofs/ (accessed: 29.03.2026) [in Ukrainian].
 7. *Global Solar Atlas*. Solar resource data for Ukraine. Retrieved from: <https://globalsolaratlas.info> (accessed: 29.03.2026).
 8. U Mykolaievi vstanovyly 18 soniachnykh elektrostantsii: misto ekonomyty 4 mln shchorichno [18 solar power plants installed in Mykolaiv: the city will save 4 million annually]. *NikVesti*. Retrieved from: <https://nikvesti.com/news/incidents/311797-mykolaiv-vstanovyv-18-soniachnykh-stantsii-misto-ekonomyty-4-mln-shchoryky> (accessed: 29.03.2026) [in Ukrainian].

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.06

Valeriia Chaika,
Liudmyla Grygorieva

ENVIRONMENTAL ADVANTAGES OF SOLAR ENERGY USE UNDER WARTIME CONDITIONS: CASE STUDY OF MYKOLAIV

The theses examine the environmental advantages of using solar energy under wartime conditions in Ukraine, using the city of Mykolaiv as a case study. The impact of traditional energy sources on the environment under crisis conditions is analyzed, and the feasibility of transitioning to renewable energy sources is substantiated. The key environmental and practical benefits of solar energy as a tool for enhancing energy resilience and environmental security are identified.

Keywords: solar energy, renewable energy sources, wartime conditions, energy security, Mykolaiv.

Відомості про авторів / Information about the authors

Людмила Григор'єва, доктор біологічних наук, професор, завідувачка кафедри екології Навчально-наукового медичного інституту Чорноморський національний університет імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: ludmila.grygorieva@chmnu.edu.ua

Liudmyla Grygorieva, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology, Educational and Scientific Medical Institute, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: ludmila.grygorieva@chmnu.edu.ua

Валерія Чайка, магістр кафедри екології Навчально-наукового медичного інституту Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: Valeriya.chayka@gmail.com

Valeriia Chaika, Master's student of the Department of Ecology, Educational and Scientific Medical Institute, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: Valeriya.chayka@gmail.com

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.07

Тетяна Данчева,
Олена Мітрясова

СОЦІАЛЬНО-ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СПРИЙНЯТТЯ ЯКОСТІ ПИТНОЇ ВОДИ НАСЕЛЕННЯМ М. ІЗМАЇЛ

Анотація. Здійснено соціально-екологічну оцінку сприйняття якості питної води мешканцями м. Ізмаїл. Порівняно дані офіційного моніторингу за січень 2026 року та результати пілотного онлайн-анкетування. Виявлено, що попри відповідність проб нормативним вимогам безпеки, серед населення спостерігається «водна настороженість» і помірна недовіра до централізованої системи. Це зумовлює активне використання фільтрів та альтернативних джерел водопостачання.

Ключові слова: якість води; безпека водних ресурсів, сталий розвиток.

Проблема забезпечення населення якісною та безпечною питною водою є однією з ключових соціально-екологічних проблем сучасності. На глобальному рівні вона закріплена у Цілях сталого розвитку ООН, зокрема в ЦСР 6 «Чиста вода та санітарія», що визначає доступ до безпечної води як базове право людини та умову сталого розвитку.

В Україні питання безпеки водопостачання набуло особливої актуальності через зношеність інженерної інфраструктури, застарілі технології очищення, а також вплив воєнних дій, які спричинили пошкодження об'єктів водопостачання, перебої в роботі насосних станцій та ризики забруднення джерел.

Для південних регіонів, зокрема Придунав'я, проблема ускладнюється дефіцитом прісної води та транскордонним характером басейну Дунаю, де якість води залежить від антропогенного навантаження в інших країнах. В Ізмаїлі, де водопостачання базується переважно на підземних горизонтах із гідравлічним зв'язком із Дунаєм, стан екологічної безпеки залежить як від природних факторів, так і від технічного стану мереж.

Екологічна безпека води включає не лише лабораторні показники, а й суб'єктивне сприйняття населення. Соціально-екологічна оцінка дозволяє виявити різницю між фактичною якістю води та рівнем довіри громади, а також зрозуміти причини використання альтернативних джерел чи засобів доочищення, що є важливим для формування ефективної екологічної політики.

Мета даного дослідження полягає у здійсненні соціально-екологічної оцінки сприйняття якості питної води населенням м. Ізмаїл та визначенні чинників, що впливають на формування цього сприйняття.

Використано теоретичні методи (аналіз літератури та нормативної бази), емпіричні (онлайн-анкетування через Google Forms) та методи статистичної обробки даних у Microsoft Excel.

У межах даного дослідження основну увагу зосереджено на оцінюванні рівня соціально-екологічного сприйняття якості питної води населенням міста Ізмаїл із урахуванням як об'єктивних показників її безпечності, так і суб'єктивних оцінок мешканців.

Оцінювання здійснювалося шляхом комплексного аналізу результатів анкетування та даних офіційного соціально-гігієнічного моніторингу. Такий підхід дозволив зіставити об'єктивні характеристики функціонування системи централізованого водопостачання із суб'єктивними оцінками мешканців міста, що є ключовим завданням соціально-екологічного аналізу.

Для оцінки фактичної безпечності води було проаналізовано результати соціально-гігієнічного моніторингу, проведеного в м. Ізмаїл у січні 2026 року. У період з 5 по 11 січня було відібрано 105 проб питної води на санітарно-хімічні показники та 110 проб на санітарно-мікробіологічні показники. За результатами досліджень усі проби відповідали встановленим гігієнічним нормам [1], що свідчить про те, що на момент проведення моніторингу якість води в межах міста відповідала нормативним вимогам безпечності.

При цьому результати анкетування демонструють певну неоднорідність соціального сприйняття якості води. У дослідженні взяли участь 124 респонденти різного віку, статі, рівня освіти та соціального статусу. З огляду на

обсяг вибірки, дане опитування розглядалось як пілотне соціо-екологічне дослідження, що дозволило сформувати узагальнену картину соціально-екологічної оцінки якості питної води в межах міської громади та виявити основні тенденції щодо ставлення мешканців до екологічної безпеки.

В анкетуванні були питання соціально-демографічного блоку, зокрема щодо статі, віку та рівня освіти респондентів. Їх включення зумовлене необхідністю визначення структури вибірки та оцінювання її репрезентативності.

Збір інформації про стать респондентів здійснювався з метою визначення гендерної структури вибірки та аналізу можливого впливу статевих особливостей на формування оцінок якості води. Це дозволяє врахувати особливості розподілу побутових функцій у домогосподарствах та відповідальність за використання води.

Оцінка загального рівня якості води була спрямована на визначення узагальненого рівня задоволеності населення станом питного водопостачання та відображає суб'єктивне сприйняття його якості (рис. 1).



Рис. 1. Загальна оцінка якості води.

Рівень довіри до водопостачальних організацій аналізувався з метою оцінки соціальної довіри до системи контролю якості води та офіційних джерел інформації (рис. 1).

Було здійснено комплексний аналіз стану питної води в місті Ізмаїл на основі поєднання результатів анкетування населення та соціально-гігієнічного моніторингу якості води. Це дозволило оцінити як об'єктивні показники безпечності води, так і суб'єктивне сприйняття населення щодо її якості, безпечності та надійності системи водопостачання.

Завдяки системі анкетування було досліджено джерела водопостачання, загальну оцінку якості води, рівень її безпечності, довіру до водопостачальних організацій та використання додаткових методів очищення води. Це дало змогу сформувати цілісне уявлення про соціально-екологічну ситуацію у сфері водопостачання міста.

Аналіз джерел питної води показав, що у більшості районів міста переважає використання централізованого водопостачання, особливо у північно-західній (65,2%) та центральній (64,1%) частинах міста. Водночас у південно-західній та східній частинах спостерігається суттєве використання альтернативних джерел, зокрема бутильованої води, колодязів і пунктів роздачі, що свідчить про часткову недовіру до централізованої системи та прагнення населення диверсифікувати джерела води (рис. 2).

Оцінка загальної якості води показала, що в усіх частинах міста переважає категорія «задовільна», яка становить понад половину всіх відповідей. Найвищий рівень позитивних оцінок зафіксовано у північно-західній частині (до 30,4%), тоді як у центральному та східному районах спостерігається підвищена частка негативних оцінок (до 24,5%), що свідчить про наявність локальної незадоволеності якістю води (рис. 3).

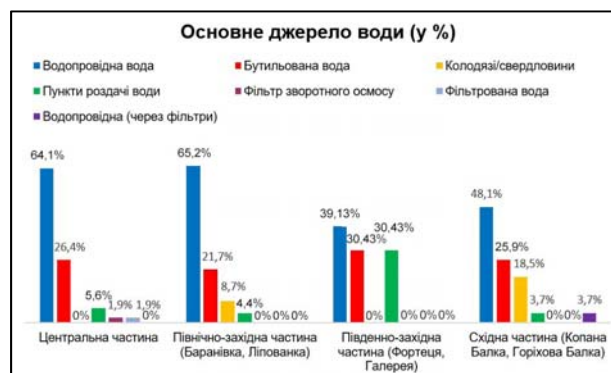


Рис. 2. Кількість відповідей стосовно основного джерела води по частинам міста Ізмаїл.



Рис. 3. Кількість відповідей стосовно загальної оцінки якості води по частинам міста Ізмаїл.

Загалом результати дослідження демонструють, що попри задовільні об'єктивні показники якості води, у населення зберігається помірний рівень недовіри до системи водопостачання, що проявляється у використанні альтернативних джерел води та додаткових методів її очищення.

Отже, у результаті проведеного дослідження здійснено комплексну соціально-екологічну оцінку сприйняття якості питної води населенням м. Ізмаїл. Встановлено, що система водопостачання є складною багатокомпонентною структурою, яка включає природні, технічні, санітарно-гігієнічні, економічні та соціальні складові. Її екологічна безпека залежить не лише від відповідності води нормативним показникам, але й від стану інфраструктури, рівня управління, впливу зовнішніх чинників та рівня довіри населення до системи централізованого водопостачання.

Виявлено, що для м. Ізмаїл характерні специфічні екологічні ризики, пов'язані з гідрогеологічними умовами, транскордонним характером водних ресурсів басейну Дунаю та природною мінералізацією підземних вод. Додатково встановлено, що зношеність інженерної інфраструктури та вплив воєнних дій підвищують ризики вторинного забруднення води та знижують загальний рівень екологічної безпеки системи водопостачання.

За результатами соціологічного опитування визначено, що сприйняття якості питної води населенням є неоднорідним. У мешканців спостерігається підвищений рівень «водної настороженості», що пов'язано з органолептичними характеристиками води (зокрема присмаком хлору та металу) та досвідом аварійних ситуацій. Більше половини респондентів використовують додаткові засоби доочищення води, що свідчить про наявність недовіри до її якості у точках споживання.

Встановлено, що проблема якості питної води має також соціально-економічний вимір, оскільки витрати домогосподарств на бутильовану воду та системи фільтрації створюють додаткове фінансове навантаження. Нерівномірність доступу до якісної води між районами міста може посилювати соціальну диференціацію населення.

Доведено, що підвищення рівня екологічної безпеки водопостачання в м. Ізмаїл потребує комплексних заходів, зокрема модернізації водопровідних мереж, зменшення ризиків вторинного забруднення, підвищення прозорості інформування населення про якість води та посилення екологічної просвіти. Отримані результати розуміють бути використані для вдосконалення місцевої політики у сфері водопостачання та формування стратегій сталого управління водними ресурсами.

Список використаних джерел

1. Моніторинг досліджень за період з 5 по 11 січня 2026 року в Ізмаїльському районі [Електронний ресурс] – Режим доступу: [HTTPS://IZMAIL-RDA.OD.GOV.UA/MONITORING-DOSLIDZHEN-ZA-PERIOD-Z-5-PO-11-SICHNYA-2026-ROKU-V-IZMAYILSKOMU-RAJONI/?UTM_SOURCE=CHATGPT.COM](https://izmail-rda.od.gov.ua/monitoring-doslidzhen-za-period-z-5-po-11-sichnya-2026-roku-v-izmayilskom-rajoni/?utm_source=chatgpt.com)

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.07

Tetyana Dancheva,
Olena Mitryasova

**SOCIAL-ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE PERCEPTION OF DRINKING WATER QUALITY BY THE
POPULATION OF THE CITY OF IZMAIL**

A socio-ecological assessment of drinking water quality perception by the population of Izmail was conducted. Official monitoring data from January 2026 were compared with the results of a pilot online survey. It was found that despite the compliance of water samples with safety standards, there is "water alertness" and moderate distrust of the centralized system among residents. This leads to the active use of filters and alternative water sources.

Keywords: water quality; water resources security (water security); sustainable development.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Тетяна Данчева, студентка 421 групи, кафедра екології Чорноморського національного університету імені Петра Могили, Миколаїв, Україна, e-mail: TATIANADANCHEVA04@GMAIL.COM

Tetyana Dancheva, student of group 421, Ecology Department, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine, e-mail: TATIANADANCHEVA04@GMAIL.COM

Олена Мітрясова, доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри екології Чорноморського національного університету імені Петра Могили, e-mail: eco-terra@ukr.net, orcid: [HTTPS://ORCID.ORG/0000-0002-9107-4448](https://orcid.org/0000-0002-9107-4448)

Olena Mitryasova, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Ecology Department, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine, e-mail: eco-terra@ukr.net, orcid: [HTTPS://ORCID.ORG/0000-0002-9107-4448](https://orcid.org/0000-0002-9107-4448)

© Т. Данчева, О. Мітрясова

Стаття отримана редакцією 26.05.2026.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.08

Марія Даус

ОЦІНКА ОСНОВНИХ АНТРОПОГЕННИХ НАВАНТАЖЕНЬ ТА ЇХНІХ ВПЛИВІВ У БАСЕЙНІ РІЧКИ ХАДЖИДЕР

Річка Хаджидер одна із малих річок Причорномор'я, належить до басейну Чорного моря, поповнює прісною водою Тузлівські лимани, включена як один із пунктів діагностичного моніторингу по басейну річок Причорномор'я за критеріями транскордонні води та антропогенний вплив, зараз знаходиться у занедбаному стані. Виконана оцінка основних антропогенних навантажень та їхніх впливів на стан поверхневих вод за методичними рекомендаціями Держсводагентства у пунктах спостережень с. Чистоводне (2009–2021 рр.) та с. Сергіївка (2003–2018 рр.). Виявлено, що у с. Чистоводне оцінка «є ризик» за показниками оксигену, БСК₅ та середніми значеннями азоту амонійного, у с. Сергіївка оцінка «є ризик» за такими ж показниками та за середніми значеннями фосфатів.

Ключові слова: антропогенне навантаження, ризик, ризик недосагнення екологічних цілей.

Автори аналітичного звіту [1] відзначають, що південний регіон, куди відноситься і Одеська область, є найменш забезпеченим ресурсами поверхневих вод в Україні. Отже, кожна річка у цьому регіоні буквально «на вагу золота». Саме тому постійна комісія Одеської обласної ради з питань екології, природокористування, запобігання надзвичайним ситуаціям та ліквідації їх наслідків (протокол № 5 від 18 травня 2021 року) зазначила, що р. Хаджидер знаходиться у занедбаному стані, підтримала звернення депутатів Одеської облради до Міністра захисту довкілля та природних ресурсів щодо вивчення екологічного стану, вирішення проблем та сприяння ревіталізації річки Хаджидер.

Річка Хаджидер включена як один із пунктів діагностичного моніторингу по басейну річок Причорномор'я за критеріями транскордонні води та антропогенний вплив [2]. Актуальність теми зумовлена високим антропогенним навантаженням на екосистему річки Хаджидер та погіршенням якості її вод, транскордонним розташуванням річки.

Рішенням депутатів Одеської обласної ради [3] річка Хаджидер була включена до переліку річок щодо вивчення проблеми відновлення гідрологічного режиму та сприяння ревіталізації малих річок. Також територія річкових басейнів Хаджидер – Алкалія за номером UA0000577 була включена до списку територій, що пропонуються до включення у мережу Емеральд (Смарагдову мережу) України («тіньовий СПИСОК», частина 3) [4].

Основною метою роботи є описання господарської діяльності на басейні, оцінка основних антропогенних навантажень на стан поверхневих вод і визначення ризику недосагнення екологічних цілей для хімічних та фізико-хімічних показників вод у сучасних умовах.

Для оцінки основних антропогенних навантажень на стан поверхневих вод і визначення ризику недосагнення екологічних цілей були використані «Методичні рекомендації щодо визначення основних антропогенних навантажень та їхніх впливів на стан поверхневих вод» [16], які розвивають пункт 2 частини другої статті 132 Водного кодексу України та пункт 6 постанови Кабінету Міністрів України від 18 травня 2017 р. № 336 і впроваджують задачі співробітництва ЄС та України в сфері охорони природного навколишнього середовища. Критерієм оцінки основних антропогенних навантажень на стан поверхневих вод або масивів поверхневих вод (МПВ) є визначення ризику недосагнення екологічних цілей. В залежності від якісних або кількісних показників антропогенних навантажень виділено 3 категорії наслідків антропогенного впливу: «без ризику»; «можливо під ризиком»; «під ризиком» [5]. Результати оцінки основних антропогенних навантажень та їхніх впливів є основою для розроблення та виконання програми заходів для досягнення екологічних цілей.

Для виконання роботи використовувались дані спостережень за хімічним складом води Відокремленого підрозділу Басейнового управління водних ресурсів річок Причорномор'я та нижнього Дунаю

«Причорноморський центр водних ресурсів та ґрунтів». Спостереження проводилися один раз на квартал, на постах р. Хаджидер – с. Чистоводне (68 км, кордон з республікою Молдова) за період з 2009 по 2021 роки та р. Хаджидер – с. Сергіївка за період з 2003 по 2018 роки.

Річка Хаджидер належить до басейну Чорного моря, протікає територією Білгород – Дністровського та Саратського районів Одеської області, впадає в озеро Хаджидер, поповнює прісною водою Тузлівські лимани. За початок водного об'єкта прийнята точка земної поверхні з позначкою 165 м над рівнем моря, яка знаходиться на відстані 0,7 км на північ від с. Слободзія (Республіка Молдова). Довжина річки 93 км, площа водозбору 894 км². Норма річкового стоку складає 8,46 млн.м³, стік маловодного року забезпеченістю 75% становить 2,44 млн.м³, середньорічна витрата – 0,27 м³/с. [6].

Природний режим річок спотворений регулюючою дією гребель і забором води на зрошування, а на пригирловій ділянці – явищами згону-нагону з боку оз. Хаджидер. Споруджені водосховища (Крутоярівське, Хаджидерське, Русько-Іванівське) та ставки (Чистоводненський, Крутоярівський) [6]. Це об'єкти загальнодержавного значення, мають гідроспороди IV класу, деякі в незадовільному стані та потребують ремонту.

Освоєність басейну річки висока. У його межах розташовано 21 село (вздовж берегової смуги – 9), 18 сільськогосподарських підприємств. На території басейну проживає приблизно 26,83 тис. осіб. Найбільш великими промисловими підприємствами є Агропромисловий комплекс «Дністровський». Сільськогосподарська освоєність басейну становить 83,6%, що на 23,8% більше освоєності території України в цілому [7].

У використанні земельних ресурсів в останні роки спостерігається зміна структури сільгоспугідь за рахунок урбанізації, виділення садово-городніх ділянок, розвитку водно-вітрової ерозії. Стан окремих факторів природного середовища та спрямованість процесів, які в ньому проходять, обумовлюють загальну екологічну обстановку в басейні, яка в даний час оцінюється як несприятлива [7].

Домінуючі умови, що погіршують екологічну обстановку, такі:

- багаторічне, систематичне порушення сільськогосподарськими виробниками агротехнічних і агрохімічних прийомів землеробства;
- розорювання днищ балок і заплавних земель до урізу води, які призвели до зменшення вмісту гумусу, а з іншого боку, до замулення русла;
- змив і знесення ґрунтів, поверхневий стік і інфільтрація атмосферних опадів, забруднених відходами тваринницьких ферм, а також мінеральними добривами, отрутохімікатами і відходами комунального господарства;
- забруднення поверхневих і підземних вод, евтрофікація ставків і водосховищ;
- випрямлення русла річки з досягненням відміток дна нижче природних;
- розорювання земель, знищення та поправка деревно-чагарникової рослинності на схилах, сприяння інтенсифікації ерозійних процесів [7].

За даними регіональних доповідей про стан навколишнього природного середовища в Одеській області у 2017-2024 роках (табл. 1) видно, що з річки та її притоків систематично забирається вода для господарсько-побутових потреб, але повертається у меншій кількості та гіршої якості [8]. На основі даних екологічних паспортів за 2023-2024 роки можна прослідкувати динаміку об'ємів скидання зворотних вод (тис. м³) та кількості забруднювальних речовин, що скидаються разом із зворотними водами (т) за 2021-2024 роки (табл. 2) [7].

Таблиця 1.

Забір, використання та відведення води в річку Хаджидер за 2015-2020 роки

Рік	Забрано води із природних водних об'єктів (всього), млн. м ³	Використано води, млн. м ³	Водовідведення в річку Хаджидер	
			Всього, млн. м ³	З них забруднених зворотних вод, млн. м ³
2015	0,600	0,600	0,282	-
2016	-	-	0,003	-
2017	0,406	0,406	0,225	-
2018	0,489	0,489	0,009	-
2019	0,449	0,449	0,002	0,002
2020	*	*	0,002	-
2022	*	*	0,002	-
2023	*	*	0,001	-
2024	*	*	0,001	-

Джерело: сформовано автором на основі [8]

Таблиця 2.

Скидання зворотних вод та забруднювальних речовин водокористувачами-забруднювачами поверхневих водних об'єктів в річку Хаджидер за 2021-2024 роки

Рік	Об'єми скидання зворотних вод, тис. м ³	Кількість забруднювальних речовин, що скидаються разом із зворотними водами, т
2021	1,0	1,3
2022	1,0	0,1
2023	1,0	0,2
2024	0,001	0,4

Джерело: сформовано автором на основі [7]

Одними із основних забруднювачів є ТОВ «Інфокс», КП «Білгород-Дністровськводоканал» та ПрАТ Одесавинпром. Тільки 60 % підприємств, які здійснюють скидання стічних вод у поверхневі водні об'єкти, мають затверджені проекти норм гранично допустимих скидів (ГДС) забруднюючих речовин.

У екологічних паспортах [7] та регіональних доповідях [8] відмічається, що багато очисних споруд та каналізаційних мереж були побудовані у 70-80 роках минулого століття, на сьогодні вони морально застарілі і не відповідають сучасним вимогам, передаються на баланс сільських рад, які не мають коштів на ремонт та належну експлуатацію споруд, не ведуться поточні та капітальні ремонти, аварійні ситуації на лініях каналізаційних мереж своєчасно не ліквідуються, відсутній постійний контроль за їх роботою, що призводить до забруднення земель і підземних водоносних горизонтів.

Однак, очисні споруди, які знаходяться у задовільному стані при порушенні технології очистки стічних вод не досягають проектних показників. У останні роки існує тенденція збільшення концентрації забруднювальних речовин на вході очисних споруд вище проектних показників, що призводить до перевищення концентрацій нормативних показників на виході з очисних споруд.

Виконана оцінка основних антропогенних навантажень та їхніх впливів, яка є основою для розроблення та виконання програми заходів для досягнення екологічних цілей. Для установа ризику недосагнення екологічних цілей при моніторингу стану масивів поверхневих вод (МПВ) критичні значення хімічних та фізико-хімічних показників для МПВ малих річок [5] порівнювалися із фактичними у створах р. Хаджидер – с. Чистоводне та р. Хаджидер – с. Сергіївка за відповідні періоди спостережень (табл. 3). Перевищення граничних значень (для розчиненого оксигену – зниження) показників ставить МПВ під ризик недосагнення екологічних цілей.

Таблиця 3.

Оцінка ризику недосагнення екологічних цілей для хімічних та фізико-хімічних показників у створах р. Хаджидер – с. Чистоводне та р. Хаджидер – с. Сергіївка (* - 10% процентиль, ** - 90% процентиль, * - середнє значення)**

Вид показника, Критичні значення	Фактичні значення	Висновок	Фактичні значення	Висновок
	р. Хаджидер – с. Чистоводне		р. Хаджидер – с. Сергіївка	
Оксиген* (% насичення), 75	52	є ризик	40	є ризик
БСК ₅ , 5 мг/дм ³	9,68	є ризик	8,84	є ризик
NH ₄ ** , 0,40 мг/дм ³	0,02	без ризику	0,03	без ризику
NH ₄ ***, 0,15 мг/дм ³	0,55	є ризик	0,59	є ризик
PO ₄ ***, 0,20 мг/дм ³	0,17	без ризику	0,35	є ризик
pH, 6,5-8,5 мг/дм ³	7,97	без ризику	7,80	без ризику

Джерело: розраховано автором відповідно методики [5]

Річка Хаджидер є транзитною річкою (проходить через територію Молдови та України), то визначення основних антропогенних навантажень та їх вплив на екологічний стан річки і можливість одержання доброго екологічного статусу є дуже важливим для складання програми моніторингу. Наявність водосховищ та ставків вказує на можливість існування ризику недосагнення екологічних цілей через порушення неперервності потоку (існування дамб) та зміни гідрологічного режиму (регулювання стоку водосховищами). Тому у створі р.Хаджидер –с. Сергіївка об'єкт відноситься до другої категорії «можливо під ризиком».

Висновки. Отримані результати повністю корелюються із дослідженнями інших авторів. Води р. Хаджидер непридатні для господарсько-побутового, рибогосподарського водокористування без попереднього покращення їхнього стану. Незадовільний стан водних ресурсів обумовлений недотриманням водокористувачами екологічних і санітарних норм, низькими темпами впровадження сучасних очисних технологій, відсутністю ефективних очисних споруд.

Екологічний стан водного об'єкту, оцінений за БСК₅, коливається від стадії зворотних змін до стадії незворотних змін. Оцінка якості води за показником БСК₅ відображає вплив легкокорозинних органічних речовин. Також є «ризик недосягнення екологічних цілей» через недостатнє насичення води киснем та забруднення вод амонієм і фосфатами. Згідно із положеннями Водної рамкової директиви установлений ризик недосягнення екологічних цілей через значне антропогенне навантаження у створах р. Хаджидер – с. Чистоводне та р. Хаджидер – с. Сергіївка.

Результати досліджень можуть бути використані для розробки комплексу заходів щодо відновлення екологічної рівноваги у водному басейні р. Хаджидер.

Список використаних джерел

1. Analytical report "Baseline study of the state and directions of development of environmental policy of Ukraine and prospects for strengthening the participation of civil society organizations in the development and implementation of environmentally friendly policies" (period: 2018 - January 2019) (2019): Kyiv. Retrieved from https://www.irf.ua/wp-content/uploads/2019/12/baseline-research_report_publishing-dec-2019.pdf (in Ukrainian)
2. Protokol № 3 vid 30 lypnia 2020 roku onlain-zasidannya basinovoi rady richok Prychornomoria. Retrieved from <https://oouvr.gov.ua/diyalnist-buvr/monitoring/> (in Ukrainian)
3. Rishennia deputativ Odeskoi oblasnoi rady shchodo vyvchennia problemy ta spriyannia revitalizatsii malykh i serednikh richok Odeskoi oblasti vid 18 chervnia 2021 roku. Retrieved from <https://oblrada.od.gov.ua/wp-content/uploads/250-VIII.pdf> (in Ukrainian)
4. Territories proposed for inclusion in the Emerald Network of Ukraine ("shadow LIST", part 3). Retrieved from https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2020/08/Emerald_3_2020.pdf (in Ukrainian)
5. Methodological recommendations for determining the main anthropogenic loads and their impacts on the state of surface waters (2018). / Vykhryst S., Mudra K., Osiiskiy E., ta in. Kyiv : Derzhvodahenstvo. (in Ukrainian)
6. Shvebs H. I., Ihoshyn M. I. (2003). Catalog of rivers and reservoirs of Ukraine: navch.-dovidk. posib. Odesa. (in Ukrainian)
7. Ecological passport. Odesa region. (2017-2024) Retrieved from URL: <https://ecology.od.gov.ua/zvity/> (in Ukrainian)
8. Regional report on the state of the environment in the Odessa region (2018-2024). Retrieved from URL: <https://ecology.od.gov.ua/zvity/> (in Ukrainian)

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.08

Maria Daus

ASSESSMENT OF THE MAIN ANTHROPOGENIC LOADS AND THEIR IMPACTS IN THE KHAJIDER RIVER BASIN

The Khadzhide River is one of the small rivers of the Black Sea region, belongs to the Black Sea basin, replenishes the Tuzlivsky estuaries with fresh water, is included as one of the diagnostic monitoring points for the Black Sea river basin according to the criteria of transboundary waters and anthropogenic impact, and is currently in a neglected state. An assessment of the main anthropogenic loads and their impacts on the state of surface waters was carried out according to the methodological recommendations of the State Water Agency at the observation points of the village of Chystovodne (2009–2021) and the village of Sergiyevka (2003–2018). It was found that in the village of Chystovodne the assessment is “at risk” according to the indicators of oxygen, BOD₅ and average values of ammonium nitrogen, in the village of Sergiyevka the assessment is “at risk” according to the same indicators and average values of phosphates.

Keywords: anthropogenic load, risk, risk of not achieving environmental goals.

Відомості про автора / Information about the Author

Марія Даус, канд. геогр. наук, доцент, доцент кафедри «Безпеки життєдіяльності, екологія та хімія», Одеський національний морський університет, м. Одеса, Україна, E-mail: dme2468@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5298-795X>

Maria Daus, PhD, Associate Professor, Department of Safety of Life, Ecology and Chemistry, Odessa National Maritime University, Odesa, Ukraine, E-mail: dme2468@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5298-795X>

© М. Даус

Стаття отримана редакцією 26.05.2026.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.09

Ярослава Іванців,
Віталіна Федонюк,
Василь Іванців

ПОРІВНЯННЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ У ЗАПОВІДНИХ ОБ'ЄКТАХ ВОЛИНСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Дослідження присвячене актуальним питанням вивчення та оцінки регіональних проявів змін клімату у XXI ст. та їх потенційного впливу на біорізноманіття у найбільших заповідних об'єктах Волинської області – Черемському природному заповіднику (далі – Черемському ПЗ) та Шацькому національному природному парку (далі – Шацькому НПП). На основі аналізу наукової літератури та даних відкритих джерел проаналізовано вивченість питань, які досліджувалися в роботі, та методологію оцінки динаміки зміни температурного режиму у досліджених об'єктах природно-заповідного фонду (далі – ПЗФ). Згідно методології кліматичного аналізу числових рядів метеопказників здійснено статистично-графічну оцінку динаміки температури повітря у Черемському ПЗ (за даними найближчої до території заповідника метеостанції Маневичі) та у Шацькому НПП (за даними метеостанції Світязь) протягом 10 років (2014 – 2023 рр.). Аналізувалися середні, мінімальні та максимальні показники температури повітря. Представлено опис двох розроблених електронних застосунків – інтерактивних карт «Кліматичні зміни у Черемському ПЗ» і «Кліматичні зміни у національних парках Волині». Оцінено потенційний вплив змін клімату, зокрема – температурного режиму, на біоту, за групами видів флори та фауни паритетної складової.

Ключові слова: Черемський природний заповідник, Шацький національний природний парк, кліматичні показники, зміни клімату, інтерактивна карта, біорізноманіття.

Вивчення проявів змін клімату у природоохоронних об'єктах України та світу – це важливе екологічне завдання, адже оцінка одержаних результатів дозволить розробити механізми адаптації до кліматичних змін, знайти шляхи запобігання чи зменшення їх негативного впливу на біоту, на рідкісні види. Це і визначило актуальність даної роботи, яка присвячена вивченню сучасних проявів кліматичних змін, що відбуваються у природоохоронних об'єктах Волинської області, візуалізації цих змін на онлайн-картах та оцінці їх потенційного впливу на біорізноманіття. Дослідження проводилося на початковому етапі для Черемського природного заповідника, було опубліковано проміжні результати: Федонюк В.В., Іванців В.В., Моцик В.Б., Іванців Я.В., Картава О.Ф., Федонюк М.А., Жадько О.А., Вовк О.П., Мирка В.В., Гусар О.Н. [1, 2, 3, 4, 5, 6], а у подальшому аналіз продовжується також і для національних природних парків нашого регіону.

Об'єктом даного дослідження є клімат двох природоохоронних об'єктів Волині – Черемського природного заповідника та Шацького національного природного парку. Предмет дослідження: оцінка та візуалізація регіональних проявів змін температурного режиму протягом 10 років (2014 – 2023 рр.) та їх потенційного впливу на біорізноманіття Шацького НПП та Черемського ПЗ.

Аналіз одержаних даних дозволяє зробити такі висновки і узагальнення щодо динаміки основних метеопказників:

1) Середня річна температура повітря (рис. 1) протягом періоду 2014-2023 рр. становила у Черемському ПЗ $+9,2^{\circ}\text{C}$, а в Шацькому НПП $+9,5^{\circ}\text{C}$, перевищивши значення кліматичної норми на $2 - 2,2^{\circ}\text{C}$. Перевищення норми спостерігалось кожного з 10 років на обох станціях. Найбільшими були перевищення у 2019-2020 та 2023 рр. (середня річна температура складала понад 100°C). Отже, процеси глобального потепління чітко проявляються у регіоні.

2) Середня мінімальна температура повітря коливалася в межах $+4,1 - +6,8^{\circ}\text{C}$, вона перевищувала кліматичну норму на $1 - 1,5^{\circ}\text{C}$; вищими середніми мінімальними температурами повітря та більшими показниками самого перевищення характеризується Шацький НПП.

3) Середня максимальна температура повітря змінювалася в межах $+10,6^{\circ}\text{C}$ – $+15,2^{\circ}\text{C}$. Найвище значення ($+15,2^{\circ}\text{C}$) також відмічене у 2019 р. в Шацькому НПП, цей рік був аномально теплим та посушливим; додатне відхилення від кліматичної норми становило близько 20°C ; вищим це відхилення також є для Шацького НПП.

4) Температури абсолютних мінімумів та максимумів також демонстрували тенденцію до зростання.

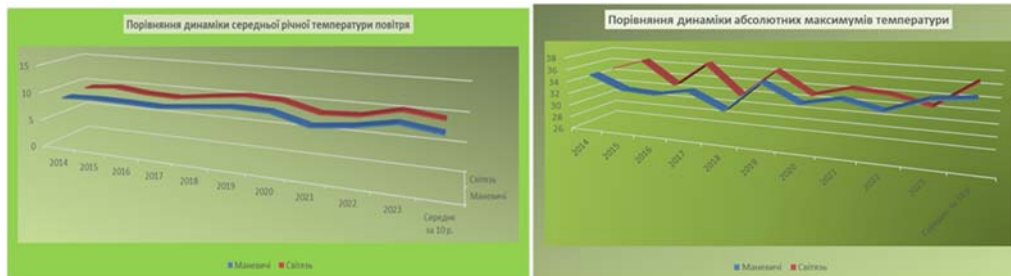


Рис. 1. Порівняння динаміки температурних показників у Черемському ПЗ та Шацькому НПП. Середня річна температура повітря та абсолютний максимум (розроблено авторами)

Основні результати та висновки: порівняно хід кліматичних показників в Черемському ПЗ і у Шацькому НПП протягом 2014-2023 рр. між собою і з кліматичною нормою; оцінено можливий вплив змін клімату на біоту, зокрема – на її раритетну складову; розроблено дві інтерактивні карти (<http://surl.li/nnwps> і <http://surl.li/etqjag>). Обидва природоохоронні об'єкти є еталонними для зони Полісся, на їх території відмічене високе видове різноманіття та зустрічається багато раритетних видів, водночас – вагому частку ландшафтів складають водні об'єкти та водно-болотні комплекси, що є дуже залежними від динаміки кліматичних показників. Тому вплив регіональних проявів змін клімату на дані екосистеми може бути значним у близькому часі.

Список використаних джерел

1. Моцик, В.Б., Іванців, Я.В. & Федонюк, В.В. (2023). Оцінка змін клімату в природно-заповідних об'єктах Волинської області. *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. VIII Міжнарод. молодіжний конгрес, 02 – 03 березня 2023 р., Україна, Львів : Збірник матеріалів.* Львів: НУ «Львівська політехніка». С. 83-84.
2. Іванців, Я.В. & Федонюк, В.В. (2024). Вплив змін клімату на біорізноманіття Черемського природного заповідника. *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування. IX Міжнар. молодіжний конгрес, 28-29 березня 2024, Львів : зб. матер. елект. дан.* Київ : Яроченко Я. В. С. 91 – 92.
3. Федонюк, В.В., Картава, О.Ф. & Іванців, В.В. (2016). Економічне оцінювання рекреаційно туристичного потенціалу регіональних ландшафтних парків України. *Актуальні проблеми економіки.* К.: ТОВ «Наш формат», 1 (175). С. 209 – 216. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/ape_2016_1_25
4. Федонюк, В.В., Мирка, В.В., Іванців, В.В., Федонюк, М.А. & Іванців, Я.В. (2024). Оцінка потенційних змін клімату на раритетну складову біорізноманіття Черемського ПЗ. *Рослини та урбанізація: Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції „Рослини та урбанізація” (Дніпро, 1 лютого 2024 р.).* С. 90 – 92.
5. Fedoniuk, V.V., Husar, O. N. & Fedoniuk, M.A. (2022). Study of the cloudiness dynamics in Lutsk in the context of climate change. *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environmen.* Publisher: European Association of Geoscientists & Engineers. Source: Conference Proceedings, 16th International Scientific Conference, 15-18 Nov 2022. 1 – 5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580125>
6. Fedoniuk, V., Zhadko, O., Vovk, O., Fedoniuk, M. & Ivantsiv, V. (2023). Monitoring of Climate Changes and the State of Natural Complexes of the Chermensky Nature Reserve. *Monitoring of Geological Processes and Ecological Condition of the Environment.* 17th International Scientific Conference. Publisher: European Association of Geoscientists & Engineers. Source: Conference Proceedings, 7-10 Nov. 2023. 1 – 5. URL: <https://www.earthdoc.org/content/papers/10.3997/2214-4609.2023520175> DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520175>

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.09

Yaroslava Ivantsiv,
Vitalina Fedoniuk,
Vasyl Ivantsiv

COMPARISON OF THE TEMPERATURE REGIME IN THE RESERVED OBJECTS OF THE VOLYN REGION

The study is devoted to the topical issues of studying and assessing regional manifestations of climate change in the 21 century. and their potential impact on biodiversity in the largest protected areas of the Volyn region – Cheremsky Nature Reserve (hereinafter – Cheremsky NPR) and Shatsky National Nature Park (hereinafter – Shatsky NPP). Based on the analysis of scientific literature and open source data, the level of knowledge of the issues studied in the work and the methodology for assessing the dynamics of temperature regime changes in the studied objects of the nature reserve fund (hereinafter – NPR) were analyzed. According to the methodology of climatic analysis of numerical series of meteorological indicators, a statistical and graphical assessment of the dynamics of air temperature in Cheremsky NPR (according to the data of the Manevichi meteorological station closest to the territory of the reserve) and in Shatsky NPP (according to the data of the Svityaz meteorological station) was carried out for 10 years (2014 – 2023). The average, minimum and maximum air temperature indicators were analyzed. A description of two developed electronic applications is presented – interactive maps “Climate changes in Cheremsky Nature Reserve” and “Climate changes in Volyn national parks”. The potential impact of climate change, in particular – temperature regime, on biota, by groups of rare flora and fauna species, is assessed.

Keywords: Cheremsky Nature Reserve, Shatsky National Nature Park, climatic indicators, climate change, interactive map, biodiversity.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Ярослава Іванців, слухачка Волинського територіального відділення Малої академії наук України, Комунальна установа «Волинська обласна Мала академія наук», м. Луцьк, Україна. E-mail: ya.ivantsiv@gmail.com
Yaroslava Ivantsiv, student of the Volyn Regional Junior Academy of Sciences of Ukraine. Municipal Institution "Volyn Regional Junior Academy of Sciences of Ukraine, Lutsk, Ukraine. E-mail: ya.ivantsiv@gmail.com

Віталіна Федонюк, к. геогр. н., доцент, доцент кафедри екології Луцького національного технічного університету, м. Луцьк, Україна. E-mail: ecolutsk@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1880-6710>

Vitalina Fedonyuk, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ecology, Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine. E-mail: ecolutsk@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1880-6710>

Василь Іванців, к. істор. н., доцент, завідувач кафедри екології Луцького національного технічного університету, м. Луцьк, Україна. E-mail: v.ivantsiv71@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4710-3245>

Vasyl Ivantsiv, Candidate of Historical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Ecology, Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine. E-mail: v.ivantsiv71@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4710-3245>

© Я. Іванців, В. Федонюк, В. Іванців

Стаття отримана редакцією 26.05.2026.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.10

Олександра Ковальська,
Олена Мітрясова

ЗАЛЕЖНІСТЬ ВОДНОГО СЕРВІСУ ВІД ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ: ЕКОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ТА ВИКЛИКИ В УМОВАХ ВОЄННИХ ДІЙ В УКРАЇНІ

У тезах досліджено взаємозалежність водної та енергетичної інфраструктури в контексті екологічної безпеки України в умовах воєнних дій. Проаналізовано вплив руйнування енергетичних об'єктів на стабільність водопостачання, функціонування очисних споруд та стан водних екосистем. Встановлено, що перебої з електропостачанням спричиняють зниження ефективності очищення стічних вод, підвищення рівня забруднення водойм та порушення гідроекологічного балансу. Узагальнено конкретні приклади з різних регіонів України, які демонструють прямий зв'язок між енергетичними атаками та деградацією водного середовища. Обґрунтовано необхідність впровадження децентралізованих енергетичних рішень, підвищення енергоефективності водного сектору та розвитку систем екологічного моніторингу. Доведено, що інтегроване управління водного-енергетичними ресурсами є ключовою умовою забезпечення екологічної стійкості та мінімізації негативних наслідків для довкілля та населення.

Ключові слова: безпека водних ресурсів; екологічна безпека; енергетична інфраструктура; водопостачання; воєнні конфлікти.

Сучасні системи водопостачання та водовідведення функціонують як складні техно-екологічні системи, критично залежні від безперебійного енергозабезпечення, що визначає їх здатність підтримувати екологічну рівновагу водних екосистем та забезпечувати належну якість водних ресурсів [1; 2]. В умовах воєнних дій на території України руйнування енергетичної інфраструктури призводить до системних порушень у роботі водних об'єктів, що проявляється у зупинці насосних станцій, деградації очисних процесів та порушенні природних механізмів самоочищення водойм [3; 4]. Особливістю сучасного етапу є формування мультифакторного екологічного ризику, коли енергетичні збої одночасно впливають на якість води, стан біоти та гідрологічний режим територій [5; 6]. Для конкретизації зазначених процесів доцільно розглянути декілька прикладів, що відображають взаємозв'язок між енергетичними руйнуваннями та станом водного середовища (табл.1).

Аналіз наведених у таблиці даних свідчить про наявність чітко вираженого системного зв'язку між пошкодженням енергетичної інфраструктури та порушенням функціонування водних систем, що проявляється через різні механізми впливу залежно від регіональних умов та характеру руйнувань. Зокрема, у Харківській та Київській областях домінуючим чинником виступає знеструмлення об'єктів водної інфраструктури, що призводить до зниження ефективності очищення стічних вод та підвищення концентрації органічних забруднювачів, що підтверджуються показниками біохімічного та хімічного споживання кисню [7; 8]. У Миколаївській області через руйнування водогону та знеструмлення насосних станцій відбулася повна втрата доступу до прісної води, через що місту довелося використовувати альтернативні джерела, які були непридатні за якісними характеристиками, та подальше засолення ґрунтів і деградацію агроекосистем [9,14]. Найбільш масштабні екологічні наслідки зафіксовані у Херсонській області внаслідок руйнування Каховської гідроелектростанції. Руйнування призвело до порушення гідрологічного режиму, втрати водних біотопів та трансформації екосистем регіонального масштабу [3; 17].

Таблиця 1.

Вплив пошкодження енергетичної інфраструктури на водний сервіс України [3; 4; 7-14; 16]

Регіон	Тип пошкодження енергетики	Пошкоджені водні об'єкти	Наслідки для водного сервісу	Екологічні наслідки	Реакція / рішення
Харківська обл.	Виведення з ладу підстанцій та ЛЕП	Каналізаційні насосні станції, очисні споруди	Зупинка перекачування стічних вод, аварійні скиди	Підвищення БСК та ХСК у річках, евтрофікація	Використання генераторів, аварійні скиди частково контрольовані
Миколаївська обл.	Знеструмлення насосних станцій	Магістральний водогін, міські мережі	Повна відсутність централізованого водопостачання	Використання солонуватої води, засолення ґрунтів та деградація агроєкосистем	Підвезення води, буріння свердловин
Київська обл.	Перебої в електропостачанні	Очисні споруди та водопровідні станції	Нестабільна робота систем очищення	Часткове надходження недостатньо очищених вод у Дніпро	Впровадження резервних систем живлення
Донецька обл.	Руйнування енергомереж та об'єктів інфраструктури	Канал Сіверський Донець-Донбас	Порушення водопостачання великих міст	Зниження рівня води, локальне забруднення та деградація біоти	Часткове відновлення, альтернативні джерела.
Запорізька обл.	Відключення електроенергії	Насосні станції та водозабори	Зниження тиску в мережах	Ризик вторинного забруднення через інфільтрацію	Використання дизельних генераторів
Херсонська обл.	Руйнування гідроенергетичного об'єкта	Водосховище, іригаційні системи	Втрата джерела водопостачання	Масштабна деградація водних і прибережних екосистем	Моніторинг, оцінка збитків, міжнародна допомога

Отже, узагальнені дані таблиці підтверджують, що вплив енергетичної інфраструктури на водний сектор є багатовимірним і має довготривалі екологічні наслідки, які виходять за межі безпосередньо уражених територій.

Для узагальнення механізмів взаємодії доцільно представити логічну модель причинно-наслідкових зв'язків, яка відображає послідовність трансформації техногенного впливу у екологічні наслідки (рис.1).

