

**Міністерство освіти і науки України
Національний авіаційний університет**



**Міжнародна науково-теоретична та прикладна конференція
ВІДНОВЛЕННЯ ЕКОСИСТЕМ, ЯКІ ПОСТРАЖДАЛИ
ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ: УКРАЇНСЬКІ ТА
ЄВРОПЕЙСЬКІ ВИКЛИКИ**

REDMO-2024

**International Theoretical and Applied Research Conference
RESTORATION OF ECOSYSTEMS DAMAGED BY
MILITARY OPERATIONS: UKRAINIAN AND EUROPEAN
CHALLENGES**



**Північне Поділля
Національний
природний парк**

6 листопада 2024 р.

**Національний авіаційний університет
Київ, Україна**



УДК 502.37: 355.018 (043.2)

Відновлення екосистем, які постраждали внаслідок воєнних дій: українські та європейські виклики: тези доповідей Міжнародної науково-теоретичної та прикладної конференції, м. Київ, 06 листопада 2024 р., Національний авіаційний університет. – К. : НАУ, 2024. – 246 с.

Збірник містить тези доповідей учасників Міжнародної науково-практичної конференції з широкого кола питань, пов'язаних із оцінкою наслідків воєнних та інших техногенних впливів на природні та антропогенні системи, а також їх відновленням, збереженням та відбудовою.

© Національний авіаційний університет, 2024

UDC 502.37: 355.018 (043.2)

Restoration of ecosystems damaged by military actions: Ukrainian and European challenges: Proceedings of the International Scientific, Theoretical and Applied Conference, Kyiv, November 6, 2024, National Aviation University. – K. : NAU, 2026. – 246 p.

The book contains abstracts of International Scientific, Theoretical and Applied Conference on a wide range of issues related to the assessment of war and other technogenic effects on natural and man-made systems as well as their restoration, conservation and reconstruction.

Відповідальний секретар: М. М. Радомська, доцент кафедри екології

©National Aviation University, 2024



ПЛЕНАРНЕ ЗАСІДАННЯ



Джерело: <https://www.freepik.com>

Щороку 6 листопада відзначається Міжнародний день запобігання експлуатації довкілля під час війни та збройних конфліктів. За ініціативи ООН у цей день в усьому світі згадують шкоду, завдану довкіллю збройними конфліктами. Зруйновані екосистеми і втрачені природні ресурси часто залишаються в тіні основної біди – загибелі людей та руйнування поселень. Більше того, держави, що зазнали агресії залишаються сам на сам з проблемою зруйнованого довкілля, в якому треба налагоджувати нормальне життя.

Розуміючи усю важливість та складність задачі збереження та відновлення довкілля, на кафедрі екології ФЕБІТ було проведено I міжнародну науково-теоретичну та прикладну конференцію «**ВІДНОВЛЕННЯ ЕКОСИСТЕМ, ЯКІ ПОСТРАЖДАЛИ ВНАСЛІДОК ВОЄННИХ ДІЙ: УКРАЇНСЬКІ ТА ЄВРОПЕЙСЬКІ ВИКЛИКИ. REDMO-2024**». Співorganizаторами конференції виступили Природничий університет Люблін, Польща, Асоціація професіоналів довкілля РАЕВ, НЕК «Укренерго» та НПП «Північне Поділля». Відкрив пленарне засідання **Сергій ГНАТЮК** – проректор з наукових досліджень та трансферу технологій Національного авіаційного університету.

З вітальними словами до учасників звернулись Prof. **Andrzej WOZNIAK**, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Poland, та Prof. **Chijioke C. IKOKWU**, The Ivy League Leadership Academy, Nigeria. Важливість даного заходу підкреслили також представники Програма Розвитку ООН – **Ірина ПОКОТИЛЬСЬКА** та **Ольга СЮТКОВА**. Начальник науково-дослідного відділу НПП "Північне Поділля" **Галина ПАНЬКОВСЬКА** відзначила важливість науково-дослідної роботи, яка забезпечить успішне відновлення природних систем.

Пленарне засідання відкрив своєю доповіддю про складність оцінки залишкового забруднення вибухонебезпечними предметами представник Головного управління протиміної діяльності, цивільного захисту та екологічної безпеки Міноборони майор **Владислав ДУДАР**. Соціальний аспект воєнних реалій України широко представила у своїй доповіді **Олена БЛІНКОВА** – науковиця Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences, Kórnik, Poland та викладачка Луганського національного університету ім. Тараса Шевченка. Принципи розвитку освіти з фокусом на формування компетентностей у сфері управління кризовими ситуаціями в довкіллі представила у своїй доповіді **Людмила РАЙЧУК** – науковиця з Інституту агроекології та природокористування НАНУ. **Юзеф ДОБРОВОЛЬСЬКИЙ**, заступник начальника військової кафедри НАУ з навчальної та наукової роботи – начальник



навчальної частини, наголосив на необхідності підготовки фахівців зі спеціалізацією у повоєнному відновленні, розмінуванні та відбудові територій.

Представлені були і перші результати застосування новітніх методів для оцінки зміни екосистем, що в перспективні можуть стати основою для планування відновлення природних комплексів, – **Микола ЛУБСЬКИЙ**, Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі НАНУ.

Втім, повоєнне відновлення варто розглядати і як вікно можливостей для впровадження принципів сталого розвитку та природно орієнтованих рішень на виробництві та у міському господарстві. Про це йшлося у доповідях **Марії ЛОПУШАНСЬКОЇ**, експерта Асоціації професіоналів довкілля РАЕВ, та **Катерини ВАСЮТИНСЬКОЇ**, Національний університет «Одеська політехніка». Про важливість збереження довкілля в контексті відновлення промислово-енергетичного сектору країни висловила і **Ганна ЯКИМЕНКО**, експерт з охорони довкілля НЕК "Укренерго".

Остання доповідь пленарного засідання була представлена студентами НТУУ "Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського – **Кирилом ТАПОЛОМ** та **Єлизаветою КИЯНИЦЕЮ**, які засвідчили відданість молоді цінностям збереження та відновлення довкілля у повоєнній країні.

На підтримку роботи із залучення молоді до відновлення довкілля виступила гостя заходу, незмінний учасник конференцій кафедри екології та представник партнерського ЗВО – **Алла НЕКОС**, професор Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна.

На завершення пленарного засідання Тамара ДУДАР, завідувачка кафедри екології НАУ, подякувала усім учасникам заходу та висловила сподівання на наступну зустріч у очному форматі у повоєнній вільній Україні.



PREFACE

Ukraine: environmental and ethical challenges of today

***Dudar T.V., Saienko T.V.**

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

dtv.nau@gmail.com

Abstract. The worldview reflects the degree of our adequacy to the surrounding reality, its ecological assessment, the state of our and public health, as elements of nature, and an inadequate worldview leads to a decrease in moral and ethical potential, the disappearance of the concepts of honor, conscience, responsibility, weakening of the influence of education, science, culture, a healthy (naturally harmonious) way of life. The expediency of the transformation of the system of upbringing, education, thinking of people, especially young people, to anticipating and predicting the future is indicated; the confirmed role of environmental education, noosphere education for the conscious implementation of the Laws of Nature, the provisions of the Pedagogical Constitution of Europe, the Code of New Civilization, where awareness of the ecology of the soul, the inner world of man, the spiritual sphere in general, leads to a harmonious, environmentally safe, nature-compliant existence and development.

Keywords: environmental education; pedagogical education; noosphere education; noospherogenesis; outlook potential of the individual; intellectual development, spirituality.

Introduction. After more than two years of war, we can say for sure, without exaggeration: Ukraine is in the center of attention of the whole world thanks to the stability, courage, and professionalism of the soldiers of the Armed Forces of Ukraine. The country suffers from shelling, the loss of the economy, infrastructure, the flower of the nation - young patriots who have been defending their country from the Russian invasion for 10 years. At the same time, Ukrainians are confident in Victory and are actively thinking about the future! They are closely connected with Nature, aware of their place in the Universe, created according to the program of the Creator (generating center - gecen) (Bugayev, 2020). This network is wave and wave Mechanics states that we are able to influence the World, manage our development by making Choices through the definition of Goals, and harmonize our progress. The goal of the country is to preserve itself as an element of the anthroposphere; the goal of the nation is to carry its national idea; the goal of the elite (real) is to reflect the will of the nation, the people and their hopes, belief. The vector of the movement will depend on the dominance of honest people devoted to the national cause. The people of Ukraine desire justice in the distribution of natural wealth, profits, spiritual and physical flourishing, conscious freedom, creative expression of will, an optimally modern, scientific, traditionally balanced system of upbringing and education, health care for noospheric development with ecological thinking, consciousness, worldview, ethics, culture in general (Bugayev et al., 2023).

Thus, Ukraine joined a new planetary process that began with the Age of Aquarius, where a new, "spiritual person", new relations in society for the prosperity of morality and rights should be formed; establish a new socio-cultural process with a new management mechanism, a system of political, state power under the leadership of national highly professional elites of high culture, a new noospheric worldview that reflects the synthesis of science and religion, which was dreamed of by the enlighteners of the past, in particular G.S. Skovoroda and V. I. Vernadsky. On this basis, the ideas of G.S. Skovoroda echo the teaching of V.I. Vernadsky about the noosphere and noospherogenesis, in which the academician indicates the transformation of man into a "powerful geological force" that changes the planet and the nearby Cosmos with the "power of thought" (Saienko & Dudar, 2023).



Research analysis. A person lives in the World of waves and is, first of all, a wave structure, and only then the atomic-molecular and carbon-oxygen structure of his biobody - the space suit of the soul. The basic law of the wave environment (the Law of Resonance) is reflected in the ancient proverb "As you shout, you will receive such an echo", that is, communication concerns the moral sphere, ethics - the core of human health (Bugayev, 2020). At the same time, 3 strategies are implemented, based on: 1) deception, lies and violence; 2) freedom, respect and love; 3) "reasonable egoism" - a mixed form. Currently, a critical mass of new people is accumulating in society, after which there will be a leap to a new state and understanding of the World. Unfortunately, modern education does not always ensure the harmonious development of the individual, providing only professional training for specific social activities. It is spirituality that "makes" a person a person, civilization - a humanity, educates a personality in the dimensions of a social ideal (Andrushchenko, 2021). Higher education, in particular, should be based on the processes that will determine the image of the 21st century: globalization, ethno-renaissance, digitalization, the development of qualitatively new technologies, the formation of a world culture: reasonable limitation of consumption and mechanization.

Noospheric education should form such consciousness, thinking, worldview, which will contribute to the transition of the individual and society to a new level of existence generated by the Creator, that is, it is necessary to teach how to live in the World of feelings and relationships, to ensure not only the hygiene of the body, but also of the soul: to understand parents, friends, other people, to navigate the flow of life, where we depend on each other, on the planet, the Cosmos, even the Universe. Thus, it is proposed to build the foundation of conscious intelligence, turning to spiritual truth (Genon, 2020). At all times, participation in arts and culture served as a basis for creativity and emotional development of the individual. Artistic images preceded a new wave of scientific progress, created a kind of phantom - a hologram - of the future material embodiment. It is necessary to implement disciplines that form a system of values, moral guidelines, the choice of priorities, educate stability, moderation, honesty, openness, responsibility, respect for nature, love for people, the principle of "do no harm", develop creative potential, form a transition from linear ideas to multidimensionality, removing the barrier between living and non-living, knowledge of universal Laws and Principles.

Among philosophers and scientists, the prevailing opinion is that humanity independently directs its development, but this idea is a consequence of the assumption that the planet is a dead body. This is not true at all! The planet, as a powerful living self-organizing system, determines the evolution of humanity and directs its development as one of its elements.

Presentation of the main material. As long as man was weakly organized, was in harmony with nature and did not go beyond the ecological laws of the biosphere, he allocated little energy to the fund of the planet. Due to glaciation in the process of geodynamic reconstruction of the Earth, the planet hardened humanity, rejecting its gene pool and memory pool, and in the last phase of the development of the anthroposphere, it formed the state-civilization process (SCP), the carrier of which became the European race. The result of SCP was the increased work of the left hemisphere of the brain and related logical thinking, the emergence of writing, the awakening of other areas of the brain that are "sleeping" during the functioning of only sound language, and responsible for planning and constructing the future. SCP arose on the eve of the expansion of the planet, provoking ideas of domination, violence, aggression over people, the biosphere, the planet, squeezing more negative energy through wars, slavery, oppression. It, like mold, began to spread throughout the planet, absorbing and destroying tribes and ethnic groups, transforming them into nations. If the patrimonial process gave birth to ethnogenesis, then SCP is natiogenesis, where a nation is a collection of ethnically heterogeneous groups of people, co-organized into a single entity by the power of the state. Relations between people in the nation are, first of all, state and territorial-legal. The classic example of a nation is the United States of America, which is ethnically heterogeneous but cemented by a single state law, a single territory, and a single government. Also modern Britons: whose various ethnicities (Picts, Scots, Britons, Gauls, Angles, Saxons, Danes, Normans, etc.) melted in a single state cauldron for two thousand years until they formed as the British nation.