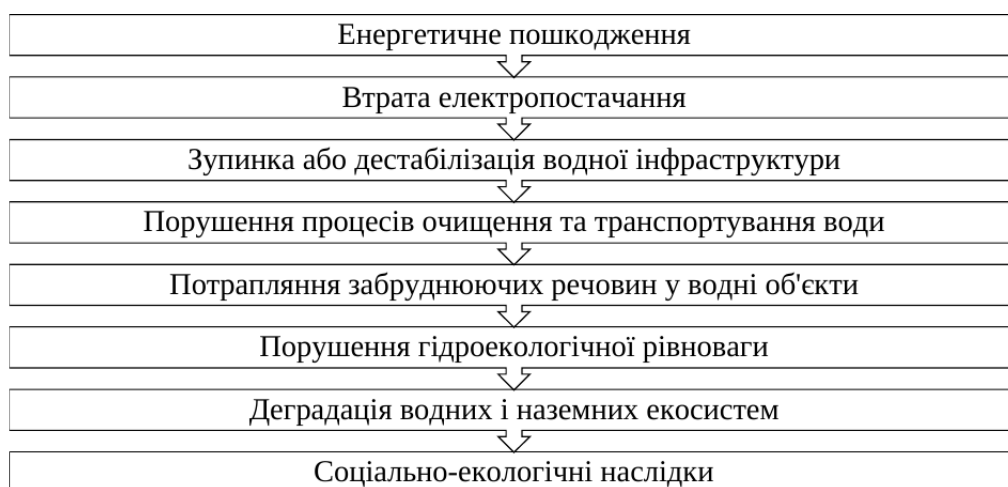


Рис. 1. Модель впливу руйнування енергетичної інфраструктури на водну та екологічну систему [7-16]

Модель впливу руйнування енергетичної інфраструктури на водну та екологічну систему дозволяє встановити, що ключовою характеристикою впливу є його каскадність, при якій кожен наступний етап підсилює негативний ефект попереднього, формуючи складну систему екологічних ризиків. Навіть короточасні перебої в електропостачанні можуть призводити до тривалих змін у структурі водних екосистем, включаючи евтрофікацію, зниження рівня розчиненого кисню та втрату біорізноманіття [8-10]. Додатково слід враховувати, що використання резервних джерел енергії, таких як дизельні генератори, супроводжуються збільшенням викидів забруднюючих речовин, а це створює додаткове навантаження на довкілля та посилює кліматичні ризики [10,16, 20]. У поєднанні з високим рівнем зношеності водної інфраструктури та недостатньою модернізацією це формує системну вразливість водного сектору України до зовнішніх впливів [15,18,19]. У зв'язку з цим ключовими напрямками підвищення стійкості водного сервісу є впровадження децентралізованих енергетичних рішень, розвиток відновлюваних джерел енергії, створення резервних систем енергозабезпечення та інтеграція принципів водно-енергетичного підходу до управління природними ресурсами [5,11,16].

Отже, результати дослідження підтверджують, що стабільність водного сервісу є критично залежною від стану енергетичної інфраструктури, а їх взаємодія визначає рівень екологічної безпеки та стійкості природних систем, що набуває особливого значення в умовах воєнних викликів та необхідності забезпечення сталого розвитку.

Список використаних джерел

1. World Health Organization. Guidelines for drinking-water quality. 4th ed. Geneva: WHO, 2017.
2. UNESCO. The United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change. Paris: UNESCO, 2020.
3. United Nations Environment Programme (UNEP). Ukraine: Environmental impacts of the conflict. Nairobi, 2023.
4. International Committee of the Red Cross (ICRC). Urban services during protracted armed conflict: a call for a better approach to assisting affected people. Geneva, 2015.
5. International Energy Agency (IEA). Water Energy Nexus. Paris: IEA, 2020.
6. European Environment Agency (EEA). Water and energy interlinkages. Copenhagen: EEA, 2019.
7. Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України. Аналітичні матеріали щодо стану критичної інфраструктури в умовах воєнного стану. Київ, 2023.
8. OECD. Water Quality and Pollution. Paris: OECD Publishing, 2018.
9. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). The impact of water scarcity on agriculture. Rome: FAO, 2017.
10. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2021: Mitigation of 12. Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2021.
11. Hoff H. Understanding the Nexus: Background Paper for the Bonn 2011 Conference. Stockholm Environment Institute, 2011.
12. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD). Global Land Outlook. Bonn, 2017.
13. United Nations Children's Fund (UNICEF). Water under fire: For every child, water and sanitation in complex emergencies. New York: UNICEF, 2019.
14. United Nations Development Programme (UNDP). Human Development Report 2022. New York: UNDP, 2022.
15. Державна служба статистики України. Водопостачання та водовідведення в Україні. Київ, 2022.
16. International Renewable Energy Agency (IRENA). Renewable energy in the water, energy and food nexus. Abu Dhabi: IRENA, 2021.
17. Environmental consequences of the Kakhovka dam destruction. UNEP, 2023.
18. United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs (OCHA). Ukraine: Humanitarian Needs Overview 2023. New York, 2023.
19. World Bank. Ukraine Rapid Damage and Needs Assessment. Washington, DC, 2023.
20. European Commission. Ukraine: Environmental impacts of war. Brussels, 2023.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.10

Oleksandra Kovalska,
Olena Mitryasova

**DEPENDENCE OF WATER SERVICES ON ENERGY INFRASTRUCTURE: ENVIRONMENTAL ASPECTS
AND CHALLENGES IN THE CONDITIONS OF MILITARY OPERATIONS IN UKRAINE**

The thesis examines the interdependence between water and energy infrastructure in the context of environmental security in Ukraine during wartime. The study analyzes the impact of damage to energy facilities on the stability of water supply systems, wastewater treatment processes, and aquatic ecosystems. It is shown that power outages lead to reduced efficiency of treatment plants, increased water pollution, and disruption of ecological balance. Specific case studies from Ukrainian regions illustrate the direct link between energy infrastructure attacks and environmental degradation. The research highlights the need for decentralized energy solutions, improved energy efficiency in the water sector, and enhanced environmental monitoring systems. It is concluded that integrated water-energy management is essential for ensuring ecological resilience and reducing environmental risks under crisis conditions.

Key words: water security, environmental security, energy infrastructure, water supply, armed conflicts.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Олександра Ковальська, аспірантка кафедри екології Чорноморського національного університету імені Петра Могили, Миколаїв, Україна, e-mail: alexandraschwarz2313@gmail.com

Oleksandra Kovalska, Postgraduate student of the Ecology Department, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine, e-mail: alexandraschwarz2313@gmail.com

Олена Мітрясова, доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри екології Чорноморського національного університету імені Петра Могили, e-mail: eco-terra@ukr.net, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9107-4448>

Olena Mitryasova, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Ecology Department, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine, e-mail: eco-terra@ukr.net, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9107-4448>

© О. Ковальська, О. Мітрясова

Стаття отримана редакцією 26.05.2026.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.11

Діана Крисінська

ЗАУВАЖЕННЯ І ПРОПОЗИЦІЇ ДО ЗВІТУ З ОЦІНКИ ВПЛИВУ НА ДОВКІЛЛЯ ПЛАНОВАНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ, НОВЕ БУДІВНИЦТВО АВТОЗАПРАВНОГО КОМПЛЕКСУ

У тезах проаналізовано Звіт з оцінки впливу на довкілля (ОВД) проєкту будівництва автозаправного комплексу в Миколаєві (справа № 14428). Авторка висвітлює критичні екологічні ризики, зокрема знищення понад 180 дерев без схем компенсаційного озеленення, та зазначає, що відсутність територіальних альтернатив порушує сутність ОВД. У роботі доведено необґрунтованість висновків щодо впливу на флору, фауну та мікроклімат, відсутність оцінки кумулятивного впливу й воєнних ризиків. Виявлено недостовірність розрахунків розсіювання викидів та понад 50% плагіату в тексті. Обґрунтовано вимогу повністю відхилити цей Звіт.

Ключові слова: оцінка впливу на довкілля, планова діяльність, озеленення, екологічний ризик.

Вкотре жителі Миколаївської територіальної громади виступають проти резонансного будівництва автозаправного комплексу, АГЗП та магазину сервісного обслуговування водіїв та пасажирів за адресою: Миколаївська область, м. Миколаїв, пр. Богоявленський й ріг вул. Кобера. Номер справи зареєстрований у реєстрі ОВД - 14428.

Завдяки Закону України «Про оцінку впливу на довкілля», кожен громадянин України має право висловити свою позицію щодо планового будівництва, таким чином отримуючи можливість відстоювати не тільки власні інтереси, інтереси громади, а й інтереси довкілля.

На підставі ст.7 Закону України «Про оцінку впливу на довкілля», ознайомившись зі звітом з ОВД, були сформульовані **заперечення** проти реалізації цієї планової діяльності.

Головний аргумент позиції «ПРОТИ» зумовлений тим, що у випадку реалізації проєкту буде знищено більше 180 дерев, більшість яких знаходиться в доброму і задовільному стані.

Знесення такої кількості зелених насаджень призведе до серйозних екологічних наслідків на території міста, погіршить і так не дуже сприятливу екологічну ситуацію, збільшить появу нових ризиків для здоров'я, як психологічного, так і фізичного жителів міста, призведе до підвищення температури території в літній період, збільшення забруднення атмосферного повітря тощо.

Звіт не містить схем компенсаційного озеленення, де саме і як будуть висаджені дерева, які види.

В Звіті на с 87. зазначено, що «Територіальна альтернатива не розглядалась, здійснення планованої діяльності передбачається на території та в межах земельної ділянки із відповідним цільовим призначенням земельної ділянки».

Вважаємо, що відсутність розгляду територіальної альтернативи є прямим порушення сутності ОВД, адже без вказання територіальної альтернативи неможливо оцінити повноцінно вплив планової діяльності.

В тексті Звіту на С. 88 вказано, що «Таким чином обраний варіант планованої діяльності є оптимальним як з екологічної так і з технологічної точки зору: ... - відсутність негативних впливів на клімат і мікроклімат, розсипний і тваринний світ, заповідні об'єкти;...».

Вважаємо, що дане твердження не є правдивим, оскільки при знесенні такої значної кількості зелених насаджень значний негативний вплив на мікроклімат буде відбуватися апіорі.

На С 108. Звіту вказано, що «На території планованої діяльності не помічені шляхи міграції птахів та тварин, популяції і ділянки зростання рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення видів рослин, занесених у Червону книгу України», проте не зазначено на основі яких даних, досліджень зроблено цей висновок, тому його правдивість викликає сумніви.

В Звіті зазначено, що: «Діяльність АЗК не призведе до зміни середовища існування флори і фауни у безпосередній близькості до об'єкту і відповідно не вплине на зменшення видового складу тваринного і рослинного світу на прилеглий території, що є гарантом збереження екологічної рівноваги».

Дане твердження є суб'єктивним і не має конкретного фактичного підтвердження.

В Звіті на С. 143 зазначено, що: «Проведення робіт не призведе до зменшення біологічного різноманіття, зниження біологічної продуктивності та маси територій, а також погіршення життєво-важливих властивостей природних компонентів біосфери в зоні впливу діяльності».

Дане твердження також є суб'єктивним і не має конкретного фактичного підтвердження.

У Звіті не зазначено вплив на флору та фауну порушеної території зеленої зони, у випадку побудови автозаправного комплексу. Не наведено жодних даних впливу на орнітофауну, дрібних ссавців, рукокрилих, комах, лишайників тощо.

Тобто АБСОЛЮТНО не досліджено вплив планової діяльності на значну частину біорізноманіття.

В Звіті відсутня оцінка кумулятивного впливу, хоча в районі впливу об'єкту планованої діяльності наявні розміщені інші об'єкти, які є джерелами впливу на атмосферне повітря.

В Звіті не наведено дані розрахунків загроз та ризиків надзвичайних ситуацій, зумовлених воєнними діями, зокрема при ймовірних небезпечних ситуаціях через збройну агресію РФ на території міста.

В Звіті вказано, що розрахунок розсіювання проведений для всіх забруднюючих речовин. Це твердження є неправдивим, адже розрахунок було проведено не по всім речовинам.

В Звіті є окремий розділ щодо моделювання і прогнозування впливу планової діяльності в майбутньому, проте цей розділ не містить жодних розрахункових і прогнозних даних.

В Звіті неодноразово зазначається «позитивний» соціальний ефект для громади міста, хоча по суті, вказано, що буде створено на АЗК 19 робочих місць, при чому знесено більше 180 дерев, та серйозно порушено екосистему, а планова діяльність призведе до зменшення біологічного різноманіття, зниження біологічної продуктивності та маси територій, а також погіршення життєво важливих властивостей природних компонентів біосфери в зоні впливу діяльності.

Під час перевірки оригінальності тексту звіту на плагіат – встановлено, що більше 50 % тексту Звіту – є запозичений текст з інших документів.

Вважаємо, такі факти плагіату є не допустимим для документів такого значення і рівня.

Враховуючи зазначені вище зауваження, вважаю, що н Звіт з ОВД номер реєстраційної справи № 14428 має бути відхиленним без повторної можливості подання проходження процедури ОВД.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.11

Diana Krysincka

COMMENTS AND SUGGESTIONS TO THE ENVIRONMENTAL IMPACT ASSESSMENT REPORT OF THE PLANNED ACTIVITY, NEW CONSTRUCTION OF A FILLING STATION COMPLEX

The abstracts analyze the Environmental Impact Assessment Report (EIA) for the construction of a gas station complex in Mykolaiv (case number 14428). The author highlights critical environmental risks, in particular the destruction of more than 180 trees without compensatory greening schemes, and notes that the lack of territorial alternatives violates the essence of the EIA. The paper proves the unfoundedness of the conclusions regarding the impact on flora, fauna and microclimate, the lack of an assessment of cumulative impact and military risks. The unreliability of the emission dispersion calculations and over 50% plagiarism in the text are revealed. The demand to completely reject this Report is substantiated.

Keywords: environmental impact assessment, planned activity, greening, environmental risk.

Відомості про автора / Information about the Author

Діана Крисінська, кандидатка технічних наук, доцентка кафедри екології Навчально-наукового медичного інституту, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, координаторка Миколаївського осередку наукового лекторію для дітей «Science Kids», м. Миколаїв, Україна, E-mail: d.krysincka@gw.necu.org.ua, orcid: orchid 0000-0002-3117-6039.

Diana Krysincka, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Ecology, Educational and Scientific Medical Institute, Petro Mohyla Black Sea National University, coordinator of the Mykolaiv branch of the scientific lecture for children "Science Kids", Mykolaiv, Ukraine, E-mail: d.krysincka@gw.necu.org.ua, orcid: orchid 0000-0002-3117-6039.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.12

Діана Крисінська

РЕКОМЕНДАЦІЇ ФОРМУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ СВІДОМОСТІ ТА ПРОФОРІЄНТАЦІЙНОЇ ЗАЦІКАВЛЕНОСТІ ШЛЯХОМ ПРОВЕДЕННЯ ІНТЕРАКТИВНИХ ПОДІЙ ДЛЯ ДІТЕЙ ТА МОЛОДІ

У тезах обґрунтовано рекомендації щодо формування екологічної свідомості й профорієнтації молоді через інтерактивні заходи. Розглянуто категорії інтересів сучасного покоління: практичність, цифрові технології та експерименти. Авторка деталізує методику проведення екоподій, яка поєднує майстер-класи з апсайклінгу й сортування, наукові дослідження компонентів довкілля та групову роботу за методом «експертної оцінки». Доведено, що баланс науки, практики й емоцій надихає підростаюче покоління та закладає основу для вибору майбутньої професії еколога.

Ключові слова: екологічна свідомість, інтерактивні події та методи, молодь, науковий підхід, сучасні технології.

В умовах сучасних глобальних та регіональних екологічних викликів формування екологічної культури підростаючого покоління стає одним із пріоритетних завдань освіти. Традиційні лекційні форми навчання часто демонструють низьку ефективність, оскільки не враховують психологічні особливості сучасного кліпового мислення та високу потребу молоді в динамічному контенті.

Готуючи подію на тему «Природи і екології», організаторам і педагогам вкрай важливо задати собі базове питання – «Що саме цікавить сучасних дітей?» Відповідь на це питання, спираючись на досвід інтерактивної роботи, можна чітко розділити на три ключові категорії: практичність, технології та прилади, а також безпосередні дослідження та експерименти. Поєднання цих елементів дозволяє трансформувати суху теорію на захопливий пізнавальний процес.

1. Категоріальний аналіз інтересів сучасної молоді

6. **Практичність.** Діти та молодь прагнуть бачити реальний, відчутний результат своєї діяльності тут і зараз. Для них критично важливо отримати відповіді на внутрішні запитання: «Навіщо мені це?» і «Як саме я можу це використати у своєму повсякденному житті?» Для максимального засвоєння матеріалу необхідно забезпечити їм можливість працювати безпосередньо руками. Тактильна та фізична взаємодія з різноманітними матеріалами значно підвищує рівень емоційної та інтелектуальної залученості в процесі самої події. Крім того, такий підхід суттєво сприяє глибшому усвідомленню та довготривалому запам'ятовуванню інформації, особливо якщо закріплююча практична частина органічно відбувається одразу після теоретичного чи дискусійного блоку.

7. **Технології та прилади.** Представники сучасного покоління ростуть і розвиваються у повністю цифровому світі, тому для них є природним і водночас надзвичайно важливим взаємодіяти з сучасними інструментами, гаджетами та вимірювальною технікою. Інтеграція технологій у навчальний процес дозволяє розмовляти з дітьми однією мовою.

8. **Дослідження та експерименти.** Саме через самостійний пошук та експериментування формується стійкий, непідробний інтерес до науки. А системне формування цього інтересу і є однією з найважливіших стратегічних задач, які ми ставимо перед собою, організовуючи екологічні події та хакатони.

2. Практичний блок: від усвідомлення до екологічної дії

Розглянемо детальніше практичний блок, оскільки він є фундаментом для зміни поведінкових звичок. Один із провідних напрямів екоосвіти – це формування стійкої екологічної свідомості через послідовні прості дії. Надзвичайно важливо донести до свідомості дітей думку про те, що навіть маленькі, на перший погляд незначні щоденні кроки кожної людини мають глобальне значення для планети.

Ефективним інструментом тут виступають інтерактивні майстер-класи із сортування побутових відходів. Під час таких занять діти інтерактивно вчаться розрізняти типи сміття та починають чітко розуміти, чому саме це

важливо для збереження екосистем. Гарним і наочним прикладом є детальне сортування різних видів пластику – спочатку за загальноприйнятими міжнародними сімома категоріями (кодами переробки), а також з подальшим розділенням на чіткі категорії: сировина, що підлягає вторинній переробці в конкретному регіоні, і той пластик, який наразі взагалі не переробляється і підлягає лише утилізації чи захороненню.

Ще один цікавий варіант практичної роботи – компостування органіки. Це чудова, екологічно безпечна можливість продемонструвати природні процеси біодеструкції та кругообігу речовин на реальній практиці. У цьому контексті важливо додатково вивчити з учасниками специфічні особливості органічних відходів, адже далеко не всі залишки їжі можна без застережень компостувати (наприклад, м'ясні продукти чи залишки, уражені хворобами, потребують окремого підходу). Якщо дозволяють умови та інфраструктура – варто спробувати разом зробити навчальну компостну ємність (або встановити вермікомпостер) безпосередньо в закладі освіти, щоб надалі спільно її наповнювати та моніторити стан біомаси.

Надзвичайно цікавими та педагогічно ефективними є також майстер-класи з виготовлення нових корисних речей зі старих або відпрацьованих матеріалів (апсайклінг). Це не лише розвиває у дітей креативне та просторове мислення, але й наочно формує дбайливе, відповідальне ставлення до обмежених природних ресурсів. Тут окремо варто виділити створення утилітарних предметів, які безпосередньо допомагають закріплювати корисні екологічні звички у побуті та підвищують загальну екологічну свідомість. Яскравими прикладами є власноручне декорування або пошиття багаторазових торбинок для покупок (екошоперів), виготовлення воскових серветок замість пластикової харчової плівки або конструювання зручних настільних органайзерів із вторинного картону.

3. Блок досліджень та експериментів: науковий пошук

Цей масштабний блок для зручності проєктування заходів можна умовно поділити на три послідовні рівні складності: спостереження, дослідження та безпосередні експерименти.

9. **Спостереження** – це початковий, найпростіший, але дуже важливий емоційний рівень знайомства з довкіллям. Він включає в себе безпосереднє вивчення локальних екосистем: видової різноманітності рослин, поведінки комах, міграції та гніздування птахів. Діти традиційно дуже люблять теми, які тісно пов'язані з тваринами, унікальними особливостями їхньої анатомічної будови та цікавинками їх поведінки у дикій природі. Для тривалого спостереження в межах кабінету чи лабораторії можна організувати регулярне спостереження за штучним акваріумом або навіть разом із дітьми створити замкнену модель живої екосистеми, наприклад, стильний і функціональний флораріум чи моховий тераріум.

10. **Дослідження** – це значно складніший, аналітичний рівень. Тут діти отримують змогу самостійно аналізувати кількісні та якісні показники, а також фізико-хімічні властивості окремих компонентів навколишнього середовища. Наприклад, вони можуть досліджувати різні зразки води: визначати її на смак (якщо це безпечно) та за допомогою спеціальних експрес-приладів аналізувати рівень загальної мінералізації (TDS), вимірювати водневий показник (рН), оцінювати прозорість, колір та інші органолептичні показники. Так само цікаво досліджувати зразки місцевих ґрунтів – визначати кислотність ґрунту і детально розбирати те, як саме вона безпосередньо впливає на ріст, розвиток та здоров'я різних культурних і дикорослих рослин. У процесі таких досліджень критично важливо з боку модератора всіяко дозволяти та активно підтримувати природне бажання дітей самостійно ставити нестандартні запитання і шукати на них аргументовані відповіді.

11. **Експерименти** – це, напевно, найбільш захоплююча та видовищна частина наукового блоку. Тут особливо цікавими та методично виправданими будуть процеси побудови різноманітних фізичних моделей та їх подальше активне використання. Наприклад, великий інтерес викликає створення мініатюрних моделей водно-болотних угідь для демонстрації їхньої унікальної ролі у стримуванні повеней, або наочна демонстрація різних механічних та хімічних способів очищення води за допомогою саморобних багатоповітряних фільтрів (з піску, вугілля та гравію). Такі активності не тільки моментально захоплюють дитячу увагу, але й дають глибоке, реальне розуміння складних екологічних взаємозв'язків та природних процесів.

4. Блок технологій та приладів: інструментарій еколога

Використання в освітньому процесі навіть найпростіших технічних приладів допомагає дітям миттєво відчувати себе дорослими, справжніми науковцями та польовими дослідниками. Залежно від тематики, це можуть бути електронні термометри, цифрові вимірювачі вологості повітря та ґрунту (гігрометри), прості оптичні чи цифрові мікроскопи, датчики рівня шуму чи концентрації вуглекислого газу, або навіть спеціалізовані мобільні додатки для ідентифікації рослин і тварин за фотографією чи для моніторингу якості атмосферного повітря в реальному часі.

Надзвичайно важливо дати дітям можливість повністю самостійно працювати з цими інструментами, проводити калібрування та знімати покази. Це ефективно формує у них почуття особистої відповідальності, додає внутрішньої впевненості та виховує здорове почуття довіри до власних дослідницьких здібностей.

Окрім суто технічних навичок, безпосередньо під час проведення події варто послідовно навчати дітей базовим основам загальнонаукової методології. До прикладу, у доступній ігровій формі пояснювати, як правильно та неупереджено фіксувати отримані результати, як коректно порівнювати між собою паралельні дані, як виявляти похибки та як на основі цифр робити перші правильні логічні висновки.

Також невід'ємним і дуже важливим етапом заходу є спільний колегіальний аналіз фінальних результатів. Це потужно розвиває у молоді критичне мислення, вміння уважно слухати думку інших учасників, працювати в команді та аргументовано, за допомогою фактів, захищати власну позицію. Для візуалізації та структурування думок під час обговорення можна активно використовувати великий фліп-чарт або магнітну дошку для оперативного записування загальних результатів. При цьому, для підвищення індивідуальної залученості, бажано забезпечити кожного учасника події власним невеликим паперовим блокнотиком або друкованим «щоденником екодослідника» для ведення особистих нотаток.

5. Метод «Експертної оцінки» та презентація результатів

Ще один надзвичайно важливий психолого-педагогічний аспект, на якому організаторам екоподій варто зосередити особливу увагу – це створення умов для виникнення можливості для дітей відчувати себе справжніми визнаними експертами у певній галузі. Для цього варто цілеспрямовано конструювати такі інтерактивні сценарії подій, де діти безпосередньо спробують себе у ролі серйозних запрошених експертів, аудиторів чи екологічних інспекторів.

12. *Приклад з гідрології:* Після теоретичного блоку про фізіологічну та санітарну повноцінність різних типів питних вод, можна організувати для учасників закриту «сліпу» дегустацію кількох зразків води. Завдання дітей – виставити власні експертні оцінки за спеціально розробленими критеріями за шкалою від 1 до 5, де бали відображають якість (наприклад, 5 – найвище суб'єктивне значення якості зразка). Після завершення такої експертної дегустації влаштовується відкрите порівняння: учасники дивляться, які саме оцінки хто поставив, а потім зіставляють свої відчуття з реальними фізико-хімічними значеннями мінералізації та жорсткості, які офіційно зазначені на етикетках цих брендів води.

13. *Приклад з біоценології:* Після інтерактивної події, присвяченої складним особливостям взаємодії живих істот у природних екосистемах, дітям можна дати захоплююче практичне завдання, де вони самостійно або в мікрогрупах будують власні розгалужені трофічні ланцюги або специфічні пари взаємодій (симбіоз, хижацтво, паразитизм) у дикій природі.

Давно відомо, що коли дитина чи підліток може самостійно та доступно пояснити складний матеріал іншим, вона сама в рази краще і глибше засвоює та інтегрує цей матеріал у власну систему знань. Саме тому організаторам екоподій обов'язково варто створювати безпечні та підтримуючі ситуації, де діти мають змогу публічно презентувати свої напрацьовані результати перед аудиторією, відкрито ділитися власними унікальними спостереженнями або навіть виступати в ролі менторів та навчати одне одного (формат «рівний-рівному»).

Висновки та профорієнтаційний потенціал

Організаторам екологічних заходів важливо завжди пам'ятати базове правило інтерактивної педагогіки: «цікаво» та «ефективно» – це зовсім не означає «складно» або «космічно дорого». Величезну кількість мега-ефективних та яскравих активностей можна легко та успішно реалізувати, використовуючи найпростіші підручні та навіть вторинні матеріали. Головне в цьому процесі – це чітка нестандартна ідея, системний науковий підхід та щире ставлення модератора до аудиторії.

Підсумовуючи все вищевикладене, варто наголосити, що дійсно ефективна, сучасна екологічна подія для дітей та молоді – це гармонійне, збалансоване поєднання трьох компонентів: глибоких наукових знань, активної самостійної практики та яскравих позитивних емоцій. Наша головна задача як освітян та науковців – не просто механічно передати сухий масив інформації з підручника, а перш за все щиро зацікавити, емоційно надихнути, дати молодим людям у руки реальні, зрозумілі інструменти для щоденних дій, а також всіляко підтримувати та плекати їхнє природне бажання досліджувати, пізнавати та оберігати природу і навколишній світ.

Саме такий комплексний, людиноцентризований організаційний підхід є єдиним правильним шляхом до реального підвищення рівня екологічної свідомості дітей та молоді в Україні.

Крім того, він закладає міцну основу для формування у підростаючого покоління свідомого та потенційного бажання у майбутньому пов'язати свій професійний шлях із важливою, престижною та надзвичайно актуальною професією еколога чи науковця-дослідника.

**RECOMMENDATIONS FOR FORMING ENVIRONMENTAL AWARENESS AND CAREER INTEREST
THROUGH INTERACTIVE EVENTS FOR CHILDREN AND YOUTH**

The theses substantiate recommendations for the formation of environmental awareness and career guidance of young people through interactive activities. The categories of interests of the modern generation are considered: practicality, digital technologies and experiments. The author details the methodology for conducting eco-events, which combines master classes on upcycling and sorting, scientific research of environmental components and group work using the "expert assessment" method. It is proven that the balance of science, practice and emotions inspires the younger generation and lays the foundation for choosing the future profession of an ecologist.

Keywords: *environmental awareness, interactive events and methods, youth, scientific approach, modern technologies.*

Відомості про автора / Information about the Author

Діана Крисінська, кандидатка технічних наук, доцентка кафедра екології Навчально-наукового медичного інституту, Чорноморський національний університет імені Петра Могили, координаторка Миколаївського осередку наукового лекторію для дітей «Science Kids», м. Миколаїв, Україна, E-mail: d.krysinska@gw.necu.org.ua, orcid: orchid 0000-0002-3117-6039.

Diana Krysinska, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Ecology, Educational and Scientific Medical Institute, Petro Mohyla Black Sea National University, coordinator of the Mykolaiv branch of the scientific lecture for children "Science Kids", Mykolaiv, Ukraine, E-mail: d.krysinska@gw.necu.org.ua, orcid: orchid 0000-0002-3117-6039.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.13

Олена Макарова,
Людмила Григор'єва

ЕКОСИСТЕМНА РОЛЬ ВОДЯНИХ РОСЛИН РУСЛОВИХ ВОДОЙМ РІЧКИ ПІВДЕННИЙ БУГ

Проаналізовано видовий склад водяних рослин, які характерні для руслових водойм річки Південний Буг (Ташилицьке, Олександрівське). Показано, що флора руслових водойм Південного Бугу нараховує понад 100 видів макрофітів (вищих водних рослин). Екологічна ємність цих водойм залежить від стану їхньої водної рослинності, яка виступає як біологічний фільтр та середовище існування для живих організмів. Показано, що роль вищих водяних рослин для екосистем цих руслових водойм є багатогранною: створення субстрату для нересту фітофільних риб, є основними «продуцентами» кисню та біологічними фільтрами у товщі води. Для Олександрівського водосховища зарості елодеї працюють як «механічне сито», сповільнюючи мікротечії та сприяючи осадженню зважених часток на дно.

Ключові слова: водяні рослини, річкова екосистема, Південний Буг, макрофіти, забрудненість водойм, водосховища.

Південний Буг – одна з великих річок України. Його водозбірна площа розташована в межах країни. Висока зарегульованість, розвинений ангарний сектор, низка великих міст, енергетичних об'єктів та промисловості обумовлюють значне антропогенне навантаження на річку, яке в першу чергу виражається в збагаченні води поживними речовинами, зокрема сполуками азоту та фосфору. При цьому в басейні річки існують мало порушені ділянки, де ще зберігається унікальна флора і фауна Поділля, гранітно-степового Побужжя та причорноморських рівнин. Розвиток теплової та атомної енергетики в середині та наприкінці минулого століття обумовив підвищений інтерес до Південного Бугу. [1]

Контроль стану річки відбувається тільки за якістю води силами суб'єктів державного моніторингу (Мінприроди, Держекоінспекція, Держводагенство, Гідрометслужба, МОЗ, Мінпаливенерго), які мають кожний свою сітку станцій, власні переліки методик та показників, що контролюються. При цьому, навіть при збігу точок та показників контролю, дані, отримані різними суб'єктами моніторингу і навіть різними лабораторіями в межах одного суб'єкту, практично не збігаються і можуть відрізнятися більше, ніж на 2 порядки. Біологічний контроль за станом водних ресурсів проводить тільки Гідрометслужба за обмеженою кількістю трофосапробіологічних показників. [1]

В той же час, необхідність підготовки заходів з управління річковими басейнами змушує використовувати Європейський досвід. Сучасний «План управління річковим басейном» базується на методології Водної Рамкової Директиви ЄС 2000/60/ЄС (ВРД), яка, в свою чергу, декларує пріоритет біологічних показників та використання так званої «компаративної» оцінки. [1]

Флора руслових водойм Південного Бугу нараховує понад 100 видів макрофітів (вищих водних рослин), що обумовлено різноманітністю природних зон. Вони утворюють біомасу, яка слугує субстратом для мікроорганізмів та кормовою базою. Основні водяні рослини річки класифікуються за екологічними групами.

1. Гідатофіти (повністю занурені у воду). Рослини цього типу вкорінені в дно і ростуть у товщі води. Вони швидко гинуть без води. [1] Це:

1. Рдесники: кучерявий, пронизанolistий, гребінчастий (*Potamogeton*).
2. Елодея канадська (*Elodea canadensis*) – інвазивний вид-аквапапороть, який активно розростається.
3. Уруть колосиста (*Myriophyllum spicatum*) – рослина з розсіченими листками.
4. Кушир занурений (*Ceratophyllum demersum*) – плейстофіт, що не має коренів та дрейфує у товщі.
5. Різак алоєподібний (*Stratiotes aloides*) – вільно плаваюча або вкорінена рослина. [1]

2. Нейстофіти та Плейстофіти (плаваючі на поверхні) – це рослини, листя яких лежить на поверхні води або вся рослина вільно плаває за течією. [1]. Серед них:

1. Латаття біле (*Nymphaea alba*).
2. Глечики жовті (*Nuphar lutea*).
3. Ряска мала (*Lemna minor*) та ряска тридольна (*Lemna trisulca*).
4. Водяний горіх плаваючий (*Trapa natans*) – червонокнижний вид, утворює щільні розетки. [1]

3. Гелофіти (повітряно-водні, прибережні), які зростають на мілководді, вкорінені в ґрунт, але їхні стебла та листя підносяться над водою. [1] Серед них:

1. Очерет звичайний (*Phragmites australis*).
2. Рогіз вузьколистий та широколистий (*Typha*).
3. Лепеха звичайна (*Acorus calamus*).
4. Стрілолист звичайний (*Sagittaria sagittifolia*).
5. Сусак зонтичний (*Butomus umbellatus*).

Водяні рослини є найважливішим автотрофним блоком річки. Вони стабілізують берегову лінію, виділяють кисень та абсорбують забруднення. Однак, значне зростання кількості синьо-зелених водоростей та макрофітів (макроводоростей) у спекотний період може призвести до "цвітіння" води, що знижує загальний екологічний стан річки. [1, 2]

Видовий склад фітопланктону р. Південний Буг формували переважно зелені, діатомові, евгленові та синьо-зелені водорості. Кількісні показники розвитку планктонних водоростей в річці в цілому за досліджуваний період помірні.

Максимальну чисельність (5330 тис. клітин/дм³) та біомасу – 4,057 мг/дм³ спостережали влітку. Основну чисельність складали зелені та діатомові, а біомасу – діатомові, динофітові та зелені водорості. Весною кількісні показники розвитку фітопланктону були значно нижчими – 2670 тис. клітин/дм³ і 0,480 мг/дм³. Восени чисельність планктонних водоростей становила 3078 тис. клітин/дм³, а біомаса – 1,360 мг/дм³. [1]

Екологічна ємність Олександрівського та Ташлицького водосховищ безпосередньо залежить від стану їхньої водної рослинності, яка виступає як біологічний фільтр та середовище існування для живих організмів. Обидва об'єкти є частиною гідроенергетичного комплексу (Південноукраїнська АЕС, Ташлицька ГАЕС та Олександрівська ГЕС), що накладає специфічні умови на їхні екосистеми.

Олександрівське водосховище (руслове) виконує роль нижньої водойми для ГАЕС та регулятора стоку річки. Зарості очерету, рогозу та куширу в прибережних зонах акумулюють наноси, що несе річка, та поглинають азот і фосфор, запобігаючи «цвітінню» води. Це підвищує ємність водойми до самоочищення в умовах антропогенного навантаження. Макрофіти (латаття, рдесники) створюють субстрат для нересту фітофільних риб та кормову базу. Це критично важливо для підтримки популяцій риб у каньйонній частині річки. Розвинена коренева система вищої водної рослинності захищає береги від розмивання під час коливань рівня води, спричинених роботою ГАЕС.

Ташлицьке водосховище (Водойма-охолоджувач).

Ташлицьке водосховище – це штучна водойма (ставок-охолоджувач) у Вознесенському районі Миколаївської області площею 8.5 км² та об'ємом 85 млн м³. Будучи невіддільною частиною Південноукраїнського енергокомплексу, екосистема відчуває потужний антропогенний вплив, пов'язаний з її подвійним призначенням.

Екосистема тут працює в умовах підвищеної температури води та замкненого циклу. Вища водна рослинність (елодея, рдесники) допомагає стабілізувати температурний режим, частково притіняючи мілководдя та знижуючи швидкість прогріву води. Через високу температуру існує ризик вибухового росту синьо-зелених водоростей. Макрофіти конкурують з ними за поживні речовини, «відбираючи» ресурси у мікроводоростей і тим самим підтримуючи прозорість води. Висока мінералізація та температура обмежують видовий склад, проте стійкі види (наприклад, рдесник гребінчастий) стають основою біоценозу, який дозволяє водоймі функціонувати як технічний об'єкт без повної екологічної деградації.

Рослинність створює умови для гніздування птахів та проживання навколоводних тварин, що розширює екологічну нішу об'єктів. Рослини здатні накопичувати важкі метали та радіонукліди, «виводячи» їх з кругообігу води та депонуючи в донних відкладеннях. Рдесник (*Potamogeton*) та елодея (*Elodea*) відіграють ключову роль у підтримці екологічної ємності Олександрівського та Ташлицького водосховищ, оскільки вони є основними «продуцентами» кисню та біологічними фільтрами у товщі води. Для Олександрівського водосховища зарості елодеї працюють як «механічне сито», сповільнюючи мікротечії та сприяючи осадженню зважених часток на дно. Це очищує воду, яка йде далі за течією Південного Бугу. Елодея канадська відома своєю здатністю акумулювати важкі метали та навіть певні радіонукліди. Тому відіграє роль додаткового бар'єру біологічного захисту, фіксуючи ці речовини у тканинах рослин та донних відкладеннях.

Список використаних джерел

1. Оцінка екологічного стану річки Південний Буг у відповідності до вимог Водної Рамкової Директиви ЄС./ за ред. С.О. Афанасьєва. – Київ, 2012 – 28 с.
2. План управління річковим басейном річки Південний Буг
https://www.eu4waterdata.eu/images/pdf/Summary%20factsheets/ukrainian/Southern%20Bug_UKR_January%202025_final_compressed.pdf

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.13

*Olena Makarova,
Lyudmila Grygorieva*

THE ECOSYSTEM ROLE OF AQUATIC PLANTS IN THE CHANNELS OF THE SOUTHERN BUG RIVER

The species composition of aquatic plants characteristic of the channel water bodies of the Southern Bug River (Tashlytske, Oleksandrivske) has been analyzed. It is shown that the flora of the channel water bodies of the Southern Bug River comprises over 100 species of macrophytes (higher aquatic plants). The ecological capacity of these water bodies depends on the condition of their aquatic vegetation, which acts as a biological filter and a habitat for living organisms. It is shown that the role of higher aquatic plants for the ecosystems of these channel water bodies is multifaceted: they create a substrate for the spawning of phytophilic fish, serve as the main “producers” of oxygen, and act as biological filters in the water column. In the Oleksandrivka Reservoir, Elodea thickets function as a “mechanical sieve,” slowing microcurrents and facilitating the settling of suspended particles to the bottom.

Keywords: *aquatic plants, river ecosystem, Southern Bug, macrophytes, water body pollution, reservoirs.*

Відомості про авторів / Information about the authors

Олена Макарова, старший викладач кафедри екології Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: Olena.Makarova@chmnu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8560-514>.

Olena Valeriivna Makarova, Senior Lecturer, Department of Ecology, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: Olena.Makarova@chmnu.edu.ua

Людмила Григор'єва, доктор біологічних наук, професор, завідувачка кафедри екології Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: ludmila.grygorieva@chmnu.edu.ua

Lyudmila Grygorieva, Dr. Sc in Biology, Professor, Chair of the Department of Ecology at Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: ludmila.grygorieva@chmnu.edu.ua

© О. Макарова, Л. Григор'єва

Стаття отримана редакцією 26.05.2026.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.14

Алла Некос,
Софія Уварова,
Віталій Безсонний

ІГРОВИЙ ЕКО-ЗАХІД НА БАЗІ НАЦІОНАЛЬНИХ ПРИРОДНИХ ПАРКІВ ЯК ІНСТРУМЕНТ ЕКОПРОСВІТИ ШКОЛЯРІВ

У тезах представлено авторську методичну розробку одноденного екологічного заходу для дітей шкільного віку, що може проводитися на базі національних природних парків України, спрямовану на формування навичок безпечного збору лісових грибів та розуміння ролі грибів в екосистемі. Захід побудований як єдина ігрова пригода, що охоплює п'ять інтерактивних локацій, творчу діяльність і серію конкурсів. Обґрунтовано потенціал природоохоронних територій як простору для неформальної екологічної освіти школярів і доцільність ігрового формату як механізму стійкого засвоєння знань.

Ключові слова: екологічна просвіта, школярі, природоохоронні території, ігрове навчання, безпека в лісі.

Ліс як освітній простір має унікальну властивість, яку неможливо відтворити в класі. Він дає дитині безпосередній живий досвід взаємодії з природою. Саме тому природоохоронні території України розглядаються сьогодні не лише як об'єкти збереження біорізноманіття, а й як середовище, здатне формувати у дітей відповідальне ставлення до природи через безпосередній досвід [1, 2]. Шкільна програма з природознавства та основ екології дає дітям системні знання, однак залишає поза увагою те, що не можливо передати через текст підручника – запах вологого моху після дощу, звук лісу, який живе власним ритмом, і відчуття себе частиною природи. Соціальний запит на таке виховання зростає паралельно з усвідомленням того, що екологічна освіта, яка відірвана від живої природи, може надати знання без розуміння [3]. Природоохоронні території з їхньою інфраструктурою, науковим персоналом і незайманими екосистемами є саме тим ресурсом, який здатен заповнити цю прогалину – якщо підходити до організації освітніх заходів на їхній базі системно і методично.

Молодший шкільний вік є особливо сприятливим для формування екологічного мислення – саме тоді закладаються стійкі моделі поведінки, засновані не на заборонах, а на особистому переживанні контакту з природою [4]. Дитина цього віку сприймає світ через гру, рух і власний досвід, а не через пасивне слухання. Тому традиційні формати уроку дають у цьому контексті мінімальний результат. Дослідження підтверджують, що заняття на природі суттєво підвищують увагу, спостережливість і готовність дітей до навчання порівняно з аудиторними форматами [5]. Інтерактивні методи, інтегровані в польову практику, дозволяють перетворити абстрактні екологічні поняття на відчутний особистий досвід [6], а поєднання творчих практик із неформальною екоосвітою на базі природно-заповідного фонду відкриває додаткові можливості для глибокого залучення дітей до природничої тематики [7]. Саме ця логіка – від переживання до усвідомлення – лежить в основі запропонованого заходу щодо екопросвіти школярів на базі природоохоронних територій.

Особливої уваги заслуговує проблема збору диких їстівних грибів у лісі. Отруєння населення грибами є далеко не рідкісним явищем, і летальні наслідки та серйозні ускладнення трапляються дуже часто. За даними Centers for Disease Control and Prevention (CDC) – Центр за контролем та профілактикою захворювань (США) у 2016–2018 роках серйозні несприятливі наслідки – серцева аритмія, гостра ниркова недостатність, печінкова недостатність – зафіксовано у 8,6% пацієнтів, які звернулися по медичну допомогу після отруєння грибами, при цьому у дітей віком до 5 років задокументовані випадки печінкової недостатності та стійких неврологічних порушень. Водночас автори дослідження наголошують, що переважна більшість таких випадків є цілком запобіжними за умов належної обізнаності і дорослих, і дітей [8]. Характерно, що найбільш вразливими виявляються діти, які можуть взяти незнайомий гриб із цікавості або наслідуючи дорослим – саме тому формування знань про небезпечні ризики збору грибів у ранньому віці має пряме значення для безпечного використання недревинних ресурсів лісу. Тема збору безпечних грибів стає природним містком між захопливим

дослідженням живої природи і практичними навичками екобезпечної поведінки у лісі, що робить її ідеальною основою для екопросвітницького заходу.

Авторами пропонується методична розробка одноденного екологічного заходу «Грибний Патруль: не всі гриби безпечні!» для дітей 7-10 років, який можна проводити на базі національних природних парків України. Захід реалізується під керівництвом наукового співробітника парку у ролі «Грибного Патрульного» і побудований як єдина ігрова пригода, де кожен етап логічно впливає з попереднього, а знання, отримані на одній локації, стають інструментом для роботи на наступному етапі. Наскрізна ідея – діти є справжніми детективами, які досліджують грибне королівство і вчать захищати себе та рідних від небезпеки для здоров'я – задається з перших хвилин і супроводжує захід до кінця. Формат одного дня не вимагає складної логістики, доступний для широкого кола закладів освіти і при цьому достатній для того, щоб діти отримали досвід і запам'ятали певні правила збору грибів.

Відкриття заходу починається зі знайомства у дружньому колі, де кожна дитина називає своє ім'я та улюблений колір, після чого разом із ведучим учасники вигадують гасло Грибного Патрулю – «Не впевнений – гриб не беру! Залишаю екосистемі!». Гасло не є формальністю – воно повертається у ключових моментах заходу як нагадування і перевірка, і до кінця дня стає для дітей справжнім орієнтиром, а не просто фразою. Науковий співробітник одягає костюм «Грибного Патрульного», і саме цей образ – живий, ігровий, несхожий на шкільний урок, налаштовує дітей на особливий режим уваги з першої хвилини. Роль ведучого у цій програмі принципово відрізняється від ролі вчителя – він не трансліює готові відповіді, а веде дітей до відкриттів, залишаючи простір для запитань і здивування. Саме ця позиція – відкрита, дослідницька – визначає тон усього дня і робить брифінги після кожної локації живим діалогом.

Центральним блоком заходу є п'ять інтерактивних локацій «Подорож у грибне королівство», через які діти проходять малими групами по 5-6 осіб із ротацією кожні 12-15 хвилин. Такий формат забезпечує активну участь кожної дитини і не дозволяє увазі розсіюватися – темп і зміна середовища підтримують залученість протягом усього блоку. Локація «Що за диво ці гриби?» руйнує поширену помилку – діти дізнаються, що гриби не є рослинами, розглядають міцелій у прозорому контейнері і розгадують шараду – «Так чи ні?», відповідаючи на питання на зразок «Чи потрібно грибам сонце?», чи «У грибів є кістки?». Гра побудована так, що дитина не просто чує правильну відповідь, а сама її формулює, саме це робить знання стійким.

Локація «Підзема мережа лісу» розкриває роль грибів в екосистемі через поняття мікоризи – симбіозу грибів і дерев. Науковий співробітник пояснює, що гриби допомагають деревам отримувати воду і поживні речовини з ґрунту, а дерева натомість постачають грибам цукор, цей обмін відбувається невидимо, під землею багато років. Рухлива гра «Передай поживні речовини», де діти у колі передають м'ячик і символічно відтворюють звязки грибів з ґрунтом, лісовою підстилкою, деревом, атмосферним повітрям. Діти залишають локацію з розумінням того, що гриби є не просто прикрасою лісу, а його важливими складовими екосистеми. Наступна локація «Істинні гриби» знайомить з найпоширенішими видами грибів – білим, лисичкою, опеньками, маслятом, підберезником, підосиновиком, а через гру «Знайди гриб» закріплює вміння розпізнавати їх серед інших, пов'язуючи кожен вид із деревами, поруч із якими він росте. Ведучий розповідає не лише про зовнішній вигляд, а й про характеристику кожного гриба – ареали існування, час зростання, особливості контролю якісних показників – і ця жива деталізація надає можливість добре запам'ятовувати.

Четверта локація є смисловим ядром усього заходу – «Небезпечні гриби: червоний сигнал!». Ведучий доступно пояснює, що деякі гриби виглядають привабливо, однак є надзвичайно небезпечними – навіть маленький шматочок може спричинити незворотні ушкодження внутрішніх органів. Діти детально знайомляться через фото-картки з блідою поганкою, червоним мухомором, сатанинським грибом і галериною отруйною, вивчають їхні зовнішні ознаки, типові місця зростання і найпоширеніші помилки при визначенні. Засвоюється правило «Не впевнений – не беру! Залишаю в екосистемі!», після чого діти сортують пластикові моделі грибів на дві групи – «Безпечні» і «Небезпечні». П'ята локація «Грибна перевірка» закріплює всі набуті знання через вікторину з картинками та рухливу гру «Рятуй кошик», де команди змагаються у швидкості та точності розпізнавання грибів, а кожна помилка стає приводом для короткого брифінгу ведучого.

Після перерви на свіжому повітрі діти переходять до творчої частини – створення постера «Небезпечні гриби – не чіпай!». Кожна група малює яскравий попереджувальний плакат із зображеннями отруйних грибів, правилами безпечного збору грибів і власними слоганами. Завдання побудоване так, що дитина мусить не просто відтворити побачене, а переформулювати його у власних словах і образах – і саме при цьому знання закріплюються. Найкращі роботи відзначаються, однак постер є не лише творчим підсумком дня, а й інструментом, який продовжує свою роботу вдома – діти показують його у родині вдома і таким чином самі стають провідниками знань про безпечний збір дарів лісу.

Підсумкова частина розпочинається з вручення кожній дитині набору для вирощування безпечних грибів – глив удома. Ведучий пояснює, що гливи є цілком їстівними грибами, які можна вирощувати у штучних умовах. Набір є ще й живим нагадуванням про захід – щодня доглядаючи за грибами, дитина повертається думками до того, що дізналася в лісі, і ця щоденна взаємодія з живим організмом підтримує зв'язок із темою довго після завершення заходу.

Наприкінці заходу можна провести два міні-конкурси, які закріплюють знання в русі. Вікторина «Їстівний чи отруйний?» буде у формі колективних відповідей при демонстрації картки ведучого. За кожну правильну відповідь команда отримує грибний жетон, а наприкінці жетони обмінюються на призи. Гра «Збери правильний кошик» вимагає від кожної дитини за 30-40 секунд зібрати лише їстівні гриби – якщо потрапив отруйний, кошик «скасовується» і треба починати спочатку. А після гри науковий співробітник обговорює помилки і повертається до головного правила. Ігровий формат конкурсів є принциповим – змагання між командами створює природну мотивацію і діти самі контролюють одне одного, що покращує засвоєння матеріалу.

День завершується фінальним колом, де кожен повідомляє про відкриття. Це не формальна процедура – у відповідях дітей чітко простежується, як протягом кількох годин змінилося їхнє уявлення про ліс. Із простору для прогулянки він перетворюється на складну природну екосистему. Ведучий заходу підкреслює, що кожна дитина тепер є справжнім Грибним Патрульним і несе відповідальність за безпечне використання лісових грибів. Після цього відбувається урочисте вручення сертифікатів «Молодий Грибний Патрульний» – символічний жест, який підкреслює, що дитина отримала не просто інформацію, а нову відповідальність. Кожна дитина забирає додому набір для вирощування грибів, свій постер і пам'ятку «Правила поведінки Грибного Патрульного».

Реалізація запропонованої методичної розробки створює умови для формування у дітей стійких навичок, розуміння ролі грибів в екосистемі та відповідального ставлення до природи. Очікувані ефекти проявляються на когнітивному рівні – засвоєння знань про гриби та їхню роль в екосистемі. На практичному – формування навички розпізнавання безпечних і небезпечних видів грибів. На соціальному – готовність ділитися набутими знаннями з родиною та однолітками. Методична розробка включає детальний опис кожного етапу, перелік обладнання і критерії оцінювання результатів. Вона є відтворюваною, не потребує складної матеріально-технічної бази і може бути реалізована у межах різних природоохоронних територій України чи у закладах шкільної освіти. Гнучкість структури дозволяє адаптувати складність завдань залежно від віку та підготовленості учасників – від дітей першого класу до учнів початкової школи і більш старшого віку. Це робить представлену методичну розробку доступною для широкого впровадження у практику екологічної освіти.

Список використаних джерел

1. Петрук О. М. Антропогенне навантаження на території природно-заповідного фонду: методи оцінки і управління ризиками. Актуальні питання біотехнології, екології та природокористування. Харків : Державний біотехнологічний університет, 2025. С. 245–247. URL: <https://repo.btu.kharkiv.ua/server/api/core/bitstreams/e5e7906c-dba6-4b34-9159-0f0e5d4a6eb6/content>
2. Уварова С. Д. Формування екологічного світогляду школярів на базі об'єктів природно-заповідного фонду. Трансформаційні підходи до сталого розвитку: екологічна освіта, наука та природоохоронні практики для відбудови України : матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, м. Житомир, 22–26 верес. 2025 р. Житомир : Житомирська політехніка, 2025. С. 183-184 URL: <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2025/11/povnyj-tekst.pdf>
3. Мартін А. М. Екологічна освіта в контексті сталого розвитку. Кропивницький: ЦДУ імені В. Винниченка, 2024. С. 336–339. URL: <https://pednauk.cusu.edu.ua/index.php/pednauk/article/download/2127/2131/>
4. Касіянова О. А. Розвиток екологічного мислення учнів у навчально-виховному процесі. *Сучасна освіта та наука: проблеми, перспективи, інновації* : матер. Міжнар. наук.-практ. конференції. Київ : Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова, 2024. С. 181–183. URL: <https://enpuir.npu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/34763/Kasianova.pdf?sequence=1>
5. Warber S. L., DeHudy A. A., Bialko M. F. et al. Addressing “Nature-Deficit Disorder”: A Mixed Methods Pilot Study of Young Adults Attending a Wilderness Camp. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. 2015. Vol. 2015. Article ID 651827. 13 p. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/651827>
6. Nekos A., Bezsonnyi V., Uvarova S., Shabalin A. Environmental education in the digital space: interactive methods for studying nature. *Інформаційні технології у сфері захисту довкілля* : колективна монографія. Львів, 2026. С. 140–147. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/attachments/2026/may/42707/monografiya2026itep.pdf>
7. Nekos A., Cherkashyna N., Uvarova S. Integration of creative practices and digital technologies into non-formal environmental education of schoolchildren based on objects of the nature reserve fund. *Актуальні проблеми формальної і неформальної освіти з моніторингу довкілля та заповідної справи* : зб. тез доповідей V Міжнар.

- інтернет-конференції (м. Харків, 17 квіт. 2026 р.). Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2026. С. 107–109. URL: https://mail.google.com/mail/u/0?ui=2&ik=96c6fe0ace&attid=0.1&permmsgid=msg-f:1864273149001790858&th=19df3a8d3a8cf58a&view=att&disp=inline&realattid=f_mordand50&zw
8. Gold J. A. W., Kiernan E., Yeh M. et al. Health Care Utilization and Outcomes Associated with Accidental Poisonous Mushroom Ingestions – United States, 2016–2018. MMWR Morb Mortal Wkly Rep. 2021. Vol. 70. No. 10. P. 337–341. URL: <https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/70/wr/pdfs/mm7010a1-H.pdf>

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.14

*Alla Nekos,
Vitalii Bezsonnyi,
Sofia Uvarova,*

**GAME-BASED ECO-EVENT AT NATURE PARKS AS A TOOL FOR ENVIRONMENTAL EDUCATION OF
PRIMARY SCHOOL CHILDREN**

The abstract presents an original model of a one-day ecological event for primary school children held at national nature parks of Ukraine, aimed at developing safe behavior skills in the forest and fostering an understanding of the role of fungi in ecosystems. The event is structured as a unified game adventure comprising five interactive stations, a creative segment, and a series of practical competitions, all united by a common theme. The paper substantiates the potential of protected natural areas as spaces for non-formal environmental education of primary school children, and justifies the use of a game-based format as a mechanism for durable knowledge acquisition.

Keywords: environmental education, primary school children, protected natural areas, game-based learning, forest safety.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Алла Некос, д. геогр.н., проф., професор кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи ННІ екології, зеленої енергетики та сталого розвитку. Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків. Україна. E-mail: nekos@karazin.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1852-0234>

Alla Nekos, Dr. Geogr. Sc., Prof., Professor of the Department of Ecological Monitoring and Nature Reserve Management, Educational and Scientific Institute of Ecology, Green Energy and Sustainable Development. V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine. E-mail: nekos@karazin.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1852-0234>

Віталій Безсонний, д-р. техн. н., проф., професор кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи ННІ екології, зеленої енергетики та сталого розвитку. Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків. Україна. E-mail: bezsonnyi@karazin.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8089-7724>

Vitalii Bezsonnyi, Dr. Tech. Sc., Prof., Professor of the Department of Ecological Monitoring and Nature Reserve Management, Educational and Scientific Institute of Ecology, Green Energy and Sustainable Development. V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine. E-mail: bezsonnyi@karazin.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8089-7724>

Софія Уварова, студентка 3 курсу кафедри екологічного моніторингу та заповідної справи ННІ екології, зеленої енергетики та сталого розвитку. Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, м. Харків. Україна. E-mail: sofiia.uvarova@student.karazin.ua, orcid: <https://orcid.org/0009-0007-0384-1074>

Sofia Uvarova, 3rd year student of the Department of Ecological Monitoring and Nature Reserve Management, Educational and Scientific Institute of Ecology, Green Energy and Sustainable Development. V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine. E-mail: sofiia.uvarova@student.karazin.ua, orcid: <https://orcid.org/0009-0007-0384-1074>

ВПЛИВ БАГАТОРІЧНОЇ ДИНАМІКИ КЛІМАТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ НА БІОРІЗНОМАНІТТЯ СТЕПУ: АНАЛІЗ СТАНУ ВРАЗЛИВИХ ВИДІВ

У тезах розглянуто вплив багаторічних змін кліматичних показників на стан біорізноманіття степових екосистем Північного Причорномор'я. Проаналізовано основні тенденції трансформації температурного режиму та атмосферного зволоження, а також оцінено їх значення для вразливих видів рослин. Встановлено, що сучасні кліматичні зміни проявляються через підвищення температури повітря, посилення літнього теплового навантаження, пом'якшення зим та перерозподіл атмосферних опадів між сезонами року. Найбільш вразливими є ранньовесняні види та види, розвиток яких залежить від достатнього весняного зволоження. Отримані результати можуть бути використані для визначення пріоритетних напрямів моніторингу та розроблення заходів зі збереження степового біорізноманіття.

Ключові слова: кліматичні зміни, степові екосистеми, біорізноманіття, вразливі види, атмосферні опади, температурний режим, кліматичний моніторинг.

У XXI столітті зміна клімату є одним із найважливіших чинників трансформації природного середовища. Особливо вразливими до сучасних кліматичних змін є степові екосистеми України, які вже тривалий час перебувають під впливом значного антропогенного навантаження, а саме - фрагментації та ізоляції природних територій і деградації середовищ існування. У таких умовах навіть незначні зміни температурного та водного режимів можуть стати вирішальним чинником, який призведе до суттєвої трансформації видового складу рослинності, структури угруповань та стану окремих популяцій. Отже степова зона України належить до регіонів, де кліматичний фактор має найбільшу вагу, крім того, його зміни проявляються найбільш інтенсивно.

Підвищення температури повітря супроводжується збільшенням тривалості посушливих періодів, зростанням випаровуваності та зміною сезонного розподілу атмосферних опадів. У результаті відбувається трансформація умов функціонування природних екосистем, що негативно позначається на стані рослинного покриву, видовому різноманітті та стійкості природних угруповань. Проблема збереження біорізноманіття в умовах кліматичних змін набуває особливої актуальності для степових територій Північного Причорномор'я значна частина яких розташована в межах Миколаївської області.

Відомо, що біорізноманіття забезпечує стійкість екосистем до зовнішніх впливів та є одним із ключових чинників підтримання екологічної рівноваги. Оскільки сучасні темпи зміни клімату значно перевищують швидкість природних адаптаційних процесів, багато видів змушені змінювати межі своїх ареалів, пристосовуватися до нових умов існування або поступово зникати з окремих територій. Найбільшою загрози зазнають види з вузькою екологічною амплітудою, невеликими популяціями та специфічними вимогами до умов середовища.

Для оцінки сучасних ризиків збереження степового біорізноманіття особливий інтерес становить аналіз багаторічної динаміки кліматичних показників. Саме довгострокові зміни температурного режиму та атмосферного зволоження дозволяють оцінити масштаби трансформації природних умов та прогнозувати можливі наслідки для рослинного і тваринного світу.

Вплив клімату на стан фітобіоти проаналізовано в роботах J. Cabral, F. Jeltsch, W. Thuiller та ін. [1], M. Bakkenes та ін. [2], М. В. Патики і В. П. Патики [4], Я. П. Дідуха [5], І. І. Мойсієнка [6] та інших дослідників. Вони доводять, що сучасні кліматичні зміни спричиняють трансформацію рослинного покриву, зміщення кількості та площі ареалів найбільш вразливих видів, скорочення біорізноманіття та підвищення ризиків для збереження раритетної фітобіоти, особливо в умовах степової зони.

Для оцінки сучасних ризиків збереження степового біорізноманіття особливий інтерес становить аналіз багаторічної динаміки кліматичних показників. Саме довгострокові зміни температурного режиму та атмосферного зволоження дозволяють оцінити масштаби трансформації природних умов та прогнозувати можливі наслідки для рослинного і тваринного світу.

Представлене дослідження базується на аналізі кліматичних даних за період 1946–2025 рр., отриманих з відкритих глобальних та регіональних джерел. Основу складають дані реаналізу ERA5, доступного через Copernicus Climate Data Store [8], а також дані платформи NASA POWER [9], що інтегрує супутникові спостереження та результати атмосферного моделювання. Для геопросторового аналізу та узагальнення розподілу кліматичних показників використано картографічні матеріали Українського гідрометеорологічного інституту [11].

Результати багаторічних кліматичних спостережень свідчать про наявність чітко вираженого тренду до потепління на території степової зони Півдня України. Упродовж останніх десятиліть спостерігається поступове підвищення середньорічної температури повітря, яке охоплює практично всі сезони року. Особливо помітними є зміни зимового та літнього температурних режимів. Зимові температурні мінімуми підвищуються швидше, ніж середньорічні значення, що свідчить про поступове пом'якшення зим (рис. 1). Одночасно спостерігається зростання літніх температурних максимумів та збільшення кількості днів із екстремально високими температурами повітря.

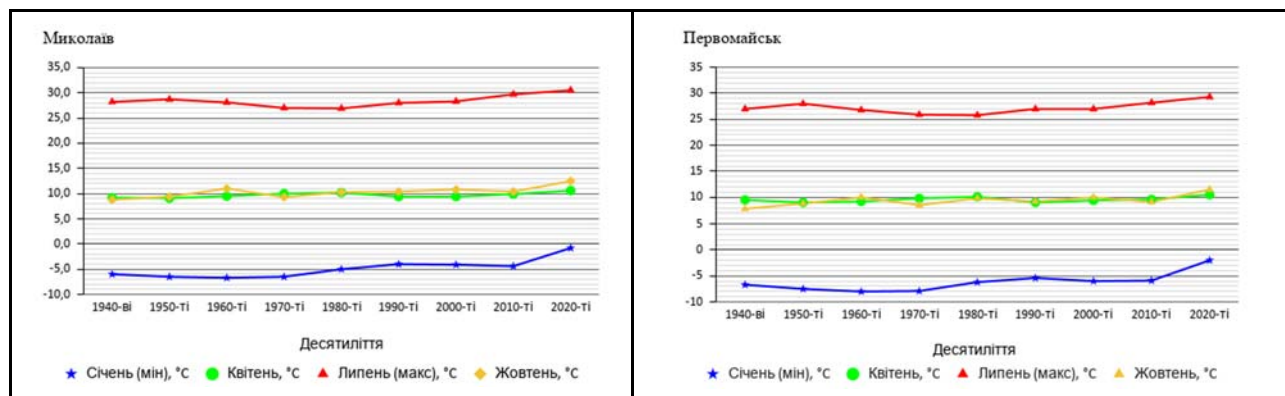


Рис. 1. Декадна динаміка температурних показників у м. Миколаїв і м. Первомайськ.

Підвищення температури у весняний період спричиняє зміщення термінів початку вегетації рослин. Багато видів розпочинають активний розвиток раніше, ніж це було характерно для попередніх десятиліть, що призводить до зростання ризику пошкодження рослин пізніми весняними заморозками. Крім того, прискорення фенологічних процесів часто відбувається за умов недостатнього вологозабезпечення, що додатково посилює стресове навантаження на рослини.

Не менш важливими є зміни осіннього температурного режиму. Підвищення температур восени призводить до подовження теплого періоду року та зміщення термінів завершення вегетації. Для окремих видів це може супроводжуватися порушенням природного річного циклу розвитку та зменшенням стійкості до несприятливих зимових умов. Особливо чутливими до таких змін є види, життєвий цикл яких формувався в умовах чітко вираженої сезонності клімату.

Поряд із температурними змінами важливим чинником трансформації степових екосистем є зміна режиму атмосферних опадів. Аналіз багаторічних спостережень показує, що загальна річна кількість опадів не демонструє чіткої тенденції до зменшення. Проте суттєвих змін зазнає сезонний розподіл атмосферної вологи (рис. 2). Особливо несприятливою є тенденція до зменшення весняного зволоження, коли більшість видів проходить найбільш важливі етапи свого розвитку.

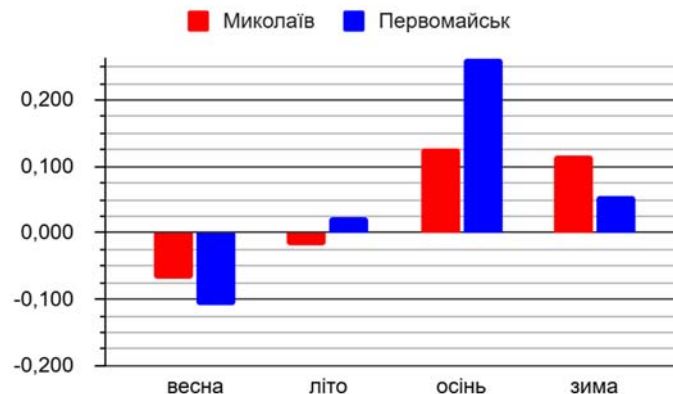


Рис. 2. Зміна кількості опадів по сезонах року.

Весняний період відіграє ключову роль у функціонуванні степових екосистем. Саме в цей час відбувається проростання насіння, формування пагонів, цвітіння та початок генеративного розвитку багатьох видів. Зменшення кількості опадів у поєднанні з підвищенням температури призводить до швидкого висихання верхніх горизонтів ґрунту та скорочення тривалості сприятливих умов для розвитку рослин. Особливо гостро ця проблема проявляється за відсутності стабільного снігового покриву взимку, що останніми роками спостерігається все частіше.

На відміну від весни, в осінній та зимовий періоди спостерігається тенденція до збільшення кількості атмосферних опадів. Однак така зміна сезонного розподілу вологи не компенсує дефіциту води в період активної вегетації. Внаслідок цього формується своєрідна невідповідність між потребами рослин у волозі та фактичними умовами зволоження.

Поєднання високих літніх температур і недостатнього весняного зволоження сприяє посиленню процесів аридизації степових ландшафтів. За таких умов зростає частота ґрунтових посух, погіршується водний режим рослин та зменшується їх репродуктивна успішність. У довгостроковій перспективі це може призводити до поступового скорочення чисельності окремих популяцій і зміни структури рослинних угруповань.

Особливе занепокоєння викликає стан вразливих та рідкісних видів. Саме вони першими реагують на зміни умов середовища через обмежений адаптаційний потенціал та специфічні екологічні вимоги. Для більшості таких видів критичними чинниками є дефіцит весняної вологи, тривалі літні посухи, перегрівання ґрунту та порушення звичного сезонного ритму розвитку.

Найбільш вразливу групу формують ранньовесняні види. До цієї групи належать види, життєвий цикл яких значною мірою залежить від ранньовесняного зволоження, помірного температурного режиму та стабільності сезонного ходу погоди. Насамперед це півники понтичні (*Iris pontica*), тюльпан бузький (*Tulipa hypanica*), тюльпан Шренка (*Tulipa schrenkii*), брандушка різнокольорова (*Bulbocodium versicolor*), а також шоломниця весняна (*Scutellaria verna*) і зморшок степовий (*Morchella stepicola*).

До другої групи увійшли види з високою чутливістю до весняно-літніх посух. Це степові та петрофітні види, які загалом є адаптованими до умов недостатнього зволоження, однак залишаються чутливими до тривалих або екстремальних посух у весняно-літній період, особливо в фазах активного росту та цвітіння. До цієї групи належать астрагал Геннінга (*Astragalus henningii*), астрагал одеський (*Astragalus odessanus*), астрагал понтійський (*Astragalus ponticus*), астрагал шерстистоквітковий (*Astragalus dasyanthus*), зіновать гранітна (*Chamaecytisus graniticus*), карагана скіфська (*Caragana scythica*), пустельниця головчаста (*Eremogone cephalotes*) та нирії ковилолистуї (*Elytrigia stipifolia*).

Види, чутливі до порушення сезонного ритму розвитку та специфічно вразливі види, пов'язані з вологістю субстрату сформували третю групу. Для них ризик пов'язаний не лише з дефіцитом вологи або перегрівом, а й із порушенням звичного річного ритму розвитку під впливом м'яких зим і зміщення термінів настання теплих періодів. Крім того вони можуть бути адаптовані до сухих степових умов, але вразливі до посилення кліматичних екстремумів. Найбільш показовими в цьому відношенні є ковила найкрасивіша (*Stipa pulcherrima*), ковила вузьколиста (*Stipa tirsia* Steven), ковила шорстка (*Stipa asperella* Klokov et Ossycz).

Кліматичні зміни впливають не лише на окремі види, а й на всю структуру степових екосистем. Поступове скорочення чисельності вразливих видів призводить до спрощення видового складу угруповань, зменшення функціонального різноманіття та зниження стійкості екосистем до зовнішніх впливів. Одночасно зростає ймовірність поширення видів, краще пристосованих до посушливих умов, у тому числі інвазійних рослин.

У зв'язку з цим проблема збереження біорізноманіття потребує впровадження комплексу адаптаційних заходів. Насамперед необхідним є посилення моніторингу стану природних екосистем та популяцій вразливих видів. Особливу увагу слід приділяти територіям природно-заповідного фонду, які виконують роль основних осередків збереження природного біорізноманіття степової зони.

Важливим напрямом є також удосконалення системи управління природоохоронними територіями з урахуванням прогнозованих кліматичних змін. Планування природоохоронних заходів повинно враховувати можливі зміни температурного режиму, водного балансу територій та екологічних потреб вразливих видів. Значну роль можуть відігравати заходи, спрямовані на відновлення природних оселищ, збереження екологічної зв'язності ландшафтів та підвищення стійкості природних екосистем.

Таким чином, сучасні кліматичні зміни стають одним із визначальних чинників трансформації степових екосистем України. Підвищення температури повітря, посилення посушливості та зміна режиму атмосферних опадів формують нові виклики для збереження біорізноманіття. У цих умовах пріоритетним завданням природоохоронної діяльності стає розроблення та впровадження адаптаційних заходів, спрямованих на їх збереження.

Список використаних джерел

1. Cabral, J., Jeltsch, F., Thuiller, W. et al. (2012). Impacts of past habitat loss and future climate change on the range dynamics of South African Proteaceae. *Diversity and Distributions*.
2. Bakkenes, M., Alkemade, J.R.M., Ihle, F., Leemans, R., & Latour, J.B. (2002). Assessing effects of forecasted climate change on the diversity and distribution of European higher plants for 2050. *Global Change Biology*, 8(4), (pp. 390–407).
3. Overall Climate Change Impact Assessment for Ukraine (2024). Ukrainian Climate Office. Kyiv. Retrieved.
4. Patyka, M.V., & Patyka, V.P. (2014). Suchasni problemy bioriznomanitnosti i zminy klimatu [Current problems of biodiversity and climate change]. *Visnyk aharnoi nauky – Bulletin of Agricultural Science*, 6, (pp. 5–10). [in Ukrainian].
5. Didukh, Ya.P. (2009). Ekologichni aspekty hlobalnykh zmin klimatu: prychyny, naslidky, dii [Ecological aspects of global climate change: causes, consequences, actions]. *Visnyk Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy – Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine*, 2, (pp. 34–44). Retrieved from: http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnanu_2009_2_12 [in Ukrainian].
6. Moisiienko, I.I. (2007). Zmina flory ta roslynosti pivdnia Ukrainy u zviazku z opusteliuvanniam [Changes in the flora and vegetation of southern Ukraine associated with desertification]. *Materialy seminaru shchodo zatverdzhennia Natsionalnoi dopovidi pro vprovadzhennia v Ukraini Konventsii OON pro borotbu z opusteliuvanniam* (Kyiv, November 20–22, 2007), (pp. 70–74). Kyiv: Fitosotsiotsentr [in Ukrainian].
7. Lialko, V.I., Yelistratova, L.O., & Apostolov, O.A. (2014). Vykorystannia danykh nazemnoho ta kosmichnoho monitorynhu dlia analizu suchasnykh zmin klimatu v Ukraini [Use of ground-based and satellite monitoring data for analysis of contemporary climate changes in Ukraine]. *Ukrainskyi zhurnal dystantsiinoho zonduvannia Zemli – Ukrainian Journal of Remote Sensing*, 1, (pp. 20–24). [in Ukrainian].
8. ERA5 monthly averaged data on single levels. Copernicus Climate Data Store (CDS). Retrieved from: <https://cds.climate.copernicus.eu/>.
9. NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources (POWER): Data Access Viewer. Retrieved from: <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/> (accessed 29 January 2026).
10. Ukrainskyi hidrometeorologichnyi instytut. Kartohrafichni materialy klimatychnykh danykh Ukrainy [Cartographic materials of climate data of Ukraine]. [in Ukrainian].
11. Patrusheva, L., Vozian, A., & Uchen, T. (2025). Temperaturna dynamika yak chynnyk transformatsii pryrodnykh landshaftiv Prychornomorskoho stepu [Temperature dynamics as a factor in the transformation of natural landscapes of the Black Sea steppe]. *Step: dosvid zberezhenia: zbirnyk materialiv II naukovo-praktychnoho seminaru* (May 30, 2025), (pp. 76–79). Chernivtsi: Druk Art. [in Ukrainian].
12. Patrusheva, L., Niepicina, H., & Uchen, T. (2025). Analysis of the Dynamics of Atmospheric Air Temperature in Mykolaiv. *Proceedings of the International Conference «European Green Dimensions: Fundamental, Applied, and Industrial Aspects»*, June 5–7, 2025, Mykolaiv. Mykolaiv: PMBSNU, p. 71.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.15

Larysa Patrusheva

IMPACT OF LONG-TERM CLIMATE DYNAMICS ON STEPPE BIODIVERSITY: ANALYSIS OF THE STATUS OF VULNERABLE SPECIES

The thesis examines the impact of long-term changes in climatic indicators on the biodiversity of steppe ecosystems in the Northern Black Sea region. The main trends in the transformation of temperature and precipitation regimes are analyzed, and their significance for vulnerable plant species is assessed. The study reveals that contemporary climate change is manifested through increasing air temperatures, intensified summer heat stress, milder winters, and a redistribution of atmospheric precipitation among seasons. Early spring species and species whose development depends on sufficient spring moisture were identified as the most vulnerable to these changes. The obtained results can be used to determine priority areas for environmental monitoring and to develop conservation measures aimed at preserving steppe biodiversity under ongoing climate change.

Key words: climate change, steppe ecosystems, biodiversity, vulnerable species, atmospheric precipitation, temperature regime, climate monitoring.

Відомості про автора / Information about the Author

Лариса Патрушева, кандидат географічних наук, доцент кафедри екології Чорноморського національного університету ім. Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: lpatruseva2@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1269-8161>

Larysa Patrusheva, PhD in Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ecology, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: lpatruseva2@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1269-8161>

© Л. Патрушева

Стаття отримана редакцією 26.05.2026.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.16

Людмила Райчук,
Ірина Швиденко

РАДІОЕКОЛОГІЧНЕ ЗОНУВАННЯ АГРОЛАНДШАФТІВ ЯК СКЛАДОВА СИСТЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ РИЗИКІВ

У роботі обґрунтовано підходи до радіоекологічного зонування агроландшафтів як складової системи комплексної екологічної оцінки ризиків в умовах воєнних дій та багатофакторної екологічної кризи. Встановлено, що сучасні виклики, пов'язані з деградацією агроландшафтів, порушенням структури землекористування, потенційним пошкодженням екологічно небезпечних об'єктів та довготривалими наслідками радіоактивного забруднення, потребують створення інтегрованих систем просторового моніторингу та оцінювання екологічної стійкості територій. Запропонований метод радіоекологічно-ландшафтного картування базується на інтеграції природно-ресурсних, господарських та радіоекологічних показників у середовищі ГІС із використанням відкритих геопросторових даних. Основою методики є комплексний показник радіоекологічної критичності територій RC, який враховує гідрографічні умови, морфологію рельєфу, інтенсивність акумуляції стоку, ґрунтовий та наземний покрив, рівень забруднення ^{137}Cs , ступінь експлуатації ландшафтів та дозове навантаження на населення. Показано, що застосування інтегральних показників у поєднанні з ГІС- та ДЗЗ-технологіями створює основу для формування рамкової системи показників екологічної стійкості агроландшафтів, підтримки адаптивного землекористування та ухвалення управлінських рішень щодо реабілітації територій.

Ключові слова: агроландшафти, радіоекологічне зонування, екологічна стійкість, екологічні ризики, ГІС, дистанційне зондування, ^{137}Cs , інтегральний показник, моніторинг, воєнні дії.

Сучасний етап розвитку агроландшафтів України характеризується посиленням комплексних екологічних ризиків, спричинених одночасним впливом воєнних дій, деградаційних процесів, трансформації землекористування та довготривалих наслідків радіоактивного забруднення. Особливої актуальності набуває формування систем комплексної оцінки та моніторингу агроландшафтів, які б забезпечували просторову ідентифікацію екологічних стресорів, визначення вразливостей екосистем та підтримку прийняття управлінських рішень у межах концепції екологічної стійкості.

Радіоекологічне зонування агроландшафтів у цьому контексті слід розглядати як складову рамкової системи екологічної оцінки ризиків, що поєднує підходи радіоекології, ландшафтно-екології, геоінформаційного моделювання та просторового аналізу. На відміну від традиційного картографування радіоактивного забруднення, сучасний підхід передбачає інтеграцію даних про природні умови, особливості землекористування, структуру екосистем, міграцію радіонуклідів та фактичний вплив на населення.

В умовах воєнних дій потреба у створенні адаптивних систем моніторингу агроландшафтів значно зростає. Воєнні ризики включають порушення структури ґрунтового покриву, деградацію меліоративних систем, забруднення територій продуктами горіння, важкими металами та радіонуклідами, а також зміну гідрологічного режиму територій. У сукупності це формує нові екологічні стресори, які повинні враховуватися при оцінці екологічної стійкості агроландшафтів.

Метою дослідження є обґрунтування методологічних підходів до радіоекологічного зонування агроландшафтів як елемента системи екологічної оцінки ризиків та рамкової системи показників екологічної стійкості територій.

Основою запропонованого підходу є метод комплексного радіоекологічно-ландшафтного картування, який реалізується через інтеграцію тематичних просторових шарів у середовищі QGIS [5]. Метод передбачає використання відкритих геопросторових ресурсів, супутникових даних та результатів локальних радіоекологічних досліджень. Концептуально система оцінювання базується на поєднанні трьох блоків

показників: природно-ресурсного потенціалу території, господарського використання земель та даних радіоекологічного моніторингу [4].

До блоку природно-ресурсного потенціалу включено показники гідрографічних умов, морфології рельєфу, інтенсивності акумуляції стоку та переважаючого ґрунтового покриття. Включення саме цих показників пов'язане з їх визначальною роллю у процесах міграції та акумуляції радіонуклідів. Гідрографічні умови впливають на напрямок перенесення радіоактивних речовин, рельєф визначає локалізацію зон накопичення, а тип ґрунтів обумовлює коефіцієнти переходу ^{137}Cs у рослини.

До блоку господарського використання території включено наземний покрив та рівень експлуатації ландшафтів. Такий підхід дозволяє враховувати специфіку функціонування агроєкосистем, інтенсивність антропогенного навантаження та різну здатність екосистем до накопичення радіонуклідів.

Третій блок охоплює безпосередньо радіоекологічні показники – рівень забруднення території ^{137}Cs та дозове навантаження на населення. Використання дозового навантаження як інтегрального показника дозволяє враховувати не лише фізичний рівень забруднення, а й особливості структури землекористування, тип харчування населення та інтенсивність використання природних ресурсів.

У межах дослідження розроблено комплексний показник радіоекологічної критичності території RC, який інтегрує сукупність природних, господарських та радіоекологічних факторів (табл.1). Для кожного показника визначено відповідні коефіцієнти та градації, адаптовані до умов Українського Полісся [2].

Таблиця 1

Основні складові інтегрального показника радіоекологічної критичності території RC

Блок показників	Показник	Позначення
Природно-ресурсний потенціал	Гідрографічні умови	Rd
	Морфологія рельєфу	Sl
	Інтенсивність акумуляції стоку	Ra
	Переважаючий ґрунтовий покрив	So
Господарське використання	Наземний покрив	Pt
	Рівень експлуатації ландшафту	Pc
Радіоекологічний моніторинг	Забруднення території ^{137}Cs	Sc
	Дозове навантаження	D

Джерело: сформовано авторами за результатами дослідження

Інтегральний показник RC використовується для визначення рівня радіоекологічної критичності агроландшафтів та їх подальшого зонування. Просторове моделювання здійснюється у форматі сіткової структури з подальшим розрахунком значень у Raster Calculator. Нормалізація даних до єдиної просторової роздільної здатності дозволяє інтегрувати різномірні джерела інформації у єдину систему.

Для формування тематичних шарів використовувалися відкриті геопросторові джерела даних. Зокрема, гідрографічні умови визначалися за матеріалами OpenStreetMap [7], морфологія рельєфу – за цифровими моделями рельєфу SRTM [10], наземний покрив – за даними The Copernicus Global Land Service [11], а рівні забруднення ^{137}Cs – за матеріалами Національного атласу України [6] та результатами радіоекологічного моніторингу (загальнодозиметрична паспортизація) [1] (табл. 2).

Важливою перевагою запропонованого підходу є можливість використання відкритих даних та безкоштовного програмного забезпечення. Це дозволяє значно знизити ресурсомісткість досліджень та забезпечити можливість оперативного оновлення інформації в умовах швидких змін екологічної ситуації.

Таблиця 2

Основні джерела геопросторових даних для GIS-картування

Назва шару	Джерело даних
Гідрографічні умови	OpenStreetMap [7]
Морфологія рельєфу	SRTM [10]
Наземний покрив	The Copernicus Global Land Service [11]
Ґрунтовий покрив	Публічна кадастрова карта України [3]
Забруднення ^{137}Cs	Національний атлас України [6]
Дозове навантаження	Загальнодозиметрична паспортизація [1]

Джерело: сформовано авторами за результатами дослідження

Практична апробація методу здійснювалася на території Народицької селищної територіальної громади Житомирської області, яка є одним із найбільш показових регіонів щодо прояву довготривалих наслідків аварії на ЧАЕС (рис. 1). Результати картографування показали значну просторову неоднорідність радіоекологічної критичності агроландшафтів навіть у межах окремих локальних територій [8, 9].

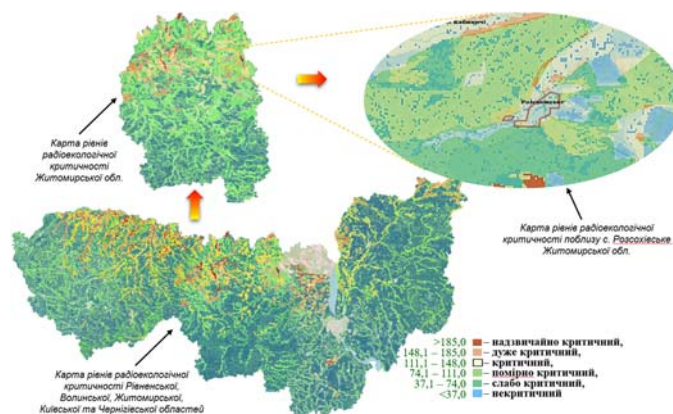


Рис. 1. Схема інтегрованого радіоекологічно-ландшафтного картування агроландшафтів
Джерело: сформовано авторами за результатами дослідження

У межах дослідження встановлено, що найбільш критичні території приурочені до водно-болотних комплексів, торфово-болотних ґрунтів та лісових екосистем із високою здатністю до накопичення радіонуклідів. Натомість агроландшафти з інтенсивним обробітком ґрунту, проведенням агрохімічних заходів та мінеральним удобренням характеризуються нижчим рівнем критичності [8, 9].

Виявлено, що поєднання GIS-технологій, дистанційного зондування та інтегральних показників створює основу для формування рамкової системи показників екологічної стійкості агроландшафтів. Такий підхід дозволяє:

- здійснювати просторову ідентифікацію екологічних ризиків;
- визначати екологічно вразливі території;
- підтримувати адаптивне землекористування;
- обґрунтовувати пріоритетність ремедіаційних заходів;
- здійснювати довгостроковий моніторинг стану агроландшафтів.

Особливого значення радіоекологічне зонування набуває в умовах воєнних дій, коли виникає необхідність швидкої оцінки ризиків для агровиробництва та населення. Просторові моделі дозволяють оперативно оцінювати потенційні наслідки пошкодження екологічно небезпечних об'єктів, деградації земель та трансформації екосистем. Водночас використання відкритих супутникових даних забезпечує можливість регулярного оновлення інформації без проведення масштабних польових робіт.

Запропонований підхід відповідає сучасним міжнародним тенденціям розвитку систем екологічного моніторингу, орієнтованих на інтеграцію GIS, ДЗЗ та фреймворки оцінки ризиків. Поєднання вітчизняного досвіду радіоекологічних досліджень із сучасними геоінформаційними технологіями створює основу для формування універсальної системи оцінки екологічної стійкості агроландшафтів.

Розроблений метод може бути адаптований не лише для оцінки радіоактивного забруднення, а й для інших типів антропогенного впливу, включаючи хімічне, органічне та техногенне забруднення. Це особливо важливо в умовах сучасної комплексної екологічної кризи, коли території одночасно зазнають впливу кількох екологічних стресорів.

Висновки. Радіоекологічне зонування агроландшафтів є важливою складовою системи екологічної оцінки ризиків та формування рамкової системи показників екологічної стійкості територій. Розроблений метод комплексного радіоекологічно-ландшафтного картування поєднує природні, антропогенні та радіоекологічні фактори у межах єдиної GIS-орієнтованої системи. Використання інтегрального показника радіоекологічної критичності RC дозволяє здійснювати просторове оцінювання вразливості агроландшафтів, визначати пріоритетні території для ремедіаційних заходів та підтримувати адаптивне управління землекористуванням. Поєднання відкритих геоданих, дистанційного зондування та геоінформаційного моделювання створює науково обґрунтовану основу для довгострокового моніторингу агроландшафтів України в умовах воєнних дій та комплексної екологічної кризи.

Список використаних джерел

1. Ліхтарьов І.А., Ковган Л.М., Василенко В.В. та ін. Загальнодозиметрична паспортизація та результати ЛБЛ-моніторингу в населених пунктах України, які зазнали радіоактивного забруднення після Чорнобильської катастрофи: дані за 2011 р., збірка 14. Київ : ДУ «ННЦПМ НАМН України», 2012. 100 с. URL: <https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/Public/52/022/52022270.pdf>
2. Методичні рекомендації з просторового аналізу та радіоекологічно-ландшафтного картування радіоактивно забруднених земель Українського Полісся / Т.Л. Кучма, Л.А. Райчук, І.К. Швиденко, Г.М. Чоботько, Н.А. Барановська, М.С. Уманський. Київ : НУБіП України, 2025. 31 с. ISBN 978-617-8598-43-3. DOI: <https://doi.org/10.32782/978-617-8598-43-3>
3. Публічна кадастрова карта України. Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру. 2022. URL: <https://map.land.gov.ua/>
4. Швиденко І.К., Кучма Т.Л., Райчук Л.А., Чоботько Г.М., Макдональд І.М., Барановська Н.А. Комплексний показник радіоекологічної критичності територій Українського Полісся: методика оцінки та картографування. *Агроекологічний журнал*. 2025. № 2. С. 44–54. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2025.333821>
5. Швиденко І.К., Кучма Т.Л., Райчук Л.А., Чоботько Г.М. Радіоекологічно-ландшафтне комплексне районування Українського Полісся як основа повоєнного відродження регіону. *Вісник аграрної науки*. 2025. № 11. С. 71–80. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202511-07>
6. Atlas. Ukraine. Radioactive contamination. URL: <https://radatlas.isgeo.com.ua/>
7. OpenStreetMap. 2023. URL: <https://www.openstreetmap.org/>
8. Raichuk L., Kuchma T., Shvydenko I., Chobotko H., McDonald I. GIS modeling of radioecological criticality in Ukrainian Polissia: a foundation for sustainable regional planning. *EQA – International Journal of Environmental Quality*. 2025. Vol. 70. P. 76–86. DOI: <https://doi.org/10.6092/issn.2281-4485/21903>
9. Raichuk L., McDonald I. Optimization of land use systems for radioactively contaminated territories of Ukrainian Polissya: theoretical and practical approaches. *Збалансоване природокористування*. 2025. № 3. С. 78–85. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.3.2025.342525>
10. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). 2023. URL: <https://cospso.nasa.gov/missions/shuttle-radar-topography-mission>
11. VITO. The Copernicus Global Land Service – CGLS. 2015. URL: <https://land.copernicus.eu/en/products/global-dynamic-land-cover>

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.16

**Liudmyla Raichuk,
Iryna Shvydenko**

RADIOECOLOGICAL ZONING OF AGROLANDSCAPES AS A COMPONENT OF THE ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT SYSTEM

The study substantiates approaches to radioecological zoning of agrolandscapes as a component of the integrated environmental risk assessment system under conditions of armed conflict and a multi-factor ecological crisis. It is established that contemporary challenges associated with agrolandscape degradation, disruption of land use structure, potential damage to environmentally hazardous facilities, and the long-term consequences of radioactive contamination necessitate the development of integrated spatial monitoring systems and territorial ecological resilience assessment frameworks. The proposed method of radioecological-landscape mapping is based on the integration of natural-resource, economic, and radioecological indicators within a GIS environment using open geospatial data. The methodological foundation is the composite radioecological criticality index RC, which accounts for hydrographic conditions, relief morphology, runoff accumulation intensity, soil and land cover, ¹³⁷Cs contamination levels, landscape exploitation intensity, and radiation dose burden on the population. It is demonstrated that the application of integral indicators in combination with GIS and remote sensing technologies provides a basis for developing a framework system of ecological resilience indicators for agrolandscapes, supporting adaptive land use management, and informing decision-making regarding territorial rehabilitation

Key words: *agrolandscapes, radioecological zoning, ecological resilience, environmental risks, GIS, remote sensing, ¹³⁷Cs, integral indicator, monitoring, armed conflict.*

Відомості про авторів / Information about the Authors

Людмила Райчук, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, завідувачка відділу радіоекології та дистанційного зондування ландшафтів Інституту агроекології і природокористування НААН, м. Київ, Україна. E-mail: edelvice@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2552-4578>.

Liudmyla Raichuk, Candidate of Agricultural Sciences (PhD), Senior Researcher, Head of the Department of Radioecology and Remote Sensing of Landscapes of the Institute of Agroecology and Environmental Management of the NAAS, Kyiv, Ukraine. E-mail: edelvice@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2552-4578>.

Ірина Швиденко, кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник, завідувачка лабораторії радіоекології аграрних і лісових екосистем відділу радіоекології та дистанційного зондування ландшафтів Інституту агроекології і природокористування НААН, м. Київ, Україна. E-mail: favor09@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6135-8968>.

Iryna Shvydenko, Candidate of Agricultural Sciences (PhD), Senior Researcher, Head of the Laboratory of Radioecology of Agrarian and Forest Ecosystems of the Department of Radioecology and Remote Sensing of Landscapes of the Institute of Agroecology and Environmental Management of the NAAS, Kyiv, Ukraine. E-mail: shvidenko_ira@ukr.net, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6135-8968>.

ОСОБЛИВОСТІ БЕЗПЕКИ ДОВКІЛЛЯ В ПРИЧОРНОМОРСЬКОМУ РЕГІОНІ В УМОВАХ ВІЙСЬКОВИХ ВИКЛИКІВ

Тези представляють теоретико-методологічний аналіз екологічної безпеки регіону в період широкомасштабних військових дій. Розкривається значення екологічної безпеки як в об'єктивному, так і в суб'єктивному аспектах. Наголошується, що екологічна безпека виявляється у локальних, регіональних і глобальних масштабах як екологічні лиха, кризи і катастрофи. Наводяться приклади екоциду у Причорноморському регіоні, особливо це стосується акваторії Чорного моря, рослинності та територій заповідників та заказників, смертей, полювання та вивозу рідкісних тварин на територію країни-агресора. Наголошується, що природне середовище виступає особливим видом безпеки і в сучасних умовах знаходиться під загрозою людської діяльності і держав-агресорів, що викликає актуалізацію встановлення міжнародної екологічної безпеки. Адже агресія засвідчила, що закони мирного часу під час збройного конфлікту не працюють, але ні в екологічне законодавство нашої держави, ні в міжнародно-правові документи щодо екологічної безпеки та охорони природних ресурсів не були внесені дієві конкретні механізми, які б зменшували негативний мілітаристський вплив на довкілля.

Ключові слова: довкілля, природне середовище, природні ресурси, екологічна безпека, екологічне лихо, екологічно небезпечна ситуація, екоцид, державна екологічна політика.

Однією з ключових ознак цивілізованої держави є забезпечення екологічної безпеки країни, оскільки саме вона є одним з найбільш важливих компонентів національної безпеки, визначає ступінь захищеності людини, суспільства, держави, і є таким станом навколишнього природного середовища, який забезпечує запобігання погіршенню екологічної обстановки і виникненню небезпеки для життя і здоров'я людей. Так, у ст.50 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», що був прийнятий у 1991 році поняття «екологічна безпека» визначається, як певний стан навколишнього природного середовища, при якому забезпечується попередження погіршення екологічної обстановки та виникнення небезпеки для здоров'я людей [1]. Як неодноразово зауважували вчені, правознавці, екологи існуюче визначення є недостатнім, бо окрім здоров'я людини, не визначає інших важливих ознак екологічної безпеки, насамперед погіршення стану компонентів природи та зниження або втрати їх якісних характеристик або повну руйнацію природних комплексів без можливості відновлення. Також у ст. 50 задекларовано, що «екологічна безпека гарантується громадянам України здійсненням широкого комплексу взаємопов'язаних політичних, економічних, технічних, організаційних, державно-правових та інших заходів» [1], але під час військових дій цей тезис є проблематичним. Наприклад, як держава могла гарантувати екологічну безпеку на всіх можливих рівнях при підриві ворогом дамби Каховської ГЕС? Адже цей акт вандалізму призвів до численних людських жертв, серйозних екологічних наслідків та вплинув на безпеку Запорізької атомної електростанції. Тож існує нагальна потреба у вдосконаленні і доопрацюванні поняття національної екологічної безпеки.

У теорії екологічного права екологічну безпеку як правову категорію розглядають у суб'єктивному й об'єктивному аспектах. По-перше, як право громадян, що тісно пов'язане з правом на безпечне для їхнього життя і здоров'я довкілля (суб'єктивний підхід). По-друге, як об'єктивно існуючу систему правового забезпечення екологічної безпеки (сукупність норм і приписів, яка регламентує природокористування й природоохоронну діяльність, а також природоохоронну превенцію) [2, с.77]. Звичайно, що вона залежить від наявності та структури природних ресурсів та геополітичних чинників, які свідчать про наявність мілітаризованих викликів в Україні впродовж останніх 11 років, а також значного погіршення екологічної складової в Причорноморському регіоні з 2022 р. через військові дії, замінування території, пожежі, знищення або значне пошкодження місць проживання рідкісних видів рослин і тварин, занесених до Червоної книги України та Європейського червоного списку тощо.