SCP created a single human population, a society with a single noosphere. In this he was helped by two others: the cultural-religious process (CRP) and the scientific-technical process (STP), which the SCP conquered. Modern globalization, the Internet, terrorism, world religions, banks, transnational corporations are the consequences of the three mentioned processes, and SCP has become the main factor in shifting social energy to the negative, as the number and power of wars, violence, and destruction have increased. This fundamental fact turned out to be so common that it goes unnoticed by science.

The result of culture is the acquisition of new knowledge and technologies for successful adaptation in the surrounding natural environment. But knowledge is formalized, objectified, that is become dead, which leads to a deterministic, fatalistic attitude to the World, as external to the individual. But the World is alive: it vibrates, trembles, constantly changes, does not coincide with its artificial model. For a person to successfully survive in the world, the degree of correspondence, or the coefficient of truth of our knowledge to reality itself, must be at least 97-98%. To stay "on the pulse" of Being, it is necessary to abandon old knowledge and stereotypes. In general, the result of culture is the transformation of the individual/ethnic group and its environment. The individual must transform at the same speed as his place in nature, and at the end of the cycle, outpace it in order to withstand the blows of a new environment, a new wave of transformation. Who does not change dies!

The pre-Christian faith of our ancestors – heathen, ethnic - was just like that, they considered themselves grandchildren of God, not slaves who constantly ask "give, give, God" (Lozko, 2023). It is quite impartial to read the Gospel and understand what G.S. Scovoroda did (Saienko & Dudar, 2023), what is the purity and quality of the church egregor, which contributes to intolerance, narrow-mindedness, inquisition, and religious wars. Today it is necessary to realize that the transformation of the World begins with one's own change. This is intelligence, spirituality, because by transforming, we are heading into the future, creating it. Without changing, we sink into the past, freeze, ossify and die.

Conclusions. The purpose of life is to rejoice in it, to create new things, expanding the living environment, to do everything so that the truth wins. Science, having turned into a world "religion", also contributed man-made "fruits" in the same direction with even greater destructive power. Violence, aggression, disharmony are increasing in all spheres of human activity. Modern music, art, architecture, and medicine have become carriers of human pathologies and diseases. The disharmonious state of the environment supports the conditions leading to genocide on a global and regional scale. It is worth increasing holiness, spirituality (high-frequency spectrum of oscillations). Ukrainians, an ancient nation that has been fighting for independence and freedom for centuries, today suffer the most from injustice, violations of international right, treaties, criminal actions of a defiant neighbor and internal enemies. They heroically and sacrificially resist the universal evil, protecting other peoples from the same fate with their lives and are ready to accept the majestic mission of the center of crystallization of the new World with a bright, noospheric progress, setting an example of stability, indomitability, the power of the divine spirit of Truth.

REFERENCES

1. Andrushchenko, V. P. (2021). System diagnostics of education. *Vischa osvita Ukraini : teor. ta nauk.- metod. chasopis* 1 (80)', P. 5-12. [in Ukrainian]
2. Bugayev, O. P. (2020). *The Code of the New Civilization : Basics of Environmental Safety*. Kyiv: SPD Pavlenko Publishing House. 623 p. [in Ukrainian]
3. Bugayev, O. P., Dudar, T.V., Saienko, T.V. (2023). Ecological space of health: conscious programming. *Vischa osvita Ukraini : teor. ta nauk.- metod. chasopis* 3 (90)', P. 36-42. [in Ukrainian]
4. Genon, R. (2020). *The crisis of the modern world*. K.: Plominy. – 212 p. [in Ukrainian]
5. Lozko, G. (2023). *Ethnology of religion: scientific articles*. Mikolaiv : Ilion, P. 32-43.
6. Saienko, T. V., Dudar, T.V. (2023). Ecological (nature-appropriate) ethics by G.S. Skovoroda. *Vischa osvita Ukraini : teor. ta nauk.- metod. chasopis* 2 (89)', P. 94-101. [in Ukrainian]



Workshop 1

PRACTICES OF MODERN ENVIRONMENTAL MONITORING

Participants



Black Sea National University named after Petro Mohyla, Mykolaiv, Ukraine



National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine



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



Institute of Telecommunications and Global Information Space
National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine



State Ecological Academy of Postgraduate Education and
Management, Kyiv, Ukraine



National Transport University, Kyiv, Ukraine



Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine



NPC "Ukrenergo", Kyiv, Ukraine



National Aviation University, Kyiv, Ukraine



Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture,
Dnipro, Ukraine



Institute of Public Administration and Research in Civil Protection,
Kyiv, Ukraine



Секція 1. ПРАКТИКА СУЧАСНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Дистанційний біоіндикаторний моніторинг водних запасів

Андрєєва Н. Ю.

Чорноморський національний університет імені Петра Могили, Миколаїв, Україна

astronataa@gmail.com

Remote bio-indicator monitoring of water resources

Andrieieva N.

Black Sea National University named after Petro Mohyla, Mykolaiv, Ukraine

astronataa@gmail.com

Abstract. Recreational activities on the Black Sea islands require large reserves of fresh water at the beginning of summer, which can be accumulated in winter by using powerful wind energy to run desalination plants. Purified water must be accumulated and stored in large volumes and at a quality that meets sanitary standards. The author has developed a composite multilayer filter for coarse and fine liquid purification for fresh water treatment. It is recommended to organize a system for monitoring the quality of the liquid during the period of absence of people on the island using the eco-marker method through using aquatic organisms. The system is based on video surveillance of them, the results of which are remotely subjected to computer analysis of the state of this liquid. The technical result in the proposed device is achieved by taking a silhouette image and comparing it with a model of a hydrobiont, followed by its automatic calculation according to the nomograms of L.L. Chislenko and species identification. Nomograms are based on determining the body weight of the aquatic organism, which is a sign of prosperity or decline in the vital processes of microorganisms. Maintaining the indicators within the normalized values is performed remotely automatically or with direct human intervention. The device provides signal information about deviations in the indicators and warns of the need for intervention.

Keywords: island territory, water supply, remote monitoring, stenobionts (hydrobionts).

Вступ

Природоохоронна та рекреаційна діяльність органічно об'єднані на чорноморських островах та півостровах, які є невід'ємною складовою українського Причорномор'я. Життєзабезпечення курортно-туристичної активності на островах допускаються лише з застосуванням природоохоронних заходів. Туристичний сезон на островах визначається впливом відпочиваючих та персоналу в літній період та малочисельністю (або їх відсутністю) взимку, що є типовим для українських курортів. Акумуляція та зберігання енергії, води, провізії, матеріалів тощо, є основною стратегією літнього життєзабезпечення острова. Постійно вирішуються питання про розміри запасів, їх транспортування (доставки) та підтримку якості при зберіганні продукту. Обсяги акумульованих ресурсів повинні з надлишком перевищувати витратні обсяги продукту на потреби споживача та відповідати нормативам якості.

Екосистема острівної території – це відкрита система, яка знаходиться в межах великорозмірного природного комплексу моря. Обсягів вітрогеліоресурсів в акваторії



українських чорноморських островів цілком достатньо для вирішення всіх питань внутрішнього енергозабезпечення з урахуванням потреб на опріснення морської води методом зворотного осмосу (Андрєєва, 2024). В осінньо-зимовий період, коли вітри особливо сильні, а людей немає, потужності вітрогенераторів дозволяють отримувати значні обсяги опрісненої води, але споживачі відсутні. Очищену воду необхідно акумулювати і зберігати в значних обсягах та з відповідною санітарним нормам якістю. Її використання почнеться одразу з моменту початку сезону відпочинку, коли судном до території може переміститися значна кількість людей з попитом великих обсягів опрісненої води. Процеси переміщення та фільтрації рідини взимку системно використовують енергію, яка з надлишком виробляється вітрогенераторами завдяки потужним осінньо-зимовими вітрам. Що дозволяє не акумулювати залишки електроенергії, а зразу перетворювати їх з розряду фізичної величини в категорію хіміко-біологічних показників якості для прісної води, та підтримувати їх на належному рівні. Саме така водопідготовка в межах острова дозволить довгостроково взимку утримувати в постійному якісному стані і в значних об'ємах найважливіший продукт на острові – прісну воду.

Методи та матеріали

Варіант зимового зберігання води в рідкому стані можливо реалізувати з використанням великих, заглиблених в ґрунт, ємностей, що об'єднані системою трубопроводів та зв'язані з опріснювачами, блоками фільтрації, установками аерації тощо. Таке розташування утримує стабільний температурний режим рідини, не заважає вільному пересуванню відпочиваючих, приховує з'єднувальні комунікації, не псує навколишній ландшафт. Для уникнення, застійних явищ в товщах води, що знижують її якість, необхідна періодична, або постійна циркуляція рідини через систему фільтрів в поєднанні з процесом аерації. Для доочистки прісної води автором розроблено композиційний багат шаровий фільтр грубого та тонкого очищення рідини (Андрєєва et al., 2018). Фільтр для рідин містить три базові шари: 1 – шар грубої очистки, що містить найбільш крупні частки титанової губки та наповнювач у вигляді червоного бокситного шламу. У ньому відбувається очистка води від механічних домішок, а також зниження кислотності за рахунок лужних властивостей матеріалу наповнювача, який також виконує роль геосорбента, особливо ефективного для оксидів сірки. 2 – шар-поглинач токсинів – за рахунок того, що наповнювач у вигляді діоксиду кремнію, застосований в базовій моделі, є ентеросорбентом, відбувається доочистка рідини. Тут застосовується суміш крупної та дрібної фракцій титанової губки, а наповнювач покращує зчеплення із сусідніми шарами. 3 – шар кінцевої очистки, що виконує роль звичайного вугільного фільтра і містить дрібну фракцію титанової губки для усунення механічних домішок з попередніх шарів, якщо вони є. Доцільним є додавання окремої вставки з активованим вугіллем для доочистки рідини у випадку важливості високого ступеня чистоти, але варто враховувати призначення доочищеної рідини, адже на відміну від простого вугілля, активоване є потужним сорбентом, що діє на мікрорівні.

Показники якості прісної води в період довготривалого осінньо-зимового зберігання потребують постійного контролю та відповідного реагування на відхилення. Організувати систему відстежування якості рідини в період відсутності людей на острові можливо екомаркерним методом за рахунок використання біоіндикаторних організмів (стенобіонтів), та системи дистанційного спостереження за ними. В якості біоіндикаторів можливе використання спеціально підібраних гідробіонтів, максимально чутливих до зміни якісних показників води. Видовий склад стенобіонтних організмів підбирається для відповідних умов життя в прісній воді та утримується в контрольній ємності з проточною водою, що відповідає вимогам їх нормальної життєдіяльності. Система догляду та фіксація відхилень в їхній поведінці базується на відеонагляді за ними, результати якого дистанційно обробляються прикладним програмним забезпеченням для комп'ютерного аналізу стану даної рідини (Андрєєва et al, 2024). Конструктивні можливості пристрою дозволяють збирати інформацію щодо стану гідробіонтів в ємностях на острові, а процес обробки даних виконувати в пункті контролю та управління, розташованому на материку. Підтримка показників в межах нормованих значень виконується дистанційно автоматично або за безпосередньої участі людини. Про відхилення показників пристрій надає сигнальну інформацію назовні, та попереджає про необхідність втручання.



модуля відеореєстратора, який включає або відключає процес фіксації даного гідробіонта при його появі в зоні обзору відеокамери та при збігу зображення об'єкта з силуетами номограм.

Інформація про збіг надходить від розрахункового модуля-процесора (8) з програмним забезпеченням, яке при отриманні зображення гідробіонта зіставляє його з типом форми тіла, обраховує масові показники та визначає чисельність певних особин в даному об'ємі води з урахуванням списку цикломорфозних змін та відхилень флюктууючої асиметрії.

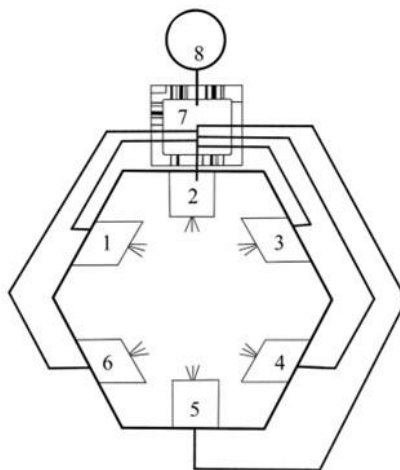


Рис. 2. Пристрій для визначення видового складу гідробіонтів

Модуль-процесор системи догляду та фіксація відхилень в поведінці гідробіонтів обробляє інформацію від відеонагляду, та дистанційно передає її на відпрацювання в материковий вузол аналітичної обробки і зберігання даних. Передача інформації здійснюється бездротовими мережами оператора мобільного зв'язку з урахуванням розміщення об'єктів на місцевості. Розроблений пристрій дозволяє визначати інтегральну кількість, видовий склад та питому масу гідробіонтів за номограмами. Програмне забезпечення пристрою враховує відхилення флюктууючої асиметрії виду та випадкові, неспрямовані відхилення від білатеральної симетрії організмів, які можна розглядати як наслідки “онтогенетичного шуму” – неповної здатності організмів розвиватися строго визначеними шляхами.