Так, збитки довікллю у Причорноморському регіоні лише за перший рік повномасштабної агресії РФ вже оцінюються в майже 305 мільярдів гривень. Ця сума враховує лише втрати, зафіксовані на території Одеської, Херсонської та Миколаївської областей, щодо Криму, попереду ще значна робота з оцінки екологічних наслідків[3].

Доцільно зауважити, що стан екологічної безпеки характеризується недопущенням або попередженням локальних, регіональних і глобальних проявів наступних несприятливих екологічних ситуацій, а саме: екологічні лиха, кризи і катастрофи. Отже, *екологічним лихом* можна вважати аномальну екологічну ситуацію, яка склалася у навколишньому середовищі на визначеній території (акваторії) у наслідок виникнення стихійних лих і антропогенного впливу на процеси природи, системи, що призвела до остаточних змін у навколишньому середовищі і порушенню нормальних умов життєдіяльності[4].

Тож серйозні проблеми, які виражаються в забрудненні повітря, води та ґрунту, зниженні лісистості та біорізноманіття, а також в утилізації відходів підпадають під визначення екологічного лиха.

Екологічна криза (від грец. krisis – рішення, поворотний пункт, результат) – порушення життєво-важливих параметрів функціонування екологічної системи, яке може призвести до катастрофічного стану – руйнації системи. Екологічна криза – ситуація, що виникає в екологічних системах (біогеоценозах) в результаті порушення рівноваги під впливом стихійних природних явищ (повеней, виверження вулканів, посухи, землетрусів тощо) або в результаті впливу антропогенних факторів (забруднення атмосфери, гідросфери, ґрунтів, руйнування природних екосистем, лісові пожежі, регулювання річок, вирубка лісів тощо). Це – напружені взаємовідносини між людиною та природою, що характеризується невідповідністю продуктивних сил і виробничих відносин з однієї сторони і ресурсно-екологічними можливостями біосфери – з другої, та характеризують важкий перехідний стан екологічних систем в цілому[4].

Екологічна катастрофа - надзвичайно швидка і тому небезпечна деструкційна/незворотня зміна умов навколишнього середовища глобального чи локального масштабу, яка пов'язана з нанесенням величезної шкоди навколишньому середовищу, загибеллю рослин, тварин і людей[4].

Таким чином, можна стверджувати, що екологічному лиху, екологічній кризі та екологічній катастрофі притаманні наступні характеристики:

1. завдання шкоди якісним та кількісним показникам довкілля, що може призвести до їх руйнації або гибелі;
2. наявність негативних змін загрожує нормальній життєдіяльності людини;
3. носять локальне, регіональне або глобальне розповсюдження;
4. пов'язані з наявністю природних стихійних та антропогенних факторів тощо.

Отже, попередження, недопущення або ліквідація можливих проявів негативних екологічних ситуацій - це основний спосіб розв'язання екологічних проблем, що гарантує суспільству розвиток у біосферосумісній, природоохоронній формі.

Доцільно навести приклади воєнних екологічних злочинів, що зафіксовані у областях Причорноморського регіону. По-перше, це значні пожежі, що охоплюють території існуючих заповідників. Так, у Херсонській області: це «Асканія-Нова» (втрачені занесені до Червоної книги рослини — насамперед ковила українська і ковила волосиста. На додачу, під час гасіння пожеж 1 вересня 2023 р. росіяни проорали цілинний степ у заповіднику, пошкодивши ґрунти); національний природний парк «Джарилгаський», де лише у 2023 р. згоріло понад 1,5 тис. га заповідних територій (червонокнижні орхідеї, меч-трава та інші цінні рослини), завдано шкоди й фауні – постраждали та тікали на інші території олені, лані, лисиці та сірі зайці. Шкода від цієї пожежі для парку оцінюється у понад 102 мільярди грн.. Тут слід наголосити, що крім досвіду привласнення та нищення української екомережі в Криму, ці дві перлини материкової частини заповідної України також було внесено в єдиний державний реєстр юридичних осіб РФ, дозволивши рибальство та полювання, лісозаготівлю, видобуток глини, солі, нафти й природного газу тощо. На Миколаївщині від пожеж через дії російської армії регулярно страждає Кінбурнська коса, розташована на території національного природного парку «Білобережжя Святослава», знищено понад 6 тис. га. В Одеській області міжнародні та вітчизняні дослідники фіксують жакхливий вплив бойових дій та ракетних ударів на екосистеми НПП «Тузлівські лимани» та ареали проживання рідкісних птахів, таких як фламінго[5, 6].

По-друге: катастрофічно забруднені акваторії, масова загибель морських ссавців і птахів. Так, удари по портовій інфраструктурі (зокрема, в Чорноморську) призвели до потрапляння в акваторію тисяч тонн соняшникової олії. У воді вона полімеризується, перетворюючись на важку субстанцію, яка губить рідкісних морських коників та призводить до загибелі тисяч птахів, оскільки пір'я злипається і його неможливо очистити. Через акустичні та вибухові дії ворожих кораблів та підводних човнів, а також через забруднення нафтопродуктами, спостерігається масова загибель чорноморських китоподібних (дельфінів), що підтверджено

міжнародними експертизами. [7]. Крім того, багато пляжів є непридатними до експлуатацію через можливу наявність нерозірваних снарядів та замінування.

В третіх, наслідки підриву Каховської ГЕС: найбільш постраждали від залпового викиду сміття, токсичних речовин та руйнування екосистеми узбережжя Одеської області, що на тривалий час заборонило купання та вилов риби. Всі наведені приклади руйнації компонентів природи внаслідок широкомасштабних дій РФ підпадають під поняття екоцид. У більшості країн світу екоцид позиціонується як різновид військового злочину, причому сам термін «екоцид» не вживається. Наприклад, згідно зі ст. 104 Кримінального кодексу Естонії, встановлена відповідальність за «свідомий вплив на навколишнє середовище в якості методу ведення війни, якщо це спричинило загрози великої шкоди

навколишньому середовищу»[8, с.515].

Відповідно до ст. 16 Конституції України забезпечення екологічної безпеки і дотримання екологічної рівноваги на території України є обов'язком держави[19]. Відповідальність за найбільш соціально небезпечні діяння в сфері екології встановлена Кримінальним кодексом України (далі – КК України). Так, у ньому екологічними злочинами визначаються передбачені кримінальним законом суспільно небезпечні діяння, які посягають на навколишнє природне середовище чи його окремі сфери (повітря, землю, надра, води тощо). На думку фахівців, найбільш тяжким та серйозним екологічним злочином є саме екоцид, відповідальність за який визначена ст. 441 КК України. Так, саме за цією статтею – екоцид – це масове знищення рослинного або тваринного світу, отруєння атмосфери або водних ресурсів, а також вчинення інших дій, що можуть спричинити екологічну катастрофу[10].

Як зазначає Бабенко А. М., у період воєнного стану спостерігаються такі особливості протиправних дій проти довкілля: зростання латентності кримінальних правопорушень, зміщення акценту на воєнні екологічні злочини, ускладнення контролю за використанням природних ресурсів. Водночас фіксуються значні екологічні збитки, зокрема забруднення земель, води та повітря внаслідок бойових дій[11, с.74].

На думку вітчизняних науковців, удосконалення забезпечення екологічної безпеки в умовах військового конфлікту в Причорноморському регіоні повинно охоплювати чотири напрями.

1. *Правове регулювання* – законодавче встановлення допустимих форм використання природного потенціалу і застосування нормативно-правових актів як державного, так і міжнародного рівнів. Основними критеріями ефективності в правовому регулюванні варто вважати несуперечливість, прогресивність, необхідність і достатність. Правові норми повинні відповідати сучасним екологічним вимогам, бути здійсненими, мінімально можлива кількість нормативних актів повинна забезпечити комплексне вирішення проблем прямого регулювання природокористування, а також враховувати можливі заходи попередження або ліквідації екоциду.

2. *Економічне регулювання* – державне планування (відбір проектів, економія сировини, енергії і матеріалів), економічне стимулювання та контроль з боку держави (системи штрафів, компенсація за викиди, перерозподіл прибутків тощо) за використанням природного потенціалу країни. Основними критеріями ефективності в економічному регулюванні слід вважати досягнення запланованих природоохоронних цілей із залученням мінімального обсягу бюджетних коштів та отримання максимального природоохоронного ефекту.

3. *Інформаційно-технологічний напрям* – розробка та впровадження наукоємних, мало- і безвідходних технологій, моніторинг стану довкілля і прогноз розвитку екологічного стану територій, доступ усіх зацікавлених верств населення до екологічної інформації та прозорість у прийнятті рішень. Критеріями ефективності в даному випадку можуть бути науково-технічний рівень розробок, покращення стану здоров'я населення за рахунок зменшення впливу негативних екологічних факторів, співвідношення між рівнями фактичного забруднення навколишнього природного середовища і гранично допустимого забруднення, скорочення витрат природних ресурсів та енергії на одиницю продукції.

4. *Світоглядний напрям* – це зміна уявлень про взаємозв'язки в системі «людина – природа», відношення до природи, відповідних стратегій і технологій взаємодії з нею. Критеріями ефективності в цьому напрямі є підвищення якості навколишнього середовища в інтересах стійкого і безпечного розвитку усіх держав, створення сприятливих умов для життя кожної людини [12, с.190-191].

Вказані напрями удосконалення забезпечення екологічної безпеки повинні становити основу для формування відповідних практичних механізмів:

5. комплексної екологічної оцінки території: – визначення та оцінка комплексу факторів екологічної безпеки, які проявляються на конкретній території;

6. екологічного моніторингу: контролю джерел впливу(та його нормування) на довкілля;

7. управлінських рішень: -формування екологічної політики;-попередження прояву антропогенних факторів екологічної безпеки; – мінімізація наслідків прояву природних та антропогенних факторів екологічної безпеки; – фіксація та розробка сценаріїв мінімізації наслідків військового екоциду стосовно всіх

компонентів довкілля та забезпечення мінімізації негативного його впливу на населення; - розробка та вдосконалення природоохоронного законодавства і методів формування екологічного світогляду.

Висновки. Отже, узагальнюючи все вище наведене, дієві заходи щодо покращення екологічної безпеки в Україні та регіоні на період військового стану включають в себе наступні напрямки: - розширення, удосконалення міжнародної співпраці щодо визнання екоциду міжнародним екологічним, врахуванням вимог екологічних конвенцій щодо охорони та захисту довкілля та всіх його природних складових, розробка нових методів захисту від милітаризованих загроз, особливо щодо транскордонного забруднення; - вдосконалення існуючої нормативно-правової бази щодо екологічної безпеки відповідним законом, де фіксувались би всі види екологічних сучасних викликів, а саме: екологічне лихо, екологічна криза, катастрофа, екоцид тощо; - запровадження інституційного зміцнення територіальних екологічних установ та розширенням їх компетенцій, враховуючи основні напрямки вдосконалення екологічної діяльності визначені Стратегією до 2030 року; - посилення громадського контролю та участю територіальних громад за прийняттям екологічних рішень та попередженням еколого-небезпечної діяльності в їх межах, розширення просвітницької роботи щодо формування сучасного екологічного мислення.

Список використаних джерел

1. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25 червня 1991 р. №1264-XII/Відомості Верховної Ради УРСР. 1991. №4. Ст.546.
2. Гетьман А. П., Шульга М. В. Екологічне право України. Харків: Право, 2005. 328 с.
3. Збитки довкіллю Причорномор'я сягнули 305 млрд грн./Д.Мухін.URL: <https://thepage.ua/ua/news/rosijski-okupanti-nanesli-305-mlrd-grn-zbitkiv-prichornomoryu>.
4. Екологічні кризи та екологічні катастрофи, їх класифікація: конспект лекції. URL:<http://hydrogeology.univer.kharkov.ua/wp-content/uploads/2019/11/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%95%D0%BA%D0%BE%D0%91.pdf>.
5. Руда А.С. Аналіз сучасного стану земельних ресурсів та морських територій Миколаївської та Одеської областей. URL: <https://ujae.org.ua/wp-content/uploads/2025/05/10-2-1-45-49.pdf>.
6. Заповідники в окупації: як росіяни риють цілинний степ і викрадають рідкісних тварин. URL:<https://uanimals.org/media/rozsliduvannia/zapovidnyky-v-okupatsii/>.
7. У Чорноморську екологи фіксують наслідки екоциду РФ: забруднення акваторії порту URL:<https://www.dialog.ua/ukr/ukraine/u-chornomorsku-ekologi-fiksuyut-naslidki-ekotsidu-rf-zabrudnennya-akvatoriyi-portu.html>.
8. Рибачек В. К. Міжнародні та національні аспекти регулювання злочину екоциду/Scientific monograph. Riga, Latvia «Baltica Publishing», 2023. P.503-518.
9. Конституція України: прийнята на п'ятій сесії Верховної Ради України 28 червня 1996 р. № 254к/96-ВР/Відомості Верховної Ради України. 1996. № 30. Ст.141.
10. Кримінальний кодекс України від 05 квітня 2001 р. № 2341-III./Відомості Верховної Ради України. 2001. № 25. Ст. 131, с.80.
11. Бабенко А.М. Кримінологічна характеристика кримінальних правопорушень проти довкілля: сучасний стан та тенденції./ *Держава та регіони*, 2025. Серія : Право. №4(90). С.72-76.
12. Пічкур Т.В., Висоцька Т.І. Пріоритети державної політики у забезпеченні екологічної безпеки. /*Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту*. Серія: Транспортні системи і технології. 2013. Вип. 22. С.190-191.

**FEATURES OF ENVIRONMENTAL SECURITY IN THE BLACK SEA REGION UNDER THE CONDITIONS
OF MILITARY CHALLENGES**

Theses represent a theoretical and methodological analysis of the ecological security of the region during the period of large-scale military operations. The meaning of environmental safety is revealed in both objective and subjective aspects. It is emphasized that environmental security manifests itself on local, regional and global scales as environmental disasters, crises and disasters. Examples of ecocide in the Black Sea region are given, especially in the Black Sea, vegetation and territories of nature reserves and sanctuaries, deaths, hunting and export of rare animals to the territory of the aggressor country. It is emphasized that the natural environment is a special type of security and in modern conditions is under threat from human activities and aggressor states, which causes the actualization of the establishment of international environmental security. After all, the aggression proved that peacetime laws do not work during an armed conflict, but neither the environmental legislation of our state, nor the international legal documents regarding environmental safety and the protection of natural resources have included effective concrete mechanisms that would reduce the negative militaristic impact on the environment.

Key words: environment, natural environment, natural resources, environmental safety, ecological disaster, environmental disaster, ecocide, environmental policy.

Відомості про автора / Information about the Author

Валентин Рибачек, к. юрид. наук, доцент кафедри конституційного, міжнародного права та публічно-правових дисциплін Київського університету інтелектуальної власності та права, м. Київ, Україна. E-mail: sad078@ukr.net, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8319-5135>.

Valentin Rybachk, candidate of legal sciences, associate professor at the Department of constitutional, international of right and civilly - legal disciplines of the Kyiv university of intellectual property and rights. 210, Kharkiv highway, Kyiv, 02121, Ukraine. E-mail: sad078@ukr.net, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8319-5135>.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.18

Віктор Смирнов,
Олександр Луконін

ЕКОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ ЯК ДЕТЕРМІНАНТИ ПОРУШЕННЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ РЕГЕНЕРАТИВНИХ ПРОЦЕСІВ У ЛЮДИНИ

У статті розглянуто вплив екологічних чинників на регенеративні процеси в організмі людини. Показано, що забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів і ґрунтів формує хронічне екологічне навантаження, яке реалізується через розвиток оксидативного стресу та порушення клітинного гомеостазу. Узагальнено сучасні наукові дані щодо впливу дрібнодисперсних частинок PM_{2.5}, важких металів та органічних ксенобіотиків на функціональний стан клітин і тканин.

Встановлено, що ключовим універсальним механізмом негативного впливу екологічних факторів є оксидативний стрес, який призводить до пошкодження ДНК, клітинних мембран та ферментних систем. Аналіз літературних джерел свідчить, що тривалий вплив екологічного навантаження асоціюється зі зниженням швидкості відновлення тканин та підвищенням ризику розвитку хронічних захворювань. Обґрунтовано необхідність розглядати екологічні фактори як інтегральні детермінанти стану здоров'я населення та біологічної стійкості організму.

Ключові слова: екологічні фактори, регенерація, оксидативний стрес, PM_{2.5}, важкі метали, здоров'я людини.

Стан довкілля є одним із визначальних факторів, що формують рівень здоров'я населення та стійкість біологічних систем людини. У сучасних умовах посиленої урбанізації, розвитку промисловості та зростання антропогенного навантаження екологічні ризики набувають системного характеру і впливають не лише на загальну захворюваність, але й на фундаментальні клітинні процеси [12].

Особливого значення набуває вплив екологічних чинників на регенеративні процеси в організмі людини, які забезпечують відновлення тканин після ушкоджень та підтримання функціональної цілісності органів. Регенерація є складним біологічним процесом, що залежить від стабільності клітинного гомеостазу, ефективності антиоксидантних систем та відсутності хронічного токсичного навантаження [4].

Забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів і ґрунтів ксенобіотиками, важкими металами та продуктами техногенного походження формує умови хронічного оксидативного стресу, який розглядається як один із ключових механізмів порушення клітинного відновлення. У зв'язку з цим оцінка впливу екологічних факторів на регенеративні процеси є актуальним напрямом сучасної біомедичної екології [6, 8].

Метою даної роботи є аналіз впливу основних екологічних чинників на регенеративні процеси в організмі людини та визначення провідних механізмів їх порушення в умовах хронічного екологічного навантаження.

У роботі використано аналітичний підхід до оцінки впливу екологічних чинників на регенеративні процеси в організмі людини. Дослідження ґрунтується на узагальненні сучасних наукових публікацій, даних міжнародних організацій (Всесвітня організація охорони здоров'я, Програма ООН з довкілля, Агентство з охорони навколишнього середовища США), а також результатів екологічного моніторингу стану атмосферного повітря, водних ресурсів та ґрунтів у промислово навантажених регіонах.

Основну увагу приділено трьом групам екологічних факторів: забрудненню атмосферного повітря дрібнодисперсними частинками PM_{2.5} та газоподібними домішками, забрудненню водних екосистем нітратами, фосфатами та нафтопродуктами, а також накопиченню важких металів у ґрунтового середовищі (зокрема свинцю, кадмію та ртуті).

Для оцінки біологічних ефектів екологічного навантаження використано дані щодо маркерів оксидативного стресу, зокрема рівня малонового діальдегіду (MDA), активності супероксиддисмутази (SOD) та концентрації відновленого глутатіону (GSH). Додатково розглянуто показники клітинної регенерації, включаючи швидкість

проліферації клітин, інтенсивність відновлення епітеліальних тканин та загальну здатність організму до репаративних процесів [10, 3, 2].

Методологічно робота базується на порівняльному аналізі літературних джерел та узагальненні даних експериментальних і епідеміологічних досліджень, що дозволяє встановити зв'язок між рівнем екологічного навантаження та змінами у регенеративних процесах на клітинному та системному рівнях організації організму людини.

Аналіз сучасних наукових досліджень свідчить, що екологічні чинники здійснюють багаторівневий вплив на регенеративні процеси в організмі людини, охоплюючи молекулярний, клітинний та тканинний рівні організації біологічних систем. Найбільш значущими серед них є забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів та накопичення токсичних речовин у ґрунтовому середовищі.

Одним із провідних факторів є вплив дрібнодисперсних частинок PM_{2.5}, концентрація яких у багатьох урбанізованих регіонах світу стабільно перевищує рекомендації ВООЗ (5 мкг/м³) у 3–7 разів. Згідно з даними епідеміологічних досліджень, тривалий вплив PM_{2.5} асоціюється зі зростанням системного запалення, підвищенням рівня прозапальних цитокінів (IL-6, TNF-α) та активацією оксидативного стресу. На клітинному рівні це призводить до порушення функціонування фібробластів та ендотеліальних клітин, які відіграють ключову роль у процесах регенерації тканин (табл. 1) [1, 9, 8].

Таблиця 1

Вплив основних екологічних чинників на регенеративні процеси в організмі людини (за даними літературних джерел)

Екологічний фактор	Рівень впливу	Основний механізм дії	Вплив на регенерацію
PM _{2.5} (дрібнодисперсний пил)	Атмосферний	Системне запалення, оксидативний стрес	Зниження швидкості загоєння тканин на 20–30 %
Діоксид азоту, озон	Атмосферний	Пошкодження ендотелію, запальні реакції	Порушення клітинної проліферації
Свинець (Pb)	Ґрунт/вода	Інгібування ферментів, ДНК-пошкодження	Підвищення мутаційного навантаження до 15–25 %
Кадмій (Cd)	Ґрунт	Окислювальне пошкодження клітин	Зниження регенерації епітелію печінки до 30 %
Ртуть (Hg)	Вода / біоаккумуляція	Нейротоксичність, ферментна блокада	Порушення системної регенерації
Нітрати/фосфати	Вода	Метаболічне навантаження, детоксикаційний стрес	Зниження функції печінки на 20–35 %

Джерело: сформовано авторами на основі [2, 8, 11, 12].

У ряді експериментальних робіт встановлено, що при хронічному впливі PM_{2.5} швидкість проліферації клітин шкіри та епітелію знижується в середньому на 20–30 %, що безпосередньо впливає на процеси загоєння ран та відновлення тканин.

Не менш значущим є вплив важких металів, які характеризуються високою біоаккумулятивною здатністю. Свинець, кадмій та ртуть, потрапляючи в організм, порушують роботу ферментних систем антиоксидантного захисту. Зокрема, відзначається інгібування супероксиддисмутази та каталази, що призводить до накопичення активних форм кисню та розвитку оксидативного стресу.

Дані токсикологічних досліджень свідчать, що вплив кадмію може знижувати регенеративну активність епітеліальних клітин печінки на 20–35 %, тоді як свинець асоціюється з підвищенням рівня ДНК-пошкоджень до 15–25 %. Такі зміни мають кумулятивний характер і проявляються найбільш виражено при тривалому експозиційному впливі.

Важливу роль у формуванні загального токсикологічного навантаження відіграє також забруднення водних екосистем. Підвищений вміст нітратів, фосфатів та органічних забруднювачів у питній воді призводить до порушення функцій детоксикаційних систем організму. Хронічне надходження таких речовин асоціюється зі зниженням регенеративного потенціалу печінкової тканини та порушенням метаболічного гомеостазу.

Особливе місце в механізмах впливу екологічних факторів займає оксидативний стрес, який розглядається як універсальний патогенетичний механізм. Під дією екологічних токсикантів спостерігається підвищення рівня малонового діальдегіду на 30–60 %, зниження активності супероксиддисмутази на 15–25 % та зменшення рівня глутатіону до 40 % від фізіологічної норми. Ці зміни свідчать про порушення антиоксидантного балансу та створюють умови для пошкодження клітинних структур.

Екологічний вплив на організм людини можна узагальнити у вигляді послідовного патогенетичного ланцюга (рис. 1).

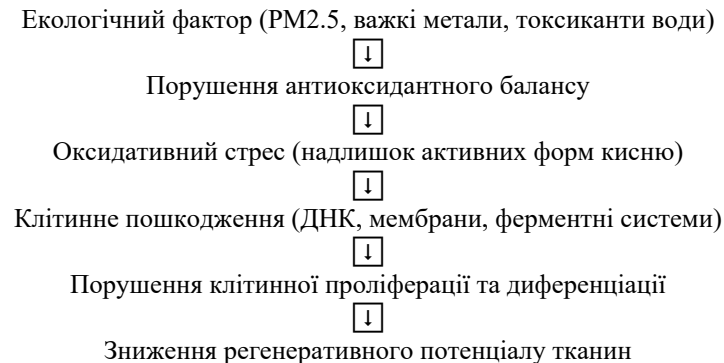


Рис. 1. Схема механізму впливу екологічних чинників на регенеративні процеси

Джерело: сформовано авторами на основі [2, 8, 11, 12].

Узагальнення результатів різних досліджень дозволяє встановити, що екологічне навантаження має кумулятивний і мультифакторний характер. Поєднання різних типів забруднення призводить до синергічного ефекту, який значно перевищує дію окремих факторів. У таких умовах швидкість регенерації тканин знижується у 1,5–2 рази, а ризик розвитку хронічних патологій зростає на 40–70 % [7, 11].

Таким чином, сучасні наукові дані підтверджують, що екологічні чинники є не лише зовнішнім фоном, а активними детермінантами, які визначають функціональний стан регенеративних систем організму людини [4, 5].

Проведений аналітичний огляд сучасних наукових досліджень дозволяє зробити висновок, що екологічні чинники є одним із ключових системних детермінантів, які визначають стан регенеративних процесів в організмі людини. Їх вплив не обмежується окремими органами чи тканинами, а має багаторівневий характер, охоплюючи молекулярний, клітинний і системний рівні організації біологічних структур.

Встановлено, що найбільш значущими екологічними факторами є забруднення атмосферного повітря дрібнодисперсними частинками PM2.5, накопичення важких металів у ґрунтах і воді, а також присутність органічних ксенобіотиків у водних екосистемах. Їх дія реалізується через комплекс біохімічних і клітинних механізмів, серед яких центральне місце займає розвиток оксидативного стресу.

Показано, що оксидативний стрес виступає універсальним патогенетичним механізмом, який об'єднує різні типи екологічного впливу. Він характеризується дисбалансом між утворенням активних форм кисню та антиоксидантною системою організму, що призводить до пошкодження клітинних структур, включаючи ДНК, мембрани та ферментні системи. Це, у свою чергу, зумовлює порушення клітинної проліферації та диференціації, які є основою регенеративних процесів.

Аналіз літературних даних свідчить, що тривалий вплив екологічного навантаження асоціюється зі зниженням швидкості регенерації тканин у середньому на 20–30 %, а при комбінованій дії декількох факторів – до 1,5–2 разів. Одночасно з цим зростає ризик розвитку хронічних захворювань та функціональних порушень органів і систем [12, 4, 6, 5].

Отримані результати підтверджують, що екологічні чинники необхідно розглядати як інтегральний фактор впливу на здоров'я населення, який визначає не лише рівень захворюваності, але й здатність організму до відновлення. У зв'язку з цим подальші дослідження доцільно спрямувати на поглиблене вивчення молекулярних механізмів регенерації в умовах екологічного стресу та розробку превентивних стратегій зниження негативного впливу довкілля.

Список використаних джерел

1. Cohen A. J. et al. (2019) Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution. *The Lancet*. 389:1907-1918. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)30505-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-6) [in English].
2. Jaishankar M., Tseten T., Anbalagan N. et al. (2019) Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*. 12(2):60-72. DOI: <https://doi.org/10.2478/intox-2019-0009> [in English].
3. Kelly F. J., Fussell J. C. (2015) Air pollution and public health: emerging hazards and improved understanding of risk. *Environ Geochem Health*. Aug;37(4):631-49. DOI: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10653-015-9720-1> [in English].

4. Landrigan P. J., Fuller R., Acosta N. J. R. et al. (2019) The Lancet Commission on pollution and health. *The Lancet*. 391(10119):462-512. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(17\)32345-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(17)32345-0) [in English].
5. OECD (2023) Health at a Glance 2023: OECD Indicators, OECD Publishing, Paris, 234 p. Retrieved from: https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2023/11/health-at-a-glance-2023_e04f8239/7a7afb35-en.pdf [in English].
6. Schraufnagel D. E. et al. (2019) Air Pollution and Noncommunicable Diseases. *Chest*. 155(2):409-416. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chest.2018.10.010> [in English].
7. Taibur Rahman, Ismail Hosen, M. M. Towhidul Islam, Hossain Uddin Shekhar. (2012) Oxidative stress and human health. *Bioscience and Biotechnology*. 3:997-1019. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/abb.2012.327123> [in English].
8. Tchounwou P. B., Yedjou C. G., Patlolla A. K., Sutton D. J. (2012) Heavy metal toxicity and the environment. *Exp Suppl*. 101:133-164. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6 [in English].
9. United Nations Environment Programme (UNEP). (2021) *Making Peace with Nature: A scientific blueprint to tackle the climate, biodiversity and pollution emergencies*. Nairobi: UNEP. 299 p. Retrieved from: <https://wedocs.unep.org/items/1f52ec62-1c09-4e41-8b50-3134c6d7f668> [in English].
10. US Environmental Protection Agency (EPA). (2019) *Integrated Science Assessment (ISA) for Particulate Matter*. Washington, DC: EPA. Retrieved from: <https://www.epa.gov/isa/integrated-science-assessment-isa-particulate-matter> [in English].
11. World Bank. (2022) The Global Health Cost of PM2.5 Air Pollution: A Case for Action Beyond 2021. *International Development in Focus*. Retrieved from: <http://hdl.handle.net/10986/36501> [in English].
12. World Health Organization. (2021) *WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*. Geneva: WHO. 300 p. Retrieved from: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/551b515e-2a32-4e1a-a58c-cdaecd395b19/content> [in English].

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.18

Viktor Smirnov,
Oleksandr Lukonin

ENVIRONMENTAL FACTORS AS DETERMINANTS OF DISRUPTION AND RECOVERY OF HUMAN REGENERATIVE PROCESSES

This article examines the impact of environmental factors on regenerative processes in the human body. It demonstrates that pollution of the atmosphere, water resources, and soil creates a chronic environmental burden, which manifests itself through the development of oxidative stress and disruption of cellular homeostasis. It summarizes current scientific data on the impact of PM2.5 fine particles, heavy metals, and organic xenobiotics on the functional state of cells and tissues.

It has been established that oxidative stress is the key universal mechanism underlying the adverse effects of environmental factors, leading to damage to DNA, cell membranes, and enzyme systems. A review of the literature indicates that prolonged exposure to environmental stressors is associated with a reduced rate of tissue repair and an increased risk of developing chronic diseases. The necessity of considering environmental factors as integral determinants of public health and the body's biological resilience is substantiated.

Key words: environmental factors, regeneration, oxidative stress, PM2.5, heavy metals, human health.

Відомості про автора / Information about the Author

Віктор Смирнов, к. геол. наук, доцент кафедри екології Навчально-наукового медичного інституту Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: vnsmirnov79@gmail.com, orcid: 0000-0003-3136-4408

Viktor Smirnov, Candidate of Geological Sciences, Associate Professor, Associate Professor the Department of Ecology of the Educational and Scientific Medical Institute of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: vnsmirnov79@gmail.com, orcid: 0000-0003-3136-4408

Олександр Луконін, аспірант кафедри екології Навчально-наукового медичного інституту Чорноморського національного університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: okonin2@gmail.com.

Oleksandr Lukonin, PhD student the Department of Ecology of the Educational and Scientific Medical Institute of the Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: okonin2@gmail.com.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.19

Денис Стеценко,
Людмила Григор'єва

РОЛЬ АВТОМАТИЗОВАНОГО РАДІАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В ОЦІНЮВАННІ РИЗИКІВ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ ЯДЕРНОЇ СПАДЩИНИ

У тезах розглянуто роль автоматизованого радіаційного моніторингу та штучного інтелекту в оцінці ризиків для об'єктів ядерної спадщини. Обґрунтовано, що сучасна система радіаційної безпеки має базуватися не лише на зборі даних, а й на їх інтелектуальній інтерпретації, виявленні аномалій, прогнозуванні розвитку ситуації та підтримці управлінських рішень. Пошкодження захисних бар'єрів може не супроводжуватися негайним підвищенням радіаційного фону, однак потребує поглибленого аналізу стану інженерних систем, аерозольної активності, метеорологічних умов і просторової динаміки показників. Запропоновано концептуальну модель використання штучного інтелекту для інтеграції даних стаціонарних постів, мобільних лабораторій, дистанційного обстеження, архівів спостережень і сценарного моделювання. Визначено переваги, обмеження та вимоги до надійності таких систем.

Ключові слова: автоматизований радіаційний моніторинг, штучний інтелект, ядерна спадщина, АЕС, аналіз ризиків, раннє попередження, підтримка рішень.

Актуальність проблеми. Об'єкти ядерної спадщини потребують довготривалого контролю, оскільки їх безпека залежить від стану інженерних бар'єрів, надійності систем моніторингу, режиму доступу персоналу, природних процесів і потенційних зовнішніх впливів. В умовах війни кількість факторів невизначеності зростає: можливі пошкодження конструкцій, перебої електроживлення, ускладнення доступу, порушення логістики, ризики повторних атак і інформаційна напруга в суспільстві. Тому традиційна модель радіаційного контролю, яка зосереджена переважно на реєстрації поточних показників, має бути доповнена інструментами автоматизованого аналізу та прогнозування.

Автоматизований радіаційний моніторинг забезпечує безперервність спостережень, просторову деталізацію, оперативність передавання даних і можливість раннього попередження. Однак збільшення обсягу даних саме по собі не гарантує підвищення безпеки. Необхідною стає інтелектуальна інтерпретація: порівняння показників у часі, виявлення аномалій, відокремлення реальних змін від технічних збоїв, інтеграція метеорологічної інформації, оцінка сценаріїв поширення забруднення та формування рекомендацій для персоналу і органів управління.

Передумови для інтегрованої системи. В Україні постановою Кабінету Міністрів від 11 лютого 2026 року передбачено створення та функціонування Інтегрованої автоматизованої системи радіаційного моніторингу. Головний центр обробки даних такої системи створюється у Державній інспекції ядерного регулювання України з метою підтримки прийняття рішень, інформування органів влади, міжнародних організацій і населення про радіаційний стан, а також координацію дій у разі його змін [7]. До системи мають входити дані об'єктових автоматизованих систем контролю ЧАЕС, системи радіаційного моніторингу і раннього попередження зони відчуження, постів ДСНС та інших суб'єктів.

Це створює інформаційну основу для застосування штучного інтелекту. Йдеться не про заміну фахівців, а про інструменти підтримки рішень, які здатні швидко обробляти великі масиви різномірних даних і виявляти закономірності, малопомітні при ручному аналізі. Для об'єктів ядерної спадщини це особливо важливо, оскільки зміни можуть бути слабкими, але можуть мати велике значення.

Дані для інтелектуального аналізу. Система оцінювання ризиків має використовувати декілька потоків даних. Перший – дозиметричні дані стаціонарних постів: потужність еквівалентної дози, часові ряди, контрольні рівні, частота вимірювань. Другий – дані про радіоактивні аерозолі, що дозволяють оцінити ризик пилового перенесення. Третій – лабораторні результати аналізу проб води, ґрунту, повітря, змивів і пилу. Четвертий –

метеорологічні дані: напрям і швидкість вітру, опади, температура, вологість. П'ятий – технічні дані про стан бар'єрів, вентиляційних систем, герметичності, енергоживлення, каналів зв'язку. Шостий – дані дистанційного обстеження: фото, відео, тепловізійні зображення.

Інтеграція цих потоків дає можливість перейти від простого спостереження до ситуаційної обізнаності. Наприклад, стабільна потужність дози при одночасному погіршенні герметичності і зміні повітряного режиму може не вимагати негайних захисних заходів для населення, але вказувати на потребу додаткового контролю аерозолів і обмеження робіт у певних зонах. Навпаки, локальне зростання показників одного датчика без підтвердження сусідніми постами і мобільною лабораторією може бути ознакою технічного збою.

Функції штучного інтелекту. Перша функція штучного інтелекту – виявлення аномалій. Алгоритм може порівнювати поточні показники не тільки з нормативними порогоми, а й із типовими значеннями конкретного пункту спостереження, сезонною динамікою і просторовими зв'язками між постами. Друга функція – прогнозування. На основі метеорологічних даних, стану бар'єрів і результатів вимірювань система може оцінювати можливі напрямки поширення аерозолів або забруднених частинок. Третя функція – класифікація рівня ризику, коли різні показники об'єднуються в інтегральну оцінку: нормальний стан, стан підвищеної уваги, перед аварійна ситуація, аварійна ситуація. Четверта функція – підтримка управлінських рішень. Система може пропонувати додаткові точки вимірювання, маршрути мобільної лабораторії, потребу у відборі проб, зміну режиму доступу персоналу або необхідність повторної перевірки датчика. П'ята функція – інформаційна верифікація. У кризових умовах важливо швидко формувати зрозумілі повідомлення для фахівців і громадськості, пояснюючи не лише числові значення, а й їхній контекст: типові межі, контрольні рівні, тенденцію, джерело даних і ступінь невизначеності.

Концептуальна модель системи. Концептуально система може складатися з чотирьох рівнів. Перший рівень – збір даних: стаціонарні пости, мобільні лабораторії, датчики аерозолів, метеостанції, технічні системи об'єкта, дистанційне обстеження. Другий рівень – валідація: контроль якості даних, виявлення пропусків, перевірка калібрування, зіставлення з дублюючими джерелами. Третій рівень – інтелектуальний аналіз: виявлення аномалій, прогноз, сценарне моделювання, класифікація ризику. Четвертий рівень – підтримка рішень: рекомендації для персоналу, аварійних служб, регулятора, місцевих органів влади та інформаційних підрозділів.

Узагальнено рівень ризику можна подати як $RAI = f(D, A, B, W, T)$, де D – дозиметричні показники; A – аерозольна активність; B – стан бар'єрів; W – метеорологічні умови; T – часовий тренд. Особливість інтелектуального підходу полягає у тому, що аналізується не лише поточне значення кожного параметра, а й їх поєднання. Саме комбінація слабких сигналів може свідчити про початок небезпечного процесу.

Обмеження та вимоги до надійності. Використання штучного інтелекту в радіаційній безпеці має суттєві обмеження. По-перше, алгоритми не повинні бути закритими у питаннях, що стосуються безпеки персоналу і населення. Рішення має залишатися за відповідальними фахівцями, а модель повинна надавати пояснювані результати. По-друге, якість прогнозу залежить від якості вхідних даних. Пошкодження датчиків, втрата зв'язку, некоректне калібрування або неповні метеорологічні дані можуть призвести до помилкових висновків. По-третє, система має враховувати невизначеність і повідомляти про неї користувачу.

Надійна система має бути резервованою, кіберзахищеною, документованою і верифікованою. Для кожного алгоритму потрібні тестові сценарії: нормальний режим, локальна аномалія, технічний збій, пожежа, порушення герметичності, випадіння опадів, повторне пошкодження. Важливо, щоб результати моделі регулярно перевірялися фахівцями радіаційного контролю та порівнювалися з лабораторними даними. На рис. 1 позначено напрямки оцінювання ризиків.

Таблиця 1.

Узагальнені напрями оцінювання ризику для об'єкта ядерної спадщини

Блок оцінювання	Основні показники	Практичне значення
Радіаційний	Потужність дози, аерозольна активність, забруднення поверхонь	Виявлення поточного та потенційного радіаційного впливу
Бар'єрний	Герметичність, стан обшивки, вентиляції, конструкцій	Оцінка запасу безпеки та потреби у відновленні
Прогностичний	Метеодані, сценарії поширення, часові тренди	Підтримка раннього попередження та планування робіт

Практичне значення. Створення дієвої автоматизованої системи радіаційного моніторингу територій з використанням штучного інтелекту є основою сучасної системи раннього попередження. Це важливо для Чорнобильської зони відчуження, а також територій навколо діючих АЕС. Її практичне значення полягає у скороченні часу між появою ознак небезпеки та управлінською реакцією, зменшенні дозового навантаження на

персонал за рахунок дистанційної діагностики, підвищенні точності вибору маршрутів мобільних лабораторій, а також формуванні доказової інформації для державних органів і міжнародних партнерів.

Особливо важливим є застосування таких підходів після пошкодження захисних бар'єрів. Якщо, у цьому випадку радіаційний фон залишається стабільним, саме аналіз тенденцій, а не лише порогових перевищень, дозволяє вчасно виявити небезпечні зміни. Таким чином, штучний інтелект може посилити принцип запобігання, що є ключовим для управління об'єктами ядерної спадщини.

Висновки. Автоматизований радіаційний моніторинг і штучний інтелект є перспективними інструментами оцінювання ризиків для об'єктів ядерної спадщини. Вони дозволяють інтегрувати різноманітні дані, виявляти аномалії, прогнозувати розвиток ситуації та підтримувати управлінські рішення. Водночас такі системи мають застосовуватися як допоміжний інструмент для фахівців, а не як заміна експертної відповідальності. Для ефективного використання необхідні якісні дані, резервування, прозорість алгоритмів, регулярні перевірки та поєднання автоматизованого аналізу з лабораторним і польовим контролем. У контексті воєнних ризиків такі технології можуть стати важливим елементом підвищення стійкості системи радіаційної безпеки територій навколо діючих АЕС та, можливо, для ЧАЕС і зони відчуження.

Список використаних джерел

1. Update 276 – IAEA Director General Statement on Situation in Ukraine // International Atomic Energy Agency. 15 February 2025. URL: <https://www.iaea.org/newscenter/pressreleases/update-276-iaea-director-general-statement-on-situation-in-ukraine> (дата звернення: 29.05.2026).
2. IAEA mission documented consequences of russian drone attack on NSC Arch in February // Chornobyl Nuclear Power Plant. 08 December 2025. URL: <https://chnpp.gov.ua/en/infocenter/news/6486-iaea-mission-documented-consequences-of-russian-drone-attack-on-nsc-arch-in-february> (дата звернення: 29.05.2026).
3. Радіаційний стан станом на 19:00 14.02.2025 // Чорнобильська АЕС. 14 лютого 2025. URL: <https://chnpp.gov.ua/ua/infotsentr/novyny/6315-radiatsyjniy-stan-stanom-na-19-00-14-02-2025> (дата звернення: 29.05.2026).
4. Nuclear Safety, Security and Safeguards in Ukraine // International Atomic Energy Agency. URL: <https://www.iaea.org/topics/response/nuclear-safety-security-and-safeguards-in-ukraine> (дата звернення: 29.05.2026).
5. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency. General Safety Requirements Part 7. Vienna : International Atomic Energy Agency, 2015. 102 p. DOI: <https://doi.org/10.61092/iaea.3dbe-055p>. URL: <https://www.iaea.org/publications/10905/preparedness-and-response-for-a-nuclear-or-radiological-emergency> (дата звернення: 29.05.2026).
6. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards. General Safety Requirements Part 3. Vienna : International Atomic Energy Agency, 2014. 436 p. URL: <https://www.iaea.org/publications/8930/radiation-protection-and-safety-of-radiation-sources-international-basic-safety-standards> (дата звернення: 29.05.2026).
7. Деякі питання створення та функціонування Інтегрованої автоматизованої системи радіаційного моніторингу : Постанова Кабінету Міністрів України від 11.02.2026 № 175 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/175-2026-%D0%BF> (дата звернення: 29.05.2026).
8. Моніторинг радіаційного стану зони відчуження // Державне спеціалізоване підприємство «Екоцентр». URL: <https://eco-centre.com.ua/services/monitoring-of-the-radiation-state-of-the-exclusion-zone/> (дата звернення: 29.05.2026).
9. Convention on Nuclear Safety // International Atomic Energy Agency. URL: <https://www.iaea.org/topics/nuclear-safety-conventions/convention-nuclear-safety> (дата звернення: 29.05.2026).

**THE ROLE OF AUTOMATED RADIATION MONITORING AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN RISK
ASSESSMENT FOR NUCLEAR LEGACY FACILITIES**

The theses consider the role of automated radiation monitoring and artificial intelligence in risk assessment for nuclear legacy facilities. It is substantiated that a modern radiation safety system should be based not only on data collection but also on intelligent interpretation, anomaly detection, situation forecasting, and decision support. It is shown that damage to protective barriers may not be accompanied by an immediate increase in radiation levels, but requires an in-depth analysis of engineering systems, aerosol activity, meteorological conditions, and the spatial dynamics of indicators. A conceptual model for using artificial intelligence to integrate data from stationary posts, mobile laboratories, remote inspections, observation archives, and scenario modelling is proposed. The advantages, limitations, and reliability requirements of such systems are identified.

Key words: automated radiation monitoring, artificial intelligence, nuclear legacy, NPP, risk analysis, early warning, decision support.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Денис Стеценко, аспірант кафедри екології Чорноморського Національного Університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: stetsenko.den@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/my-orcid?orcid=0009-0002-6313-2409>.

Denys Stetsenko, PhD student at the Department of Ecology, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: stetsenko.den@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-6313-2409>.

Людмила Григор'єва, д-р. біол. наук, професор, завідувач кафедри екології Чорноморського Національного Університету імені Петра Могили, м. Миколаїв, Україна. E-mail: ludmila.grygorieva@chmnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9452-2982>.

Liudmyla Grygorieva, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Ecology, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine. E-mail: ludmila.grygorieva@chmnu.edu.ua, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9452-2982>

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.20

Віталіна Федонюк

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА БІОКЛІМАТИЧНИХ ІНДЕКСІВ В ПРОЦЕСІ АНАЛІЗУ КОМФОРТНОСТІ КЛІМАТУ ЛУЦЬКА

У тезах наводяться основні положення проведеного дослідження комфортності клімату Луцька на основі використання двох біокліматичних індексів: загального індексу патогенності $I_{\text{сумар}}$ В.Г.Бокші і Г.Д. Латишева та індексу дискомфорту DI (discomfort index) К.Такеди. визначено особливості та динаміку ряду біокліматичних показників та біокліматичних індексів у м. Луцьку на протязі 2021 р. (загальний індекс патогенності $I_{\text{сумар}}$, індекс дискомфорту DI , проміжні показники динаміки температури, відносної вологості, швидкості вітру та атмосферного тиску та міждобових змін температури і тиску). Побудовано діаграми та графіки динаміки вказаних показників протягом року, розраховано середні місячні значення. Визначено несприятливі, малосприятливі та сприятливі періоди комфортності погоди в Луцьку на основі аналізу вказаних біокліматичних індексів. Виявлено, що індекс дискомфорту DI добре дозволяє індикувати періоди «хвиль тепла» в регіоні. Встановлено відповідність двох досліджених біокліматичних індексів при індикації ними періодів з несприятливою чи малосприятливою погодою в Луцьку.

Ключові слова: Біокліматичний індекс, комфортність погоди, Луцьк, індекс патогенності В.Г.Бокші, індекс дискомфорту К. Такеди.

Великий вплив на якість життя людини має сприятливість погодно-кліматичних умов. Комфортність погоди – це комплексна оцінка її сприятливості для людини. Її характеризують за допомогою біокліматичних індексів. У світі росте кількість метеочутливих людей, це і зумовило вибір теми дослідження. Метеочутливістю називають здатність організму відповідати фізіологічною або патологічною реакцією на вплив різких змін погодно-метеорологічних чинників [3, 4, 7]. Сучасні наукові погляди на причини метеочутливості та метрпатій та методи їх дослідження висвітлені у працях [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7]. Проте для території Волинської області та м. Луцька дослідження патогенності погоди при її впливі на людину були поодинокими, здійснювалися в роботах Федонюк В.В., Павлюк М.М., Стащук А.П., Федонюка М.А., Роїк І.О. [2, 3, 4, 5] та інших авторів.

Мета роботи – аналіз річної динаміки окремих біокліматичних показників в Луцьку та сприятливості погодних умов для людини у великому місті. Для її реалізації були визначені наступні завдання: 1) проаналізувати класифікацію, види і значення основних біокліматичних показників (індексів), які характеризують сприятливість погодних умов для людини; 2) дослідити динаміку за числовими щоденними даними 2021 р. загального індексу патогенності $I_{\text{сумар}}$ В.Г.Бокші і Г.Д. Латишева та індексу дискомфорту DI (discomfort index) К.Такеди, порівняти їх значення; 3) розробити графіки та діаграми динаміки біокліматичних показників та індексів; 4) сформулювати висновки.



Рис. 1. Порівняння зміни протягом року в м. Луцьку загального індексу патогенності В.Г. Бокші та індексу дискомфорту К. Такеди.

Застосовувалися наступні методи дослідження: збір та обробка інформації, статистично-графічні методи, методи аналізу і синтезу, порівняння і аналогії, методи інформаційно-комунікаційних технологій. Методологія: проведено систематизацію та статистичну і графічну обробку щоденної метеоінформації ст. Луцьк за 2021 р. На основі середніх добових значень основних метеопоказників розраховано сумарний індекс патогенності (за методикою, викладеною у [1, 2, 4, 7]) та індекс дискомфорту (за методикою, викладеною у [2, 8]). Здійснено порівняння динаміки обох індексів протягом року: статистичний аналіз та графічне представлення одержаних результатів (рис. 1).

Результати виконання наукового дослідження та висновки: визначено особливості та динаміку ряду біокліматичних показників та біокліматичних індексів у м. Луцьку на протязі 2021 р. (загальний індекс патогенності $I_{\text{сумар}}$, індекс дискомфорту DI , проміжні показники динаміки температури, відносної вологості, швидкості вітру та атмосферного тиску та міждобових змін температури і тиску). Побудовано діаграми та графіки динаміки вказаних показників протягом року, розраховано середні місячні значення. Визначено несприятливі, малосприятливі та сприятливі періоди комфортності погоди в Луцьку на основі аналізу вказаних біокліматичних індексів.

Патогенність клімату протягом року, за результатами аналізу показників загального індексу патогенності $I_{\text{сумар}}$, змінюється протягом року від до оптимального влітку до подразнюючого взимку, гострих значень не набуває, за виключенням окремих днів (20 днів). Середні місячні значення індексу патогенності протягом року коливаються в межах від 3,8 (червень) до 26,4 (лютий). Найвищі показники визначені для холодного періоду року (листопад – березень, від 13,6 до 26,4), а найнижчі – для теплого періоду (3,8 – 8,5). Днів з гострою патогенністю виявлено протягом року близько 20.

Аналіз зміни індексу дискомфорту DI показує, що спостерігається плавне зменшення дискомфорту клімату від холодного сезону року до теплого, а найкомфортніші показники спостерігаються у червні – серпні. Днів з індексом DI понад 70 або менше 30 балів (помірна дискомфортність) виявлено понад 30. Днів з гострою дискомфортом (DI менше 20-25 або більше 80 балів) не було виявлено.

Виявлено, що індекс дискомфорту DI добре дозволяє індикувати періоди «хвиль тепла» в регіоні. Встановлено відповідність двох досліджених біокліматичних індексів при індикації ними періодів з несприятливою чи малосприятливою погодою в Луцьку.

Список використаних джерел

1. Бокша, В.Г. & Богущкий, Б.В. (1980). М Медична кліматологія та кліматотерапія. К.: Здоров'я. 261 с.
2. Павлюк, М.М., Сташук, А.П. & Федонюк, В.В. (2024). Аналіз біокліматичних індексів та комфортності клімату у м. Луцьку. *Сталий розвиток: захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування*. IX Міжнародний молодіжний конгрес, 28-29 березня 2024, Україна, Львів : Львів : зб. матер. Ел. дан. К. : Яроченко Я. В. 20 – 21. DOI: <https://doi.org/10.51500/7826-43-8>
3. Павлюк, М.М. & Федонюк, В.В. (2024). Застосування біокліматичного індексу В. Бокші для оцінки комфортності клімату Луцька. *Наукові досягнення та відкриття сучасної молоді*. [Ел. ресурс] : зб.матер. II Всеукр. наук. конф. студ. та молодих вчених (Луцьк, 29 трав. 2024 р.) / Держ. вищ. навч. заклад «Донецький національний технічний університет». Луцьк : ДВНЗ «ДонНТУ». 184 – 186.
4. Павлюк, М.М. & Федонюк, В.В. (2025). Можливості використання біокліматичних індексів для оцінки сприятливості мікроклімату в містах. *Сучасні досягнення природничих наук*. Матеріали Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції, 15 травня 2025 р. Полтава: ПНПУ ім. В.Г. Короленка. 137 – 140.
5. Федонюк, В.В. & Роїк, І.О. (2020). Проблеми метеорологічної чутливості та методи її зниження. *Сучасна наука та освіта Волині : збірник матеріалів науково-практичної онлайн-конференції (20 листопада 2020 р.)*. Луцьк : Вежа-Друк. 217 – 220.
6. Федонюк, В.В. & Федонюк, М.А. (2016). Дослідження сезонної динаміки атмосферного тиску в м. Луцьку. *Фізична географія та геоморфологія*, К.: 4. 82 – 89.
7. Pavliuk, M., Fedoniuk, V., Vavdiuk, N. & Fedoniuk, Yu. (2025). Distribution of V.Boksha's Bioclimatic Index in Ukraine and the Development of an Automated Application for Its Determination. *GeoTerrace-2025*. International Conference of Young Professionals. 6-9 Oct 2025, European Association of Geoscientists & Engineers. V. 2025. 1 – 5. DOI: <https://doi.org/10.3997/2214-4609.202552084>
8. Takeda, K. (1963). Sensation of Climate and Discomfort Index. *Journal of the Meteorological Society of Japan*. Ser. II, 41(6). 348-354. URL: https://www.jstage.jst.go.jp/article/jmsj1923/41/6/41_6_348/article-char/ja/

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.20

Vitalina Fedoniuk

COMPARATIVE ASSESSMENT OF BIOCLIMATIC INDEXES IN THE PROCESS OF ANALYSIS OF THE COMFORT OF THE CLIMATE OF LUTSK

The abstracts present the main provisions of the study of the climate comfort of Lutsk based on the use of two bioclimatic indices: the general pathogenicity index Isumar by V.G. Bokshi and G.D. Latyshev and the discomfort index DI (discomfort index) by K. Takeda. The features and dynamics of a number of bioclimatic indicators and bioclimatic indices in the city of Lutsk during 2021 were determined (general pathogenicity index Isumar, discomfort index DI, intermediate indicators of the dynamics of temperature, relative humidity, wind speed and atmospheric pressure and interdaily changes in temperature and pressure). Diagrams and graphs of the dynamics of the indicated indicators during the year were constructed, and average monthly values were calculated. Unfavorable, less favorable and favorable periods of weather comfort in Lutsk were determined based on the analysis of the indicated bioclimatic indices. It was found that the discomfort index DI is a good indicator of periods of "heat waves" in the region. The correspondence of the two studied bioclimatic indices in indicating periods with unfavorable or less favorable weather in Lutsk was established.

Keywords: Bioclimatic index, weather comfort, Lutsk, pathogenicity index of V.G. Boksha, discomfort index of K. Takeda.

Відомості про автора / Information about the Author

Віталіна Федонюк, к. геогр. н., доцент, доцент кафедри екології Луцького національного технічного університету, м. Луцьк, Україна. E-mail: ecolutsk@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1880-6710>

Vitalina Fedonyuk, Candidate of Geographical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Ecology, Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine. E-mail: ecolutsk@gmail.com ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1880-6710>

© В. Федонюк

Стаття отримана редакцією 26.05.2026.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.21

Світлана Хижняк,
Інна Коверсун,
Володимир Войціцький

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОТОКСИЧНОСТІ ҐРУНТУ ПІСЛЯ ВІЙСЬКОВИХ ДІЙ

Тези представляють результати дослідження екотоксичності ґрунту сільськогосподарських угідь Миколаївської області, що характеризуються комплексним забрудненням внаслідок військових дій. Біотестування ґрунту з використанням ґрунтових макро- та мікроорганізмів свідчить про його токсичність для черв'я *Eisenia fetida* та ґрунтових мікроорганізмів, а також виявлено зниження активності мікробіологічних процесів у ґрунті. Токсичність для ґрунтової біоти зумовлена зростанням у ґрунті вмісту токсичних хімічних елементів. Проведені дослідження можуть сприяти розробці ефективних стратегій ремедіації та відновлення забруднених ділянок ґрунту.

Ключові слова: військові дії, забруднення ґрунту, екотоксикологія, біотестування, ґрунтова біота.

Зони військових дій та військові об'єкти вважають одним із основних джерел забруднення ґрунтових екосистем [1]. Застосування важкої техніки, вибухи та детонація боеприпасів призводять до утворення токсичних продуктів, які потрапляють у ґрунт, що може мати довготривалі наслідки для сільськогосподарських угідь. Хімічні сполуки, зокрема, які не підлягають біологічному розкладанню, здатні порушувати структуру ґрунтових біоценозів, викликати загибель мікроорганізмів та безхребетних, що веде до деградації ґрунтів і зниження їх родючості [2]. Для виявлення наявності токсичних хімічних забруднювачів та визначення їхнього вмісту в об'єктах довкілля (ґрунті та воді) провідна роль належить фізико-хімічним методам [3]. Водночас, набуває все більшого поширення дослідження екотоксикології ґрунтової біоти. Біотестування надає набагато достовірнішу інформацію щодо впливу забруднення навколишнього середовища на біоту, ніж лише хімічний аналіз ґрунту, оскільки воно базується на реакціях живих організмів на різнобічні чинники. Екотоксикологічні тестування за використання організмів, що мешкають у ґрунті, забезпечують комплексну оцінку його токсичності та екологічних наслідків цього [4]. Мета роботи полягала в еколого-токсикологічній оцінці забрудненого внаслідок військових дій ґрунту сільськогосподарських земель.

В роботі досліджено проби ґрунту (відібрані в 2025 р.) ділянки сільськогосподарського призначення (Миколаївська обл.) із наявним пошкодженням ґрунтового покриву внаслідок військових дій. Попередні дослідження свідчать про збільшення валового вмісту таких небезпечних хімічних елементів як Цинк (Zn), Кадмій (Cd), Арсенум (As) та сірка (S), зокрема, для As та S перевищення ГДК для ґрунту становить 2–3 рази. Крім того, встановлено зростання в ґрунті нітроароматичних сполук, зокрема, вміст 4-аміно-2,6-динітротолуолу становить $0,242 \pm 0,012$ мг/кг, що також перевищує ГДК. Крім того, не виключено забруднення досліджуваної ділянки і іншими забрудниками [5].

Екотоксикологічні випробування проводили в тестах на гостру токсичність для черв'я *Eisenia fetida* за рекомендованою OECD методикою ISO 11268-1: 2003 [6]. Тестові організми поміщали в контейнери (2 л), що містили контрольний чи забруднений ґрунти (по 500 мг на контейнер). Період експозиції становить 14 діб. Після закінчення експерименту визначали смертність особин. Встановлено (табл.1), що за період експозиції (14 діб) у контрольному ґрунті не спостерігалась смертність особин. У забрудненому ґрунті спостерігається 100% загибель черв'я, переважно за перші 2-3 доби експозиції. На кінець дослідження загиблі черви знаходяться на різних стадіях муміфікації. Тобто, забруднений ґрунт проявляє високу токсичність щодо ґрунтових черв'я *Eisenia fetida*, що свідчить про високу екотоксичність ґрунтового покриву внаслідок військових дій.

Оцінку токсичності ґрунту оцінювали також по чутливості індикаторних ґрунтових мікроорганізмів *Azotobacter croococcum* згідно [7]. Метод ґрунтується на чутливості мікроорганізмів роду *Azotobacter* до наявності у ґрунті токсичних речовин різного походження. Відомо, що екологічна значущість вільноживучих

азотфіксуючих мікроорганізмів, зокрема роду *Azotobacter*, визначається не тільки їх участю в фіксації молекулярного азоту, але й тим, що вони чутливо реагують на зміни в середовищі існування під впливом антропогенних чинників. Саме тому зміни чисельності колоній азотобактера є одним з критеріїв біоіндикації ґрунту. Токсичність ґрунту по відношенню до вільноживучих азотфіксаторів роду *Azotobacter* визначали за ступенем обростання грудочок ґрунту на середовищі Ешбі. Для контрольного ґрунту (на 30 добу досліджень) зафіксовано зростання розвитку колоній *Azotobacter*, що виражено у тенденції до збільшення інтенсивності обростання грудочок ґрунту колоніями тестового вільноживучого азотфіксатора до 85%. Це характеризує токсичність ґрунту на 15 %. Для забрудненого ґрунту встановлена повна відсутність азотобактера, що свідчить про його високу токсичність (100%) (табл. 1). Ґрунт забруднений внаслідок військових дій характеризується токсичністю по відношенню до даної групи мікроорганізмів – біоіндикаторів екологічної чистоти ґрунтового середовища.

Одним з важливих показників активності мікробіологічних процесів є продуктивність ґрунтових мікроорганізмів. Мікробна біомаса має надзвичайне значення у процесах колообігу речовин і енергії, геохімічних перетвореннях елементів і трофічних ланцюгах [8]. Встановлено (дослідження проводили на 28 добу експозиції), що величина метаболічно активної біомаси ґрунтових мікроорганізмів забрудненого ґрунту знижується в 9 рази щодо контрольного ґрунту (табл. 1). Це свідчить про зниження активності ґрунтової мікрофлори ґрунту в зоні військових дій, про що свідчить різке пригнічення метаболічно активної частини мікробного ценозу.

Таблиця 1.

Екологотоксикологічні показники контрольного та забрудненого внаслідок військових дій ґрунту, ($\bar{x} \pm SD$).

Варіант досліджу	Ґрунт контрольний	Ґрунт дослідний
Смертність черв'як <i>Eisenia fetida</i> через 14 діб, %	0	100
Біомаса ґрунтових мікроорганізмів, мкг С/г сухого ґрунту	244,4±0,2	27,2±0,1*
<i>Azotobacter</i> обростання грудочок ґрунту, %	85±5	0

* - $P < 0,05$ щодо контролю (за *t*-критерієм Стьюдента).

Таким чином, забруднений токсичними речовинами ґрунт, внаслідок військових дій, характеризується високою екотоксичністю, що призводить до істотного порушення мікробіологічної рівноваги: різкого зниження мікробної біомаси та високого рівня токсичності ґрунтового середовища.

Список використаних джерел

- Shukla, S., Mbingwa, G., Khanna, S., Dalal, J., Sankhyani, D., Malik, A., & Badhwar, N. (2023). Environment and health hazards due to military metal pollution: A review. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 20, 100857. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2023.100857>
- Sakun, A. O., & Kutkovy D. O. (2025). Otsinka vplyvu naslidkiv viys'kovykh diy na hrunt [Assessment of the impact of military actions on soils]. *Ecological Sciences*, 1(58), 350-353 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.1-58.56>
- Войціцький В. М., Хижняк С. В., Карамушка В. І. Аналітичні методи визначення хімічних токсичних забруднювачів довкілля: підручник. Київ: Вид-во НаУКМА. 2025: 364 с.
- Wieczorek, J., & Baran, A. (2022). Pollution indices and biotests as useful tools for the evaluation of the degree of soil contamination by trace elements. *Journal of Soils and Sediments*, 22, 559–576.
- Khyznyak, S. V., Korniyenko, V. I., Samkova, O. P., Midyk, S. V., Koversun, I. V. & Voitsitskiy, V. M. (2025). Osnovni pidhodi dlya kompleksnoi otcinki zabrydnennya hryntiv vnaslidok viiskovykh dii [Basic approaches for comprehensive assessment of soil pollution resulting from military actions]. *Ecological Sciences*, 5(62), 189-194. (in Ukrainian). <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2025.eco.5-62.1.28>
- ДСТУ ISO 11268-1:2003 Soil quality - Effects of pollutants on earthworms (*Eisenia fetida*) - Part 1: Determination of acute toxicity using artificial soil substrate (ISO 11268-1:1993, IDT).
- РМ.СМД.5.4-13 Токсичність ґрунту стосовно індикаторних мікроорганізмів *Azotobacter chroococcum*.
- ДСТУ ISO 14240-2:2003 Якість ґрунту. Визначення ґрунтової мікробної біомаси. Частина 2. Фумігаційно-екстракційний метод (ISO 14240-2:1997, IDT).

RESEARCH ON SOIL ECOTOXICITY AFTER MILITARY ACTIONS

The results of the study of the ecotoxicity of soil in agricultural lands of the Mykolaiv region, characterized by complex contamination as a result of military operations, are presented. Soil biotesting using soil macro- and microorganisms indicates its toxicity to earthworms Eisenia fetida and soil microorganisms, and also revealed a decrease in the activity of microbiological processes in the soil. Toxicity to soil biota is caused by the increase in the content of toxic chemical elements in the soil. The conducted studies can contribute to the development of effective strategies for remediation and restoration of contaminated soil areas.

Keywords: military actions, soil contamination, biotesting, ecotoxicity, soil biota.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Світлана Хижняк, д. біол. наук, професор, провідний науковий співробітник УЛЯБП АПК, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна. E-mail: khs2014@ukr.net, orcid: <http://orcid.org/0000-0001-6745-2894>

Svitlana Khyzhnyak, Doctor of Biological Sciences, Professor, Leading Researcher of Ukrainian Laboratory of Quality and Safety of Agricultural Products, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine. E-mail: khs2014@ukr.net, orcid: <http://orcid.org/0000-0001-6745-2894>

Інна Коверсун, молодший науковий співробітник УЛЯБП АПК, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна. E-mail: Koversun61@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5760-505X>

Inna Koversun, Junior Research Associate of Ukrainian Laboratory of Quality and Safety of Agricultural Products, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine. E-mail: Koversun61@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5760-505X>

Володимир Войціцький, д. біол. наук, професор, провідний науковий співробітник УЛЯБП АПК, Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна. E-mail: Volodymyrv1950@gmail.com, orcid: <http://orcid.org/0000-0002-5641-0071>

Volodymyr Voitsitskiy, Doctor of Biological Sciences, Professor, Leading Researcher of Ukrainian Laboratory of Quality and Safety of Agricultural Products, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine. E-mail: Volodymyrv1950@gmail.com, orcid: <http://orcid.org/0000-0002-5641-0071>

СУПУТНИКОВИЙ І GIS-ОРІЄНТОВАНИЙ МОНІТОРИНГ АТМОСФЕРНОГО СЕРЕДОВИЩА ДЛЯ ОЦІНКИ ТЕХНОГЕННО-ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІЙ

У тезах розглянуто практичну цінність супутникового та GIS-орієнтованого моніторингу атмосферного середовища для оцінки техногенно-екологічної безпеки територій України. Показано, що поєднання продуктів Sentinel-5P/TROPOMI, MAIAC AOD, атмосферних реаналізів і геоінформаційного аналізу дозволяє простежувати просторово-часову мінливість забруднення повітря, виявляти контрасти між навантаженими та фоновими зонами, а також підтримувати рішення в умовах неповного наземного моніторингу. На матеріалах українських і міжнародних досліджень узагальнено, що найбільшою практичною цінністю такого підходу є просторове покриття, відтворюваність, інтеграція різних джерел спостережень і можливість формувати прозорі аналітичні продукти для екологічної безпеки, кризового реагування та післявоєнного відновлення територій. Наголошено, що коректність висновків визначається не лише наявністю супутникового сигналу, а й якістю фільтрації, coverage-підтримкою місячних індикаторів, дизайном валідації та явним документуванням меж інтерпретації результатів.

Ключові слова: *атмосферне повітря, техногенно-екологічна безпека, дистанційне зондування Землі, GIS, Sentinel-5P/TROPOMI, MAIAC AOD, CAMS, coverage-метрики, QA/QC.*

Моніторинг атмосферного середовища дедалі більше розглядається як одна з базових складових оцінки техногенно-екологічної безпеки територій. Для України це має особливе значення через поєднання тривалого промислового навантаження, просторової неоднорідності джерел викидів, наслідків воєнних дій та обмеженості наземних мереж спостережень. У таких умовах супутникові дані й геоінформаційний аналіз стають не заміною наземному контролю, а інструментом його просторового розширення та аналітичного підсилення [3; 4; 5].

Українські дослідження вже показали, що супутникові продукти Sentinel-5P дають змогу простежувати стійкі просторові осередки підвищеного вмісту NO_2 , SO_2 , CO та формальдегіду над великими промисловими вузлами, тепловими електростанціями та міськими агломераціями. За даними М. В. Савенця та співавторів, до повномасштабного вторгнення найвищі значення атмосферного навантаження в Україні фіксувалися над індустриальними територіями сходу та центру, а також поблизу великих енергетичних об'єктів; водночас напрям і швидкість вітру впливали на поширення забрудненого повітря на передмістя та відносно чисті території [5; 6]. Це важливо для практики, оскільки техногенно-екологічна безпека визначається не лише локальною наявністю джерела, а й характером просторового переносу домішок.

Окремим практичним напрямом є використання супутникового моніторингу в умовах кризових подій і воєнних впливів. Українські науковці показали, що після початку повномасштабної війни структура атмосферного забруднення над містами змінилася: для NO_2 і CO були виявлені перерозподіл сезонних максимумів, зміни співвідношення «міський шлейф – фон» та ознаки перебудови паливного споживання [6]. Паралельно дослідження для Києва засвідчили різкі сплески $\text{PM}_{2.5}$ під час масованих ракетно-дронових атак і пожеж, а супутникові та аерозольні дані для України в цілому показали, що воєнний вплив має різноспрямований характер: на загальнонаціональному рівні фіксується спад окремих викидів через зниження економічної активності, тоді як на локальному рівні зони інтенсивних бойових дій і пожеж демонструють погіршення якості повітря [7; 8; 9].

Міжнародні кейси підтверджують, що найбільшу аналітичну цінність мають не окремі супутникові продукти, а мультиджерельні системи. Для NO_2 вкладені моделі машинного навчання на основі GEMS, супутникових, метеорологічних і наземних предикторів істотно підвищували узгодженість оцінок із даними наземних станцій, а глобальні щоденні карти $\text{PM}_{2.5}$ з просторовою роздільною здатністю 1 км стали можливими завдяки поєднанню

супутникових продуктів, атмосферних реаналізів і додаткових просторових предикторів [1; 2]. Узагальнювальні огляди з GeoAI й Earth observation також показують, що сучасний перехід від демонстраційних прикладів до операційного моніторингу пов'язаний із інтеграцією даних, просторово-часовою валідацією, оцінюванням невизначеності та документуванням пайплайнів оброблення [3; 4].

У прикладному сенсі GIS у такій схемі виконує не лише картографічну, а й аналітичну функцію. Саме геоінформаційне середовище дає змогу поєднати супутникові продукти, реаналізи, метеорологічні коваріати, адміністративні межі, буферні зони та інші просторові об'єкти в єдиній системі порівняння. Для оцінки техногенно-екологічної безпеки це означає можливість працювати не лише з окремими точками спостереження, а з територіальними патернами, зонами ризику, фоновому порівняння та пріоритизації подальших перевірок [3; 5; 10].

Однак практична придатність супутникового моніторингу залежить від якості інтерпретації. Для продуктів Sentinel-5P/TROPOMI наявність числового місячного середнього ще не означає, що такий індикатор однаково надійний для всіх територій і періодів. Його інформативність визначається реальною підтримкою валідними спостереженнями після QA-фільтрації, а також тим, чи розрізняються «інформативні місяці» і «порожні місяці», у яких після фільтрації не залишається достатнього числа валідних пікселів. Тому до супутниково-орієнтованого моніторингу доцільно включати coverage-метрики, які фіксують фактичну підтримку агрегованих значень і дають змогу відокремлювати відсутність даних від низьких значень показника [3; 10].

Важливо також, що оцінка техногенно-екологічної безпеки не повинна зводитися до прямої каузальної інтерпретації супутникового сигналу. Супутникові та GIS-орієнтовані індикатори найбільш корисні тоді, коли вони використовуються для виявлення просторово-часових контрастів, сезонних змін, епізодів підвищеного навантаження і для підтримки рішень про подальші наземні перевірки. У цьому підході реаналізи Copernicus Atmosphere Monitoring Service та метеорологічні поля додають фізичний контекст, а просторово-часовий дизайн спостереження знижує ризик хибних висновків про стан території [3; 4; 10].

Отже, супутниковий і GIS-орієнтований моніторинг атмосферного середовища слід розглядати як практично значущий інструмент оцінки техногенно-екологічної безпеки територій України. Його перевага полягає у просторовій суцільності, мультиджерельній інтеграції, відтворюваності, а також у здатності підтримувати рішення в умовах, коли наземна мережа є неповною або не забезпечує потрібної оперативності. Найбільш перспективним є використання такого підходу для індустріальних районів, великих міських агломерацій, територій після воєнних пошкоджень, зон пожежного впливу та інших територій, де потрібне поєднання дистанційного моніторингу, GIS-аналітики та прозорих процедур контролю якості даних [1; 2; 5; 6; 7].

Висновки. Супутниковий і GIS-орієнтований моніторинг формує практичну основу для просторово деталізованої оцінки техногенно-екологічної безпеки територій, оскільки дає змогу поєднувати продукти дистанційного зондування, реаналізи та геоінформаційне моделювання в єдиному аналітичному контурі. Для України найбільша цінність цього напряму полягає у можливості виявляти територіальні контрасти забруднення, оцінювати наслідки кризових подій, підтримувати післявоєнне відновлення та підвищувати доказовість рішень за умови явного QA/QC-контролю, coverage-оцінювання та обережної інтерпретації результатів [3; 5; 6; 7; 8].

Список використаних джерел

1. Ahmad N., Lin C., Lau A. K. H., et al. Estimation of ground-level NO₂ and its spatiotemporal variations in China using GEMS measurements and a nested machine learning model. *Atmospheric Chemistry and Physics*. 2024. Vol. 24. P. 9645-9665. <https://doi.org/10.5194/acp-24-9645-2024>.
2. Wei J., Li Z., Lyapustin A., et al. First close insight into global daily gapless 1 km PM_{2.5} pollution from multi-source satellite data and atmospheric reanalysis. *Nature Communications*. 2023. Vol. 14. Article 8349. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-43862-3>.
3. Tuia D., Schindler K., Demir B., et al. Artificial intelligence to advance Earth observation: A review of recent developments and future directions. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*. 2025. Vol. 13, No. 4. P. 119-141. <https://doi.org/10.1109/MGRS.2024.3425961>.
4. Mai G., Xie Y., Jia X., et al. Towards the next generation of geospatial artificial intelligence. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2025. Vol. 136. Article 104368. <https://doi.org/10.1016/j.jag.2025.104368>.
5. Savenets M. V., Nadtochii L. M., Kozlenko T. V., Komisar K. M., Zhemera N. S. Status of atmospheric air pollution in Ukraine prior to the full-scale russian invasion. Part 2: Pollutants total content according to the satellite data. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*. 2023. No. 32. P. 73-85. <https://doi.org/10.31481/uhmj.32.2023.09>.

6. Nadtochii L., Rybchynska V., Savenets M. Changes in atmospheric air pollution and fuel combustion efficiency in Ukrainian cities due to military actions. *Meteorology. Hydrology. Environmental Monitoring*. 2023. Vol. 2, No. 4. P. 4-16. <https://doi.org/10.15407/Meteorology2023.04.004>.
7. Bondar K., Tsiupa I., Virshylo M. Monitoring Air Pollution in Wartime Kyiv (Ukraine): PM2.5 Spikes During Russian Missile and Drone Attacks. *Urban Science*. 2025. Vol. 9, No. 11. Article 477. <https://doi.org/10.3390/urbansci9110477>.
8. Dong J., Tian L., Chen F., Cai X., Chen X., Xu Q., Xia X. Spatio-temporal variations of aerosol optical depth over Ukraine under the Russia-Ukraine war. *Atmospheric Environment*. 2023. Vol. 314. Article 120114. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2023.120114>.
9. Babii V., Gordienko O., Tsyupa I. Comparative analysis of air quality in Kyiv by GIS and remote sensing in 2019-2020. *Geoinformatics*. 2021. Vol. 2021. P. 1-6. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.20215521138>.
10. Peuch V.-H., Engelen R., Eskes H., et al. The Copernicus Atmosphere Monitoring Service: Status and relevance for atmospheric composition monitoring. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 2022. Vol. 103, No. 12. P. E2692-E2715. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-21-0314.1>.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.22

Ruslan Chernysh

SATELLITE AND GIS-ORIENTED MONITORING OF THE ATMOSPHERIC ENVIRONMENT FOR ASSESSING TECHNOGENIC-ENVIRONMENTAL SAFETY OF TERRITORIES

The theses consider the practical value of satellite and GIS-oriented monitoring of the atmospheric environment for assessing technogenic-environmental safety of territories in Ukraine. It is shown that the combination of Sentinel-5P/TROPOMI products, MAIAC AOD, atmospheric reanalyses and geospatial analysis makes it possible to track spatiotemporal variability of air pollution, detect contrasts between burdened and background areas, and support decisions when ground-based monitoring is incomplete. Ukrainian and international case studies demonstrate that the main practical advantages of this approach are spatial continuity, reproducibility, data integration and the ability to produce transparent analytical outputs for environmental safety, crisis response and post-war recovery. The paper emphasizes that robust interpretation depends not only on the availability of satellite signals but also on quality filtering, coverage support of monthly indicators, validation design and explicit documentation of interpretative limits.

Key words: atmospheric air, technogenic-environmental safety, Earth observation, GIS, Sentinel-5P/TROPOMI, MAIAC AOD, CAMS, coverage metrics, QA/QC.

Відомості про автора / Information about the Author

Руслан Черниш, аспірант кафедри екології Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу, м. Івано-Франківськ, Україна. E-mail: ruslan777chernysh@gmail.com, ORCID: 0009-0009-8857-2110.

Ruslan Chernysh, PhD student of the Department of Ecology, Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine. E-mail: ruslan777chernysh@gmail.com, ORCID: 0009-0009-8857-2110.

© Р. Черниш

Стаття отримана редакцією 26.05.2026.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.23

Руслан Шевчук

АНАЛІЗ ДИНАМІКИ БІОФІЗИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РОСЛИННОГО ПОКРИВУ ПРИРОДНОГО ЗАПОВІДНИКА «СЛАНЕЦЬКИЙ СТЕП» ЗА ДАНИМИ SENTINEL-2

У роботі досліджено просторово-часові зміни біофізичних характеристик рослинного покриву природного заповідника «Сланецький степ» за даними супутникової зйомки Sentinel-2. Для оцінки стану рослинності використано спектральні індекси MSAVI2, NDRE, NDWI та BSI, що характеризують щільність рослинного покриву, фізіологічний стан рослин, рівень їх зволоження та ступінь оголення ґрунтової поверхні. Виконано порівняння супутникових сцен за 2020 та 2025 роки, а також аналіз багаторічної динаміки індексу MSAVI2 за період 2017–2025 рр. Отримані результати свідчать про погіршення біофізичного стану рослинного покриву у 2025 році порівняно з 2020 роком. Водночас довгостроковий тренд не підтверджує наявності поширеної негативної тенденції у розвитку рослинності. Виявлені відмінності можуть значною мірою відображати міжрічну кліматичну мінливість, що підкреслює важливість використання багаторічних рядів супутникових спостережень під час оцінки стану степових екосистем.

Ключові слова: Sentinel-2, дистанційне зондування Землі, степові екосистеми, спектральні індекси, моніторинг рослинності.

Степові екосистеми належать до найбільш вразливих природних комплексів України, оскільки їх функціонування значною мірою залежить від кліматичних умов, насамперед режиму зволоження та температурного фону. В умовах сучасних кліматичних змін особливого значення набуває моніторинг рослинного покриву, який дозволяє оцінювати стан екосистем, виявляти потенційні деградаційні процеси та аналізувати їхню просторово-часову динаміку. Ефективним інструментом для вирішення таких завдань є методи дистанційного зондування Землі, які забезпечують регулярне отримання об'єктивної інформації про стан рослинності на значних територіях.

Об'єктом дослідження обрано територію природного заповідника «Сланецький степ» (Миколаївська область), яка характеризується значною ландшафтною та фітоценотичною неоднорідністю, зумовленою поєднанням схилових, балкових і плакорних ділянок, що формує контрастні умови зволоження та просторову мінливість рослинного покриву. В якості вихідних даних для проведення дослідження використано мультиспектральні супутникові знімки Sentinel-2 рівня обробки Level-2A (Surface Reflectance), що постачаються Європейським космічним агентством [1]. З метою оцінки сучасних змін рослинного покриву виконано порівняння супутникових сцен, отриманих наприкінці червня 2020 та 2025 років, що відповідає однаковому фенологічному періоду розвитку степової рослинності та дозволяє мінімізувати вплив сезонної мінливості на результати аналізу. Оскільки порівняння окремих часових зрізів не завжди відображає довгострокові тенденції функціонування рослинності, додатково було сформовано часовий ряд супутникових даних за 2017–2025 рр. та виконано аналіз лінійного тренду індексу MSAVI2.

Для оцінки біофізичних характеристик рослинного покриву використано комплекс спектральних індексів, що відображають різні аспекти функціонального стану степових екосистем. З огляду на значну розчленованість рельєфу території природного заповідника «Сланецький степ», поширення балково-схилових комплексів та ерозійних процесів, значна частина супутникових пікселів містить одночасно рослинний і ґрунтовий компоненти. Відтак застосування традиційного індексу NDVI може призводити до спотворення оцінок рослинного покриву внаслідок впливу відкритої ґрунтової поверхні. Тому основним індикатором розвитку рослинності обрано індекс MSAVI2 (Modified Soil Adjusted Vegetation Index), який мінімізує вплив ґрунтового фону та забезпечує більш коректну оцінку рослинного покриву в умовах розрідженого травостою [2]. Оцінка фізіологічного стану рослин проводилася шляхом аналізу індексу NDRE (Normalized Difference Red Edge Index), який відображає зміни вмісту хлорофілу та інтенсивності фотосинтетичних процесів у рослинному покриві [3].

Рівень зволоження фітомаси визначався за допомогою індексу NDWI (Normalized Difference Water Index), який дозволяє оцінювати водозабезпеченість рослинності та виявляти ознаки водного стресу [4]. Ступінь оголення поверхні та роль ґрунтового компонента у формуванні спектрального сигналу характеризувалися індексом BSI (Bare Soil Index), особливо інформативним для схилів ділянок із розрідженою рослинністю та проявами ерозійних процесів [5].

Порівняння значень індексу MSAVI2 між 2020 та 2025 роками виявило суттєві зміни рослинного покриву на території природного заповідника «Сланецький степ» (рис. 1). На більшій частині досліджуваної території зафіксовано зниження значень індексу, що свідчить про зменшення щільності рослинного покриву та його продуктивності. Найбільш виражені негативні зміни приурочені до схилів ділянок балкової мережі у північно-східній, південно-східній та північно-західній частинах заповідника, де зниження показників місцями перевищує 20%. Водночас окремі ділянки у міжбалкових просторах та південно-західній частині території характеризуються позитивною динамікою, однак вона зумовлена збільшенням площ деревно-чагарникової рослинності внаслідок самосіву з прилеглих лісосмуг, а не зростанням продуктивності степових трав'яних угруповань.

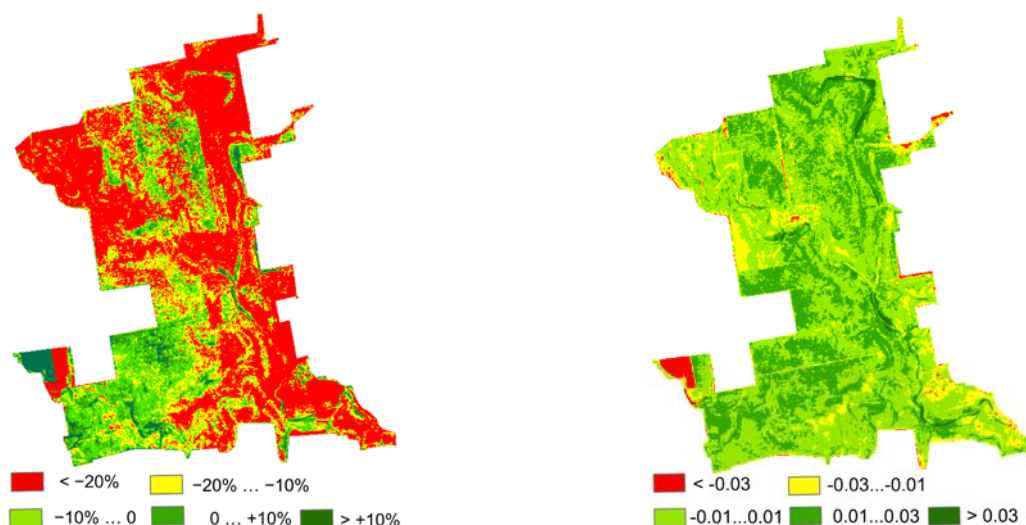


Рис. 1. Результати аналізу динаміки рослинного покриву природного заповідника «Сланецький степ» за індексом MSAVI2: а — відносна зміна щільності рослинного покриву між 2020 та 2025 рр. (%); б — просторовий розподіл лінійного тренду MSAVI2 за 2017–2025 р.

Аналіз індексу NDRE показав переважання негативних значень різниці між 2020 та 2025 роками. Отримані результати свідчать про зниження вмісту хлорофілу в рослинному покриві та погіршення фізіологічного стану рослин. Просторовий розподіл змін NDRE значною мірою повторює закономірності, встановлені для індексу MSAVI2, що підтверджує взаємозв'язок між зменшенням щільності рослинного покриву та зниженням його фотосинтетичної активності. Подібні просторові патерни характерні й для індексу NDWI (рис.2). У більшості досліджуваних ділянок зафіксовано зниження його значень, що вказує на зменшення вмісту вологи у фітомасі та посилення водного стресу рослинності. Найбільш помітне зниження показників спостерігається на схилів територіях балок, які характеризуються підвищеною чутливістю до змін водного режиму та кліматичних умов. Додатковим підтвердженням встановлених закономірностей є результати аналізу індексу BSI. Для значної частини території, де зафіксовано зниження значень MSAVI2, NDRE та NDWI, спостерігається зростання значень BSI у 2025 році порівняно з 2020 роком. Це свідчить про збільшення частки відкритого ґрунту та посилення його впливу на формування спектрального сигналу. Просторове співпадіння зон підвищення BSI із ділянками зниження інших спектральних індексів підтверджує скорочення рослинного покриву та найбільш чітко проявляється в межах схилів ділянок балкової мережі.

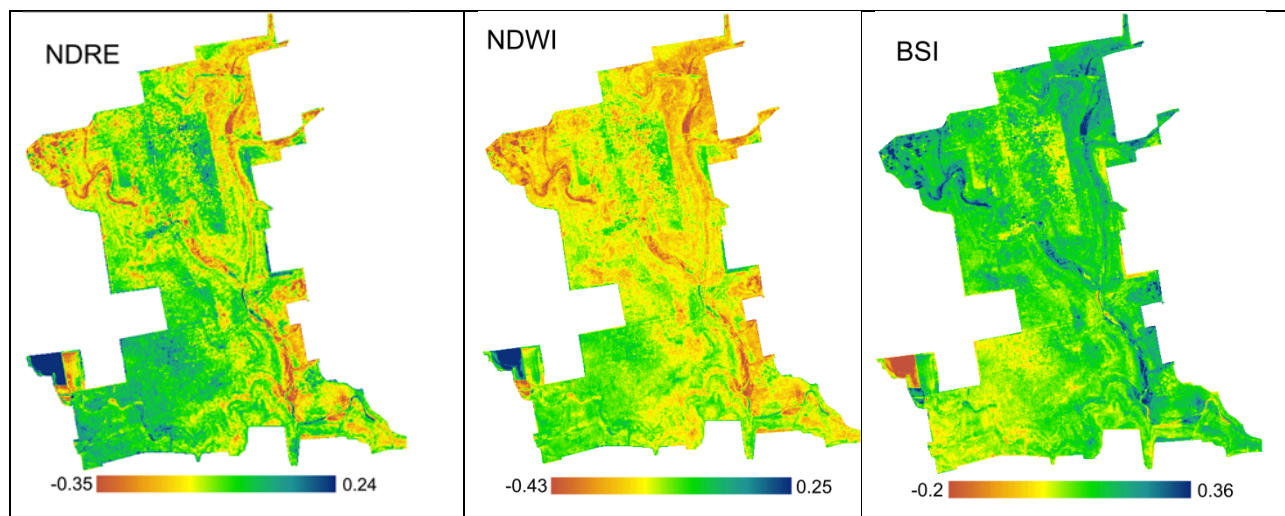


Рис. 2. Картосхеми просторових змін біофізичних характеристик рослинного покриву природного заповідника «Сланецький степ» між 2020 та 2025 рр.: NDRE, NDWI та BSI.

Для перевірки довгострокового характеру виявлених змін додатково виконано аналіз часового ряду індексу MSAVI2 за 2017–2025 рр. Для кожного пікселя було розраховано лінійний тренд методом найменших квадратів. На відміну від результатів порівняння двох часових зрізів, багаторічний аналіз не виявив поширеної негативної тенденції на території заповідника (рис. 1). Для більшості ділянок характерні слабкі позитивні або близькі до нульових значення тренду, тоді як від'ємні значення мають переважно локальний характер. Розраховані середньорічні темпи змін також свідчать про відносно низьку інтенсивність довгострокових трансформацій рослинного покриву.

Отримані результати демонструють певну невідповідність між двохдатним та багаторічним аналізом. Порівняння супутникових сцен 2020 та 2025 років відображає особливості стану рослинного покриву в конкретні роки спостережень, тоді як аналіз часового ряду характеризує узагальнену багаторічну тенденцію його розвитку. Якщо двохдатний аналіз вказує на погіршення біофізичного стану рослинності, то результати аналізу часових рядів не підтверджують наявності стійкої довгострокової негативної тенденції, що може свідчити про значний вплив міжрічної кліматичної мінливості на стан степових фітоценозів..

Таким чином, аналіз супутникових даних Sentinel-2 виявив погіршення біофізичного стану рослинного покриву природного заповідника «Сланецький степ» у 2025 році порівняно з 2020 роком, що проявляється у зниженні значень індексів MSAVI2, NDRE та NDWI і супроводжується зростанням індексу BSI. Найбільш виражені зміни характерні для схилових ділянок балкової мережі. Водночас результати аналізу багаторічного ряду MSAVI2 за 2017–2025 рр. не підтверджують наявності поширеної довгострокової негативної тенденції. Це свідчить про те, що виявлені відмінності між 2020 та 2025 роками можуть значною мірою відображати міжрічну кліматичну мінливість, а не стійкі зміни рослинного покриву.

Список використаних джерел

1. <https://browser.dataspace.copernicus.eu/>
2. Qi J. [et al.]. A modified soil adjusted vegetation index. Remote Sensing of Environment. 1994. Vol. 48, no. 2. P. 119–126.
3. Barnes E. M. [et al.]. Coincident detection of crop water stress, nitrogen status and canopy density using ground based multispectral data. Proceedings of the Fifth International Conference on Precision Agriculture. Bloomington, MN, USA, 2000. Vol. 1619. P. 1–11.
4. Gao B. NDWI – a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space. Remote Sensing of Environment. 1996. Vol. 58, no. 3. P. 257–266.
5. Rikimaru A., Roy P. S., Miyatake S. Tropical forest cover assessment strategy. Advances in Space Research. 2002. Vol. 29, no. 11. P. 1759–1762. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0273-1177\(02\)00201-1](https://doi.org/10.1016/S0273-1177(02)00201-1)

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.23

Ruslan Shevchuk

ANALYSIS OF SPATIO-TEMPORAL DYNAMICS OF BIOPHYSICAL CHARACTERISTICS OF VEGETATION COVER IN THE YELANETSKYI STEPPE NATURE RESERVE USING SENTINEL-2 DATA

This study investigates spatio-temporal changes in the biophysical characteristics of vegetation cover within the Yelanetskyi Steppe Nature Reserve using Sentinel-2 satellite imagery. Vegetation condition was assessed using the MSAVI2, NDRE, NDWI, and BSI spectral indices, which characterize vegetation density, physiological condition, moisture status, and the degree of bare soil exposure, respectively. A comparison of satellite scenes acquired in 2020 and 2025 was performed, along with an analysis of the long-term dynamics of the MSAVI2 index for the period 2017–2025. The results indicate a deterioration in the biophysical condition of vegetation cover in 2025 compared to 2020. However, the long-term trend analysis did not reveal a widespread negative tendency in vegetation development. The observed differences may largely reflect interannual climatic variability, highlighting the importance of multi-year satellite time series for assessing the condition of steppe ecosystems.

Key words: Sentinel-2, remote sensing, steppe ecosystems, spectral indices, vegetation monitoring.

Відомості про автора / Information about the Author

Руслан Шевчук, кандидат геологічних наук, науковий співробітник ДУ «Інститут геохімії навколишнього середовища НАН України». E-mail: ruslancarse@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6610-4927>

Ruslan Shevchuk, candidate of geological sciences, researcher at State Institution “The Institute of Environmental Geochemistry of National Academy of Sciences of Ukraine”. E-mail: ruslancarse@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6610-4927>

© Р. Шевчук

Стаття отримана редакцією 26.05.2026.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.24

*Olena Mitryasova,
Ruslan Mariychuk,
Andrii Mats*

FUTURE-PROOFING ENVIRONMENTALISM: A COMPARATIVE STUDY OF BACHELOR'S PROGRAMS IN UKRAINE AND SLOVAKIA

Abstract. *Using comparative, statistical, and quantitative methods, this study reveals that the PMBSNU program adopts a more applied approach emphasizing GIS and anthropogenic impact, whereas the University of Prešov focuses on fundamental natural sciences and extensive field research. A comparative analysis of ECTS credits confirms these structural differences, showing that PMBSNU allocates more volume to humanities (43 credits) while Prešov prioritizes natural and fundamental sciences (54 credits).*

Ultimately, both models offer high-quality training, suggesting that an ideal environmental education could be achieved by synthesizing PMBSNU's interdisciplinary technical focus with Prešov's robust scientific and legal-communicative framework.

Key words: *environmental education; bachelors-environmentalists; educational programs.*

Ukraine's integration into the European Higher Education Area (EHEA) calls for a critical reassessment of its academic structures, particularly in sustainability-focused fields like environmental science. The current trajectory emphasizes aligning national curricula with European benchmarks to facilitate mutual recognition and professional mobility. Although Ukraine maintains a high density of universities despite recent demographic fluctuations, the priority is transitioning from institutional quantity to the qualitative excellence of pedagogy and research [2; 3; 4].

In this regard, the Slovakian model serves as a pertinent point of comparison. As an established EHEA member, Slovakia utilizes a decentralized system rooted in international collaboration and basic science. A notable distinction exists in their educational focus: while Ukrainian programs are often driven by market demand and applied environmental management, Slovakian curricula emphasize biological systems and biodiversity. Evaluating these divergent approaches provides a roadmap for developing a more integrated, interdisciplinary model capable of tackling 21st-century environmental crises.

Purpose of the study is a comparative analysis of bachelor-level environmental education training between Ukraine and Slovakia, specifically focusing on Petro Mohyla Black Sea National University and the University of Prešov.

The object is the educational training for bachelor-level environmentalists in Ukraine and Slovakia.

The subject of the study is the concepts and characteristics of the educational programs in ecology offered by Petro Mohyla Black Sea National University and the University of Prešov.

The Petro Mohyla Black Sea National University (PMBSNU) in Mykolaiv, Ukraine, and the University of Prešov, Slovakia, are multidisciplinary higher education institutions, but differ in structure, student numbers, and training concepts; CNU, founded in 1996, is known for its humanities and social sciences, has about 4.000 students, and emphasizes an interdisciplinary approach, while the University of Prešov, with a history dating back to 1665, offers a wide range of programs, including theology, humanities, natural sciences, and medical sciences, with a student population of about 8.000, and emphasizes regional development and international cooperation, reflecting their different historical contexts and educational priorities.