Висновки

1. Комплексна система водопідготовки для рекреаційної діяльності на чорноморських острівних територіях дозволить довгостроково утримувати в постійному якісному стані і в значних об'ємах найважливіший продукт на острові – прісну воду.
2. Для доочистки прісної води розроблено композиційний багатошаровий фільтр грубого та тонкого очищення рідини із суміші крупної та дрібної фракцій титанового порошку з додатковим шаром кінцевої вугільної фільтрації.
3. Запропоновано систему відстежування якості прісної води в період відсутності людей на острові екомаркерним методом за рахунок використання біоіндикаторних організмів (стенобіонтів), та системи дистанційного спостереження за ними. Система догляду та фіксація відхилень в їхній поведінці базується на відеонагляді за ними, результати якого дистанційно обробляються прикладним програмним забезпеченням та бездротовим шляхом передаються на материкову частину. В якості біоіндикаторів можливе використання спеціально підібраних гідробіонтів з родини *Gammaridae*, максимально чутливих до зміни якісних показників води.

Список використаних джерел:

1. Андреева Н., (2024). “Острівні вітроенергетичні комплекси для екологічно ефективного життєзабезпечення”, *Екологічна безпека держави: тези доповідей XVIII Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів*. Київ, Україна, сс. 43-45.



2. Андреева Н., Прищепов О., Случак О., (2018). «Багатошаровий композитний фільтр для рідин», Патент на корисну модель UA № 124362, IPC B22F3/11 B01D39/00, и 201709257, Україна, Бюл. № 7.
3. Андреева Н., Алексеєва А., Крисінська Д., Случак О., (2024). «Пристрій для дистанційної ідентифікації видового складу гідробіонтів водойм», Заявка на патент на корисну модель. / U 2024 02920.
4. Численко Л., (1968). Номограми для визначення ваги водних організмів за розмірами і формою тіла (морський мезобентос і планктон). Наука, Ленінград, 108 с.
5. Bezonov Ye. Andreev V., Smyrnov V., (2016). Assessment of safety index for water ecological system. *East-Europe Journal of Enterprise Technologies*, 6/10 (84), pp. 24-34.

Моніторинг екологічного стану Харківської області за методами індексів на основі даних ДЗЗ

Булгаков С.М., *Красовська І.Г.

Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», Харків,
Україна

i.krasovska@khai.edu

Monitoring of the ecological state of the Kharkiv region using index methods based on remote sensing data

Bulhakov S., *Krasovska I.

National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine

i.krasovska@khai.edu

Abstract. Ecological monitoring has been used since the end of the 20th century to control the effects of anthropogenic factors on the Earth's biosphere. This is a complex of monitoring the state of the environment, the processes taking place in it. The purpose of the research is to conduct an independent objective assessment of the state of the ecological environment using satellite environmental monitoring. The Remote Sensing Environmental Index (RSEI) is calculated to assess the state of the city's environment. The research used multispectral data from the Landsat 8-9 satellite and Earth surface temperature data from the MODIS satellite. In most studies, the assessment of the ecological environment is carried out only with the help of one remote sensing index, which can only explain a certain aspect of ecological characteristics on the one hand, but the ecosystem is complex, dynamic, long-term and variable in space and time, so a complex index (RSEI) was established for operational and comprehensive measurement of the ecosystem. Ecological monitoring is an accurate, informative and cost-effective way of studying complex ecosystems. In this work, the RSEI index of the Kharkiv region for July 2024 was calculated. The result of the study indicates that the level of the state of the ecological environment is quite good and exceeds the average mark by a large margin in the best direction.

Keywords: environmental monitoring, remote sensing, space devices, ecological index.

Вступ

Для контролю наслідків антропогенного чинника на біосферу Землі з кінця ХХ століття застосовується екологічний моніторинг (Л. Р. Lishchenko, 2023), який є комплексним спостереженням за станом довкілля, зокрема компонентів природного середовища природних екологічних систем, за процесами, що відбуваються в них. Моніторинг проводять за допомогою



наземних та аерокосмічних способів.

У даному дослідженні розглядається супутниковий екологічний моніторинг. Це система спостережень, збору та обробки, передачі та аналізу інформації з метою вироблення науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття ефективних управлінських рішень. Суттю цього методу є тематичний аналіз зображень, отриманих комплексами приладів різних частотних діапазонів, встановлених на космічних апаратах. Дані із сучасних супутникових угруповань, оснащених широким спектральним діапазоном зйомки, радіометрами, дозволяють отримувати різнобічну геофізичну інформацію для оцінки навколишнього середовища та запобігання екологічним катаклізмам. Він є найбільш точним, фінансово вигідним та інформативним способом. За кілька десятків років у дослідженні та моніторингу екологічних проблем стався стрибок, що дозволяє широко використовувати методи дистанційного зондування у вивченні екологічних процесів. Супутникові дані, які фахівці використовують для аналізу цих процесів, стали доступнішими і численнішими, ніж будь-коли.

Метою дослідження є проведення незалежної об'єктивної оцінки стану екологічного середовища із застосуванням супутникового екологічного моніторингу. Для оцінки стану довкілля міста розраховується екологічний індекс (Hanqiu Xu et al., 2019) дистанційного зондування (RSEI).

Методи та матеріали

У дослідженні використано мультиспектральні дані супутника Landsat 8-9 та дані температури земної поверхні з супутника MODIS.

У більшості досліджень оцінка екологічного середовища проводиться лише за допомогою одного індексу дистанційного зондування, який може лише пояснити з одного боку певний аспект екологічних характеристик, але екосистема це складна, динамічна, довготривала та мінлива у просторі та часі, тому необхідно встановити комплексний індекс для оперативного та всеосяжного вимірювання екосистеми (Zhen Lei, 2023). Індекс RSEI (Risk-Screening Environmental Indicators) використовується як модель оцінки екологічних ризиків. Цей індекс повністю базується на даних дистанційного зондування. Його було застосовано для оцінки екологічних умов у місті Фучжоу, Китай. Результати показали, що RSEI може ефективно виявляти зміни якості довкілля на регіональному рівні. Після цього індекс був широко застосований у кількох регіонах для вивчення інтегрованого екологічного стану регіону. Індекс RSEI є комплексним індексом, який формується шляхом об'єднання чотирьох індикаторів для визначення екологічної якості регіону. Цими індикаторами виступають зелень, вологість, сухість та тепло. Він розраховується за допомогою даних дистанційного зондування і визначається функцією, яка залежить відповідно до чотирьох компонентів, котрі були зазначені раніше:

$$RSEI = f(\text{Greenness}, \text{Wetness}, \text{Dryness}, \text{Heat}), \quad (1)$$

У рівнянні зеленість представлена індексом NDVI, який є індексом для вимірювання густоти зеленої маси та стану рослинності:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (2)$$

де NIR – відбиття у ближньому інфрачервоному діапазоні спектра; RED – відбиття у червоному діапазоні спектра.

Вологість представлена індексом вологості ґрунту WET, а саме для репрезентативності цього індексу для вологості, використовується модифікований диференційований нормалізований водний індекс MNDWI для виділення водних об'єктів на території інтересу:

$$WET = \beta_1 BLUE + \beta_2 GREEN + \beta_3 RED + \beta_4 NIR + \beta_5 SWIR 1 + \beta_6 SWIR 2, \quad (3)$$

$$MNDWI = \frac{GREEN - SWIR1}{GREEN + SWIR1}, \quad (4)$$

де RED – відбиття у червоному діапазоні спектра; GREEN – відбиття у зеленому діапазоні спектра; BLUE – відбиття у синьому діапазоні спектра; NIR – відбиття у ближньому



інфрачервоному діапазоні спектра; SWIR 1 – відбиття у короткохвильовому інфрачервоному діапазоні спектра; SWIR 2 – відбиття у короткохвильовому інфрачервоному діапазоні спектра; β_i – параметри смуг.

Сухість представлена нормалізованим диференційним індексом забудови та ґрунту NDBSI, який є композитом індексу забудови IBI, що представляє забудовану територію, та індексу ґрунту SI, що представляє голу поверхню ґрунту:

$$NDBSI = \frac{IBI - SI}{2}, \quad (5)$$

Тепло представлено індексом LST, який відображає температуру поверхні, використовуючи дані про температуру поверхні. Розрахунок індексу подано нижче:

$$LST = \frac{LST_{day} + LST_{night}}{2}, \quad (6)$$

де LST_{day} , LST_{night} – добовий діапазон про приземну температуру з супутника MODIS.

Результати та обговорення

Після отримання чотирьох індексів дистанційного зондування для обробки та генерування RSEI використовувався метод «Аналіз Головних Компонент» (PCA). Цей метод видаляє надлишкові дані, зберігає ключову інформацію про особливості та уникає впливу людського фактору на результати (Tahir Ali Akbar et al., 2022).

Оскільки одиниці вимірювання чотирьох індексів неоднакові, було нормалізовано ці індекси перед обчисленням RSEI за методом PCA. Після нормалізації значення RSEI знаходиться в межах від 0 до 1, і чим ближче значення RSEI до 1, тим краща якість екологічного середовища. Для зручного представлення зміни RSEI, зроблено класифікацію за п'ятьма рівнями (таблиця 1).

Таблиця 1. Класифікація значень індексу RSEI

Рівень	Поганий	Незадовільний	Середній	Добрий	Відмінний
Цінність	0 – 0.2	0.2 – 0.4	0.4 – 0.6	0.6 – 0.8	0.8 – 1

Результати розрахованого індексу RSEI згідно отриманої класифікації відображено на рис. 1 та розподіл земель за площею в процентах у таблиці 2.

Таблиця 2. Рівні розподілення площі за індексом RSEI

Рівень	Поганий	Незадовільний	Середній	Добрий	Відмінний
Площа (%)	0.7	9.6	45.2	29,8	14,7

Висновки

Екологічний моніторинг являє собою точний, інформативний та фінансово вигідний спосіб дослідження складних екосистем. Метод дослідження заснований на складовому екологічному індексі RSEI, який включає в себе чотири індикатора. Він розраховується використовуючи лише дані дистанційного зондування Землі та забезпечує об'єктивною оцінкою стану екологічного середовища досліджуваної території. В даній роботі було зроблено розрахунок індексу RSEI Харківської області за липень 2024 року. Результат дослідження вказує на те, що рівень стану екологічного довкілля досить гарний та переходить відмітку середнього з багатою перевагою у найкращу сторону. Цей індекс має допомагати виробляти науково обґрунтовані рекомендації для прийняття ефективних управлінських рішень в області моніторингу екологічного середовища.