The methodology of this study is rooted in a comparative framework, systematically evaluating the ecological curricula at Petro Mohyla Black Sea National University and the University of Prešov [1]. The analysis focused on structural and conceptual dimensions, utilizing comparative data to assess the distribution of humanities, mathematics, and natural sciences, alongside specialized disciplines such as biology, chemistry, and soil science. Beyond content, the study scrutinized pedagogical parameters, including credit allocation (volume), total discipline counts, and methods of summative assessment to identify distinct institutional priorities.

The training frameworks at Petro Mohyla Black Sea National University (PMBSNU) and the University of Prešov exhibit a strategic blend of shared pedagogical goals and distinct regional specializations. Both institutions converge on a core mission: equipping specialists for environmental monitoring, resource management, and conservation through a foundation in botany, zoology, and geography. Furthermore, both curricula bridge theory and practice via mandatory field and laboratory research.

However, their divergent focuses reflect their respective geographical contexts. PMBSNU, situated near the ecologically sensitive Black Sea coast, adopts a pragmatic, applied approach. Its curriculum prioritizes anthropogenic impact assessment, water resource management, and coastal ecosystem monitoring—preparing graduates for roles in government and the private sector. Conversely, the University of Prešov leverages its proximity to diverse mountain and forest ecosystems to emphasize fundamental scientific inquiry. Its program is characterized by a deep focus on biodiversity and international research collaboration, aiming to produce scientists capable of addressing global environmental challenges through the study of complex ecological processes.

The “Ecological and Environmental Sciences” program at the University of Prešov offers a comprehensive three-year education covering a wide range of environmental disciplines. The program combines theoretical knowledge with practical skills, preparing students for a career in the field of ecology or for further studies. The program consists of 35 courses, which are distributed over three years of study. The total number of ECTS credits that students have is 115 (Fig. 1).

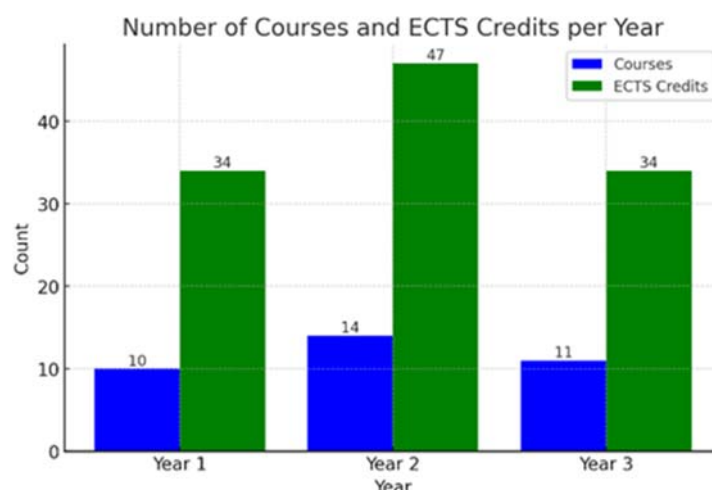


Fig. 1. Number of courses and credits of professional training for bachelors in environmental science at the University of Prešov.

Courses cover basic environmental principles and concepts. Courses develop practical skills in students necessary for conducting environmental research and address environmental protection and sustainable development issues. Courses explore legal and political aspects of environmental protection. Environmental communication is taught through disciplines that teach students to communicate effectively with the public about environmental issues. New trends in ecology are presented through courses that introduce students to the latest advances in the field of ecology.

The University of Prešov offers a balanced ecological education that integrates fundamental principles with specialized practical training. The curriculum extends beyond core scientific theory to encompass the legal and political dimensions of environmental protection. Notably, the program emphasizes environmental communication, equipping students to engage effectively with public stakeholders. By continuously integrating emerging trends and latest advances, the University ensures the curriculum remains comprehensive, providing a robust foundation for both professional careers and advanced academic research.

Similarly, the curriculum at Petro Mohyla Black Sea National University (PMBSNU) adopts a multidimensional approach to environmental science. The program spans fundamental disciplines, such as Geochemistry of the Environment and Soil Science, while maintaining a strong technical focus through GIS-based Ecological Mapping and Topography. A distinctive feature of the PMBSNU model is its emphasis on quantitative analysis, delivered through courses in Biometrics and Environmental Modeling. This interdisciplinary framework—addressing everything from Radioecology to Social Ecology—ensures that graduates possess the critical thinking skills necessary for modern risk assessment and environmental safety. As illustrated in Fig. 2, the professional training credits reflect a rigorous commitment to breadth and technical depth, aligning students with contemporary international standards.

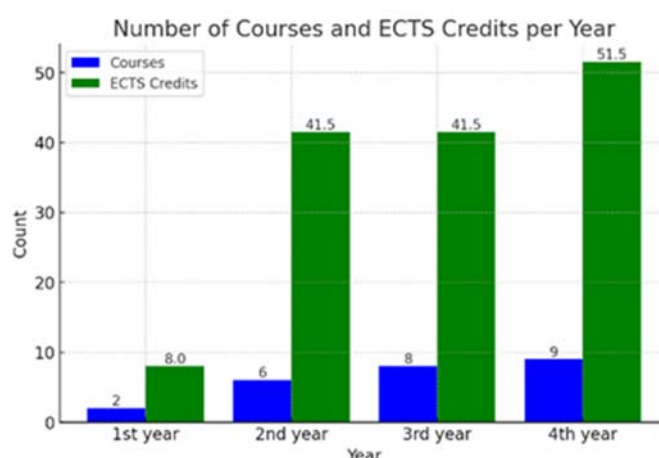


Fig. 2. Number of courses and credits of professional training for bachelors in environmental science at the PMBSNU.

The comparative analysis of ecological training at PMBSNU and the University of Prešov reveals two distinct yet complementary educational models, both aligned with modern EHEA standards.

8. Curricular Breadth and Interdisciplinarity. PMBSNU distinguishes itself through a broad, interdisciplinary curriculum. By integrating geochemistry and soil science with quantitative tools like biometrics and environmental modeling, the program provides a robust theoretical and analytical framework. Conversely, the University of Prešov maintains a stronger focus on the biological sciences and communication, emphasizing the popularization of ecology and legal literacy.

9. Practical and Technical Specialization. Both institutions prioritize the application of knowledge, but their technical focuses differ. PMBSNU emphasizes modern technological competencies, specifically in GIS, cartography, and environmental risk assessment. In contrast, the University of Prešov adopts a more traditional field-based approach, dedicating significant curriculum space to laboratory techniques and extensive field practices designed for direct labor market entry.

10. Regional Alignment. Each program reflects its geographic and industrial context. PMBSNU's inclusion of monitoring and safety courses aligns with the needs of industrial and coastal management, while the Prešov model focuses on biodiversity and conservation, reflecting its proximity to diverse forest and mountain ecosystems.

Ultimately, while PMBSNU offers a wider theoretical and interdisciplinary base, the University of Prešov provides a more specialized biological and communicative orientation. Both frameworks successfully equip graduates with the fundamental skills—botany, zoology, and geography—required for modern environmental protection and resource management.

References

1. MAIS. (n.d.). Studijne Programy. University of Prešov. [https://student.unipo.sk/maisportal/studijneProgramy.mais] (https://student.unipo.sk/maisportal/studijneProgramy.mais).
2. Mariichuk, R. (2020). Vprovadhennia pryntsyv «zelenoi khimii» u pidhotovku fakhivtsiv khimichnykh ta ekolohichnykh spetsialnostei [Implementation of the principles of "green chemistry" in the training of specialists in chemical and environmental specialties]. In Osvita ta nauka: pam'iataiuchy mynule, stvoriuiemo maibutnie [Education and Science: Remembering the Past, Creating the Future] (pp. 45–48). Drahomanov National Pedagogical University.
3. Mitryasova, O. (2020). An integrated approach to education content. *New Trends and Issues Proceedings on Humanities and Social Sciences*, 7(1), 30–38.
4. Мітрясова, О., Марійчук, Р., & Мац, А. (2026). Порівняльна характеристика освітніх програм підготовки бакалаврів-екологів в університетах України та Словаччини. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: «Педагогіка. Соціальна робота»*, (1(58), 178–185. [HTTPS://DOI.ORG/10.24144/2524-0609.2026.58.178-185](https://doi.org/10.24144/2524-0609.2026.58.178-185)

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.24

Олена Мітрясова,
Руслан Марійчук,
Андрій Мац

**ЕКОЛОГІЧНИЙ ПІДХІД, ОРІЄНТОВАНИЙ НА МАЙБУТНЄ: ПОРІВНЯЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ
БАКАЛАВРСЬКИХ ПРОГРАМ В УКРАЇНІ ТА СЛОВАЧЧИНІ**

Анотація. Використовуючи методи порівняльного та статистичного аналізу, дослідження виявило, що програма ЧНУ імені Петра Могили має більш прикладний характер із акцентом на ГІС та антропогенний вплив, тоді як програма Пряшівського університету зосереджена на фундаментальних природничих науках і польових дослідженнях. Аналіз кредитів ЄКТС підтверджує ці розбіжності: український виш виділяє більше обсягу на гуманітарну підготовку, а словацький — на фундаментальні дисципліни. Попри різницю в підходах — міждисциплінарність у ЧНУ імені Петра Могили проти комунікативно-правового аспекту в ПУ — обидві моделі є взаємодоповнюючими та визначають перспективу створення ідеальної освітньої системи через синтез їхніх сильних сторін.

Ключові слова: екологічна освіта; бакалаври-екологи; екологічні програми.

Відомості про автора / Information about the Author

Мітрясова Олена, доктор педагогічних наук, професор, професор кафедри екології Чорноморського національного університету імені Петра Могили, e-mail: eco-terra@ukr.net, orcid: [HTTPS://ORCID.ORG/0000-0002-9107-4448](https://orcid.org/0000-0002-9107-4448)

Mitryasova Olena, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Ecology Department, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine, e-mail: eco-terra@ukr.net, orcid: [HTTPS://ORCID.ORG/0000-0002-9107-4448](https://orcid.org/0000-0002-9107-4448)

Марійчук Руслан Кандидат хімічних наук, професор, професор кафедри екології Пряшівського університету, Пряшів, Словаччина, Пряшів, Словаччина, e-mail: rmariychuk@gmail.com, [HTTPS://ORCID.ORG/0000-0001-8464-4142](https://orcid.org/0000-0001-8464-4142)

Mariychuk Ruslan Candidate of Chemical Sciences, Professor, Professor of the Ecology Department, University of Prešov, Prešov, Slovakia, Prešov, Slovakia, e-mail: rmariychuk@gmail.com, orcid: [HTTPS://ORCID.ORG/0000-0001-8464-4142](https://orcid.org/0000-0001-8464-4142)

Мац Андрій аспірант кафедри екології Чорноморського національного університету імені Петра Могили, Миколаїв, Україна, e-mail: andrejmac3@gmail.com, orcid: [HTTPS://ORCID.ORG/0000-0002-1226-5343](https://orcid.org/0000-0002-1226-5343)

Mats Andrii Postgraduate student of the Ecology Department, Petro Mohyla Black Sea National University, Mykolaiv, Ukraine, e-mail: andrejmac3@gmail.com, orcid: [HTTPS://ORCID.ORG/0000-0002-1226-5343](https://orcid.org/0000-0002-1226-5343)

© O. Mitryasova, R. Mariychuk, A. Mats

Стаття отримана редакцією 26.05.2026.

Розділ
РАДІОБІОЛОГІЯ.
БІОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

Section
RADIOBIOLOGY.
BIOLOGICAL SAFETY

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.25

Вікторія Задорожна,
Наталія Винник,
Тетяна Сергєєва

ХАРАКТЕРИСТИКА ЕПІДЕМІЧНОЇ СИТУАЦІЇ ЩОДО ЕМЕРДЖЕНТНИХ І РЕЕМЕРДЖЕНТНИХ ІНФЕКЦІЙ У СВІТІ В 2026 РОЦІ

Лише в 21-го сторіччі відбулися 2 пандемії, низка епідемій, викликаних емерджентними та реемерджентними вірусами. За останні 25 років стало відомо про 13 нових для людини вірусів пташиного грипу. Існує потенційна загроза «хвороби Х». У зв'язку з цим ВООЗ розробила «Глобальну стратегію по грипу на 2019 – 2030 рр.» та «Угоду по запобіганню пандемії, готовності та відповіді».

За 5 міс. 2025 р. ВООЗ повідомила про такі значущі для світу події, як епідемія кору в Бангладеш (близько 20 тис. випадків, 75% серед дітей до 5 років) на тлі вакцинопрофілактики; спалах хантавірусної інфекції, викликаної вірусом Andes на судні; епідемія, викликана вірусом Bundibugyo, в Африці, поява рекомбінантного вірусу мавпячої віспи. Наведені дані показують конкретні біологічні загрози і на які необхідно реагувати системі охорони здоров'я.

Ключові слова: емерджентні та реемерджентні інфекції, кір, мавпяча віспа, хантавірус Andes, віруси пташиного грипу, вірус Bundibugyo, «хвороба Х»

Починаючи з 21-го сторіччя, світ пережив 2 пандемії, велику кількість епідемій, пов'язаних з новими (емерджентними) та вже відомими патогенами, що набули нових біологічних або епідемічних властивостей (реемерджентними). Це пандемії грипу (2009–2010) та COVID-19 (2020–2023), епідемії SARS (2002–2003), близькосхідного респіраторного синдрому (2012), хвороби Ебола (2014–2016), хвороби Зіка (2015–2016), мавпячої віспи (2022–2024). Постійно існує ризик набуття епідемічного потенціалу вірусами зоонозного грипу, а також потенційна загроза, непорівняна з попередніми пандеміями за своїми наслідками, «хвороби Х» [1, 2, 3]. Розуміючи ризики подальших біологічних природних загроз, ВООЗ було створено Міжурядовий переговорний орган для розробки та узгодження «Угоди по запобіганню пандемії, готовності та відповіді», який працював протягом 2023–2025 рр., а Угода була прийнята 20 травня 2025 р. на 78-й Всесвітній асамблеї охорони здоров'я.

У 21-му сторіччі стало відомо про 13 емерджентних вірусів пташиного грипу, серед яких 6 були виявлені під час чи після пандемії COVID-19 (*A(H10N3)*, *A(H5N8)* (2021), *A(H3N8)* (2022), *A(H10N5)* (2023), *A(H5N2)* (2024), *A(H5N5)* (2025)). Що стосується відомого з 1997 р. вірусу пташиного грипу *A(H5N1)*, і який багато років розглядався як претендент на пандемічне розповсюдження, то натеper з'являється усе більше повідомлень про його адаптацію до ссавців різних видів, що ще більше підвищує його пандемічні ризики. На 11.07.2024 вірус виявлено на 145 молочних фермах у великої рогатої худоби в 12 штатах США та 4 випадки інфікування сільськогосподарських робочих [4]. У 2025 р. у США зареєстровано понад 70 випадків інфікування вірусом *A(H5)* домашніх котів у 19 штатах, що часто супроводжувалося важкими респіраторними та неврологічними синдромами з високою летальністю [5]. Продовжують надходити повідомлення про зараження інших ссавців. У зв'язку з ризиком, який натеper становить грип, зокрема зоонозний, у 2019 році ВООЗ було розроблено Глобальну стратегію по грипу на 2019–2030 рр. [6].

Таким чином, якщо говорити про біобезпеку та її складові, то серед інших біологічних загроз, природні, пов'язані з еволюцією патогенів, що супроводжується формуванням нових паразитарних систем або розширенням вже існуючих за рахунок залучення нових біологічних хазяїв або нових механізмів передачі збудника, продовжують посідати одне з провідних місць.

На підставі аналізу повідомлень ВООЗ про надзвичайні ситуації щодо інфекційних хвороб, що обумовлено Міжнародними медико-санітарними правилами (2005) нами надано інформацію щодо епідемічної ситуації у світі з емерджентних на реемерджентних інфекцій у 2026 р. (за перші 5 міс.) (табл. 1).

Таблиця 1

Спалахи та епідемії емерджентних на реемерджентних інфекцій у 2026 р. (за перші 5 міс.)

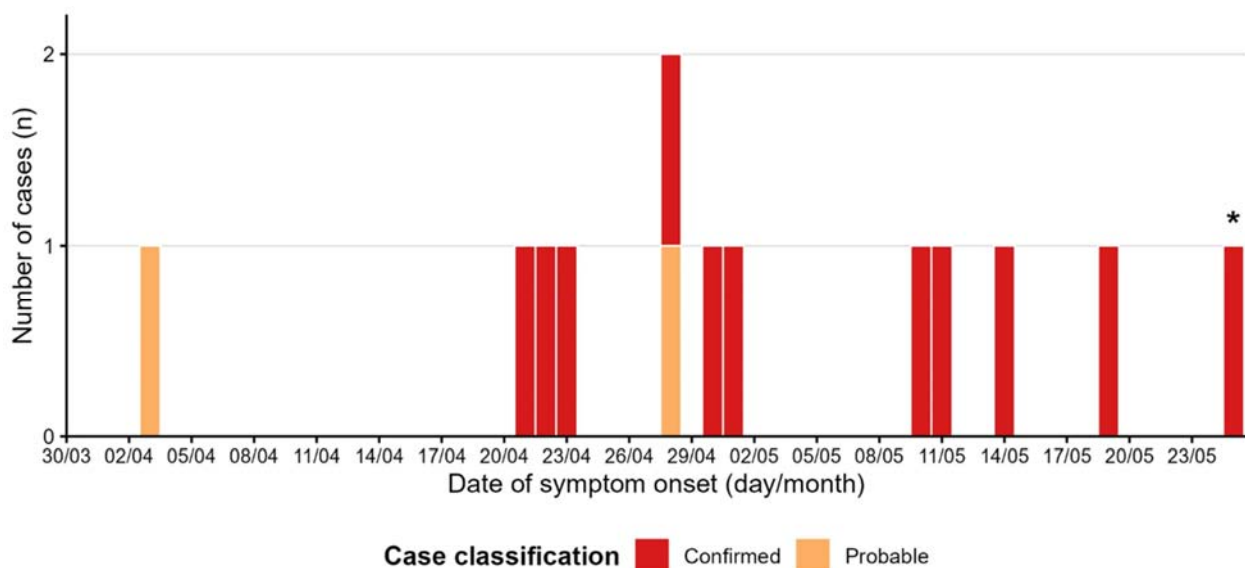
№ п/п	Інфекційна хвороба	Країна	Дата повідомлення ВООЗ	Опис ситуації	Джерело
1.	Хвороба Марбург	Ефіопія	26.01	1-й спалах у країні. На 25.01.2026 зареєстровано 19 випадків, у т. ч. 14 підтверджених (включаючи 9 смертей) та 5 ймовірних (усі летальні). Летальність – 64,3%. 857 контактних осіб завершили 21-денний період спостереження.	[7]
2.	Вірусна інфекція Ніпа	Індія	30.01	2 випадки серед медичних працівників однієї лікарні. 1 пацієнт на штучній вентиляції легень, інший – з важкими неврологічними проявами. Вік – 20–30 років. Обстежено 190 контактних із негативним результатом.	[8]
3.	Вірусна інфекція Ніпа	Бангладеш	06.02	1 підтверджений випадок із лихоманкою та неврологічними симптомами. Пацієнтка віком до 50 років. Обстежено 35 контактних із негативним результатом.	[9]
4.	Мавпяча віспа: рекомбінантний вірус з геномними елементами клад Іб та ІІв	Ситуація у світі	14.02	Задokumentовано рекомбінацію штамів вірусу мавпячої віспи, зареєстровано 2 випадки, викликані цим варіантом вірусу, що включає класи Іб та ІІв. 1-й випадок – у Великій Британії з історією подорожей до Південно-Східної Азії, а 2-й – в Індії, з історією подорожей до країни Аравійського півострова. Обидва пацієнти захворіли з різницею в кілька тижнів, мали подібну клінічну картину, характерну для інших кладів. Вторинних випадків не виявлено.	[10]
5.	Пташиний грип А(H9N2)	Італія	10.04	У дорослого, який повернувся з Сенегалу. В анамнезі не мав контакту з домашньою птицею або особою з подібними симптомами. Бронхоальвеолярна проба позитивна на <i>Mycobacterium tuberculosis</i> та вірус А(H9N2). Це 1-й завізний випадок цього грипу в Італії.	[11]
6.	Кір	Бангладеш	23.04	Зареєстровано 19 161 підозрюваний випадок та 2897 підтверджених випадків кору, зокрема 166 смертей, пов'язаних з кором (летальність – 0,9%). 79% зареєстрованих випадків – діти віком до 5 років.	[12]
7.	Хантавірусна інфекція, викликана вірусом Andes	Круїзний лайнер	04.–28.05	На 27.05 зареєстровано загалом 13 випадків, зокрема 3 летальних (23%). Останні 3 повідомлення надійшли. Канади, Нідерландів та Іспанії. Усі випадки виявлені серед людей, які подорожували на борту судна Hondius. Наразі відомо про випадки передачі цього вірусу від людини до людини лише при легеневому синдромі. Він є ендемічним у Південній Америці, з підтвердженою циркуляцією та випадками захворювання серед людей, зареєстрованими переважно в Аргентині та Чилі.	[13]
8.	Хвороба, викликана вірусом Бундібудьо	Демократична республіка Конго (ДРК), Уганда	16–29.05	На 29.05 в ДРК зареєстровано 906 підозрюваних випадків, зокрема 223 летальних; а також 134 підтверджених випадки (9 в Уганді), зокрема 18 смертей (1 в Уганді) (летальність 14%). Крім того, лікар зі США, який був інфікований під час догляду за пацієнтами в ДРК, був доставлений до Німеччини для лікування. 22.05 ВООЗ оцінила ризик спалаху як дуже високий на національному рівні в ДРК, високий на регіональному та низький на глобальному рівні. Оцінка ризику буде постійно надалі переглядатися на основі подальшої інформації.	[14]

Джерело: сформовано автором на основі [7–14]

Найбільш значущими подіями, які виходять за межі локального ускладнення епідемічної ситуації, стала епідемія кору в Бангладеш із майже 20 тис. випадками (75% серед дітей віком до 5 років) і летальністю 0,9% на тлі постійної вакцинопрофілактики; спалах хантавірусної інфекції, викликаної вірусом Andes, який виник серед мандрівників та екіпажу судна *Hondius*, та епідемія однієї з різновидів хвороби Ебола, викликаної вірусом Бундібудьо (*Bundibugyo*), у ДРК та Уганді.

Хвороба, викликана вірусом Бундібудьо, є зоонозною хворобою, природним резервуаром збудників якої вважаються плодови кажани. Інфікування людини може відбуватися при тісному контакті з кров'ю або виділеннями інфікованих диких тварин (кажани, нелюдиноподібні примати). Передача від людини до людини відбувається при контакті з біологічними рідиною інфікованих осіб або забрудненими предметами вжитку. Ризик посилюється в медичних закладах при неналежних заходах профілактики та інфекційного контролю, а також під час поховань, коли за ритуалом передбачається прямий контакт з померлим. Рівень летальності під час 2 останніх спалахів цієї хвороби, що спостерігалися в Уганді та ДРК у 2007 та 2012 рр., становили 30–50% [14].

Що стосується хантавірусної інфекції, то ситуація на лайнері *Hondius* може бути класичним прикладом, як потрапляння зоонозного патогену, особливо вірусу, у людський колектив, обмежений фактично закритими умовами перебування тривалий час, призводить до інтенсифікації його передачі від людини до людини з потенційним ризиком більш вираженої адаптації до людини як біологічного хазяїна. Ураховуючи тривалий інкубаційний період, який може сягати 42 днів, спалах виявився розтягнутим у часі (рис. 1). Сподіваємося, що в даному випадку забезпечені адекватні протиепідемічні та профілактичні заходи, які дозволять його локалізувати і припинити.



*Безсимптомний випадок

Рис. 1 Динаміка випадків хантавірусної інфекції, викликаної вірусом ($n = 13$) на 27 травня 2026 р.
 (за інформацією ВООЗ)

Джерело: сформовано автором на основі [13]

На окрему увагу заслуговує ситуація з мавпячою віспою, а саме поява рекомбінантного вірусу з геномними елементами класу Ib та Ib, а також випадків інфекції, викликаних цим новим вірусом. Це є наочним прикладом подальшої еволюції цього патогену та необхідності постійного його молекулярно-генетичного моніторингу.

Наведені вище дані показують конкретні біологічні загрози, з якими постійно стикається людство, і на які необхідно бути готовою реагувати системі охорони здоров'я. Загалом слід зазначити, що постійний належний епідеміологічний нагляд є тією оперативною складовою біологічної безпеки на всіх рівнях (національний, регіональний, глобальний), на підставі якого повинні формуватися управлінські рішення та відповідні заходи щодо збереження епідемічного благополуччя населення.

Список використаних джерел

1. Zadorozhna, V.I., Shaginian, V.R., & Vynnyk, N.P. (2024). Biobezpeka, biozakhyst i «khvoroba X»: definitsii, hlobalni ta natsionalni problemy, shliakhy vyrishennia [Biosafety, biosecurity and “disease X”: definitions, global and national problems, ways of solution]. *Infektsiini khvoroby – Infectious diseases*, 3, (pp.53-63). [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.11603/1681-2727.2024.3.14878>.
2. Zadorozhna V.I., & Shaginian V.R. (2024). Zoonotic Influenza Viruses and their Risks for Humans. *Microbiological journal*, 6, (pp. 92-114). <https://doi.org/10.15407/microbiolj86.06.092/>.
3. Zadorozhna, V.I., Shaginian, V.R., & Vynnyk, N.P. (2024). Vid epidemii mynuloho do sohodennia i khvoroby Kh, dosvid borotby ta perspektyvy [From epidemics of the past to today and illness X, evidence of the fight and prospects]. *Превентивна медицина. Теорія і практика – Preventive medicine. Theory and practice*, 1(5), (pp. 3-15). [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.61948/prevmed-2024-1-3>.
4. FAO (2024). A(H5N1) influenza in dairy cattle in the United States of America. *EMPRES Watch*, Vol. 38, July 2024. Rome, FAO. – Electronic data. – Mode of access: Internet. – <https://openknowledge.fao.org/items/3e1e071d-1bc7-47a4-b0f0-0a64a17fdd35>.
5. FAO/WHO/WOAH (2025). Updated joint FAO/WHO/WOAH public health assessment of recent influenza A(H5) virus events in animals and people. – Electronic data. – July 1 2025. – Mode of access: Internet. – <https://www.woah.org/app/uploads/2025/07/25728-fao-woah-who-h5-assessment.pdf>.
6. WHO (2019). Global Influenza Strategy 2019–2030. Guideline. – Electronic data. – March 15 2019. – Mode of access: Internet. – <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/1f559607-0199-4251-b69d-1424b0ee7c67/content>.
7. WHO (2026). Disease Outbreak News. Marburg virus disease - Ethiopia. – Electronic data. – Jan 26 2026. – Mode of access: Internet. – <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2026-DON592>.
8. WHO (2026). Disease Outbreak News. Nipah virus infection – India. – Electronic data. – Jan 30 2026. – Mode of access: Internet. – <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2026-DON593>.
9. WHO (2026). Disease Outbreak News. Nipah virus infection - Bangladesh. – Electronic data. – Feb 6 2026. – Mode of access: Internet. – <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2026-DON594>.
10. WHO (2026). Disease Outbreak News. Mpox: recombinant virus with genomic elements of clades Ib and IIb - Global. – Electronic data. – Feb 14 2026. – Mode of access: Internet. – <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2026-DON595>.
11. WHO (2026). Disease Outbreak News. Avian Influenza A(H9N2) – Italy. – Electronic data. – Apr 10 2026. – Mode of access: Internet. – <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2026-DON597>.
12. WHO (2026). Measles – Bangladesh. – Electronic data. – Apr 23 2026. – Mode of access: Internet. – <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2026-DON598>.
13. WHO (2026). Hantavirus outbreak linked to cruise ship travel, Multi-locations. – Electronic data. – May 28 2026. – Mode of access: Internet. – <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2026-DON604>.
14. WHO (2026). Ebola disease caused by Bundibugyo virus, Democratic Republic of the Congo & Uganda. – Electronic data. – May 29 2026. – Mode of access: Internet. – <https://www.who.int/emergencies/disease-outbreak-news/item/2026-DON605>.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.25

**Viktoriia Zadorozhna,
Nataliya Vynnyk,
Tatyana Serheieva**

**CHARACTERISTICS OF THE EPIDEMIC SITUATION OF EMERGENT AND RE-EMERGENT INFECTIONS
IN THE WORLD IN 2026**

In the 21st century alone, there have been 2 pandemics, a number of epidemics caused by emerging and reemerging viruses. Over the past 25 years, 13 new avian influenza viruses have been identified in humans. There is a potential threat of “disease X”. In this regard, WHO has developed the “Global Influenza Strategy 2019–2030” and the “Pandemic Prevention, Preparedness and Response Agreement”.

In 5 months of 2025, WHO reported on such significant events for the world as the measles epidemic in Bangladesh (about 20 thousand cases, 75% among children under 5 years old) against the background of vaccine prevention; an outbreak of hantavirus infection caused by the Andes virus on a ship; an epidemic caused by the Bundibugyo virus in

Africa, the emergence of a recombinant monkeypox virus. The data presented show specific biological threats and to which the health system needs to respond.

Keywords: *emerging and reemerging infections, measles, monkeypox, Andes hantavirus, avian influenza viruses, Bundibugyo virus, "disease X"*

Відомості про авторів / Information about the authors

Вікторія Задорожна, д. мед. наук, професор, чл.-кор. НАМН України, в.о. директора ДУ «Інститут епідеміології та інфекційних хвороб ім. Л. В. Громашевського НАМН України»; e-mail: viz2010@ukr.net; ORCID: 0000-0002-0917-2007.

Viktoriia Zadorozhna, MD, Professor, Corresponding Member of the NAMS of Ukraine, Director of the State Institution "L. V. Gromashevsky Epidemiology and Infectious Diseases Institute of National Academy of Medical Sciences of Ukraine"; e-mail: viz2010@ukr.net ORCID: 0000-0002-0917-2007.

Наталія Винник, канд. мед. наук, старша наукова співробітниця Центру епідеміологічного аналізу та імунопрофілактики ДУ «Інститут епідеміології та інфекційних хвороб ім. Л. В. Громашевського НАМН України»; e-mail: vnp2006@ukr.net; ORCID: 0000-0002-5608-005X.

Nataliya Vynnyk, PhD, Senior Researcher of the Center of Epidemiological Analysis and Immunoprophylaxis of the State Institution "L. V. Gromashevsky Epidemiology and Infectious Diseases Institute of National Academy of Medical Sciences of Ukraine"; e-mail: vnp2006@ukr.net ORCID: 0000-0002-5608-005.

Тетяна Сергєєва, д. мед. н., ст. н. с., зав. лабораторії епідеміології інфекційних хвороб Центру епідеміологічного нагляду ДУ «Інститут епідеміології та інфекційних хвороб ім. Л.В. Громашевського НАМН України». Адреса: м. Київ, вул. М. Амосова, 5; тел: +38 (044) 275-83-33. <https://orcid.org/0000-0001-6488-4042>.

Tatyana Serheieva, MD, Senior Researcher, Head of the Laboratory of Epidemiology of Parenteral Viral Hepatitis and HIV-infection of L. V. Gromashevsky Epidemiology and Infectious Diseases Institute of National Academy of Medical Sciences of Ukraine; e-mail: tas1960@ukr.net ORCID: 0000-0001-6488-4042

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.26

Любов Неумержицька,
Денис Курінний

БАГАТОРІВНЕВИЙ АНАЛІЗ ПОШКОДЖЕНЬ ГЕНОМУ: МОЛЕКУЛЯРНІ, ХРОМОСОМНІ ТА ЕПІГЕНЕТИЧНІ НАСЛІДКИ ІОНІЗУЮЧОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ IN VITRO

Дослідження геномної нестабільності, індукованої іонізуючим випромінюванням (ІВ), є одним із ключових напрямів сучасної генетики та радіобіології. У роботі проведено комплексний аналіз впливу гамма-випромінювання (1,0 Гр) in vitro на лімфоцити периферійної крові умовно здорових донорів із застосуванням інтегрованого підходу, що включав цитогенетичні, молекулярно-генетичні та епігенетичні методи. Встановлено зростання частоти абераційних метафаз і хромосомних аберацій, підвищення рівня розривів ДНК, зміни в метилуванні та активацію апоптозу. Виявлена міжіндивідуальна варіабельність показників відображає різний рівень радіочутливості донорів. Запропонована система оцінки індивідуальної радіочутливості, яка поєднує різні рівні геномної організації, дозволяє комплексно відобразити багаторівневу відповідь геному та може бути використана для стратифікації індивідуальної чутливості у фундаментальних і прикладних дослідженнях з медичної генетики та радіобіології.

Ключові слова: іонізуюче випромінювання, геномна нестабільність, лімфоцити крові, хромосомні аберації, розриви ДНК, метилування ДНК, апоптоз, радіочутливість.

Дослідження геномної нестабільності, індукованої іонізуючим випромінюванням (ІВ), сьогодні розглядається як один із стратегічних напрямів розвитку радіобіології та молекулярної генетики. Це пов'язано з тим, що геномна нестабільність є універсальним механізмом, який лежить в основі канцерогенезу, прискореного старіння та низки інших патологічних процесів. Традиційно головним критерієм у біодозиметрії вважається частота хромосомних аберацій у лімфоцитах периферичної крові. Проте його ізольоване застосування часто не дозволяє сформувати цілісну картину біологічних ефектів ІВ. Наприклад, показники хромосомних аберацій — дицентриків, кільцевих хромосом, парних та одиничних фрагментів — можуть відображати лише окремі аспекти ушкодження геному і не завжди корелюють із реальним рівнем пошкодження ДНК чи активацією механізмів клітинної відповіді. Подібні обмеження стосуються й молекулярних та епігенетичних маркерів, які окремо не дають змоги оцінити комплексність процесів, що відбуваються у клітині після опромінення. У цьому контексті особливої актуальності набуває пошук інтегральних біологічних маркерів, здатних відобразити багаторівневу геномно-епігенетичну відповідь на дію ІВ. Такі маркери мають поєднувати інформацію про структурні зміни хромосом, молекулярні ушкодження ДНК та епігенетичні перебудови, що разом формують єдиний профіль радіаційно-індукованих ефектів.

Особливої уваги заслуговує чинник індивідуальної радіочутливості. Оскільки одна й та сама доза опромінення викликає неоднакові наслідки у різних людей, виникає гостра потреба у персоналізованому підході до оцінювання ризиків. Сьогоднішні виклики вимагають переходу від класичних методик до створення інтегрованої системи біомоніторингу. Така система має враховувати не лише структурні зміни хромосом, а й широкий спектр маркерів геномної нестабільності. Лише комплексний аналіз пошкоджень на різних ієрархічних рівнях організації геному дозволить об'єктивно розв'язати питання генетичної схильності людини до іонізуючого випромінювання в умовах підвищеного ризику.

Метою роботи було розробити нові підходи до комплексної оцінки радіаційно-індукованих пошкоджень геному соматичних клітин людини. Для цього пропонувалося інтегрувати цитогенетичні, молекулярно-генетичні та епігенетичні критерії, що дозволяє отримати більш повну характеристику клітинної відповіді на опромінення та підвищити точність інтерпретації результатів.

Об'єктом дослідження слугувала культура лімфоцитів периферичної крові умовно здорових 15 волонтерів, які на момент дослідження не мали контакту з ІВ. Експозицію ІВ проводили на стадії G₀: одна частина культури ЛПК піддавалася гамма-випромінюванню в дозі 1,0 Гр (випромінювач IBL-237C з потужністю 2,34 Гр/хв), інша – слугувала контролем. Особливістю експерименту було культивування зразків ЛПК упродовж 48 годин.

У ході роботи було здійснено комплексне дослідження впливу ІВ із застосуванням інтегрованого підходу, що поєднує цитогенетичні, молекулярно-генетичні та епігенетичні методи аналізу.

Цитогенетичний аналіз показав суттєве зростання частоти аберантних метафаз ($18,03 \pm 0,72$ %) та кількості хромосомних аберацій ($20,97 \pm 0,89$ на 100 метафаз) у порівнянні з контрольними зразками ($1,64 \pm 0,34$ % та $1,66 \pm 0,35$ % відповідно). Це свідчить про значне порушення цілісності хромосомного апарату під дією ІВ.

Метод комет-електрофорезу підтвердив підвищення частки клітин із високим рівнем розривів ДНК ($13,48 \pm 0,98$ % проти $6,34 \pm 0,72$ % у контролі). Водночас було зафіксовано виражену міжіндивідуальну варіабельність ($11,23$ – $19,23$ % у досліді проти $3,34$ – $9,27$ % у контролі), що відображає різний рівень індивідуальної радіочутливості серед донорів.

Виявлене відхилення рівня метилювання, яке відбувається у двох напрямках: як у бік гіпо, так і гіперметилювання свідчить про зміни в регуляції експресії генів. Тобто опромінення впливає не лише на структуру ДНК, а й на її функціональну регуляцію через епігенетичні механізми. Це підкреслює, що реакція клітини на радіацію є багаторівневою: від безпосереднього пошкодження молекули до зміни програм її функціонування.

Додатково встановлено збільшення кількості клітин з ознаками апоптозу ($3,56 \pm 0,71$ % проти $0,91 \pm 0,33$ % у контролі), що підтверджує активацію програмованої клітинної смерті як одного з ключових механізмів відповіді на радіаційне ураження.

Отже, використання цитогенетичних, молекулярно-генетичних та епігенетичних методів дозволило отримати багаторівневу характеристику радіаційно-індукованих ушкоджень геному лімфоцитів людини *in vitro*. Встановлено кількісні та якісні показники хромосомних аберацій, рівень одно- та дволанцюгових розривів ДНК, зміни метилювання та інтенсивність апоптозу після опромінення гамма-випромінюванням. Отримані результати доповнюють уявлення про вплив іонізуючої радіації як на цілісність хромосомного апарату, так і на епігенетичну регуляцію генів, що має фундаментальне значення інтеграції різних рівнів для оцінки індивідуальної чутливості людини.

Висновок. Отримані результати комплексного аналізу дозволяють охарактеризувати багаторівневу відповідь геному на радіаційний вплив та створюють підґрунтя для подальшої стратифікації індивідуальної радіочутливості в персоналізованій медицині.

Список використаних джерел

1. IAEA Safety Standards for protecting people and the environment. Radiation Protection and Safety in Medical Uses of Ionizing Radiation. Vienna: International atomic energy agency, 2018. 340 p.
2. Multidisciplinary European Low Dose Initiative (MELODI): Strategic Research Agenda for Low Dose Radiation Risk Research / M. Kreuzer, A. Auvinen, E. Cardis et al. *Radiat. Environ. Biophys.* 2018. Vol. 57. P. 5–15
3. Radiation-Related Genomic Profile of Papillary Thyroid Cancer after the Chernobyl Accident / L.M. Morton, D.M. Karyadi, C. Stewart et al. *Science*. 2021. Vol.14. P. 6543. DOI:10.126/science.abg2538.
4. Chromosome Damage in Relation to Recent Radiation Exposure and Radiation Quality in Nuclear Power Plant Workers / Y.J. Kim, J.W. Lee, Y.H. Cho et al. *Toxics*. 2022. Vol.10. P. 94. DOI: 10.3390/toxics10020094.

**MULTILEVEL ANALYSIS OF GENOME DAMAGE: MOLECULAR, CHROMOSOMAL, AND EPIGENETIC
CONSEQUENCES OF IONIZING RADIATION IN VITRO**

The study of genomic instability induced by ionizing radiation (IR) is a key focus of modern genetics and radiobiology. This study presents a comprehensive analysis of the in vitro effects of gamma radiation (1.0 Gy) on peripheral blood lymphocytes of healthy donors using an integrated approach that combines cytogenetic, molecular genetic, and epigenetic methods. The results demonstrate an increase in the frequency of aberrant metaphases and chromosomal aberrations, elevated levels of DNA strand breaks, alterations in DNA methylation, and activation of apoptosis. The observed inter-individual variability reflects differing levels of radiosensitivity among donors. The proposed system for assessing individual radiosensitivity, which integrates various levels of genomic organization, provides a comprehensive view of the multi-level genome response. This system can be utilized for the stratification of individual sensitivity in both fundamental and applied research within medical genetics and radiobiology.

Keywords: ionizing radiation, genomic instability, blood lymphocytes, chromosomal aberrations, DNA strand breaks, DNA methylation, apoptosis, radiosensitivity.

Відомості про автора / Information about the Author

Любов Неумержицька, кандидат біологічних наук, провідний науковий співробітник лабораторії мутагенезу і антимутагенезу, відділ медичної генетики, Інститут експериментальної радіології, ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології НАМН України», Київ, Україна, E-mail: lneum@ukr.net, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8284-4260>.

Liubov V. Neumerzhytska, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Mutagenesis and Antimutagenesis, Department of Medical Genetics, Institute of Experimental Radiology, State Institution "National Scientific Center of Radiation Medicine, Hematology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine" Kyiv, Ukraine. E-mail: lneum@ukr.net, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8284-4260>

Денис Курінний, кандидат біологічних наук, завідувач лабораторії генетичних та епігенетичних досліджень, відділ медичної генетики, Інститут експериментальної радіології, ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології НАМН України», Київ, Україна, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9976-6898>

Denys Kurinnyi, Candidate of Biological Sciences, Head of Laboratory, Laboratory of Genetic and Epigenetic Research, Department of Medical Genetics, Institute of Experimental Radiology, State Institute "National Research Center for Radiation Medicine, Hematology and Oncology of the National Academy of Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9976-6898>

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.27

Олена Ракиша-Слюсарева,
Ганна Юшук,
Олексій Слюсарев,
Софія Ковальчук,
Ірина Тарасова

ОСОБЛИВОСТІ ПОКАЗНИКІВ СИСТЕМИ ІМУНІТЕТУ У ХВОРИХ НА ІНФЕКЦІЮ, ПОВ'ЯЗАНУ ЗІ ШТАМОМ OMICRON ВІРУСУ SARS COV-19

Досліджено вміст показників системи імунітету, як невід'ємної ланки психонейроімунної регуляції у осіб з тяжким перебігом інфекції, пов'язаної зі штамом Omicron вірусу SARS COV-19 на 1-2 тижні хвороби. В дослідженні використовували імунологічні та статистичні методи дослідження. Встановлено, що зміни показників неспецифічної резистентності та імунної системи в цілому подібні до таких, що викликані іншими штамми SARS COV-19, але мають свої особливості.

Ключові слова: пандемія, вірус, SARS-CoV-19, штам Omicron, неспецифічна резистентність, імунна система

COVID-19 стала викликом для системи охорони здоров'я всіх країн світу й України, зокрема [1 – 3]. Враховуючи те, що частка коморбідних хворих постійно зростає, клінічна симптоматика не завжди є надійним прогностичним показником імовірного завершення будь-якої патології, включаючи й інфекцію пов'язану з SARS-CoV-19. Крім цього сучасні в Україні на перебіг будь-якої хвороби нашаровується ускладнений в умовах війни психоемоційний стан особистості та погіршення психонейроімунної регуляція організму. Вивчення стану системи імунітету, як складової психонейроімунної регуляції на різних етапах хвороби є необхідним для оцінки тяжкості та прогнозування перебігу хвороби. Це є особливо важливим для такої емергентної інфекції, як COVID-19, чинник якої постійно мутує і призводить до виникнення все нових і нових штамів вірусу, що супроводжується змінами клінічних симптомів і імунологічної реактивності [4, 5]. У зв'язку з цим актуальним є дослідження проявів патологічного процесу викликаного різними штамми вірусу й особливо зміни такої складової психонейроімунної регуляції, як система імунітету В попередніх роботах нами були розроблені предиктори для прогнозування виходу з інфекції, пов'язаної з SARS COV-19 [6 – 8].

Клініка штаму Omicron відрізняється від інших ранніх варіантів коронавірусу переважанням симптомів верхніх дихальних шляхів. Хвороба розвивається швидше – інкубаційний період становить у середньому 3 доби, а найчастішими проявами є сильний біль у горлі, нежить, головний біль та підвищена втома [5]. Метою наукової роботи було дослідження динаміки змін показників неспецифічної резистентності та імунної у хворих з інфекцією, пов'язаною із штамом Omicron вірусу SARS COV-19 з перспективою розробки діагностичних критеріїв погіршення стану хворих, одужання чи персистенції вірусу.

Проведено аналіз показників неспецифічної резистентності та імунної системи 43 пацієнтів з тяжким перебігом інфекції, пов'язаної зі штамом Omicron вірусу SARS COV-19 на 1 тижні хвороби. В дослідженні використовувалися імунологічні та статистичні методи дослідження.

В результаті дослідження було встановлено, що з 1 по 3 добу хвороби, вміст лейкоцитів був значно збільшеним. Він переважав показники норми у 75-100% хворих у 1,5-2 рази в межах 7,68 – 27,5 Г в 1 л. Вміст лейкоцитів продовжував збільшуватись до 3-4 доби, після чого поступово знижувалися. Зміни вмісту еозинофілів, базофілів та моноцитів були незначними та не мали чіткої динаміки. Щодо показників неспецифічної резистентності, звертала на себе увагу наявність юних нейтрофілів – метамієлоцитів. Значне збільшення їх вмісту реєструвалось на 1 та 2 добу хвороби у всіх хворих і зберігалось протягом тижня. Частота виявлення підвищеного вмісту паличкоядерних нейтрофілів збільшувалася з 1 до 3 доби хвороби з 72±4,8% до 81±3,6% в межах 0,9 – 4,9 Г в 1 л. З 3 доби вміст паличкоядерних нейтрофілів мав тенденцію до зниження й

нормалізувався на шосту добу хвороби. Найбільша частота підвищеного вмісту сегментоядерних нейтрофілів – $75 \pm 15\%$ реєструвалась на першій та поступово зменшувалася до шостої доби хвороби. Вміст сегментоядерних нейтрофілів в динаміці хвороби коливався в межах $4,71 - 21,2$ Г в 1 л.

На відміну від показників неспецифічної резистентності, які були значно вищими за норму протягом перших днів хвороби, показники імунної системи були зниженими. Вміст лімфоцитів коливався в динаміці спостереження в межах $0,31 - 1,32$ Г в 1 л. Починаючи з 1 дня хвороби, у $72 \pm 4,2\%$ хворих реєструвався знижений вміст лімфоцитів. Частота виявлення хворих зі зниженим вмістом лімфоцитів поступово наростала до 100% на 3 добу хвороби, після чого зменшувалася до $62,5 \pm \%$.

Таким чином попередні результати дослідження свідчать про подібність динаміки змін вмісту показників стану неспецифічної резистентності та імунної системи у хворих на інфекцію, обумовлену штамом Omicron вірусу SARS COV-19 до такої, що викликані іншими штамми. При цьому динаміка вмісту показників неспецифічної резистентності та імунної системи має свої особливості, що проявляються у перші дні хвороби значно більшою частотою виявлення осіб з наявністю метамієлоцитів, підвищеним вмістом паличкоядерних та сегментоядерних нейтрофілів, частота виявлення осіб із зниженим вмістом лімфоцитів була нижчою у перші дні хвороби й наростала до 3 доби. Тенденція або нормалізація показників неспецифічної резистентності та імунної системи наступала більш швидко.