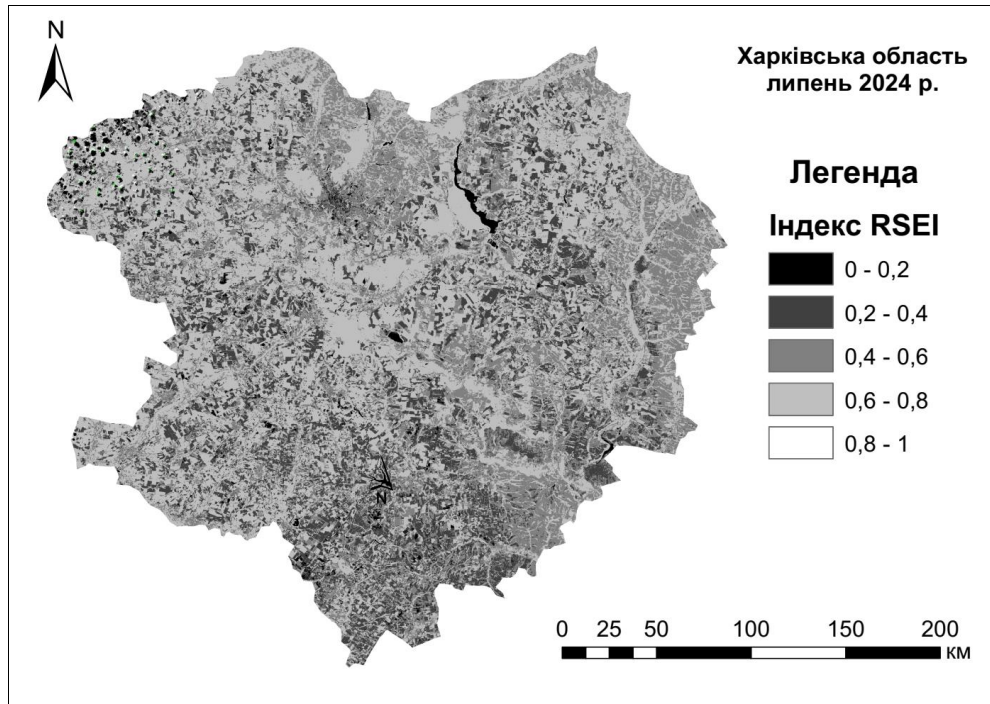


Рис. 1 Розподіл розрахованого індексу RSEI

Список використаних джерел

1. L. P. Lishchenko (2023). "Satellite monitoring of the state of the geosystem at the local level using the example of the Matviiv Forest near the city of Mykolaiv (Ukraine)" *Ukrainian Journal of Earth Remote Sensing*, 2023, 10 (2), 27–34.
2. Hanqiu Xu, Yifan Wang, Huade Guan, Tingting Shi and Xisheng Hu (2019). "Detecting Ecological Changes with a Remote Sensing Based Ecological Index (RSEI) Produced Time Series and Change Vector Analysis" *Remote Sens.* 2019, 11, 2345; doi:10.3390/rs11202345.
3. Zhen Lei (2023). Assessment of changes in the quality of the natural environment of the Lviv region based on ecological indices of remote sensing of the Earth. Kyiv, Ukraine, pp. 132-144.
4. Tahir Ali Akbar, Azka Javed, Siddique Ullah, Waheed Ullah, Arshid Pervez, Raza Ali Akbar, Muhammad Faisal Javed Abdullah Mohamed and Abdeliazim Mustafa Mohamed (2022). "Principal Component Analysis (PCA)–Geographic Information System (GIS) Modeling for Groundwater and Associated Health Risks in Abbottabad, Pakistan" *Sustainability* 2022, 14, 14572. <https://doi.org/10.3390/su142114572>.



Аналіз якості повітря за дистанційними даними

Волинська Т. О.

Національний аерокосмічний університет ім. М. С. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»,
Харків, Україна

e-mail: o.volynsjka@student.khai.edu

Air quality analysis using remote sensing data

Volynska T.

National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine

e-mail: t.o.volynsjka@student.khai.edu

Abstract. The problem of assessing the quality of atmospheric air based on indirect signs is considered. Fine particles PM_{2.5} are considered as the main source of pollution. Then, the indirect sign of air quality is the pollution of snow cover (SC). An algorithm for assessing the quality of SC based on Earth remote sensing data is developed. Using the example of the Dnipropetrovsk region, the problem of analyzing SC is solved. The obtained data are compared with open data from the site <https://waqi.info/>.

Keywords: fine particle concentration, snow cover, normalised difference snow index, Dnepropetrovsk Region

Вступ

Одним з важливіших елементів навколишнього середовища є атмосферне повітря. Забруднення атмосфери є серйозною екологічною проблемою, яка негативно впливає на умови життя та здоров'я населення, на екосистеми і розвиток сільськогосподарських культур, призводить до несприятливих екологічних наслідків таких як закислення ґрунту та води, глобальне потепління, виснаження озонового шару тощо. Якість повітря постійно погіршується. Це пов'язують, насамперед, зі зростанням концентрації дрібнодисперсних частинок або PM_{2.5} (Koster & Viterbo, 2014).

PM_{2.5} – це тверді частинки різноманітного фізико-хімічного складу: від різних кислот (нітратів, сульфатів), до елементарного вуглецю, важких металів, частинок порід, води та льоду діаметром менш ніж 2,5 мкм. Джерелами PM_{2.5} є теплоелектростанції, автомобільний транспорт і вантажівки, підприємства з нафтоперероблення та виробництва цементу, пожежі, пил від доріг і будівництва, сільськогосподарські операції, бойові дії тощо (Liu et al., 2023).

Численні дослідження, зокрема, проведені Агентством з охорони навколишнього середовища США, підтверджують шкідливий вплив дрібнодисперсних частинок на дихальну та серцево-судинну системи. Довготривале або навіть короткотривале вдихання цих часток викликає запальні процеси в легенях, які поширюються через кровотік, впливають на роботу серця та судин, підвищують ризики інфаркту, інсульту та серцевої недостатності. Крім того, систематичні огляди показують, що PM_{2.5} сприяють розвитку алергічних запалень, їх вважають основною причиною алергічних реакцій (Koster & Viterbo, 2014; Liu et al., 2023). Усі ці обставини потребують розроблення та впровадження відповідних інструментів оцінювання якості повітря і методів, спрямованих на її поліпшення.

Методи та матеріали

Сучасне законодавство про якість повітря, зокрема Європейських країн, побудовано на принципах, що в кожній країні слід проводити оцінювання рівню забруднення повітря різними домішками за допомогою вимірювань, моделювання та інших емпіричних методів. Якщо визначені рівні вищі за граничні або цільові значення (враховуючи стандарти з якості), необхідно реалізовувати програми по забезпеченню дотримання якості повітря (Скок та ін., 2023). На жаль, в Україні в умовах воєнного стану реалізація цих принципів і фінансування



екологічних досліджень, а також упровадження новітніх технологій у галузі моніторингу якості повітря є суттєво обмеженими. Це в котре підкреслює необхідність модернізації систем контролю та підвищення ефективності моніторингу задля забезпечення належної якості життя населення та мінімізації екологічних ризиків для його здоров'я (Скок та ін., 2023).

Данні дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) все частіше стають сучасним ефективним інструментом для оцінки забрудненості атмосфери, наприклад, шляхом моніторингу стану снігового покриву. Сніговий покрив – це природний сорбент, який накопичує та зберігає сліди забруднень, що робить його цінним об'єктом для оцінювання рівня антропогенного впливу на навколишнє середовище. Актуальність дослідження забруднення снігового покриву набуває особливого значення в умовах сучасних екологічних викликів, пов'язаних із забрудненням атмосфери та його впливом на довкілля. Оцінювання забрудненості снігового покриву за даними ДЗЗ може стати альтернативою стаціонарним станціям моніторингу повітря, особливо в умовах обмеженого бюджету та доступу до територій через бойові дії.

Оцінювання стану снігового покриву проводять за індексом нормалізованої різниці снігу – NDSI (Normalized Difference Snow Index).

NDSI – індекс, який використовують для визначення наявності снігового покриву на супутникових або аерокосмічних зображеннях, що отримано на основі коефіцієнта відображення поверхні Землі як нормалізовану різницю між спектральними смугами зеленого (Green) і короткохвильового інфрачервоного (SWIR).

NDSI заснований на різниці в поглинанні світла в короткохвильовому інфрачервоному і зеленому діапазонах електромагнітного спектру. Зазначимо, що є певні складності в дешифруванні снігового покриву, адже на знімках його складно розрізнити від хмар. Але є особливості:

- сніг є добре відбивним у видимих частинах електромагнітного спектру;
- сніг має високу поглинаючу здатність у ближній інфрачервоній або короткохвильовій інфрачервоній частині спектру.

Таким чином, індекс NDSI розраховують на формулою:

$$NDSI = (Green - SWIR) / (Green + SWIR)$$

або для даних зі супутника Sentinel 2L2A

$$NDSI = (B03 - B11) / (B03 + B11),$$

де Green – діапазон видимого зеленого спектру або B03 – діапазон довжини хвилі 0,53 – 0,61 мкм, SWIR – діапазон короткохвильового інфрачервоного спектру або B11 – діапазон довжини хвилі 1,55 – 1,75 мкм.

Для оцінювання снігового покриву за супутниковими знімками використаємо програмне забезпечення ArcGIS, що дає змогу класифікувати елементи зображення знімку за певними ознаками та створювати навчальні вибірки даних і файли сигнатур для цільового аналізу елементів знімку.

Відомо, що значення NDSI знаходиться в діапазоні [-1; 1], при чому ймовірність наявності снігу пропорційна тому, наскільки значення пікселя NDSI близько 1. За цих обставин сформуємо наступні правила дешифрування снігового покриву:

- чистий сніг: на знімку значення $NDSI > 0,4$;
- забруднений сніг: на знімку значення $0 \leq NDSI \leq 0,4$ при $NDSI \in [-1; 1]$;
- територія без снігового покриття: на знімку значення $-1 \leq NDSI < 0$.

Таким чином з'являється можливість за станом снігового покриву (як сорбенту) робити висновки щодо якості повітря, адже чистий сніг свідчить про незначну концентрацію частинок PM_{2.5}, та навпаки – забруднений сніг підтверджує низьку якість повітря, наявність в ньому пилу та великої концентрації частинок PM_{2.5} (Koster & Viterbo, 2014; Скок та ін., 2023).

Результати та обговорення

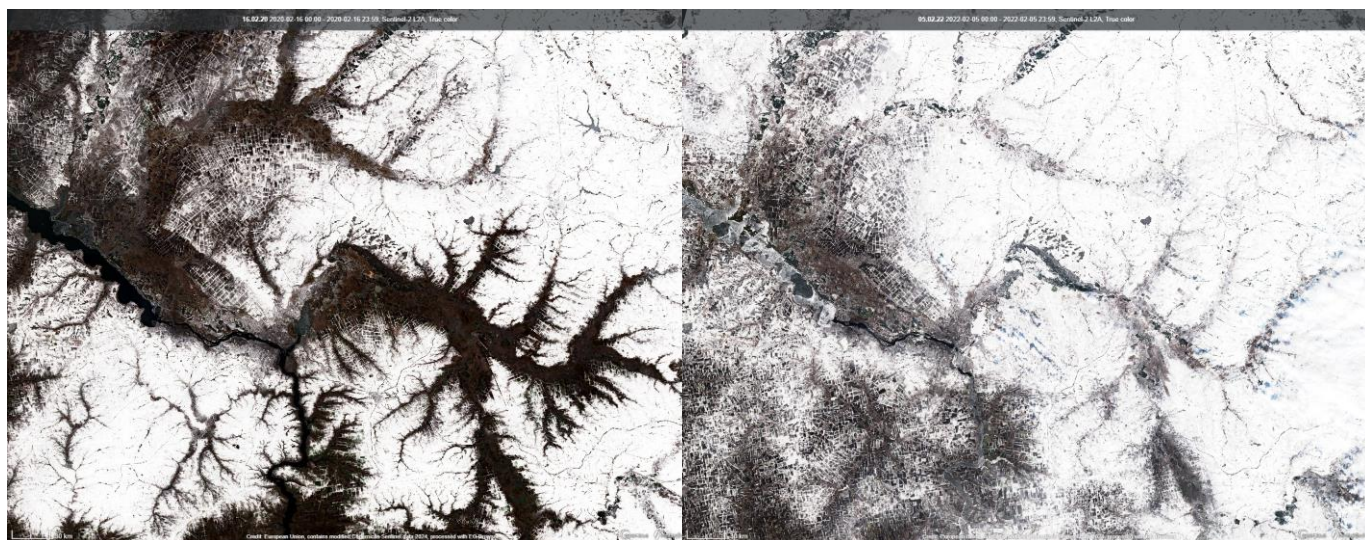
Для підтвердження сформованих висновків і визначення їх достовірності розглянемо приклад застосування розробленого методу для оцінювання якості повітря Дніпропетровської



області, яка є однією з найбільш урбанізованих і промислово розвинених областей України (Скок та ін., 2023). Як вихідні дані розглянемо дані ДЗЗ, отримані зі супутника Sentinel-2 (L2A) за допомогою сервісу EO Browser, що є частиною програми Copernicus, метою якої є сприяння створенню глобального, постійного та легкодоступного джерела супутникових даних (Sentinel Hub. EO Browser).

Ураховуючи подібність снігового покриву до хмар особливу увагу під час вибору знімку приділено показнику хмарності (її відсоток вказано не більш 10%).

Для обробки й аналізу завантажено два супутникових архівні знімки різних дат (рис. 1), основні параметри яких наведено в табл. 1.



а

б

Рис. 1. Космічні знімки території Дніпропетровської обл.

а – знімок від 16.02.2020; б – знімок від 05.02.2022

Таблиця 1. Характеристики супутникових знімків території дослідження, як джерела вихідних даних

Характеристика	Знімок 1	Знімок 2
Супутник	Sentinel-2 L2A	Sentinel-2 L2A
Дата, час отримання	16.02.2020, 8:46:40	05.02.2022, 8:46:17
Тип зображення	True Color	True Color
Хмарність	0,5 %	0,0 %

Для подальшого порівняння та детального аналізу забрудненості снігового покриву Дніпропетровської обл. використано програмний продукт ArcGIS Desktop 10.8, за допомогою якого проведено обробку вхідних матеріалів у такій послідовності:

Етап 1. Фігурна обрізка вхідних растрів за межами адміністративного кордону Дніпропетровської обл.

Етап 2. Розрахунок NDSI.

Етап 3. Автономна класифікація космічних знімків за рівнем NDSI з подальшим навчанням.

Етап 4. Компонування картографічних моделей досліджуваної території (за різними датами) з нанесенням меж снігового покриву відповідно до рівню NDSI.

Етап 5. Розрахунок площі для кожної категорії сніжного покриву. Формування висновків.

Результати оброблення вихідних даних для Дніпропетровської обл. наведено на рис. 2 і в табл. 2.

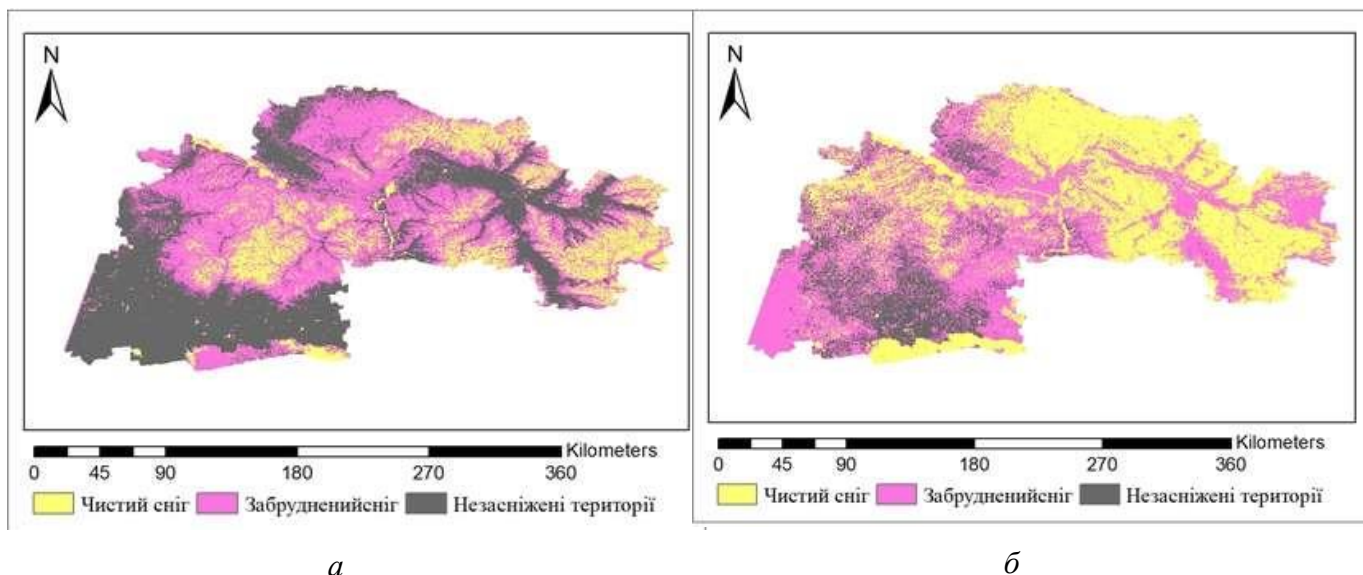


Рис. 2. Картографічна модель розподілу снігового покриву по території Дніпропетровської обл.

а – знімок від 16.02.2020; б – знімок від 05.02.2022

Аналізуючи табл. 2, зазначимо, що погрішність даних, отриманих за результатами оброблення космічних знімків, складає 3,65 %.

Порівнюючи отримані дані, можна зробити наступні висновки:

- загальна площа снігового покриву в 2022 р. склала 56,5 %, що майже на 30 % менше за цю площу у 2020 р. (площа снігового покриву у 2020 р. дорівнює 24605,91 км²);
- площа забрудненого снігу в 2022 р. збільшилась на 426,65 км², його доля в 2022 р. збільшилась на 24,9 % і досягла 78,8% порівняно з 2020 р, хоча загальна кількість снігу зменшилась;
- площа чистого снігу в 2022 р. зменшилась на 7659,67 км² і склала всього 21,2 % від загальної площі снігу.

Таким чином, спостерігаємо погіршення якості снігового покриву та збільшення забруднень, незважаючи на загальне зменшення кількості снігу.

Таблиця 2. Підсумкові результати аналізу снігового покриву за архівними знімками 2020 і 2022 рр.

Кількісні характеристики снігового покриву		Рік знімку	
		2020	2022
Чистий сніг	Площа, км ²	11 341,98	3 682,31
	Доля чистого снігу, %	36,88	11,97
Забруднений сніг	Площа, км ²	13 263,93	13 690,58
	Доля забрудненого снігу, %	43,13	44,52
Незасніжена територія	Площа, км ²	6 144,80	13 377,82
	Доля незасніженої території, %	19,98	43,50

Отримані дані корелюються з даними, що відображають рівень забрудненості атмосферного повітря за інформацією стаціонарних станцій моніторингу повітря, розташованих на території Дніпропетровської обл. (за даними сайту <https://waqi.info/>). Наприклад, архівні дані про показники PM_{2.5}, отримані за зимовий період 2020 і 2022 рр., є досить високими. За стандартами ВООЗ, безпечний рівень PM_{2.5} не повинен перевищувати 15 мкг/м³ за середньодобовими значеннями. У 2020 році максимальні показники досягали 87.52 мкг/м³, а у 2022 році – аж 178.75 мкг/м³, що значно перевищує безпечні межі.

Висновки

Отримані результати дослідження підтверджують ефективність застосування методів ДЗЗ



для аналізу рівня забруднення довкілля. Використання даних ДЗЗ дозволяє отримувати площинні показники для великих територій, що забезпечує комплексне розуміння екологічної ситуації. У той же час, орієнтуючись на точкові дані, зокрема показники PM_{2.5} з відкритих джерел, ми отримуємо інформацію, що відображає стан забруднення лише для окремих міст або ділянок. Таким чином, використання даних ДЗЗ у поєднанні з точковими показниками створює можливості для більш детального та широкомасштабного аналізу забруднення довкілля, що є важливим для розроблення ефективних екологічних стратегій.

В результаті проведеної роботи отримано інформацію, яка може стати основою для подальших наукових та екологічних досліджень і допомагати в розробленні заходів щодо покращення якості повітря відповідно до міжнародних стандартів і правил.

Роботу виконано за підтримки Міністерства освіти і науки України (державний реєстраційний номер проєкту 0122U002298) за даними Регіонального центру космічного моніторингу Землі "Слобожанщина".

Список використаних джерел

1. Koster, R. D. and Viterbo, P. (2014). "The impact of snow cover on the climate system", *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 95, issue 9, pp. 1445 - 1452. DOI: <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-13-00047.1>
2. Liu, Y., Xu, J. and Xie, Y. (2023). "Assessing the impacts of particulate matter on public health in urban areas", *Water, Air, and Soil Pollution*, vol. 234, issue 3, pp. 123 - 145. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11270-023-06278-9>.
3. Скок, А., Хрутьба, В., Рак, О. та Хлобистов. Є. (2023). "Якість атмосферного повітря в Україні до та під час повномасштабного вторгнення" Retrieved from: https://www.savednipro.org/wp-content/uploads/2023/10/zvit_doslidzhennya_101723.pdf.
4. Save E-Cobot. Fine Dust Information. <https://www.saveecobot.com/static/fine-dust>.
5. Sentinel Hub. <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browser/?zoom=11&lat=42.06001&lng=12.27139&themeId=DEFAULT-THEME&toTime=2023-04-17T13%3A38%3A34.692Z>

Метод просторового аналізу деформації русла річок за комбінованими даними

Даншина С. Ю., *Подорожко К. Д.

Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»,
Харків, Україна

e-mail: k.d.buriak@student.khai.edu

Method of spatial analysis of riverbeds deformation using combined data

Danshyna S., *Podorozhko K.

National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Kharkiv, Ukraine

e-mail: k.d.buriak@student.khai.edu

Abstract. The article is devoted to the description of a method that combines the results of satellite image interpretation of the river basin with archival and available cartographic materials of the Siverskyi Donets River basin. The processing and analysis of cartographic materials and images of the territory to determine the dynamics of the riverbed is described. The analysis of spatial changes in the Siverskyi Donets riverbed revealed significant changes in the structure of the river system. The use of spatial data and GIS methods confirmed their effectiveness in identifying the most vulnerable areas



and predicting future changes. In order to preserve the ecological balance, it is recommended to reduce anthropogenic impact, control economic activities in the coastal zones, and implement environmental protection measures to restore the natural state of the river.

Keywords: mapping, remote sensing data, archival cartographic materials of the territory, channel deformations

Вступ

Водні ресурси відіграють вирішальну роль у багатьох процесах, які відбуваються в природі, в забезпеченні життя людини. Але на сучасному етапі все гострішою стає проблема їх раціонального використання, оскільки діяльність людини в епоху науково-технічного прогресу призводить до погіршення якості води, режимів річкового стоку, перетворює багато річок на канали, ланцюги водосховищ і ставків, формує транспортні артерії тощо. Зростаюче екологічне навантаження загрожує річковим системам усього світу: внаслідок інтенсивного використання водних ресурсів змінюється не тільки кількість води, а й складові водного балансу, гідрологічний режим водних об'єктів, їх якість. Розуміння рушійних факторів, що впливають на геоморфологічні зміни, має вирішальне значення, адже вони визначають ті проблеми, вирішення яких стає основою водоохоронної діяльності, раціонального використання й охорони водних ресурсів (Нетробчук, 2024; Amanambu & Mossa, 2024).

Інтенсивна господарська діяльність в басейні річок, зокрема забудова прибережних зон, зміни гідрологічного режиму та сільськогосподарського освоєння земель, впливає на фізичний стан річок, призводячи до суттєвої деформації їх русла. Цей процес охоплює процеси деградації та агградації, що критично змінюють морфологію річки, транспортування наносів, режими течії та ін. Ці перетворення мають глибокі наслідки для загального стану річкових екосистем, впливаючи на водне докільля, біорізноманіття та стабільність прибережних зон. Крім того, вони суттєво впливають на населення, створюючи проблеми у таких сферах, як боротьба з повеннями, водопостачання, навігація та рекреаційна діяльність (Amanambu & Mossa, 2024).

Методи та матеріали

У всьому світі вплив діяльності людини на річки є предметом зростаючого інтересу серед дослідників через його негативні наслідки (Amanambu & Mossa, 2024; Legleiter et al., 2016). Просторовий аналіз цих змін стає ефективним інструментом для дослідження антропогенного впливу на річкові екосистеми та прогнозування майбутніх екологічних змін.

Дистанційне зондування забезпечує новий підхід до великомасштабного моніторингу та є актуальним джерелом даних, яке дає змогу ефективно визначати характеристики річкових систем на значних площах (Legleiter et al., 2016). За останні два десятиліття сформовано певні підходи до визначення стану річок, що ґрунтуються на даних, отриманих за супутниковими знімками, але вони не є універсальними та мають певні обмеження в використанні (Amanambu & Mossa, 2024; Legleiter et al., 2016; Hu et al., 2023).

Річкова деформація – це довгостроковий процес зміни русла річки внаслідок комплексного впливу природних та антропогенних факторів (Amanambu & Mossa, 2024). Тому, спираючись на наявний досвід дистанційного дослідження річкових систем, для підвищення ефективності моніторингу їх стану та визначення деформаційних процесів запропоновано метод, що поєднує результати дешифрування супутникових зображень басейну річок за архівними та наявними картографічними матеріалами цієї території. Метод включає такі етапи:

Етап 1. Визначення необхідного періоду аналізу процесу зміни русла річки, пошук вихідних комплексних даних з різних джерел (архівів, картографо-геодезичних фондів, джерел супутникових даних тощо).

Етап 2. Оброблення вихідних даних з урахуванням їх форми та актуальності за алгоритмом, наведеним на рис. 1.