Список використаних джерел

1. Zadorozhna VI, Vynnyk NP. Koronavirus 2019-nCoV: novi vyklyky okhoroni zdorov'ia ta liudstvu. Infektsiini khvoroby. 2020;1:5 – 15. DOI: <https://doi.org/10.11603/1681-2727.2020.1.11091>
2. Raksha-Sliusareva OA. State of non-specific resistance in patients infected with SARS COV-19 of the Donetsk region with a positive course of the disease which ended in recovery // Preventive medicine. Theory and practice. – 2023. – №4(4). – P. 61 – 62. DOI: <https://doi.org/10.61948/prevmed-2023-4-44>
3. Zadorozhna VI, Vynnyk NP, Gerilovych AP. Molecular and genetic characteristic of some omicron variants of the sars-CoV-2 virus and prospects for vaccine prevention of covid-19. One Health Journal. 2025;3(I):5-21. DOI: <https://doi.org/10.31073/onehealthjournal2025-I-01>
4. Слюсарев О.А., Ракша-Слюсарева О.А. Тактика боротьби з коронавірусом: перспективи поразки чи перемоги (в порядку дискусії). // «Інфекційні хвороби сучасності: етіологія, епідеміологія, діагностика, лікування, профілактика, біологічна безпека»: матеріали науково-практичної конференції з міжнародною участю (12–13 жовтня 2021 р., м. Київ, Україна). – Актуальна Інфектологія. – 2021. – Том 9, № 4. – С. 94 –95
5. Білокопитова А.С., Ракша-Слюсарева О.А., Слюсарев О.А. Динаміка хвиль COVID-19 в Україні: кореляційний аналіз, тенденції та перспективи // «Інфекційні хвороби сучасності: етіологія, епідеміологія, діагностика, лікування, профілактика, біобезпека»: науково-практична конференція з міжнародною участю, присвячена щорічним «Читанням» пам'яті академіка Л.В. Громашевського 14 жовтня 2025 р., м. Київ, Україна. – Київ, 2025. С. 19 –20
6. Ракша-Слюсарева О.А. Визначення прогностичних критеріїв елюції антигену вірусу SARS COV-19 з організму хворих за показниками імунної системи /О.А. Ракша-Слюсарева та інші // Медицина невідкладних станів. – 2022. – Том 18, № 6. – С. 90 – 91 ISSN 23071230
7. Ракша-Слюсарева О.А. Предиктори прогнозування виходу з інфекції, пов'язаної з SARS COV-19 / О.А. Ракша-Слюсарева та інші // Превентивна медицина. Теорія і практика. 2023. № 4 (4). С. 60-61.
8. Ракша-Слюсарева О.А. До питання розробки предикторів прогнозування виходу з інфекції, пов'язаної з SARS COV-19 /О.А. Ракша-Слюсарева та інші // Превентивна медицина. – 2025. – № 1 (9). – С. 28 –37. DOI: <https://doi.org/10.61948/prevmed-2025-1-28>

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.27

*Olena Raksha-Sliusareva,
Anna Yushchuk,
Olexiy Sliusarev,
Sofia Kovalchuk,
Iryna Tarasova*

**FEATURES OF IMMUNE SYSTEM INDICATORS IN PATIENTS WITH INFECTION ASSOCIATED WITH
THE OMICRON STRAIN OF THE SARS COV-19 VIRUS**

The content of the immune system indicators, as an integral part of psychoneuroimmune regulation, was studied in individuals with severe infection associated with the Omicron strain of the SARS COV-19 virus during the 1st-2nd week of illness. The study used immunological and statistical research methods. It was found that changes in indicators of nonspecific resistance and the immune system as a whole are similar to those caused by other strains of SARS COV-19, but have their own characteristics.

Key words: pandemic, virus, SARS-CoV-19, Omicron strain, nonspecific resistance, immune system

Відомості про авторів / Information about the Authors

Олена Ракша-Слюсарєва, д. біологічних н., професор, професор кафедри мікробіології, вірусології, імунології та медичної біології Донецького національного медичного університету, м. Лиман, Україна. E-mail: rakshasliusareva@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2144-6792>

Olena Raksha-Sliusareva, Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Professor at the Microbiology, Virology, Immunology and Medical biology Department of Donetsk National Medical University, Lyman, Ukraine. E-mail: rakshasliusareva@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2144-6792>

Ганна Ющук, доктор філософії з біології, завідувачка Лабораторного центру КП «Волинська обласна інфекційна лікарня, м. Луцьк, Україна. E-mail: annayushchuk2010@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8108-8216>

Anna Yushchuk, Doctor of philosophy in Biology, Head of the Laboratory Center of the Volyn Regional Infectious Diseases Hospital, Lutsk, Ukraine. E-mail: annayushchuk2010@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0001-8108-8216>

Слюсарєв Олексій, кандидат мед наук, доцент, завідувач кафедри мікробіології, вірусології, імунології та медичної біології Донецького національного медичного університету, м. Лиман, Україна. E-mail: slusarev.alex@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2968-9388>

Oleksiy Sliusarev, Candidate of Medical Sciences, Docent, Head of the Department of Microbiology, Virology, Immunology and Medical biology of Department of Donetsk National Medical University, Lyman, Ukraine. E-mail: slusarev.alex@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2968-9388>

Софія Ковальчук студентка 4 курсу медичного факультету Донецького національного медичного університету, м. Лиман, Україна. E-mail: sofia.kovalchuk@dnmu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2968-9388>

Sofia Kovalchuk, 4th year student of the Faculty of Medicine of Donetsk National Medical University, Lyman, Ukraine. E-mail: sofia.kovalchuk@dnmu.edu.ua, orcid: <https://orcid.org/0000-0000-0001-9383>

Ірина Тарасова, лікар загальної практики сімейної медицини КНП «Центр первинної медико-санітарної допомоги № 1 Святошинського району», м. Київ, Україна. E-mail: ira.slusareva@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0000-0001-4567>

Iryna Tarasova, general practitioner of family medicine, KNP "Center for Primary Medical and Sanitary Care No. 1 of Svyatoshynskiy District", Kyiv, Ukraine. E-mail: ira.slusareva@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0000-0001-4567>

© О. Ракша-Слюсарєва, Г. Ющук, О. Слюсарєв, С. Ковальчук, І. Тарасова

Стаття отримана редакцією 26.05.2026.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.28

Олена Ракша-Слюсарєва,
Олексій Слюсарєв,
Намік Рашидов

РОЗРОБКА РАДІОПРОТЕКТОРІВ ЩОДО ВПЛИВУ НИЗЬКОІНТЕНСИВНОГО ОПРОМІНЕННЯ, ПОВ'ЯЗАНОГО З АВАРІЄЮ НА ЧАЕС

Аварія на Чорнобильській атомній електростанції викликала необхідність, як дослідження особливостей її радіобіологічних ефектів, так і засобів радіомодифікації: мінеральна вода «Нафтуса Збручанська», препарати вугільних активованих сорбентів «Белосорб-П», «Енсорал», «Енсорал-М», «КАУ». В процесі подальшої наукової роботи були досліджені нові засоби радіопротекції та радіомодифікації: «Муміє», водорозчинний препарат Omega-3, вітамінний комплекс «V-каротин», селеновісні фітокомпозиції цикоїю, чабрецю, виноградної кісточки, бджолине обніжжя та розроблені харчові дієтичні добавки з біологічно активною дією: «Ріпак» і «Цикорій-С». Досліджені речовини й розроблені харчові дієтичні добавки з біологічно активною дією по різному проявляють свою ефективність при гострому опроміненні, хронічному чи пролонгованому опроміненні, їх комбінації з негативними факторами довкілля. Це дає можливість їх вибору та застосування в різних радіоекологічних ситуаціях

Ключові слова: аварія, ЧАЕС, іонізуюче опромінення, комбінована дія віддалені наслідки, радіопротектори, радіомодифікатори

Чотири десятиліття тому, 26 квітня 1986 р. пролунали два потужні вибухи на четвертому енергоблоці Чорнобильської АЕС. Була зафіксована Аварія, яка набула значення екологічної катастрофи. В ліквідації цієї аварії прийняли участь вчені різних галузей науки України, Приєдналися й зарубіжні вчені. Але першими серед дослідників і ліквідаторів наслідків аварії були українські радіобіологи. В Інституті експериментальної патології, онкології та радіобіології НАНУ ім. Р. Є. Кавецького (Інститут) з 1986 р. було організовано і багато років проводився згаданого багаторічний експеримент щодо дослідження ефектів хронічного опромінення іонізуючої радіації, що виникла в результаті аварії на ЧАЕС, в модельних дослідженнях на тваринах. Для проведення експериментів в м. Прип'ять було створено віварій на базі двоповерхового приміщення покинутого дитячого садка. Співробітники відділу радіобіології працювали у віварії вахтовим методом. В цих дослідженнях приймали участь майже всі відділи Інституту й приєднувались інші Дослідницькі інститути НАН України. В результаті досліджень в модельних експериментах було вивчено віддалені наслідки постійної дії іонізуючого низькоінтенсивного опромінення, пов'язаного з аварією на ЧАЕС; встановлено роль оксидантного стресу у розвитку уражень, пов'язаних з дією низькоінтенсивного іонізуючого опромінення; обґрунтовано патогенез розвитку кістко-мозкового синдрому в умовах постійного впливу малих доз іонізуючого випромінювання низьких інтенсивностей; встановлено можливість модифікації радіаційних ефектів біологічно активними речовинами з антиоксидантними властивостями [1–2]. Серед речовин з радіомодифікаційною дією найбільш ефективними була лікувальна мінеральна вода «Нафтуса Збручанська», препарати вугільних активованих сорбентів «Белосорб-П», «Енсорал», «Енсорал-М», «КАУ». Дослідження радіомодифікаційної здатності цих речовин на рівні клінічних досліджень I та II рівня продовжилось в м. Донецьку в Донецького регіонального центру профпатології та профілактики травматизму та Донецької обласній лікарні профпатології. Пізніше була встановлена значна радіомодифікуюча дія препарату «Муміє». В процесі багаторічних досліджень було встановлено, що збагачене есенціальними речовинами значно покращує відновлення організму при дії іонізуючої радіації і різних негативних факторів довкілля. На IV з'їзді Українського радіобіологічного товариства його голова – академік Д. М. Гродзинський оголосив, що найбільш перспективним у розробці радіопротекторів та радіомодифікаторів є харчові дієтичні добавки з біологічно активною дією (ХДД БАД) [3 – 5].

До ХДД БАД відносяться такі, що включають окремі речовини або їх суміші. У тому числі до них відносять протеїни, вуглеводи, амінокислоти, їстівні масла та екстракти рослинних і тваринних матеріалів, вітамінні, вітамінно-мінеральні або трав'яні добавки як окремо і (або) об'єднані, що вважаються необхідними або корисними для харчування та загального здоров'я людини. Їх приймають разом з їжею або вони додаються до їжі. Прийом дієтичних добавок має відбуватися лише у межах фізіологічної норми, беручи до уваги умову тривалого вживання цих речовин при звичайному харчуванні. Перевагою ХДД БАД є те, що вони споживаються через перорально й можуть бути застосовані широким прошарком населення. Особливо цінними є ХДД БАД із заданими властивостями [3 – 5], які використовуються для різних контингентів населення, що можуть перебувати в умовах гострого опромінення різними дозами, при постійній чи пролонгованій дії низькоінтенсивної іонізуючої радіації природного, техногенного, комбінованого негативного впливу довкілля, зокрема в умовах екологічної кризи під час військових дій [6 – 9]. В зв'язку з цим нами були досліджені щодо радіопротективної та радіомодифікуючої дії: препарат «Яктон», білково-ліпідний комплекс переробки ріпака, водорозчинний препарат Omega-3, вітамінний комплекс «V-каротин», селеномісні фітокомпозиції цикорію, чабрецю, виноградної кісточки, бджолине обніжжя тощо розроблені ХДД БАД «Ріпак» і «Цикорій-С» [10 – 22]. При цьому досліджені речовини й розроблені харчові добавки по різному проявляли свою ефективність при гострому опроміненні, хронічному чи пролонгованому опроміненні та їх комбінації з негативними факторами довкілля. Це дає можливість їх вибору та застосування в різних радіоекологічних ситуаціях

Список використаних джерел

1. Серкіз Я.І. Ризик віддалених наслідків у тварин, що постійно знаходилися в зоні ЧАЕС/ /Серкіз Я.І., Г.М. Коваль, О.А., Ракша-Слюсарєва, Б.Я. Гольшмідт //Міжнародна наукова конференція Чорнобиль-96. Збірник Тез. Зелений Мис,1996 - С.26.
2. Raksha-Sliusareva O.A. Konischeva N.O., Bondarenko G.A. Danilov U.V., Khalangot N.D., Kolesnikova A.G., Lebedinsky A.P. Immunomonitoring and approaches to Rehabilitation on Population of Donbass Industry Region / O.A. Raksha-Sliusareva et al. //Experimental oncology. 1994.- V.16 -N 4-6. - P.484.
3. Ракша-Слюсарєва О.А. Аспекти сучасного застосування харчових добавок та їх класифікації / О.А. Ракша-Слюсарєва, Г.Ф. Коршунова, С.Е. Стіборовський, В.Д. Малигіна // Обладнання та технології харчових виробництв: Темат.зб.наук. пр./ Голов. Ред. О.О.Шубін. – Донецьк:ДонДУЕТ, 2006. Вип.–14.-С.202-207.
4. Харчові добавки: монографія/ О.А. Ракша – Слюсарєва; М-во освіти і науки України, Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського.– Донецьк : ЛАНДОН-XXI, 2014. 549 с. ISBN 978-617-7280-01-8
5. Ракша-Слюсарєва О.А. Підходи до оцінки якості харчових добавок, спрямованих на корекцію харчування й регуляцію систем організму: монографія / О.А. Ракша- Слюсарєва [та ін.]; М-во освіти і науки України, Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського, кафедра товарознавства і експертизи продовольчих товарів. – Донецьк : [ДонНУЕТ], 2010. – 193 с.
6. Ракша-Слюсарєва О.А. Екоімунологічні особливості умовно здорових мешканців донецького регіону в динаміці моніторингу після аварії на ЧАЕС/ О.А. Ракша-Слюсарєва, О.А. Слюсарєв // Донецький вісник Наукового товариства ім. Шевченка.– 2006.– т.14.–С.102 – 112.
7. Селезнева С.В. Неврологічний та психоемоційний стан населення Донецького регіону та вплив на нього препарату «V-омега-3» /С.В. Селезнева та інші //Медична наука України. – 2021. – Т.17, №4. – С. 77 – 82 DOI: <https://doi.org/10.32345/2664-4738.4.2021.11>
8. Raksha-Sliusareva O.A. Influence of military actions on the radioecological situation and immune status of the residents of the Donetsk region during the war of Ukraine with the rf / Raksha-Sliusareva O.A., Sliusarev O.A., Operchuk N.I., Tur Y.V., Rashidova Sh. M. //Journal of Radiation Researches. –2025. – V/ 12, №1. – P. 24 –33
9. Raksha-Sliusareva O. Exploring the modification of constant action of natural radiation combined with technogenic. study of the influence of bee bread // Environmental and radiation safety/ Raksha-Sliusareva O., Kovalenko P., Sliusarev O. // Екологічна та радіаційна безпека. – 2024. – №2. – P. 13 – 18. DOI: 10.34132/ers.2024.01.02.03.
10. Rashydov N.M., Investigation the selenium-comprising chicory phytocomposites as radioprotector against acute and chronic irradiation / N.M. Rashydov et al. // Journal of Radiation Researches. – 2019. – vol. 6, №1. – P. 11 – 20
11. Ракша-Слюсарєва О.А. Вплив водорозчинного препарату Omega-3 на показники серцево-судинної та дихальної систем /О.А. Ракша- Слюсарєва та інші // Світ медицини та біології. 2024. № 1 (87). С. 153-157 :DOI 10.26724/2079-8334-2024-1-87-153-157
12. Ракша-Слюсарєва О. А. Корекція показників імунної системи за допомогою бджолиного обніжжя при постійній комбінованій дії низькоінтенсивного іонізуючого випромінювання природного і техногенного походження / О. А. Ракша-Слюсарєва, Коваленко П. Г., О.А. Слюсарєв, С. М. Коц, С. С. Боева //Ядерна фізика

- та енергетика Nucl. phys. at. energy. №24 (2023). С. 138-147. Скопус. DOI <https://doi.org/10.15407/jnpae2023.02.138>
13. Ракша-Слюсарєва О.А. Перспективність харчової добавки „Біозим” у створенні нових адаптогенних і функційних продуктів // Вісник ДонДУЕТ.– 2005.– № 1(25).– С.80–85.
 14. Ракша-Слюсарєва О.А. Нова харчова добавка квітковий пилок як адаптоген для спортивної медицини /О.А. Ракша-Слюсарєва та інші / Спортивна медицина.– 2006.– № 2.–С. 121-126.
 15. Ракша-Слюсарєва О.А. Вивчення радіомодифікуючої дії харчової добавки „Ріпак” у експериментальних дослідженнях на тваринах / О.А. Ракша-Слюсарєва, О.А. Слюсарєв, В.О. Круль // Наукові праці: Науково-методичний журнал. – Т. 116. – Вип. 103. Техногенна безпек. – Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2009. – С. 45-49
 16. Rakha-Sliusareva O. A., Tarasova I. A., Boyeva S. S., Ostapenko V. M. The effect of food additive «aquacarotin» on main physiological body parameters in model experiments on animals // Journal for Veterinary Medicine, Biotechnology and Biosafety. – 2018. – V. 4 № 1(March). – P. 28–32.
 17. Ракша-Слюсарєва О.А. Дослідження радіомодифікуючих і радіозахисних властивостей нових дієтичних харчових добавок /О.А. Ракша-Слюсарєва та інші // Науковий вісник Ужгородського університету Серія Біологія. – 2010. – №27. – С.252 – 255 (11 с. , 0,7 а.с.)
 18. Ракша-Слюсарєва О.А. Механізми радіомодифікуючої дії нових дієтичних харчових добавок рослинного походження при пролонгованому опроміненні / О.А. Ракша-Слюсарєва, О.А. Слюсарєв, В.О. Круль // Наукові праці: Науково-методичний журнал. – Т. 139. – Вип. 126. Техногенна безпек.– Миколаїв: Вид-во ЧДУ ім. Петра Могили, 2010. – С. 69 –73.
 19. Ракша-Слюсарєва О.А. Асортимент дієтичних харчових добавок, які надходять на вітчизняний ринок. / О.А. Ракша-Слюсарєва, В.О. Круль, А.І. Мельник // Товарознавство та інновації: зб. наук. пр / голов. ред. О.О. Шубін. – Донецьк : ДонНУЕТ, 2010. – Вип. 2 – С. 235 – 243
 20. Ракша-Слюсарєва О.А. Оцінка якості дієтичної харчової добавки «Ріпак» за біологічною активністю у модельних дослідженнях на тваринах. / О.А. Ракша-Слюсарєва, В.О. Круль, А.А. Слюсарєв // Товарознавчий вісник Збірник наукових праць ЛНТУ, 2011. – № 3. – С. 248 – 257.
 21. Ракша-Слюсарєва О.А. Дослідження властивостей бджолиного обніжжя як перспективного інгредієнту для спортивного харчування / О. А. Ракша-Слюсарєва, З.В. Солом'яна, О.А. Слюсарєв // Теорія і практика фізичного виховання. – 2012. – №1. – С. 154-160.
 22. Ракша-Слюсарєва О.А. Використання вторинних продуктів перероблення ріпаку в харчовій промисловості / О. А. Ракша-Слюсарєва, В. А. Круль, О.А. Слюсарєв // Біотехнологія. – 2014. – Том 7, № 2. – С. 114 – 117.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.28

*Olena Raksha-Sliusareva,
Namik Rashidov,
Olexiy Sliusarev*

DEVELOPMENT OF RADIOPROTECTORS AGAINST THE IMPACT OF LOW-INTENSITY RADIATION RELATED TO THE CHERNOBYL NUCLEAR POWER PLANT

The accident at the Chernobyl nuclear power plant necessitated both research into the specifics of its radiobiological effects and radiomodification agents: mineral water "Naftusya Zbruchanska", activated carbon sorbent preparations "Belosorb-P", "Ensoral", "Ensoral-M", "KAU". In the process of further scientific work, new means of radioprotection and radiomodification were investigated: "Mumiy", water-soluble preparation Omega-3, vitamin complex "V-carotene", selenium-containing phytocomposites of chicory, thyme, grape seed, bee pollen and developed food dietary supplements with biologically active effects: "Rapeseed" and "Chicory-S". The studied substances and developed dietary supplements with biologically active effects show their effectiveness in different ways in acute radiation, chronic or prolonged radiation, their combination with negative environmental factors. This makes it possible to choose and use them in various radioecological situations

Key words: Chernobyl accident, ionizing radiation, combined effect, long-term consequences, radioprotectors

Відомості про автора / Information about the Author

Олена Ракша-Слюсарева, доктор біологічних наук, професор, професор кафедри мікробіології, вірусології, імунології та медичної біології Донецького національного медичного університету, м. Лиман, Україна. E-mail: rakshaslusareva@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2144-6792>

Olena Raksha-Sliusareva, Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Professor at the Microbiology, Virology, Immunology and Medical biology Department of Donetsk National Medical University, Lyman, Ukraine. E-mail: rakshaslusareva@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2144-6792>

Слюсарев Олексій, кандидат мед наук, доцент, завідувач кафедри мікробіології, вірусології, імунології та медичної біології Донецького національного медичного університету, м. Лиман, Україна. E-mail: slusarev.alex@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2968-9388>

Oleksiy Sliusarev, Candidate of Medical Sciences, Docent, Head of the Department of Microbiology, Virology, Immunology and Medical biology of Department of Donetsk National Medical University, Lyman, Ukraine. E-mail: slusarev.alex@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2968-9388>

Нам'як Рашидов доктор біологічних наук, професор, завідувач відділом біофізики та радіобіології Інституту Клітинної біології та генетичної інженерії Національної академії наук України. E-mail: nrashydov@yahoo.com: <https://orcid.org/0000-0003-2144-6792>

Namik Rashidov, Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Head of the Department of Biophysics and Radiobiology of the Institute of Cell Biology and Genetic Engineering of the Academy of Sciences of Ukraine. E-mail: rakshaslusareva@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2144-6792>

© О. Ракша-Слюсарева, О. Слюсарев, Н. Рашидов

Стаття отримана редакцією 26.05.2026.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.29

Олена Ракша-Слюсарєва,
Олексій Слюсарєв,
Ірина Тарасова,
Поліна Коваленко,
Ярослова Тур,
Дар'я Дьомочка

ФУНКЦІОНАЛЬНІ ПРОДУКТИ ІЗ ЗАДАНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ДЛЯ ТЕРИТОРІЙ В СТАНІ РАДІОЕКОЛОГІЧНОЇ КРИЗИ

В модельних та клінічних дослідженнях встановлено радіомодифікуючу дію щодо хронічного впливу низькоінтенсивної іонізуючої радіації природного та техногенного походження, комбінованого з іншими негативними факторами довкілля. Розроблені функціональні продукти із заданими властивостями з включенням дієтичних харчових добавок з біологічно активною дією: «Вітарон», бджолиного обніжжя, селеновісних фітокомпонентів: цикорію, чабрецю і виноградної кісточки, ріпакового шроту, «V-омега-3», сировини зизифусу (унабі).призводила до зміцнення клітинних мембран, зниження інтоксикації, відновлення вмісту елементів лейкограми, збільшення вмісту природних кілерів, підвищення активності нейтрофілів, корекції дисбалансу імунотропних клітин.

Ключові слова: радіація низькоінтенсивна постійна дія радіопротектори функціональні харчові продукти.

За даними більшості вітчизняних авторів дія іонізуючої радіації спричиняє до розвитку дезадаптації нейроімунноендокринної системи, та, зокрема, системи імунітету, як такої, що відіграє основну роль в психонейроімунній регуляції організму [1, 2]. Особливу небезпеку становить комбінований вплив природної та техногенної іонізуючої радіації та їх поєднання з дією шкідливих факторів довкілля помисловго характеру, військовими діями та психоемоційним напруженням [1–4]. Завданнями науковців галузі радіобіології та радіоекології є розробка засобів протидії факторам довкілля, що негативно впливають на організм людини, в тому числі розробка засобів радіомодифікації та/або радіопротекції організму, як при гострому, пролонгованому так і при хронічному опроміненні.

Найліпшим шляхом введення в організм речовин захисного характеру є харчові продукти. Сучасний етап розвитку людства означений появою нових технологій виробництва й новими видами харчових продуктів, зокрема функціонального харчування із заданими властивостями [5 - 6]. Функціональний харчовий продукт призначається для систематичного споживання у складі харчових раціонів всіма віковими групами здорового населення для зниження ризику розвитку захворювань, пов'язаних з харчуванням, зберігання й поліпшення здоров'я за рахунок наявності в його складі фізіологічно введених біологічно активних речовин з метою попередження або виправлення дефіциту харчових речовин [5 – 6]. При цьому під діючою речовиною – розуміють фізіологічно функціональний харчовий інгредієнт, який згідно цього ж стандарту є речовиною або комплексом речовин тваринного, рослинного, мікробного або мінерального походження в складі функціонального харчового продукту, що має здатність надавати сприятливий ефект щодо однієї або кількох фізіологічних функцій, метаболічних і / або поведінкових реакцій організму людини в кількостях, що не перевищує 50% від добової фізіологічної потреби. Функціональні продукти, як правило мають задані властивості. Вони використовуються у процесі лікування, оздоровлення при необхідності створення умов адаптації організму при виробничих, екологічних негараздах, у туризмі, для військових контингентів, контингенту МЧС, при ряді професій. Їх також можна використовувати для різних вікових контингентів й у повсякденному житті для зміцнення власного здоров'я. Для розробки продуктів функціонального харчування попередньо вивчають стан основних систем та психонейроімунної регуляції у відповідного контингенту [7].

Проведені нами у 1990 – 2026 роках дослідження стану системи імунітету в модельних експериментах та клінічних дослідженнях свідчать, що при постійній комбінованій дії негативних факторів довкілля і низько

інтенсивної радіації природного та техногенного походження, порушується стан клітинних мембран системи імунітету, знижуються показники неспецифічної резистентності, виникають порушення в регуляції системи імунітету клітин. Найбільш вражається Т-ланка імунітету що віддзеркалюється зниженні вмісту та порушенні співвідношення субпопуляцій Т-лімфоцитів, та розвитку нейроімуноендокринного дисбалансу [1, 2, 12, 14].

В зв'язку з цим розроблялись функціональні харчові продукти з заданими властивостями щодо корекції та відновлення стану психонейроімунної регуляції організму, системи імунітету на розроблені на основі заздалегідь вивчених властивостей та впливу на організм сировини та харчових дієтичних добавок з біологічно активною дією. Були розроблені функціональні харчові продукти із заданими властивостями: молочні, кондитерські, та хлібо-булочні вироби з м'яса та риби з включенням дієтичних харчових добавок з біологічно активною дією: «Вітарон», бджолиного обніжжя, селеновісних фітокомпозитів: цикорію, чабрецю і виноградної кісточка, ріпакового шроту, «V-омега-3», сировини зизифусу (унабі) [8–14].

Проведені дослідження показали, що застосування розроблених функціональних продуктів із заданими властивостями призводила до зміцнення клітинних мембран, зниження інтоксикації, відновлення вмісту елементів лейкограми, збільшення вмісту природних кілерів, підвищення активності нейтрофілів, корекції дисбалансу імунітету клітин.

Список використаних джерел

1. Ракша-Слюсарєва О. Вплив постійного стресу, утвореного комбінацією природної та техногенної низькоінтенсивної іонізуючої радіації на показники системи імунітету / О. Ракша-Слюсарєва та інші // Diversity and inclusion in scientific area : Proceedings of the 2 nd International Scientific and Practical Conference January 26-28, 2023, WARSAW, POLAND. – Warsaw: Scientific Collection «InterConf» (140), 2023. – С. 554 – 560
2. Raksha-Sliusareva O.A. Influence of military actions on the radioecological situation and immune status of the residents of the Donetsk region during the war of Ukraine with the rf / Raksha-Sliusareva O.A., Sliusarev O.A., Operchuk N.I., Tur Y.V., Rashidova Sh. M. //Journal of Radiation Researches. –2025. – V/ 12, №1. – P. 24 –33
3. Ракша-Слюсарєва О.А. До питання про забруднення продуктів харчування радіонуклідами в Донецькому регіоні // Вісник ДонГУЕТ. – 2004. – №4 (24). –С. 27 – 33
4. Olena Raksha-Sliusareva Radiation factor influence on foodstuffs quality research // The 15th symposium of IGWT “Global Safety of Commodity and Environment. Quality of Life”. –2006.– V. I.– P. 936-939.(Olena Raksha-Sliusareva Research of influence of radiation factor on quality of food stuffs //КНУЕТ Матеріали Міжнародного симпозиуму з екології, Київ, 11-12 вересня 2006г. –Київ:КНУЕТ, 2006.–Т. I.– С. 936-939.
5. Харчові добавки: монографія / О.А. Ракша-Слюсарєва; М-во освіти і науки України, Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського.– Донецьк : ЛАНДОН-XXI, 2014. 549 с. ISBN 978-617-7280-01-8
6. Підходи до оцінки якості харчових добавок, спрямованих на корекцію харчування й регуляцію систем організму: монографія / О.А. Ракша – Слюсарєва [та ін.]; М-во освіти і науки України, Донец. нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського, кафедра товарознавства і експертизи продовольчих товарів. – Донецьк : [ДонГУЕТ], 2010. – 193 с.
7. Ракша-Слюсарєва О.А., Круль В.О., Мельник А. Асортимент дієтичних харчових добавок, які надходять на вітчизняний ринок. // Товарознавство та інновації: зб. наук. пр / голов. ред. О.О. Шубін. – Донецьк : ДонГУЕТ, 2010. – Вип. 2 – С. 235 – 243
8. Ракша-Слюсарєва О.А., Квасніков А.А., Мішин В.В. Використання бджолиної обніжки у розробці продуктів функціонального харчування для контингентів екологічного й радіаційного ризику // Віддалені наслідки впливу іонізуючого випромінювання: Тези доповідей між нар. наук-практ. Конф. 23-25 трав., 2007 р. – К.:ЗАТ „НІЧЛАВА”, 2007. – С. 297
9. Ракша-Слюсарєва, О. Круль, В. М'ясні посічені напівфабрикати функціонального призначення // Товари і ринки. – 2013. – № 2. – С. 74–86.
10. Ракша-Слюсарєва О.А. Дослідження радіомодифікаційної здатності нової сировини та харчових добавок для розробки функціональних продуктів контингентам радіаційного ризику / О.А. Ракша-Слюсарєва // V з'їзд Радіобіологічного товариства України 15-18 вересня 2009 р., м. Ужгород : [матеріали]. – Ужгород: Радіобіол. Тов. України, Нац. Комісія з радіаційного захисту населення України при Верховній раді України, НАНУ, Ужгородський національний університет «ЛОГОС», 2009. – С. 162-163.
11. Ракша-Слюсарєва О.А. Перспективи використання білково-ліпідного комплексу переробки ріпака для збагачення продуктів функціонального призначення / О.А. Ракша-Слюсарєва та інші// Обладнання та

- технології харчових виробництв: темат. зб. наук. пр / Голов. Ред. О.О. Шубін; Донец. Нац. Ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського. – 2009. – Вип. 22. – С. 320 – 324.
12. Ракша-Слюсарєва О.А. Механізми радіомодифікуючої дії нової рослинної сировини при пролонгованому опроміненні / О.А. Ракша-Слюсарєва та інші // Радіаційно-медична й екологічна безпека людини та довкілля: стан, шляхи і заходи покращення : матеріали міжнар. конф. «Ольвійський форум - 2010: стратегії України в геополітичному просторі» 11-15 червня 2010 р. Ялта, Крим, Україна. – 2010. – Миколаїв: ЧДУ ім. Петра Могили, 2010. – С. 9 – 10.
13. Ракша-Слюсарєва О.А. Результати розробки нових посічених напівфабрикатів функціонального призначення / О.А. Ракша-Слюсарєва та інші // «Проблеми харчових технологій і харчування. Сучасні виклики і перспективи розвитку» : Міжнар. наук-практ. конф.: [тези доп.]. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2011. – С. 88 – 89
14. Raksha-Sliusareva O., Kovalenko P., Sliusarev O. Exploring the modification of constant action of natural radiation combined with technogenic. study of the influence of bee bread // Environmental and radiation safety/ Екологічна та радіаційна безпека. – 2024. – №2. – Р. 13 – 18. DOI: 10.34132/ers.2024.01.02.03.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.29

*Olena Raksha-Sliusareva,
Olexiy Sliusarev,
Iryna Tarasova,
Polina Kovalenko,
Yaroslava Tur,
Dariiia Domochka*

FUNCTIONAL PRODUCTS WITH SPECIFIED PROPERTIES FOR AREAS IN A STATE OF RADIOECOLOGICAL CRISIS

Model and clinical studies have established a radiomodifying effect on chronic exposure to low-intensity ionizing radiation of natural and man-made origin, combined with other negative environmental factors. Functional products with specified properties have been developed with the inclusion of dietary food supplements with biologically active effects: "Vitaron", bee pollen, selenium-containing phytocomposites: chicory, thyme and grape seeds, rapeseed meal, "V-omega-3", raw material of jujube (unabi). led to strengthening of cell membranes, reduction of intoxication, restoration of leukogram elements, increase in natural killer content, increase in neutrophil activity, correction of imbalance of immunocompetent cells

Key words: radiation, low-intensity, continuous action, radioprotector, functional food products

Відомості про авторів / Information about the Authors

Олена Ракша-Слюсарєва, д. біологічних н., професор, професор кафедри мікробіології, вірусології, імунології та медичної біології Донецького національного медичного університету, м. Лиман, Україна. E-mail: rakshasliusareva@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2144-6792>

Olena Raksha-Sliusareva, Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Professor at the Microbiology, Virology, Immunology and Medical biology Department of Donetsk National Medical University, Lyman, Ukraine. E-mail: rakshasliusareva@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2144-6792>

Слюсарєв Олексій, кандидат мед наук, доцент, завідувач кафедри мікробіології, вірусології, імунології та медичної біології Донецького національного медичного університету, м. Лиман, Україна. E-mail: slusarev.alex@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2968-9388>

Oleksiy Sliusarev, Candidate of Medical Sciences, Docent, Head of the Department of Microbiology, Virology, Immunology and Medical biology of Department of Donetsk National Medical University, Lyman, Ukraine. E-mail: slusarev.alex@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2968-9388>

Ірина Тарасова, лікар загальної практики сімейної медицини КНП «Центр первинної медико-санітарної допомоги № 1 Святошинського району», м. Київ, Україна. E-mail: ira.slusareva@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0000-0001-4567>

Iryna Tarasova, general practitioner of family medicine, KNP "Center for Primary Medical and Sanitary Care No. 1 of Svyatoshynskyi District", Kyiv, Ukraine. E-mail: ira.slusareva@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0000-0001-4567>

Поліна Коваленко, канд. біол. наук, доцент, доцент кафедри мікробіології, вірусології, імунології та медичної біології Донецького національного медичного університету, м. Лиман, Україна. E-mail: polina.kovalenko27@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4731-6902

Polina Kovalenko Doctor of philosophy in Biology, Docent, Associate Professor at the Department of Microbiology, Virology, Immunology and Medical biology of Donetsk National Medical University, Lyman, Ukraine. E-mail: polina.kovalenko27@gmail.com, ORCID: 0000-0003-4731-6902

Ярослава Тур кафедри мікробіології, вірусології, імунології та медичної біології Донецького національного медичного університету, м. Лиман, Україна. E-mail: tur_yaroslava@ukr.net ORCID: 0000-0002-3098-6865

Yaroslava Tur Assistant at the Department of Microbiology, Virology, Immunology and Medical biology of Donetsk National Medical University, Lyman, Ukraine. E-mail: tur_yaroslava@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3098-6865>

Дар'я Дьомочка учениця 9 класу Міжнародної школи Бенджаміна Франкліна, Гарріга, Іспанія, E-mail: ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3098-6978>

Dariia Domochka 9th grade student of The Benjamin Franklin International School, E-mail: ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3098-6978>

© О. Ракиша-Слюсарєва, О. Слюсарєв, І. Тарасова, П. Коваленко, Я. Тур, Д. Дьомочка

Стаття отримана редакцією 26.05.2026.

ГУМАНІТАРНА СКЛАДОВА ПІДГОТОВКИ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ У ГАЛУЗІ РАДІОБЕЗПЕКИ

У статті здійснено комплексний аналіз значення та структури гуманітарної складової у процесі підготовки майбутніх фахівців із радіобезпеки. Розширено коло проблем, які покликаний вирішити гуманітарний блок, зокрема: подолання ефекту «нормалізації відхилень», протидія суспільній радіофобії, виклики ядерного тероризму та правовий захист об'єктів під час збройних конфліктів. Обґрунтовано, що формування високої «культури безпеки» як головного чинника нівелювання «людського фактора» є суто гуманітарним завданням. Доведено, що вивчення біоетики, стрес-менеджменту та теорії комунікацій сприяє розвитку критичного мислення, громадянської відповідальності та здатності приймати етичні рішення. Наголошено на важливості наскрізної інтеграції гуманітарних і технічних знань задля гарантування національної та міжнародної безпеки.

Ключові слова: радіобезпека, культура безпеки, гуманітарна складова, людський фактор, нормалізація відхилень, радіофобія, етична відповідальність.

Сучасний етап розвитку цивілізації характеризується стрімким розширенням сфер використання ядерної енергії, іонізуючого випромінювання та радіоактивних матеріалів. Радіоактивні технології міцно увійшли в енергетику, медицину, промисловість, космічні дослідження та військово-оборонний комплекс. Водночас масштабність техногенних катастроф минулого — від аварій на Чорнобильській АЕС та Фукусімі-1 до сучасних безпрецедентних ризиків ядерного шантажу та тераризму — демонструє, що радіоактивність несе в собі не лише колосальний прогрес, але й екзистенційну загрозу для всього живого.

Тривалий час підготовка інженерів, дозиметристів, фізиків-ядерників та інших експертів із радіобезпеки базувалася виключно на технократичній моделі. Навчальні програми фокусувалися на точних науках, математичному моделюванні, знанні фізичних законів, будови реакторів чи технічних регламентів. Проте практика доводить: переважна більшість інцидентів у ядерній сфері спричинена не відмовою техніки, а так званим «людським фактором».

Сьогодні стає очевидним, що безпека ядерних об'єктів залежить не лише від надійності датчиків, але й від моральної зрілості, етичної стійкості, психологічної готовності та рівня гуманітарної культури фахівців. Це зумовлює гостру потребу інтеграції потужного гуманітарного блоку в систему інженерно-технічної освіти у сфері радіобезпеки.

Метою статті є обґрунтування ролі, структури та особливостей гуманітарної складової у процесі підготовки майбутніх фахівців із радіобезпеки, а також аналіз її впливу на формування культури безпеки у професійній діяльності.

У міжнародній практиці безпеки ядерних об'єктів ключовим терміном є «культура безпеки» (**Safety Culture**), закріплений у документах Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ). Показово, що слово «культура» за своєю суттю є чисто гуманітарним поняттям. МАГАТЕ визначає цей феномен як набір характеристик і особливостей діяльності організацій та окремих осіб, який встановлює, що проблемам безпеки ядерної установки приділяється вища увага, визначена їхньою значущістю.

Культура безпеки — це не просто дотримання інструкцій. Це внутрішня потреба людини, її особисте переконання, етична позиція та самодисципліна. Технократичний підхід спроможний навчити здобувача освіти, як працює прилад, але лише гуманітарна складова виховує розуміння, заради чого і з якими обмеженнями цей прилад має застосовуватися. Формування культури безпеки неможливе без розвитку критичного мислення, усвідомлення власної відповідальності перед суспільством та майбутніми поколіннями, що є прямим завданням гуманітарної освіти.

Центральним елементом гуманітарної підготовки фахівців цієї галузі є **професійна етика та біоетика**. Радіація є невидимою, не має запаху чи смаку, а її шкідливі біологічні наслідки (наприклад, онкологічні захворювання чи генетичні мутації) можуть проявитися через десятиліття або у наступних поколіннях. Це створює специфічну ситуацію етичної відповідальності, яку філософ Ганс Йонас назвав «принципом відповідальності» в епоху технологічного розвитку.

Майбутній фахівець із радіобезпеки має чітко усвідомлювати етичні дилеми, пов'язані з його діяльністю:

1. **Проблема допустимого ризику:** Хто і за якими критеріями визначає «прийнятний» рівень радіаційного ризику для населення?

2. **Екологічна справедливість:** Питання захоронення радіоактивних відходів. Неетично перекладати фінансовий та екологічний тягар утилізації відпрацьованого палива на майбутні покоління або на бідніші регіони планети.

3. **Чесність та прозорість інформування:** Приховування інформації про радіаційний стан (як це було під час Чорнобильської катастрофи у 1986 році) є злочином проти людства. Фахівець повинен мати таку громадянську мужність та професійну етику, щоб ставити безпеку людей вище за корпоративні інтереси чи політичний тиск.

Вивчення філософії науки і техніки та прикладної етики допомагає студентам сформувати моральний компас, який у критичний момент не дозволить піти на компроміс із безпекою.

Робота на об'єктах ядерно-паливного циклу або в зонах радіоактивного забруднення супроводжується постійним психоемоційним напруженням. Більше того, у разі виникнення аварійної ситуації фахівець опиняється в умовах жорсткого дефіциту часу, високої невизначеності та загрози власному життю.

Психологічна підготовка як частина гуманітарного блоку має вирішувати такі завдання:

4. **Розвиток стресостійкості та емоційного інтелекту:** Здатність зберігати холодний розум, пригнічувати паніку та приймати виважені рішення під час кризових ситуацій.

5. **Подолання ефекту «нормалізації відхилень»:** Психологічний феномен, коли тривала робота без інцидентів притупляє пильність фахівців, і дрібні порушення регламенту починають сприйматися як норма, що зрештою призводить до катастрофи.

6. **Психологія лідерства та командної взаємодії:** Вміння чітко віддавати та виконувати накази, координувати дії різних служб (дозиметристів, рятувальників, медиків) та брати на себе відповідальність за життя підлеглих.

Одним із найбільших викликів сучасності у сфері ядерних технологій є **радіофобія** — ірраціональний, глибоко вкорінений у суспільній свідомості страх перед будь-якими джерелами випромінювання. Фахівці з радіобезпеки дуже часто змушені виступати у ролі комунікаторів між науковим співтовариством, владою та пересічними громадянами.

Без знань соціології, теорії комунікацій та риторики інженер не зможе ефективно донести інформацію до населення. Натомість сухі технічні терміни та цифри (на кшталт «зіверти», «беккерелі», «експозиційна доза») без належного гуманітарного роз'яснення часто лише посилюють паніку. Фахівець повинен уміти:

1. Перекладати складні наукові дані зрозумілою для нефаків мовою.

2. Працювати зі ЗМІ в умовах інформаційних криз та протидіяти фейкам чи маніпуляціям (що особливо актуально в епоху гібридних воєн).

3. Вести конструктивний діалог з екологічними організаціями та місцевими громадами, мінімізуючи соціальну напругу навколо будівництва чи експлуатації радіаційних об'єктів.

Окрім того, радіаційна безпека давно вийшла за межі окремо взятих держав. Радіоактивна хмара не знає кордонів, що робить цю сферу об'єктом прискіпливого міжнародного регулювання. Майбутній експерт повинен мати ґрунтовну правову підготовку, орієнтуватися у міжнародних конвенціях (наприклад, Конвенції про ядерну безпеку, Конвенції про оперативне оповіщення про ядерну аварію тощо).

Не менш важливим є вивчення історії радіобезпеки. Аналіз помилок минулого, розбір детальних хронік техногенних аварій дозволяє студентам зрозуміти, які саме політичні, економічні чи організаційні рішення призвели до трагічних наслідків. Історія вчить, що зневага до людського життя на догоду перевищенню планів виробництва завжди закінчується катастрофічно.

Додатково в сучасних реаліях критичного значення набуває знання міжнародного гуманітарного права. Фахівці з радіобезпеки повинні чітко розуміти правові механізми захисту цивільних ядерних об'єктів під час збройних конфліктів та алгоритми дій у разі актів ядерного тероризму.

Підготовка фахівців у галузі радіобезпеки не може залишатися виключно технократичною. Сучасні виклики вимагають формування нового типу інженера-дослідника — людини з високим рівнем гуманітарної культури та розвиненим почуттям соціальної відповідальності.

Гуманітарна складова цієї підготовки є не штучним додатком до технічних дисциплін, а фундаментальним інтегруючим фактором. Через вивчення професійної етики, біоетики, психології екстремальних ситуацій, правознавства та теорії комунікацій майбутні фахівці здобувають інструменти для ефективного запобігання «людському фактору» як головній причині техногенних аварій.

Тільки гармонійне поєднання глибоких технічних компетенцій (Hard Skills) із потужною гуманітарною базою та розвиненими гнучкими навичками (Soft Skills) дозволить виростити фахівців, здатних приборкати енергію атома та гарантувати безпечне майбутнє для людства.

Список використаних джерел

1. IAEA Safety Standards (General Safety Requirements). *Leadership and Management for Safety. GSR Part 2*. Vienna: International Atomic Energy Agency, 2016. 26 p.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.30

Olena Samoilenko

THE HUMANITARIAN COMPONENT OF TRAINING FUTURE SPECIALISTS IN THE FIELD OF RADIATION SAFETY

The article provides a comprehensive theoretical and methodical analysis of the importance of the humanitarian component in the process of training future radiation safety specialists. It is substantiated that overcoming the "human factor" as the root cause of most man-made accidents in the nuclear industry is impossible without the formation of a high "safety culture" by means of humanitarian disciplines. The ethical, philosophical, psychological, legal, and communicative aspects of engineering personnel training are highlighted. It is proven that the study of bioethics, stress management, and communication theory contributes to the development of critical thinking, civic responsibility, and the ability to make balanced decisions in emergency situations. The importance of harmonizing technical and humanitarian knowledge to guarantee national and international security is emphasized.

Keywords: radiation safety, safety culture, humanitarian component, human factor, professional ethics, stress management, communicative competence.

Відомості про автора / Information about the Author

Олена Самойленко, кандидат філологічних наук, доцент, завідувачка кафедри теоретичних дисциплін Донецького національного медичного університету, м. Лиман, Україна, o.v.samojlenko@dnmu.edu.ua, Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5040-874X>

Olena Samoilenko, Candidate of Philological Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Theoretical Disciplines, Donetsk National Medical University, Lyman, Ukraine, o.v.samojlenko@dnmu.edu.ua, Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5040-874X>

© О. Самойленко

Стаття отримана редакцією 26.05.2026.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.31

Вікторія Талько,
Галина Лавренчук,
Євгенія Малишевська

ЕФЕКТИВНІСТЬ ФОТОН-ЗАХВАТНОЇ ПРОМЕНЕВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ФОТОДИНАМІЧНОГО ВПЛИВУ НА ЗЛОЯКІСНІ ТА НОРМАЛЬНІ КЛІТИНИ ЛЮДИНИ IN VITRO

Мета: дослідити структурні та морфофункціональні зміни в тест-моделі злоякісних (лінія A-549) та нормальних (стовбурові фібробласти) клітинах людини, опромінених рентгенівськими променями в присутності гадолінійвмісного агента «Дотавіст» та світла оптичного діапазону (червоне світло) у поєднанні з фотосенсибілізатором «Фотолон».