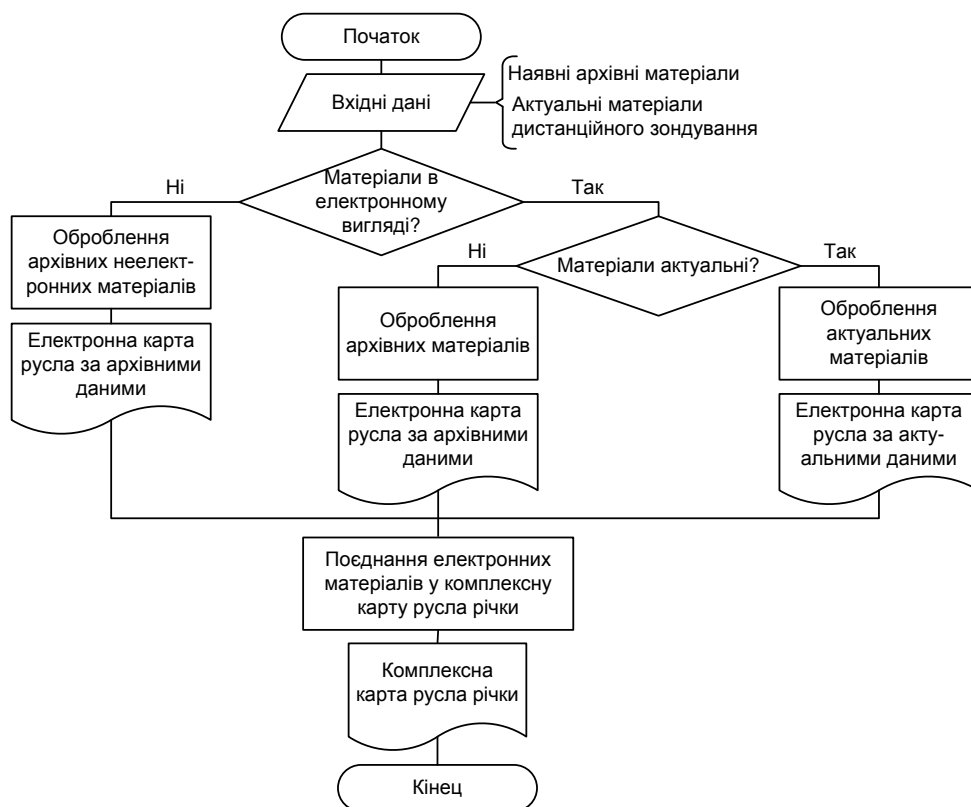


Рис. 1. Алгоритм попереднього оброблення комплексних вихідних даних, що відображують русло річки за різний проміжок часу

Ураховуючи особливості отримання вихідних даних, їх поєднання у комплексну карту русла річки рекомендується проводити з використанням засобів ГІС-аналізу (Danshyna & Podorozhko, 2023).

Етап 3. Аналіз отриманих картографічних даних, формування висновків щодо стану русла річки та прилеглих водних об'єктів.

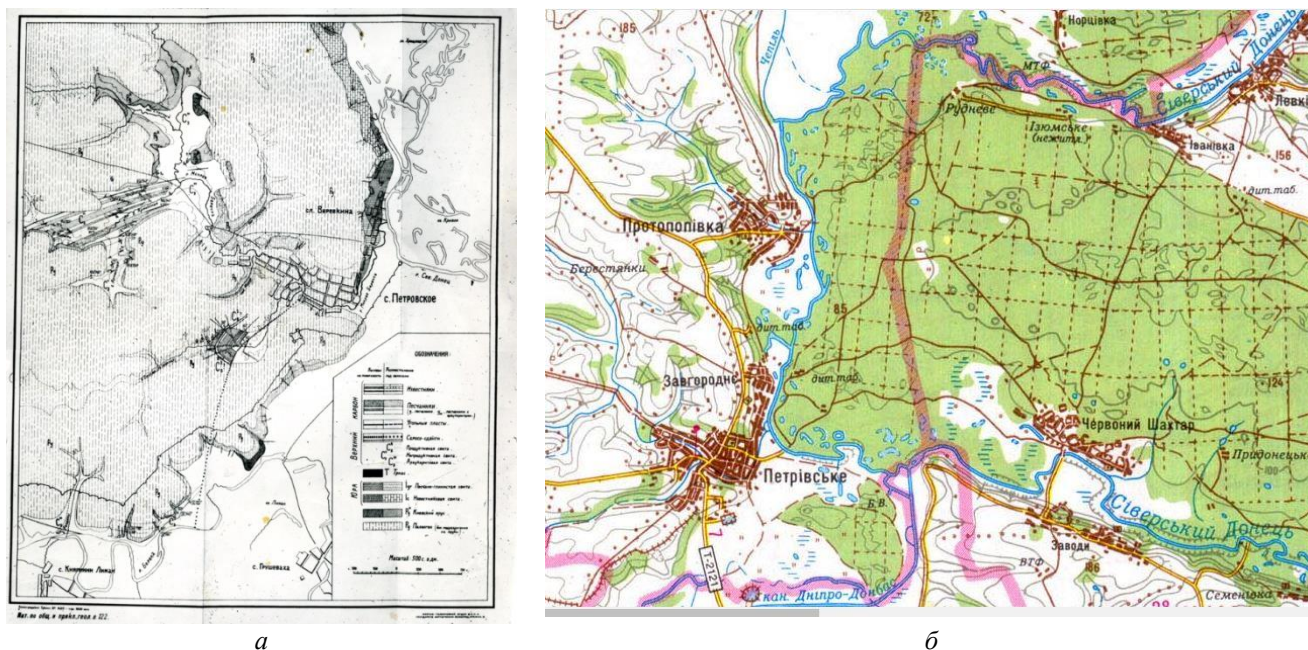
Результати та обговорення

З використанням розробленого методу визначимо деформаційні процеси русла Сіверського Донця, зокрема ділянки заплави та перших надзаплавних терас у районі селища Петрівське Балаклійського району Харківської обл.

Як вихідні дані обрано: архівні матеріали 1922 р. – геологічну карту району с. Петровського Ізюмського повіту Харківської губернії (рис. 2, а); сучасні карти 1985 р. – фрагмент топографічної карти району с. Петрівського масштабу 1: 200 000 (рис. 2, б). Також як джерело актуальних даних обрано сервіс Sentinel Hub (<https://www.sentinel-hub.com/>), звідки завантажено актуальний супутниковий, отриманий з Sentinel-2 31.01.2024 (рис. 3).

Для порівняння та детального аналізу деформацій русла використано програмний продукт ArcGIS 10.8, що є універсальним інструментом для точного оброблення комплексних даних, зокрема картографічних матеріалів і даних дистанційного зондування Землі. Зручна функція ArcGIS 10.8 – подання результатів оброблення у вигляді комплексних карт, що з'єднують вихідні дані, допомагає знайти приховані взаємозв'язки між ними та досліджувати геопросторові зміни з високою точністю; їх візуалізація стає інтуїтивно зрозумілою та полегшує завдання аналізу (Danshyna & Podorozhko, 2023; Podorozhko, 2024).

На початку оброблення даних їх було векторизовано засобами, які надає ArcGIS, відповідно до дешифрувальних ознак водних об'єктів. При цьому основна увага приділялася заплавному ділянкам долини Сіверського Дінця, на яких плановий малюнок русла та заплавних старичних озер на сучасній карті відрізнявся від відповідних елементів заплави, що були картографовані у 1922 р. Як основу для порівняння обрано електронну топографічну карту району с. Петрівського.



а б
Рис. 2. Приклад архівних матеріалів району дослідження:
а – геологічна карта району (1922 р.); б – топографічна карта району (1985 р.)



Рис. 3. Супутниковий знімок району дослідження

Створено векторні шари русла ріки та прилеглих водних об'єктів. Обов'язковим елементом векторизації було визначення різних кольорових гам для об'єктів за різні роки (Podorozhko, 2024).

Далі проводився етап порівняння та визначення деформацій русла ріки. Для мінімізації похибок аналізу знімків було прийнято рішення накласти два шари (сучасного знімку та архівних даних), при цьому змінивши прозорість верхнього знімку до 45%, що є оптимальним для досягнення доброї видимості та порівняння об'єктів на обох знімках. Сформовано комплексну карту (рис. 4).

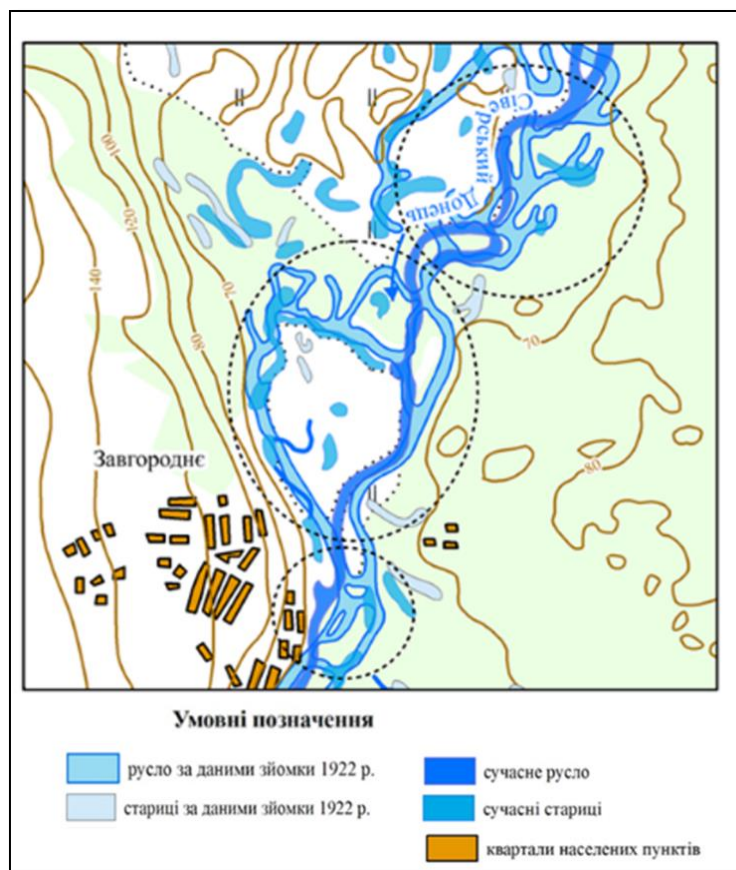


Рис. 4. Комплексна карта русла Сіверського Донця

На досліджуваних ділянках спостерігалася значна повноводність Сіверського Дінця, як він був картографований на початку ХХ століття, у порівнянні із сучасним його станом. Від розгалужених русел на ділянці дослідження на цей час залишився лише один рукав та одна стариця, яка знаходиться на стадії «відшнурування» від основного русла через те, що проточність у даному старику відновлюється лише під час дуже високих весняних повеней. Порівнюючи архівні дані з актуальними даними дистанційного зондування, зазначимо, що середня ширина русла Сіверського Донця зменшилася у 1,22 рази. Також фіксується невелике відхилення русла річки під правий берег (максимальне значення ≈ 200 м).

Характерною особливістю русла є активне меандрування й інтенсивна ерозійна діяльність, внаслідок якої його плановий малюнок істотно змінюється. У районі дослідження за морфологією русла Сіверського Донця та його заплави фіксуємо ділянку відносно прямого русла, яка практично не змінила своє положення. Як і в попередньому випадку, русло незначно (близько 20 - 30 м) відхилилося під правий берег і дещо втратило в ширині.

Висновки

Таким чином, запропонований метод дослідження річкових систем дає змогу фіксувати та оцінювати існуючі деформаційні процеси шляхом поєднання актуальних супутникових даних басейну річок з архівними та наявними картографічними матеріалами із застосуванням сучасних інструментів ГІС-аналізу.

Наприклад, просторовий аналіз деформації русла Сіверського Донця показав наявні зміни в структурі річкової системи, дав змогу визначити найбільш уразливі ділянки річки та прогнозувати можливі її майбутні зміни. Виявлені зміни руслових процесів не лише впливають на природний гідрологічний режим річки, можуть загрожувати біорізноманіттю її екосистеми, викликаючи зниження якості води, зміну водообміну та деградацію прибережних екосистем.

Роботу виконано за підтримки Міністерства освіти і науки України (державний реєстраційний номер проєкту 0122U002298) за даними Регіонального центру космічного моніторингу Землі "Слобожанщина".



Список використаних джерел

1. Нетробчук, І. М. (2024). Екологічна оцінка стану якості води річок Західного Полісся. Retrieved from: <https://core.ac.uk/download/pdf/153588489.pdf>.
2. Amanambu, A. C. and Mossa, J. (2024). “Machine learning insights of anthropogenic and natural influences on riverbed deformation in a large lowland river”, *Geomorphology*, vol. 446, article 108986. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2023.108986>.
3. Legleiter, C. J., Stegman, T. K. and Overstreet, B. T. (2016). “Spectrally based mapping of riverbed composition”, *Geomorphology*, vol. 246, pp. 61 - 79.
4. Hu, J. et al. (2023). “Retrieval of suspended sediment concentrations using remote sensing and machine learning methods: A case study of the lower Yellow River”, *Journal of Hydrology*, vol. 627, part A, article 130369. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.130369>.
5. Danshyna, S. and Podorozhko, K. (2023). “Program for monitoring agricultural land using remote sensing data”, *Інформаційно-комунікаційні технології для перемоги та відновлення: матеріали XXII Міжнар. наук.-практ. конф.*, с. 142 – 144.
6. Podorozhko, K. D. (2024). “Determination of agricultural land illegal use according to remote sensing data”, *Environmental Safety of the State: Proceeding XVII Pan-Ukrainian Scient.-Pract. Conf. of Young Scientists and Students*, pp. 79 – 81. DOI: <https://doi.org/10.18372/2786-8168.18.18560>.

Сучасні практики та інновації в екологічному моніторингу

Когут Ю. С.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського",
Київ, Україна

yurbasananas@gmail.com

Modern Practices and Innovations in Environmental Monitoring

Kohut Yu.

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

yurbasananas@gmail.com

Abstract. The study is devoted to the analysis of modern methods and technologies of environmental monitoring. The paper considers innovative approaches to the collection and processing of environmental data, including the use of IoT devices, artificial intelligence technologies and big data for a comprehensive assessment of the environment. Based on the analysis, the effectiveness of various monitoring methods for assessing the state of atmospheric air, water resources and ecosystems in general is determined. The results of a comparative analysis of traditional and modern methods of environmental monitoring are presented, their advantages and limitations in the context of modern environmental challenges are considered. Based on the results of the study, recommendations for improving environmental monitoring systems through the integration of modern technological solutions are proposed.

Keywords: environmental monitoring, IoT, big data, artificial intelligence, smart sensors

Вступ

Екологічний моніторинг знаходиться на етапі суттєвої трансформації, що зумовлено стрімким розвитком технологій та зростаючими вимогами до якості та оперативності екологічних даних. Традиційні підходи до моніторингу довкілля, які базувались переважно на



періодичних вимірюваннях та лабораторних дослідженнях, поступово доповнюються та інтегруються з автоматизованими системами спостереження, що забезпечують безперервний збір даних у режимі реального часу.

В умовах зростаючого антропогенного навантаження на довкілля та глобальних кліматичних змін особливої актуальності набуває впровадження ефективних систем екологічного моніторингу, здатних забезпечити своєчасне виявлення та прогнозування екологічних загроз. Метою даного дослідження є аналіз сучасних практик екологічного моніторингу та оцінка ефективності впровадження інноваційних технологій для покращення якості екологічних спостережень.

Методи та матеріали

Сучасна практика екологічного моніторингу характеризується комплексним підходом до збору та аналізу даних про стан довкілля. В основі дослідження лежить аналіз ефективності різних методів моніторингу, які активно впроваджуються в практику природоохоронної діяльності. Особлива увага приділяється автоматизованим системам моніторингу, які складаються з мережі смарт-сенсорів та IoT-пристроїв, які забезпечують безперервний збір даних про ключові параметри навколишнього середовища.

Компонентом сучасного екологічного моніторингу є використання дистанційних методів спостереження, включаючи супутникові системи та безпілотні літальні апарати, оснащені спеціалізованим обладнанням для збору екологічних даних. Ці технології дозволяють отримувати інформацію про стан великих територій з високою періодичністю та просторовою роздільною здатністю.

Впровадження сучасних технологій дає змогу розширити можливості екологічного моніторингу. Використання автоматизованих систем спостереження дозволяє підвищити точність та оперативність збору даних та значно розширити спектр параметрів, що контролюються. Інтегруючи дані з різних джерел, таких як: наземні станції моніторингу, дистанційні системи спостереження та мережі смарт-сенсорів, можна створити забезпечення формувань комплексної картини екологічного стану територій.

У розвитку практик екологічного моніторингу беруть участь технології обробки великих даних та штучного інтелекту. Застосування алгоритмів машинного навчання дозволяє автоматизувати процеси аналізу екологічних даних, виявляти приховані закономірності та формувати прогнози щодо можливих змін стану довкілля. Впровадження таких технологій дозволяє підвищити точність прогнозування екологічних змін до 95% та скоротити час реагування на екологічні інциденти більш ніж на половину.

Одним із аспектів сучасного екологічного моніторингу є розвиток систем раннього попередження про екологічні загрози. Інтеграція даних реального часу з прогностичними моделями дає змогу своєчасно виявляти потенційні ризики та вживати превентивних заходів для запобігання негативним наслідкам для довкілля. При цьому використання хмарних технологій забезпечує оперативний доступ до екологічних даних для всіх зацікавлених сторін, у тому числі для органів державної влади, наукових установ та громадськості.

Методи моніторингу:

1. Кількісні та якісні методи для оцінки ефективності застосування різних технологій.
2. Вплив IoT-пристроїв і смарт-сенсорів на безперервний збір даних про параметри навколишнього середовища.
3. статистичний аналіз для оцінки точності даних, отриманих із автоматизованих систем.
4. Супутникові системи і безпілотні літальні апарати для збору екологічних даних.
5. Алгоритми машинного навчання для автоматизації аналізу екологічних даних, включаючи виявлення закономірностей та прогнозування змін стану довкілля.

Висновки

Дослідження свідчить про суттєву трансформацію практик екологічного моніторингу під впливом сучасних технологічних досягнень. Впровадження автоматизованих систем спостереження, використання технологій штучного інтелекту та великих даних підвищує ефективність екологічного моніторингу та забезпечити більш точну оцінку стану довкілля.



Разом з тим, хочу відзначити, що максимальна ефективність досягається при комплексному підході, який поєднує традиційні методи моніторингу з сучасними технологічними рішеннями. Це забезпечить високу достовірність даних та формувати об'єктивну картину екологічного стану території.

Подальший розвиток практик екологічного моніторингу повинен бути спрямований на вдосконалення систем обробки та аналізу даних, розвиток прогностичних можливостей та посилення інтеграції різних методів спостереження. Особливу увагу слід приділити розробці стандартизованих протоколів обміну даними та забезпеченню сумісності різних систем моніторингу.

Список використаних джерел

1. Anderson, K., & Gaston, K. J. (2023). Environmental monitoring through sensor networks: Advances and challenges. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(2), 45-60.
2. Li, X., Wang, Y., & Zhang, H. (2024). Smart environmental monitoring: Integration of IoT and AI technologies. *Environmental Technology & Innovation*, 29, 102-118.
3. Smith, R. B., & Johnson, M. (2023). Applications of machine learning in environmental monitoring systems. *Science of The Total Environment*, 855, 158-172.
4. Thompson, D. R., et al. (2024). Big data analytics for environmental monitoring: Current trends and future perspectives. *Environmental Science & Technology*, 58(3), 1245-1260.

Експрес-моніторинг відновлення природних екосистем у ложі осушеного Каховського водосховища засобами ГІС-аналізу

Крета Д.Л., * Рогожин О.Г.

Інститут телекомунікацій та глобального інформаційного простору НАН України, Київ
E-mail: olexarog@gmail.com

Express monitoring of natural ecosystems restoration in the drained Kakhovsky Reservoir by means of GIS analysis

Kreta D.L., * Rogozhin O.H.

Institute of Telecommunications and Global Information Space of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv
E-mail: olexarog@gmail.com

Abstract. On June 6, 2023, the Russian occupiers blew up the Kakhovskiy HPP with the draining of its reservoir, which is the largest in Ukraine in terms of area, and set a new task for ecosystem monitoring - tracking the process of ecosystem restoration in its drained bed at the level of spatial analysis. For this purpose, we use Copernicus Sentinel missions open-access satellite images, suitable for rapid monitoring of spatial dynamics. The analysis of satellite images was performed using the tools of the ArcGIS 10.2 Image Classification module.

To decipher the water surface and vegetation, we used a standard method using the thematic indices NDWI and NDVI. This approach, applied to open-access satellite images Sentinel 1 and 2, makes it possible to quickly monitor the spatial dynamics of area distribution of the following types of ecosystems: freshwater and semi-aquatic, meadow, forest and bare soil. A close to natural large-scale process of floodplain ecosystems restoration with almost continuous overgrowth of forest vegetation is observed in the absence of pressure from large herbivores and anthropogenic influence.



This non-linear process is far from over, its seasonal dynamics is superimposed by a general tendency to increase the area of plant communities, primarily forests. The theory states that, other things being equal, this trend will have a shape close to the logistic curve (declining rate of accumulation of changes). We expect further observations to confirm this. Ways to improve the accuracy of the assessment of deciphered areas, in particular vegetation, are the involvement of satellite images resolution and the comparison of GIS analysis results with the data of ground measurements and observations.

Keywords: drainage of the Kakhovskiy reservoir, restoration of ecosystems, remote monitoring, satellite images, GIS analysis.

Вступ

Ще для досягнення цілей «Стратегії ЄС з біорізноманіття до 2020 р.» держави члени ЄС були зобов'язані здійснювати картографування та оцінку екосистемних послуг на своїй території. У якості методологічної основи для такої оцінки, як зазначають М.В. Ільїна та А.Ф. Лопес (Ільїна і Лопес, 2023), використано керівні документи Глобального екологічного фонду, Екологічної програми ООН, Рамсарської конвенції тощо. Тоді роботи з картографування та оцінки екосистемних послуг в Європі активно розпочалися, причому, декілька європейських країн вже давно здійснили систематичне оцінювання національних екосистем, серед них Великобританія та Іспанія (Розроблення..., 2019).

На жаль, в Україні далі ініціатив науковців, підтриманих профільними міжнародними організаціями справа не пішла, і не лише через війну з РФ. До оцінки екологічних послуг на основі відповідного картографування всієї території країни виявилися не готовими ідеологічно передусім в Міндовкілля. Водночас картографування і моніторинг екосистем у нас традиційно практично здійснюються в заповідниках, національних парках та лісгоспах (в останні десятиліття з використанням інструментарія ДЗЗ на основі аналізу космоснімків).

Тим часом, крупномасштабні бойові дії останніх років актуалізували питання практичного запровадження дистанційного екосистемного моніторингу в Україні, особливо в районах, де вони відбувалися. На першому етапі тут доцільно здійснювати моніторинг на рівні основних таксонів екосистем за класифікацією MAES: урбоекосистеми; агроекосистеми; природні екосистеми; прісноводні екосистеми; морські екосистеми тощо.

Підрив російськими окупантами 6 червня 2023 р. Каховської ГЕС із осушенням її водосховища (площею 2155 км²) поставив перед екосистемним моніторингом нове завдання – відслідковування процесу відновлення екосистем в його осушеному ложі на рівні просторового аналізу.

Методи та матеріали

Ми використовуємо з цією метою космоснімки відкритого доступу Copernicus Sentinel missions, придатні для швидкого моніторингу динаміки площ поширення узагальнених типів екосистем, зокрема: водних (як площа водного дзеркала), суходольної рослинності, лісових (лісовкритих площ), кам'янисто-піщаних відкритого ґрунту (територій, позбавлених рослинності). Використана типологія лише на перший погляд значно відрізняється від класифікації MAES, повний збіг спостерігається стосовно прісноводних екосистем, а лісовкриті та лучні площі можуть бути віднесені до класу природних екосистем з огляду на їх піонерність в умовах незначної господарської активності через багатомісячне перебування в зоні бойових дій. Лише не вкриті рослинністю території можуть стосуватися також забудови урбоекосистем.

Аналіз космоснімків виконано із застосуванням інструментів модуля Image Classification ArcGIS 10.2.

Результати та обговорення

Для дешифрування водної поверхні використано метод із застосуванням тематичних індексів, який полягає у використанні індексів для порогових фільтрів, що дає змогу збільшити контрастність водної поверхні на тлі суші (за допомогою різниці яскравості води і суші в різних каналах супутникового зображення). Власне використано «водний» індекс NDWI



(Normalized Difference Water Index). Його застосовують для визначення об'єктів відкритих водних просторів (поверхонь) та їх виділення на супутниковому знімку на тлі ґрунту та рослинності. NDWI розраховується з використанням комбінації GREEN-NIR (видимий зелений та ближній інфрачервоний діапазони), що дозволяє виявляти незначні зміни вмісту води у водоймах. Використовуючи різницю спектральних діапазонів NIR (ближній інфрачервоний) та GREEN (видимий зелений), NDWI може посилити «присутність» водних об'єктів на супутниковому знімку. Недоліком цього індексу є чутливість до визначення будівельних конструкцій, що може призводити до переоцінки площі водних об'єктів (Інструкції з EO Browtes).