Методи: метод перецелюваної культури клітин нормальних фібробластів людини та злоякісних клітин людини, методи опромінення рентгенівськими променями, червоним світлом, цитологічні, статистичні.

Результати. Досліджено у порівняльному аспекті вплив двох бінарних променевих технологій окремо та у поєднанні, а саме: фотон-захватну дію на злоякісні (клітини недрібноклітинного раку легень людини – лінія A-549) та нормальні клітини (стовбурові фібробласти людини) при інкубації їх з гадолінійвмісним фотон-захватним агентом «Дотавіст» та фотодинамічний вплив у присутності фотосенсибілізатора «Фотолон». Встановлено за морфофункціональними характеристиками (кінетика росту, проліферативна та мітотична активність) вищезазначених тест-систем особливості впливу на злоякісні та нормальні клітини. Опромінення рентгенівськими променями в дозах 1,0, 5,0, та 10,0 Гр інактивувало 10 %, 46 % та 80 % злоякісних клітин лінії A-549, відповідно. Опромінення клітин у дозі 1,0 Гр в присутності фотон агента «Дотавіст» (у концентрації 10 мкл/мл) на 50 % інгібує проліферацію клітин, пригнічуючи їх мітотичну активність, а в дозі 10,0 Гр в присутності «Дотавісту» гальмує на 93 % ріст та поділ злоякісних клітин, що свідчить про високу ефективність даної бінарної променевої технології. Вплив двох бінарних променевих технологій на злоякісні клітини людини лінії A-549, а саме: поєднання червоного світла з «Фотолоном» (у концентрації 0,05 мг/мл) та рентгенівських променів у вищезазначених дозах з «Дотавістом» (у концентрації 10 мкл/мл), призводить до загибелі відповідно 64 %, 86 % та 99 % злоякісних клітин. Встановлено, що культура нормальних фібробластів більш чутлива до впливу комплексу бінарних променевих дій; опромінення в дозі 10,0 Гр у присутності «Дотавісту» та «Фотолону» інактивує 100 % клітин.

Висновок. Отримані результати складають підґрунтя доклінічного етапу оцінки ефективності поєднаної впливу двох бінарних технологій та препаратів, що застосовуються у фотон-захватній технології та фотодинамічній терапії, фотон-захватного агента «Дотавіст» та фотосенсибілізатора «Фотолон», відповідно.

Ключові слова: культура злоякісних клітин людини, культура фібробластів людини, проліферація, рентгенівське опромінення, фотон-захватний агент, червоне світло, фотосенсибілізатор.

Медичні терапевтичні джерела іонізуючого випромінювання, головним чином, дистанційні джерела γ -випромінювання та прискорювачі електронів досягли практично межі свого технічного розвитку і дозволяють націлювати іонізуюче випромінювання (ІВ) на пухлину з дуже високим ступенем вибірковості та конформності. Однак при цьому ефективність лікування злоякісних пухлин багатьох видів досі не відповідає необхідним вимогам. Надмірно високе променеве навантаження на нормальні тканини організму все ще є основним обмеженням при спробах збільшення терапевтичної ефективності променевої терапії (ПТ) за рахунок ескалації дози опромінення пухлини. Це є серйозним обмеженням застосування радикальної дистанційної ПТ у клінічній практиці. Одним із шляхів підвищення терапевтичної ефективності ПТ є розробка та впровадження в клінічну практику фотон-захватної терапії (ФЗТ), що є поруч із нейтрон-захватною терапією (НЗТ), різновидом бінарної

променевої терапії (БПТ). БПТ – це технологія лікування злоякісних новоутворень за допомогою ІВ, в якій для забезпечення протипухлинного ефекту використовуються два компоненти – препарат, що вводиться в організм, і зовнішнє джерело ІВ [1]. Препарат, що знаходиться в пухлині, збільшує її поглинаючу здатність щодо зовнішнього опромінення, тим самим підвищуючи величину поглиненої дози. На відміну від променевої терапії з використанням препаратів-радіомодифікаторів, здатних змінювати радіочутливість пухлинних тканин, у БПТ використовуються препарати, що не мають вираженої біологічної активності у дозах, що застосовуються. Такі препарати повинні мати у своєму складі один або кілька хімічних елементів, здатних взаємодіяти із зовнішнім ІВ зі значно більшою ймовірністю, ніж елементи, що входять до складу нормальних тканин. Актуальність досліджень у галузі БПТ очевидна, а наявні на даний час результати роблять необхідним проведення їх аналізу для подальшого розвитку БПТ як медичної протипухлинної технології.

Вивчення морфофункціональних характеристик (кінетика росту, проліферативна та мітотична активність, наявність атипових клітин) при інкубації з гадолініймісним фотон-захватним агентом «Дотавіст» у широкому діапазоні концентрацій (5, 10, 25, 50, 100 та 200 мкл/мл) дозволило встановити особливості його впливу на злоякісні клітини: при низьких концентраціях 5 ÷ 25 мкл/мл проліферативна та мітотична активності не відрізняються від контролю. Водночас за високих концентрацій 100 та 200 мкл/мл спостерігали деструкцію моношару клітин, структурні зміни в культурі клітин та появу в культурі атипових клітин. Аналогічні характерні зміни структурних та морфофункціональних характеристик спостерігали і в культурі нормальних фібробластів людини, а саме: деструктивні зміни у культурі наступали при інкубації з «Дотавіст» в концентрації 100 та 200 мкл/мл.

Дослідження у порівняльному аспекті особливостей клітинних реакцій проліферуючих злоякісних клітин людини А-549 та нормальних фібробластів людини 6-го пасажу при інкубації з фотосенсибілізатором «Фотолон» (ФС) показали протилежні ефекти морфофункціональних характеристик культур клітин: цитотоксичний вплив на злоякісні клітини А-549 проявлявся при найменших концентраціях 5 та 10 мкл/мл. При підвищенні концентрації фотосенсибілізатора зменшується щільність клітинної популяції, мітотична активність клітин та наростає кількість атипових клітин: двоядерних, клітин з мікроядрами та з ознаками апоптозу. Збільшення концентрації ФС 100 та 200 мкл/мл призвело до деструктивних змін клітинного моношару: зменшення розмірів клітин, втрати цитоплазми, зменшення кількості мітозів, збільшення аномальних клітин (двохядерних та клітин з мікроядрами).

В культурі нормальних фібробластів в області концентрацій 5 ÷ 200 мкл/мл не спостерігали статистично значущих відмінностей щільності клітинної популяції. Однак, мітотична активність помірно зменшена, у порівнянні з контролем. Водночас, за концентрації 25 мкл/мл і вище в культурі фібробластів з'являються атипові клітини з 2 і більше ядрами, з мікроядрами, з ядерними аномаліями, такими як каріореक्सис, хвостаті ядра, ядра атипової форми, гантелеподібні ядра тощо. Це свідчить про генотоксичні властивості фотосенсибілізатора на нормальні фібробласти людини.

Опромінення проліферуючих злоякісних клітин лінії А-549 рентгенівськими променями в дозах 1,0 Гр, 5,0 Гр та 10,0 Гр інактивували злоякісні клітини лінії А-549 на 10 %, 46 % та 80 % відповідно величині дози.

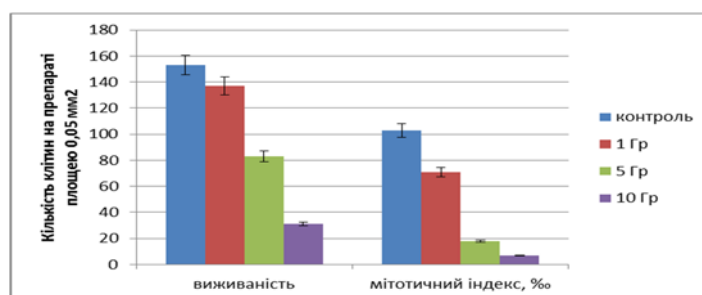


Рис. 1. Дозова залежність життєздатності клітин лінії А-549, опромінених рентгенівськими променями, на 6-ту добу культивування

Опромінення клітин лінії А-549 в присутності препарату «Дотавіст» у концентрації 2,97 мг гадотерової кислоти в 1,0 мл поживного середовища має значно більшу біологічну ефективність. Так, опромінення клітин у дозі 1,0 Гр в присутності фотон-захватного агента на 50 % інгібує проліферацію клітин, пригнічуючи їх мітотичну активність. Опромінення рентгенівськими променями в дозі 10,0 Гр в присутності препарату «Дотавіст» гальмує на 93 % ріст та поділ злоякісних клітин, що свідчить про високу ефективність даної бінарної променевої технології.

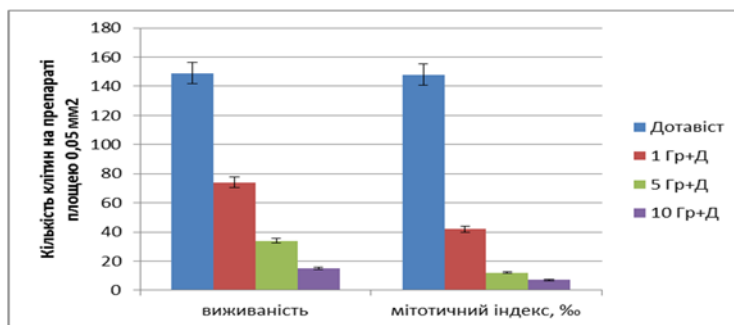


Рис.2. Дозова залежність життєздатності клітин лінії А-549, опромінені рентгенівськими променями в присутності препарату «Дотавіст» (Д) в концентрації 2, 97 мг/мл на 6-ту добу культивування

Вивчення клітинних реакцій в умовах впливу на проліферуючі злоякісні клітини А-549 світла червоного діапазону у дозі 45 Дж/см² окремо чи у поєднанні з фотосенсибілізатором «Фотолон» в концентрації, що не викликає видимих змін в популяції клітин (0,05 мг/мл), з наступним опроміненням рентгенівськими променями в дозах 1,0 Гр, 0,5 Гр та 10,0 Гр показало, що за поєднаного впливу червоного світла з фотосенсибілізатором та рентгенівських променів в дозах від 1,0 Гр до 10,0 Гр відбувається пригнічення проліферації клітин А-549 від 50 % до 90 % відповідно, залежно від дози опромінення, а їх мітотична активність знижується до 4 % відносно ефектів тільки червоного світла.

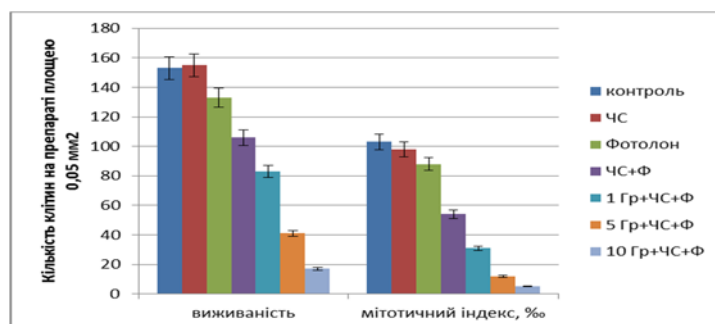


Рис.3. Зміни виживаності та мітотичної активності злоякісних клітин А-549 в умовах впливу на них червоного світла (ЧС), фотосенсибілізатора «Фотолон» (Ф) окремо та у поєднанні з опроміненням рентгенівськими променями в дозах 1,0, 5,0 та 10,0 Гр

Вивчення впливу двох бінарних променевих технологій на злоякісні клітини людини лінії А-549, а саме: поєднання червоного світла (45 Дж/см²) з «Фотолоном» (0,05 мг/мл) та рентгенівських променів у дозах 1,0 Гр, 5,0 Гр та 10,0 Гр з препаратом «Дотавіст» у концентрації 10 мкг/мл, що відповідає 2,97 мг гадотерової кислоти на 1,0 мл поживного середовища, дозволили встановити, що загибель злоякісних клітин, опромінених в дозі 1,0 Гр, становила 64 %, 5,0 Гр – 86 % і 10,0 Гр – 99 % відносно контролю. 1 % клітин, що вижили, можуть дати рецидивування первинної пухлини. Це можуть бути клітини, що знаходяться у спокої, а також поліплоїдні клітини, що виникають в пухлині у великій кількості за несприятливих умов росту.

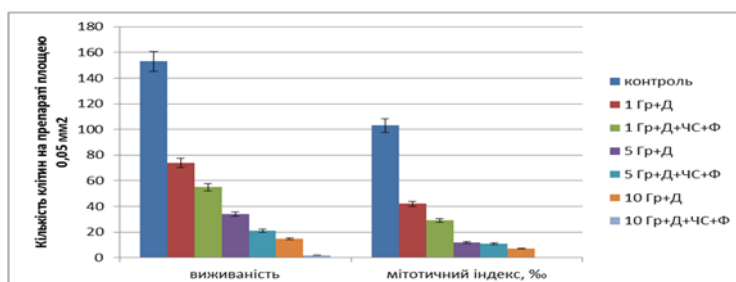


Рис. 4. Морфофункціональні зміни в культурі злоякісних клітин людини лінії А-549 після застосування двох бінарних методів: фотонзахватної та фотодинамічної терапії

Експериментально показано, що нормальні проліферуючі фібробласти мали майже аналогічну радіочутливість і, відповідно, клітинну реакцію на дію рентгенівського опромінення та «Дотавісту», як і злоякісні проліферуючі клітини лінії А-549. Такі біологічні ефекти треба мати на увазі, розглядаючи роль стовбурових клітин у відновленні як нормальних тканин (репопуляція), так і тканин пухлини (рецидивування).

Встановлено, що опромінення нормальних клітин рентгенівськими променями у дозах 1,0 Гр, 5,0 Гр та 10,0 Гр у поєднанні з фотодинамічним впливом (червоне світло та «Фотолон» в концентрації 0,05 мг/мл) викликають загибель 43 %, 67 % та 88 % клітин, відповідно дозі.

Комбінований вплив двох бінарних променевих впливів (фотон-захватної терапії з «Дотавістом» та червоного світла з «Фотолоном») на нормальні фібробласти призвели до істотної загибелі клітин, а саме: опромінення в дозі 1,0 Гр з «Дотавістом», червоним світлом з «Фотолоном» призвело до інактивації 87 % клітин; опромінення в дозі 5,0 Гр з «Дотавістом», червоним світлом з «Фотолоном» призвело до інактивації 94 % клітин, а після опромінення в дозі 10,0 Гр та вищезазначеного комплексу інактивували 100 % клітин. Таким чином, виявилось, що культура нормальних фібробластів більш чутлива до впливу комплексу бінарних променевих дій, ніж культура злоякісних клітин лінії А-549.

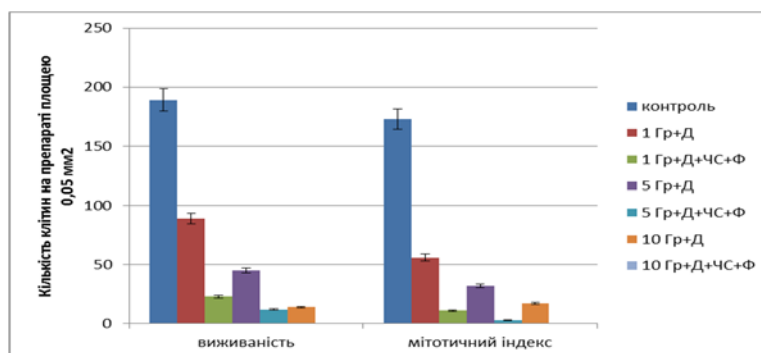


Рис. 5. Морфофункціональні зміни у культурі нормальних фібробластів людини, опромінені рентгенівськими променями у різних дозах в присутності «Дотавіст» та червоним світлом з «Фотолоном» на 6-ту добу культивування

Поєднання фотон-захватного (з «Дотавістом») та фотодинамічного (з «Фотолоном») впливів призводять до загибелі 90 % злоякісних клітин у стані спокою (у стаціонарній фазі росту). Тобто, навіть при таких умовах впливу (рентгенівські промені в дозі 10 Гр одночасно з «Дотавістом» в концентрації 100 мкл/мл (29,7 мг гадотерової кислоти) виживає 10 % клітин, які при подальшому культивуванні змінюють свою морфологію, генотип і адгезивність.

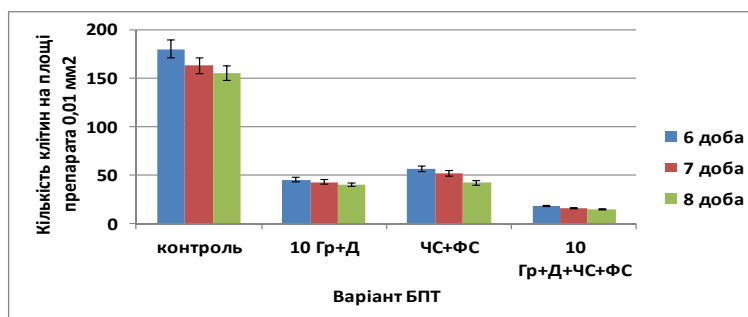


Рис. 6. Структурна та морфофункціональна характеристика культури непроліферуючих (дормантних) злоякісних клітин людини (лінія А-549), що знаходяться у спокої, при застосуванні бінарних променевих технологій

Висновок

Отримані результати радіобіологічних експериментів in vitro у тест-системі культури клітин недрібноклітинного раку легень лінії А-549 показали досить високу ефективність поєднання бінарних технологій: рентгенівського випромінювання з гадолінійвмісним фотон-захватним агентом «Дотавіст» та світла червоного діапазону з фотосенсибілізатором «Фотолон» щодо зменшення кількості, життєздатності та агресивності проліферуючих та у стаціонарній фазі росту пухлинних клітин, і слугуватимуть підґрунтям для проведення доклінічних випробувань.

Список використаних джерел

1. Променева терапія XXI століття / В. С. Іванкова, О. Ю. Столярова, Л. М. та ін. *Клінічна онкологія*. 2018. Т. 8, № 2(30). Режим доступу: <https://www.clinicaloncology.com.ua/article/magazine/35>

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.31

Victoria Talko,
Halyna Lavrenchuk,
Evgenia Malyshevska

**EFFICIENCY OF PHOTON CAPTURE BEAM TECHNOLOGY AND PHOTODYNAMIC IMPACT ON
MALIGNANT AND NORMAL HUMAN CELLS IN VITRO**

Objective: to investigate the structural and morphofunctional changes in test systems of malignant (cell line A&549) and normal (stem fibroblasts) human cells exposed to X in the presence of gadolinium photon capture agent «Dotavist» and optical light (red spectrum) in combination with «Fotolon» photosensitizer.

Methods. The continuous cell culture of normal human fibroblasts and malignant human cells technology, X and red light exposure, cytological and statistical methods.

Results. Effects of the two binary radiation technologies, namely the photon capture impact on malignant cells (human non cell lung cancer cells i.e. line A&549) and normal cells (human stem fibroblasts) when incubated with gadolinium photon capture agent «Dotavist» and photodynamic effect in the presence of «Fotolon» photosensitizer applied separately and in combination were studied in a comparative mode. Proceeding from morphofunctional characteristics (growth kinetics, proliferative and mitotic activity) of the above test systems, peculiarities of the effect on malignant and normal cells were established. Irradiation with X to the 1.0, 5.0, and 10.0 Gy doses resulted in inactivation of respectively 10 %, 46 %, and 80% of the A&549 line malignant cells. Cellular irradiation to a 1.0 Gy dose in the presence of the photon capture agent «Dotavist» (10 µl/ml concentration) inhibited cell proliferation by 50 %, suppressing their mitotic activity. At a dose of 10.0 Gy in the presence of «Dotavist» the inhibition by 93 % of the growth and division of malignant cells occurred, indicating the high efficiency of binary radiation technology. The effect of two binary radiation technologies on malignant human cells (A&549 line), namely the combination of red light with «Fotolon» (0.05 mg/ml concentration) and X exposure in the above doses with «Dotavist» (10 µl/ml concentration) resulted in the death of respectively 64 %, 86 %, and 99 % malignant cells. The culture of normal fibroblasts was found being more sensitive to the influence of a complex of binary radiation impact, as exposure to a dose of 10.0 Gy in the presence of «Dotavist» and «Fotolon» inactivated 100 % of cells. Conclusion. The obtained results provide basis of preclinical evaluation of effectiveness of the combined impact of two binary technologies and drugs used in the photon capture technology and photodynamic therapy i.e. the photon capture agent «Dotavist» and «Fotolon» photosensitizer respectively.

Key words: culture of human malignant cells, culture of human fibroblasts, proliferation, X irradiation, photon capture agent, red light, photosensitizer.

Відомості про авторів / Information about the Author

Вікторія Талько, доктор медичних наук, професор, директор, завідувачка відділу радіобіології Інституту експериментальної радіології ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології НАМН України», Київ, Україна, talko1950@gmail.com ORCID ID: 0000000320738427.

Victoria Talko, Doctor of Medical Sciences, Professor, Director of Institute, Institute of Experimental Radiology, Head of Department, Department of Radiobiology, SI «National Research Center for Radiation Medicine hematology and oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv, Ukraine, talko1950@gmail.com. ORCID ID: 0000000320738427.

Галина Лавренчук, доктор біологічних наук, професор, завідувачка лабораторії клітинної радіобіології Інституту експериментальної радіології ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології НАМН України», Київ, Україна, hl2007195@ukr.net, ORCID ID: 000000017200712X.

Halyna Lavrenchuk, Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Cellular Radiobiology Laboratory, Experimental Radiology Institute, State Institution «National Research Center for Radiation Medicine hematology and oncology of the NAMS of Ukraine», Kyiv, Ukraine, hl2007195@ukr.net, ORCID ID: 0000&00017200712X.

Євгенія Малишевська, науковий співробітник лабораторії клітинної радіобіології Інституту експериментальної радіології ДУ «Національний науковий центр радіаційної медицини, гематології та онкології НАМН України», Київ, Україна, eugen.pro912@gmail.com.

Yevgenia Malyshevska, research fellow of the Cellular Radiobiology Laboratory, Experimental Radiology Institute, State Institution «National Research Center for Radiation Medicine hematology and oncology of the NAMS of Ukraine», Kyiv, Ukraine, eugen.pro912@gmail.com.

© В. Талько, Г. Лавренчук, Є. Малишевська

Стаття отримана редакцією 26.05.2026.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.32

Ярослава Тур,
Олена Ракша-Слюсарева,
Олексій Слюсарев

ФІЛЬТРИ УЛЬТРАФІОЛЕТОВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ (SPF) У СИСТЕМІ ІНДИВІДУАЛЬНОГО БІОЗАХИСТУ ТА ПРОФІЛАКТИКИ ІНДУКОВАНИХ РАДІАЦІЄЮ ДЕРМАТОЗІВ

Ультрафіолетове (УФ) випромінювання є одним із провідних факторів розвитку фотодерматозів, фотостаріння та раку шкіри. Сучасні сонцезахисні засоби з SPF-фільтрами відіграють ключову роль у системі індивідуального біозахисту, знижуючи рівень фотохімічного ушкодження клітин шкіри. Ефективність таких засобів базується на поєднанні органічних і неорганічних фільтрів, що або поглинають, або відбивають УФ-випромінювання. У роботі розглянуто механізми УФ-ушкодження, принципи дії SPF-фільтрів та їх значення у профілактиці індукованих радіацією дерматозів.

Ключові слова. SPF, ультрафіолетове випромінювання, фотодерматози, UVA, UVB, сонцезахисні фільтри, фотостаріння, біозахист.

Ультрафіолетове випромінювання сонця включає UVA (320–400 нм) та UVB (280–320 нм), які є основними факторами ушкодження шкіри. UVB переважно спричиняє прямі ушкодження ДНК та еритему, тоді як UVA проникає глибше в дерму та викликає оксидативний стрес через утворення активних форм кисню. Обидва типи випромінювання асоційовані з фотостарінням, імуносупресією та канцерогенезом шкіри [1].

Сучасні дерматологічні рекомендації підкреслюють необхідність щоденного використання широкоспектральних SPF-засобів для зниження ризику фотопшкодження та розвитку раку шкіри [2].

Сучасні дослідження підтверджують ефективність SPF-фільтрів у профілактиці фотоканцерогенезу та фотостаріння, однак підкреслюють їх обмежену дію щодо UVA1-діапазону та додаткових спектрів випромінювання. Зокрема, оглядові роботи показують, що більшість доступних сонцезахисних засобів забезпечують більш виражений захист від UVB, ніж від довгохвильового UVA, що має значення для глибоких дермальних ушкоджень і пігментації [1].

Особливу увагу сучасні дослідники приділяють розробці нових фотостабільних ультрафіолетових фільтрів та комбінованих сонцезахисних систем, здатних забезпечувати широкий спектр захисту від UVA та UVB-випромінювання. Перспективним напрямом є використання нанорозмірних форм оксиду цинку та діоксиду титану, які забезпечують високий рівень фотозахисту при кращих косметичних властивостях препарату та підвищеній фотостабільності [3]. Крім того, доведено, що регулярне використання сонцезахисних засобів сприяє уповільненню процесів фотостаріння шкіри та зменшенню вираженості вікових змін, асоційованих із хронічним впливом ультрафіолету. За даними сучасних клінічних досліджень, тривале застосування сонцезахисних засобів асоціюється зі зменшенням вираженості зморшок, порушень пігментації та інших проявів хронічного фотостаріння [4].

Також встановлено, що навіть сучасні фотостабільні формули можуть частково втрачати ефективність через фотодеградацію активних компонентів та недостатню стандартизацію оцінки UVA-захисту в різних країнах [2].

Проаналізувати механізми дії SPF-фільтрів та їх роль у профілактиці індукованих ультрафіолетовим випромінюванням дерматозів на основі сучасних іноземних наукових джерел.

Ультрафіолетове випромінювання є одним із ключових факторів екзогенного ушкодження шкіри, що призводить до розвитку фотодерматозів, фотостаріння та злоякісних новоутворень. UVB (280–320 нм) характеризується високою енергією та безпосередньо ушкоджує ДНК шляхом утворення циклобутанових піримідинових димерів, тоді як UVA (320–400 нм) проникає глибше в дерму та індукуює утворення активних форм кисню, що спричиняють оксидативний стрес і вторинні мутації клітин [1].

Сонцезахисні засоби зі SPF-фільтрами є основним компонентом індивідуального біозахисту. Особливе значення в сучасній фотопротекції мають мінеральні фільтри на основі оксиду цинку та діоксиду титану, які характеризуються високою фотостабільністю, низьким ризиком подразнення шкіри та здатністю забезпечувати широкий спектр захисту від ультрафіолетового випромінювання [3]. Вони поділяються на органічні (хімічні) та неорганічні (мінеральні) фільтри. Органічні фільтри поглинають енергію УФ-фотонів і перетворюють її у теплову, тоді як неорганічні, такі як оксид цинку та діоксид титану, відбивають і розсіюють випромінювання, зменшуючи його проникнення у шкіру [2]. Завдяки цьому знижується інтенсивність фотохімічних реакцій, продукція вільних радикалів та пошкодження клітинних структур. [3].

Клінічні дослідження показують, що регулярне застосування SPF-засобів знижує ризик розвитку актинічного кератозу, базально-клітинного та плоскоклітинного раку шкіри, а також уповільнює процеси фотостаріння, включаючи втрату еластичності та появу зморшок [1]. Водночас ефективність SPF у реальних умовах часто є нижчою за заявлену через недостатню кількість нанесення, нерегулярне повторне використання та неповний спектр захисту від UVA-випромінювання.

Сучасні дані також вказують, що навіть високі значення SPF не забезпечують повного захисту від оксидативного стресу та глибоких молекулярних ушкоджень шкіри [2]. Водночас доведено, що систематичне використання широкоспектральних сонцезахисних засобів дозволяє суттєво сповільнити процеси фотостаріння та знизити накопичення ознак хронічного ультрафіолетового ушкодження шкіри [4]. Це обґрунтовує необхідність комплексного підходу до фотопротекції, який включає використання захисного одягу, обмеження перебування на сонці у пікові години та застосування широкоспектральних сонцезахисних засобів. [4].

Ультрафіолетове випромінювання впливає не лише на структурні компоненти шкіри, але й на імунну систему організму. Доведено, що особливо UVB-випромінювання здатне викликати локальну та системну імуносупресію шляхом зміни функціональної активності антигенпрезентуючих клітин, індукції регуляторних Т-лімфоцитів та порушення механізмів імунного нагляду. Такі зміни можуть сприяти розвитку передракових станів і злоякісних новоутворень шкіри, що додатково підкреслює важливість ефективної фотопротекції [5].

Останні дослідження свідчать, що у розвитку фотостаріння та порушень пігментації певну роль можуть відігравати не лише UVA та UVB-промені, але й видиме світло. Особливо це стосується осіб із фоточутливими дерматозами та схильністю до гіперпігментації. У зв'язку з цим перспективним напрямом сучасної фотопротекції є застосування широкоспектральних сонцезахисних засобів із додатковими антиоксидантними компонентами та пігментованими фільтрами, здатними частково захищати від видимого спектра випромінювання [6].

SPF-фільтри є ефективним інструментом профілактики індукованих ультрафіолетовим випромінюванням дерматозів, фотостаріння та раку шкіри. Однак їх дія є неповною через обмеження спектра захисту та фактори реального використання. Оптимальна фотопротекція повинна бути комбінованою та включати як хімічні та фізичні SPF-фільтри, так і поведінкові методи захисту.

Список використаних джерел

1. Thomas Breakell, Isabel Kowalski, Yannick Foerster, Rafaela Kramer, Michael Erdmann, Carola Berking, Markus V Heptt Ultraviolet Filters: Dissecting Current Facts and Myths // Journal of Clinical Medicine 2024, 13(10), 2986, doi: 10.3390/jcm13102986
2. Sarah Gabros; Preeti Patel; Patrick M. Zito. Sunscreens and Photoprotection // StatPearls Publishing; 2026 Jan.
3. Georgiana Nitulescu, Dumitru Lupuliasa, Ines Adam-Dima and George Mihai Nitulescu Ultraviolet Filters for Cosmetic Applications // Cosmetics 2023, 10(4), 101; <https://doi.org/10.3390/cosmetics10040101>
4. Linna L Guan, Henry W Lim, Tasneem F Mohammad Sunscreens and Photoaging: A Review of Current Literature // Am J Clin Dermatol 22, 819–828 (2021). <https://doi.org/10.1007/s40257-021-00632-5>
5. Schade, N., Esser, C. & Krutmann, J. Ultraviolet B radiation-induced immunosuppression: molecular mechanisms and cellular alterations. Photochem Photobiol Sci 4, 699–708 (2005). <https://doi.org/10.1039/b418378a>
6. Amaris N Geisler, Evan Austin, Julie Nguyen, Iltefat Hamzavi, Jared Jagdeo, Henry W Lim Visible Light Part II. Photoprotection against visible and ultraviolet light J Am Acad Dermatol. 2021 Feb 25;84(5):1233–1244. doi: [10.1016/j.jaad.2020.11.074](https://doi.org/10.1016/j.jaad.2020.11.074)

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.32

Yaroslava Tur,
Oleksiy Sliusarev,
Olena Raksha-Sliusareva

**ULTRAVIOLET RADIATION (SPF) FILTERS IN THE SYSTEM OF INDIVIDUAL BIOSECURITY AND
PREVENTION OF RADIATION-INDUCED DERMATOSES**

Ultraviolet (UV) radiation is one of the leading factors in the development of photodermatitis, photoaging and skin cancer. Modern sunscreens with SPF filters play a key role in the individual biosecurity system, reducing the level of photochemical damage to skin cells. The effectiveness of such products is based on a combination of organic and inorganic filters that either absorb or reflect UV radiation. The paper considers the mechanisms of UV damage, the principles of action of SPF filters and their significance in the Prevention of radiation-induced dermatoses.

Key words: SPF, ultraviolet radiation, photodermatoses, UVA, UVB, sunscreen filters, photo-aging, biosecurity.

Відомості про авторів / Information about the Authors

Ярослава Тур асистент кафедри мікробіології, вірусології, імунології та медичної біології Донецького національного медичного університету, м. Лиман, Україна. E-mail: tur_yaroslava@ukr.net ORCID: 0000-0002-3098-6865

Yaroslava Tur Assistant at the Department of Microbiology, Virology, Immunology and Medical biology of Donetsk National Medical University, Lyman, Ukraine. E-mail: tur_yaroslava@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3098-6865>

Олена Ракша-Слюсарева, д. біологічних н., професор, професор кафедри мікробіології, вірусології, імунології та медичної біології Донецького національного медичного університету, м. Лиман, Україна. E-mail: rakshasliusareva@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2144-6792>

Olena Raksha-Sliusareva, Doctor of Biological Sciences, Full Professor, Professor at the Microbiology, Virology, Immunology and Medical biology Department of Donetsk National Medical University, Lyman, Ukraine. E-mail: rakshasliusareva@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2144-6792>

Слюсарев Олексій, кандидат мед наук, доцент, завідувач кафедри мікробіології, вірусології, імунології та медичної біології Донецького національного медичного університету, м. Лиман, Україна. E-mail: slusarev.alex@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2968-9388>

Oleksiy Sliusarev, Candidate of Medical Sciences, Docent, Head of the Department of Microbiology, Virology, Immunology and Medical biology of Department of Donetsk National Medical University, Lyman, Ukraine. E-mail: slusarev.alex@gmail.com, orcid: <https://orcid.org/0000-0002-2968-9388>

© Я. Тур, О. Ракша-Слюсарева, О. Слюсарев

Стаття отримана редакцією 26.05.2026.

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.33

Олена Шеметун,
Оксана Талан

ПЕРСИСТЕНЦІЯ ХРОМОСОМНОЇ НЕСТАБІЛЬНОСТІ В ЛІМФОЦИТАХ КРОВІ ЛЮДИНИ ЗА УМОВ ВПЛИВУ КОНДИЦІЙНОГО СЕРЕДОВИЩА ОПРОМІНЕНИХ IN VITRO КЛІТИН НЕДРІБНОКЛІТИННОГО РАКУ ЛЕГЕНЬ ЛЮДИНИ ЛІНІЇ А-549

У тезах наведено результати цитогенетичного аналізу лімфоцитів периферичної крові людини за умови їх культивування з додаванням кондиційного середовища від опроміненої в дозі 1,00 Гр перецелюваної культури клітин недрібноклітинного раку легень людини лінії А-549. При виконанні досліджень застосовували рівномірне забарвлення хромосом на стадії метафази. Встановлено, що середньогрупові частоти аберацій хромосом та аберацій хроматидного типу у лімфоцитах периферичної крові перевищували відповідні контрольні значення, що вказує на індукцію й персистенцію в них хромосомної нестабільності внаслідок розвитку радіаційно-індукованого ефекту свідка.

Ключові слова: аберації хромосом, хромосомна нестабільність, персистенція радіаційно-індукованого ефекту свідка

Радіаційно-індукований ефект свідка є проявом універсального феномену ефекту свідка і характеризується індукцією опроміненими клітинами пошкоджень в оточуючих і віддалених інтактних клітинах [1–4]. Його вивчення є важливим для запобігання медичним наслідкам опромінення людини і розкриття механізмів радіаційно-індукованого канцерогенезу та вторинного онкогенезу при радіотерапії онкологічної патології [5]. Разом з тим, дотепер залишається відкритим питання стосовно тривалості ефекту свідка і його здатності передаватись наступним поколінням клітин. Його вирішення є важливим для прогнозування розвитку хромосомної нестабільності в опроміненому організмі, адже з плином часу можлива як елімінація пошкоджень хромосом, індукованих ефектом свідка, так і стабілізація їх кількості чи ампліфікація (збільшення за рахунок прихованої геномної нестабільності). В останньому випадку в неопромінених клітинах-свідках будуть акумулюватись множинні зміни, що сприятимуть переходу їх стабільного геному до нестабільного стану, характерного для пухлинного росту.

До дослідження на основі поінформованої згоди були залучені десять умовно здорових осіб середнього віку, які заперечували свідомий контакт з іонізуючою радіацією та іншими мутагенними чинниками. Клітини недрібноклітинного раку легень людини А-549 культивували в поживному середовищі Advanced DMEM/F12 за стандартною методикою [6]. При моделюванні радіаційно-індукованого ефекту свідка культуру клітин А-549 опромінювали в дозі 1,00 Гр (RADGIL2, потужність 5,00 Гр/хв). Кондиційне середовище у кількості 0,30 мл відбирали від опроміненої культури клітин лінії А-549 та додавали до культур лімфоцитів периферичної крові умовно здорових осіб через 24 години (початкова точка фіксації індукції ефекту свідка) та через 30 діб (кінцева точка дослідження персистенції ефекту свідка, відповідає 30-33 мітотичному поділу клітин А-549) після опромінення. Культивування цільної крові людини виконували з використанням загальноживаного напівмікрометоду у нашій модифікації [7] з фіксацією і обробкою культур на 48 годині культивування, що відповідало проходженню лімфоцитами периферичної крові одного мітотичного поділу. При цитогенетичному аналізі застосовували рівномірне забарвлення хромосом.

Отримані результати показали, що середньогрупові частоти аберацій хромосом у лімфоцитах периферичної крові умовно здорових осіб за культивування з додаванням кондиційного середовища від опромінених *in vitro* в дозі 1,00 Гр клітин недрібноклітинного раку легень людини А-549 перевищували контрольні значення, отримані за культивування інтактних лімфоцитів ($p < 0,05$) в обох варіантах досліду з різними термінами культивування опромінених клітин лінії А-549 (24 години, 30 діб) та не мали статистично значущої різниці між собою (рис. 1).

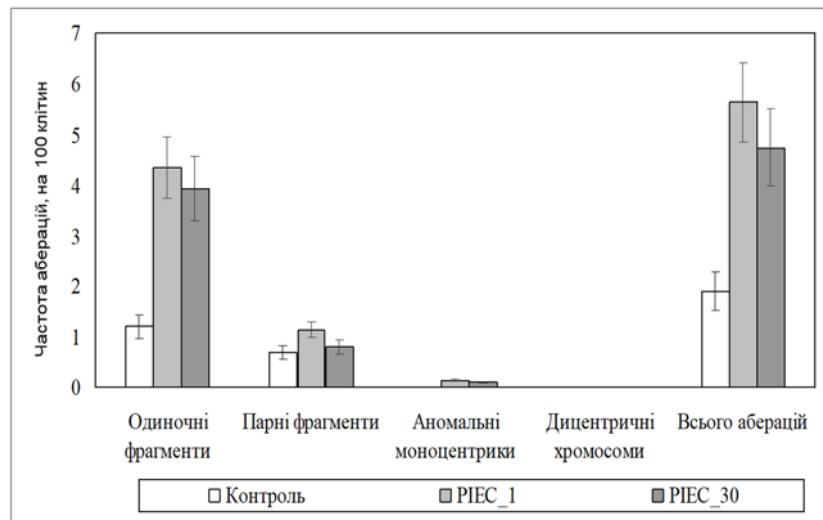


Рис. 1. Частота аберацій хромосом у лімфоцитах крові людини за культивування з кондиційним середовищем від опромінених *in vitro* в дозі 1,00 Гр клітин лінії А-549

PIEC_1 – радіаційно індукований ефект свідка, додавання кондиційного середовища від опромінених клітин А-549 до культури лімфоцитів периферичної крові людини через 1 добу після опромінення;

PIEC_30 – радіаційно індукований ефект свідка, додавання кондиційного середовища від опромінених клітин А-549 до культури лімфоцитів периферичної крові людини через 30 днів після опромінення;

За обох термінів дослідження більшість від загальної кількості пошкоджень хромосом складали аберації хроматидного типу. Вони були представлені одиночними фрагментами. Частка одиночних фрагментів збільшилась від 72 % у першому варіанті дослідження до 90 % при культивуванні опромінених клітин лінії А-549 впродовж 30 днів перед додаванням їх кондиційного середовища до культури лімфоцитів периферичної крові. Враховуючи, що аберації хроматидного типу є маркерами хромосомної нестабільності, ми проаналізували зміну їх частоти в окремих культурах. Встановлено, що за обох термінів спостереження в усіх культурах рівні аберацій хроматидного типу перевищували контрольні показники ($p < 0,01$). Частоти аберацій хроматидного типу у лімфоцитах периферичної крові за культивування з кондиційним середовищем від опромінених клітин А-549 не корелювали з відповідними фоновими частотами пошкоджень хромосом. Отриманий результат вказує на персистенцію радіаційно-індукованого ефекту свідка в усіх культурах клітин недрібноклітинного раку легень людини впродовж 30 днів з часу опромінення та здатність кондиційного середовища цих культур індукувати хромосомну нестабільність в лімфоцитах периферичної крові людини.

Середньогрупові частоти аберацій хромосомного типу (аномальних моноцентриків, ацентричних фрагментів) у лімфоцитах периферичної крові умовно здорових осіб за культивування з додаванням кондиційного середовища опромінених *in vitro* клітин недрібноклітинного раку легень людини А-549 не мали статистично значимої різниці з відповідними контрольними рівнями в обох варіантах дослідження. Дицентричних хромосом (нестабільних маркерів дії радіації) в дослідженні не зареєстровано.

Таким чином, у лімфоцитах периферичної крові людини встановлено персистенцію хромосомної нестабільності внаслідок розвитку радіаційно-індукованого ефекту свідка зумовленого впливом кондиційного середовища від опромінених *in vitro* клітин недрібноклітинного раку легень людини А-549 за рахунок аберацій хроматидного типу.

Список використаних джерел

1. Daguene, E., Louati, S., Wozny, A.S. et al. (2020) Radiation-induced bystander and abscopal effects: Important lessons from preclinical models [Br. J. Cancer], 123. (pp. 339-348) [in English].
2. Autsavapromporn, N., Liu, C., Kobayashi, A. et al. (2019) Emerging role of secondary bystander effects induced by fractionated proton microbeam radiation [Radiat. Res.], 191(2). (pp.211-216) [in English].
3. Kanagaraj, K., Rajan, V., Pandey, B.N. et al. (2019) Primary and secondary bystander effect and genomic instability in cells exposed to high and low linear energy transfer radiations [Int. J. Radiat. Biol.], 95(12). (pp. 1648-1658) [in English].

4. Shemetun O. V., Talan O. O., Dibska O. B. et al. (2022) Cytogenetic study of manifestations of the universal phenomenon of the bystander response [Problems of radiation medicine and radiobiology], 27. (pp. 249-263) [in Ukrainian, in English].
5. Venkatachalam, P., Chinnadurai, M., Venkateswarlu, R. et al. (2017) Perspectives on the role of bystander effect and genomic instability on therapy-induced secondary malignancy [Radiat. Cancer Res.], 8. (pp. 53-60) [in English]
6. Pochapinskyi, O.D., Lavrenchuk, G.Y., Atamaniuk, N.P., Chernyshov A.V. (2022) Selection and testing of experimental models of normal and malignant human cells *in vitro* and avaluation of their sensitivity range to the neutron/capture and photon-capture agents and photosensitizers [Problems of radiation medicine and radiobiology], 26. (pp. 260-272) [in Ukrainian, in English]
7. Pilinska, M.A., Shemetun, O.V., Talan, O.A. et al. (2020) Study the effects of ionizing radiation on the level of chromosome instability in human somatic cells during the development of tumor-induced bystander effect [Problems of radiation medicine and radiobiology], 25. (pp. 353-361) [in Ukrainian, in English]

DOI 10.34132/mspc2026.02.02.33

*Olena Shemetun,
Oksana Talan*

PERSISTENCE OF CHROMOSOMAL INSTABILITY IN HUMAN BLOOD LYMPHOCYTES UNDER THE INFLUENCE OF THE CONDITIONED ENVIRONMENT OF IN VITRO IRRADIATED HUMAN NON-SMALL CELL LUNG CANCER CELLS A-549

The abstracts present the results of cytogenetic analysis of human peripheral blood lymphocytes under the condition of their cultivation with the addition of conditioned medium from a culture of non-small cell lung cancer cells of the A-549 line irradiated at a dose of 1.00 Gy. When performing the studies, uniform staining of chromosomes at the metaphase stage was used. It was established that the average group frequency of chromosome aberrations and chromatid-type aberrations in peripheral blood lymphocytes exceeded the corresponding control values, which indicates the induction and persistence of chromosomal instability in them due to the development of radiation-induced bystander effect.

Keywords: *chromosome aberrations, chromosomal instability, persistence of radiation-induced bystander effect,*

Відомості про авторів / Information about the Authors

Олена Шеметун, доктор медичних наук, завідувач відділу медичної генетики Інституту експериментальної радіології Державної установи «Науковий центр радіаційної медицини гематології та онкології НАМН України», Київ, Україна. E-mail: shemetun@ukr.net

Olena Shemetun, Doctor of Medical Sciences, Head of the Department of Medical Genetics, Institute of Experimental Radiology, State Institution "Scientific Center of Radiation Medicine, Hematology and Oncology of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine", Kyiv, Ukraine. E-mail: shemetun@ukr.net

Оксана Талан, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник лабораторії цитогенетики медичної генетики Інституту експериментальної радіології Державної установи «Науковий центр радіаційної медицини гематології та онкології НАМН України», Київ, Україна. E-mail: okstal@ukr.net

Oksana Talan, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher, Laboratory of Cytogenetics of Medical Genetics, Institute of Experimental Radiology, State Institution "Scientific Center of Radiation Medicine, Hematology and Oncology, NAMS of Ukraine", Kyiv, Ukraine. E-mail: okstal@ukr.net

© О. Шеметун, О. Талан

Стаття отримана редакцією 26.05.2026.

Наукове видання

**МАТЕРІАЛИ НАУКОВО-ПРАКТИЧНИХ КОНФЕРЕНЦІЙ
ЧОРНОМОРСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ПЕТРА МОГИЛИ**

**MATERIALS OF THE SCIENTIFIC AND PRACTICAL CONFERENCE
OF PETRO MOHYLA BLACK SEA NATIONAL UNIVERSITY**

**Матеріали XXIII Міжнародної наукової конференції
«ОЛЬВІЙСЬКИЙ ФОРУМ – 2026: стратегії країн
Причорноморського регіону в геополітичному просторі»**

№ 2 (1), 2 серія, 2026

СЕРІЯ: ЕКОЛОГІЯ

Адреса оргкомітету:

м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10, 54003
Тел.: 8 (0512) 50–03–32, 8 (0512) 76–55–81, 8 (0512) 76–55–99, факс: 50–00–69, 50–03–33,
E-mail: avi@chmnu.edu.ua, rector@chmnu.edu.ua

Редактор: *К. Карпова.*

Комп'ютерна верстка, дизайн: *В. Шевченко.*

Друк: *С. Волинець.*

Фальцювальні-палітурні роботи: *О. Мішалкіна.*

Підп. до друку 20.07.2026.

Формат 60x84¹/₈. Папір офсет.

Гарнітура «Times New Roman». Друк ризограф.

Ум. друк. арк. 7,91. Обл.-вид. арк. 11,47. Зам. № 7293.

Видавець і виготовлювач: ЧНУ ім. Петра Могили.

54003, м. Миколаїв, вул. 68 Десантників, 10.

Тел.: 8 (0512) 50–03–32, 8 (0512) 76–55–81, e-mail: rector@chmnu.edu.ua.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6124 від 05.04.2018.