Для даних космознімку Sentinel-2 L2A він розраховується як $NDWI = (Band\ 3 - Band\ 8) / (Band\ 3 + Band\ 8)$, де Band 3 це видимий зелений канал (560 nm), а Band 8 – ближній інфрачервоний канал (842 nm). Різниця між каналами допомагає збільшити концентрацію зображень водної поверхні на знімку. А нормалізація дає змогу позбавитися великих значень пікселів і перейти до діапазону значень від 1 до -1, де 1 є водною поверхнею, а -1 – сухим ґрунтом. Причому показники присутності рослинності за цим індексом значно нижчі за показники водних об'єктів, що дозволяє легко відрізнити рослинність від водойм. Але будівельні об'єкти також мають позитивні значення NDWI від 0,0 до 0,2. Чітко визначені діапазони значень індексу NDWI відповідні таким категоріям поверхонь: 0,2–1,0 – Поверхня води; 0,0–0,2 – Підтоплення/затоплення, вологість; -0,3–0,0 – Помірна посуха, не водні поверхні; -1 – -0,3 – Посуха, не водні поверхні. Знімки серії Sentinel-2 L2A забезпечують видимий діапазон з просторовим розрізненням у 10 м на піксель. Недоліком цих знімків є хмарність, яка унеможливує дешифрування водної поверхні під хмарами. Знімки серії Sentinel-1 AWS-IW-VVVH роблять у радіометричному діапазоні, хмари для нього прозорі. Однак просторова роздільна здатність для цього діапазону значно менша, від $2,7 \times 22$ до $3,5 \times 22$ м на піксель. У видимому діапазоні відбирались знімки з хмарністю <5%. Часовий період знімків Sentinel-1 та Sentinel-2 становив від 30.06.2023 р. до 07.09.2024 р.. Причому саме знімки Sentinel-2 серії MSI використано для виявлення точних контурів водної поверхні, оскільки границя розділу вода-поверхня там чітко виявляється у діапазоні псевдокольників із застосуванням каналів Band 8 (490 nm) – R, Band 3 (560 nm) – G, Band 2 (490 nm) – B (Інструкції з EO Browtes). Радіолокаційні знімки Sentinel-1 залучено для ідентифікації водної поверхні під хмарами.

Використання каналів Sentinel-2 серії MSI з просторовим розрізненням у 10 м дає змогу одержати похибку розпізнання у 4 га на кожний піксель знімку. Знімки Sentinel-1 типу IW із роздільною здатністю 22 м у пікселі дають похибку розпізнання близько 25 га на кожний піксель. В результаті дешифрування зазначених космознімків були отримані контури та визначена площа водної поверхні на території колишнього Каховського водосховища та її оцінки на різні дати, табл. 1. Дешифрована площа водної поверхні включає здебільшого територію головного русла р. Дніпро, що відновилося, та новоутворених заплавлених озер.

Таблиця 1. Розрахована площа і частка водної поверхні в межах Каховського водосховища у 2023-24 рр.

	Дата ГІС-оцінки	Площа, км ²	% від доаварійної площі
1	01.06.2023	2155,0	100,00
2	30.06.2023	325,8	15,12
3	18.10.2023	370,9	17,21
4	01.01.2024, зимова межінь	267,53	12,41
5	31.03.2024, пік водопілля	1462,19	67,85
6	10.05.2024, водопілля спадає	785,19	36,44
7	25.05.2024, водопілля спадає	706,55	32,79
8	09.07.2024	305,73	14,19
9	23.08.2024, літня межінь	167,48	7,77
10	07.09.2024	220,93	10,25



Найменша площа водного дзеркала у ложі осушеного Каховського водосховища спостерігалася в літню межінь посушливого 2024 р. (менше 8% від його площі) та в зимову межінь 2023-2024 рр. (12,1%, на 1.01.2024 р.), а найбільша – у період весняного водопілля 2024 р. (понад 67%, на 31.03.2024 р.). Через доволі дощове літо 2023 р. тоді була практично відсутня літня межінь. Дані табл. 1 загалом засвідчують, що на осушеній території відновився близький до природного водний режим сезонно затоплюваної заплавної тераси (заплави). Умовно припускаємо, що площа власне прісноводних екосистем сьогодні відносно стабілізувалася в діапазоні 8-13%, а напівводних (сезонно і періодично затоплюваних) – 55-60% (від загальної площі ложа осушеного водосховища). Тобто маємо оцінку поширення трьох основних біотопів: водного, напівводного і переважно суходольного, затоплюваного далеко не кожного року.

Для дешифрування *ареалів рослинного покриву* (і оцінки стану його вегетації) традиційно використовують вегетативний індекс NDVI. Його значення варіюють у діапазоні від -1,0 до 1,0, де негативні значення, найчастіше вказують на наявність хмар, водної поверхні чи снігу, а значення, близькі до нуля – на скелі чи оголений ґрунт. Дуже низькі значення NDVI (0,1 і менше) можуть бути пов'язані з наявністю не вкритих рослинністю скелястих ділянок, піску або снігу чи міської забудови. Середні значення (від 0,2 до 0,3) свідчать про виявлення луків і низьких чагарників, а високі значення (від 0,6 до 0,8) – лісів помірнього або тропічного поясів (Інструкції з EO Browres).

Відповідно, дешифрування контурів *всіх типів наземної рослинності* на різні дати в процесі піонерного заростання територій колишнього Каховського водосховища було здійснено за вегетативним індексом NDVI, шляхом визначення пікселів із значенням NDVI від 0,2 до 1 та вимірюванням площі таких пікселів засобами ArcGIS 10.2. Таке значення NDVI забезпечує врахування і дерево-кущової, і трав'яної рослинності у стані вегетації із проєктивним покриттям поверхні під нею у 50% (тобто і розріджених, і суцільних луків та лісів). Результати картометричної оцінки всієї вкритої рослинністю площі за космоснімками Sentinel-2 L2A наведені в табл. 2.

Збільшення площі, вкритою всіма типами рослинності у стані вегетації, відбувалося послідовно чотири місяці 2023 р. (найбільшим темпом у липні-серпні) і в жовтні перевищило 73% (від площі суходолу). Причому посушлива погода, що встановилася у другій половині вересня – у першій половині жовтня 2023 р. не призвела до засихання і зменшення площі, вкритої зеленою рослинністю (імовірно через постійне надходження вологи з ґрунтовим стоком Дніпра). По тому вегетація поступово припинилася й до березня 2024 р., настав період зимового спокою. Новий весняний сезон закріпив позиції, досягнуті минулого року, а влітку 2024 р. площа під рослинністю продовжила зростати й на початку вересня перевищила 88,5% (від площі суходолу). Якщо й цього року буде волога і тепла осінь, вкрита рослинністю площа імовірно продовжить зростати, хоч і значно повільніше.

Таблиця 2. ГІС-оцінка (в першому наближенні) динаміки піонерного заростання території осушеного Каховського водосховища всіма типами рослинності у 2023-2024 рр. ($1 \geq NDVI \geq 0,2$)

	Дата оцінки	Площа, км ²	% від всієї площі водосховища	% за виключенням площі водної поверхні
1	05.07.2023	81,85	3,80	4,59
2	19.08.2023	707,64	32,84	39,66
3	18.09.2023	1168,38	54,24	65,55
4	18.10.2023	1307,33	60,69	73,32
5	25.05.2024	1311,48	60,86	90,54
6	09.07.2024	1604,58	74,46	86,77
7	23.08.2024	1668,55	77,43	83,95
8	07.09.2024	1713,38	79,51	88,59



Стосовно територіальних тенденцій поширення заростання, то на початку процесу (липень 2023 р.) незначна площа зарослих ділянок фіксувалася здебільшого у північно-східній та лівобережній центральній (біля м. Енергодар) частинах колишнього водосховища. Наступного місяця відбулося вибухове збільшення площі заростання, особливо у північній частині Конських і Базавлуцьких плавнів та у центральній частині колишнього водосховища. Восени 2023 р. зберігся раніше сформований територіальний розподіл. Натомість влітку 2024 р. він змінився й набув відносно однорідного характеру майже суцільного заростання осушеної площі.

Різниця між площами осушеного суходолу та зарослою всіма типами рослинності дає оцінку поширення ділянок, позбавлених рослинності ($NDVI < 0,2$). На початку вересня 2024 року їх площа становила понад 220 км², 10,24% від усієї площі колишнього водосховища та 11,41% від площі осушеного суходолу.

Застосування порогового значення $1 \geq NDVI \geq 0,6$ дало змогу визначити приблизні контури ділянок, де піднялася переважно *деревно-кущова рослинність* листяних порід. Результати картометричної оцінки за цим показником наведені в табл. 3.

Як і площа всіх типів рослинності, площа деревної рослинності послідовно збільшувалася в періоди вегетації (найбільшим темпом у липні-серпні 2023 та квітні-серпні 2024 р.). В жовтні 2023 р. площа деревної рослинності перевищила 32% осушеної поверхні та 43% від площі, зайнятої всіма типами рослинності. На початок вересня 2024 р. вона перевищила, відповідно, 47% і 59%. Це не означає, що деревна рослинність активно заміщує трав'яну, скоріше за все, таким чином було зафіксовано початок розвитку саме деревно-кущової рослинності (її ростки).

Різниця між площами заростання та деревної рослинності дає умовну оцінку поширення переважно трав'яної рослинності (заливних і суходольних луків), $NDVI = 0,2-0,5$. На початок серпня 2024 р. вона становить понад 689 км², 35,63% від площі осушеної поверхні та 40,21% від площі, зайнятої всіма типами рослинності. Її частка зменшується.

Таблиця 3. ГІС-оцінка динаміки заростання деревною рослинністю на території осушеного Каховського водосховища у 2023 р. ($1 \geq NDVI \geq 0,6$)

	Дата оцінки	Площа, км ²	% від всієї площі водосховища	% без площі водної поверхні	% від площі всієї рослинності
1	05.07.2023	18,92	0,87	1,06	23,12
2	19.08.2023	158,71	7,36	8,90	22,43
3	18.09.2023	470,41	21,83	26,38	40,26
4	18.10.2023	573,52	26,62	32,16	43,87
5	25.05.2024	705,84	32,75	48,73	53,82
6	09.07.2024	864,54	40,12	46,75	53,88
7	23.08.2024	933,03	43,29	46,94	55,92
8	07.09.2024	1024,35	47,53	52,96	59,78

Швидкому поширенню й підняттю саме лісової рослинності вербово-тополевих молодняків в ложі осушеного водосховища, крім факту збігу в часі осушення з періодом розсівання насіння цих дерев, сприяють і більш довготривалі фактори: відсутність дефіциту вологи в заплавному біотопі (підземний стік Дніпра у його заплаві та з бортів), збільшення середніх температур і періоду вегетації (зміни клімату) та практично повна відсутність господарської діяльності (зона бойового зіткнення). В результаті спостерігаємо унікальне явище – близький до природного масштабний процес відновлення заплавної екосистем із майже суцільним заростанням лісовою рослинністю в умовах відсутності тиску крупних трав'яних тварин та антропогенної дигресії.

Цей нелінійний процес далеко не закінчений, на його сезонну динаміку накладається загальна тенденція до збільшення площі рослинних угруповань, передусім лісів. Теорія стверджує, що за інших рівних умов ця тенденція матиме форму, близьку до логістичної кривої



(затухання темпу накопичення змін). Очікуємо, що подальші спостереження протягом найближчих років підтвердять це.

Висновки

1. З метою використання у складі дистанційного моніторингу відновлення екосистем в ложі осушеного Каховського водосховища ми успішно протестували методики з використанням індексів NDWI та NDVI, які з початку 1990-х років стали європейським стандартом для дешифрування і вимірювання водної поверхні та рослинності за аеро- і космознімками засобами ГІС.

2. Застосований до космознімків відкритого доступу Sentinel 1 і 2 такий підхід дає змогу оперативно відслідковувати просторову динаміку площі поширення наступних типів екосистем: прісноводних і напівводних (10,25% станом на 07.09.2024 р.), лугових (31,97%), лісових (47,53%) та оголеного ґрунту (10,24%).

3. Шляхами поліпшення точності оцінки дешифрованої площі, зокрема рослинності, є залучення космознімків з більшою роздільною здатністю та порівняння результатів ГІС-аналізу з даними наземних вимірювань і спостережень.

Список використаних джерел

1. Ільїна М.В., Лопес А.Ф. (2023) Екосистемний підхід до оцінки екологічної шкоди та збитків.// Сталій розвиток економіки. №2 (47), 2023. – С. 77-85.
2. Розроблення науково-методичних засад щодо оцінки екосистемних послуг з врахуванням необхідності виконання рішень міжнародних природоохоронних договорів. Звіт про науково-технічну продукцію за договором №74/19 від 29 серпня 2019 р. Презентація. НЛТУ України. Львів. – 55 с.
3. Інструкції з EO Browres. – Режим доступу: <https://apps.sentinel-hub.com/eo-browse>.

Пожежна безпека в лісах

Маркіна Л.^{1,2}, Жданова А., *Дідковський Є.¹

¹Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Київ, Україна

²Національний транспортний університет, Київ, Україна

vstup.dea@gmail.com

Fire Safety in Forests

Markina L.^{1,2}, Zhdanova A., *Didkovskii Ye.¹

¹State Environmental Academy of Postgraduate Education and Management, Kyiv, Ukraine

²National Transport University, Kyiv, Ukraine

vstup.dea@gmail.com

Abstract. The topic of fire safety in nature is extremely relevant in the context of global climate change and the growing anthropogenic pressure on ecosystems. The paper discusses the main causes of forest fires, their environmental impact, and effective methods of preventing and fighting natural fires. Particular attention is paid to the issues of state regulation of fire safety, the introduction of modern technologies for monitoring and early detection of fires, as well as measures to raise environmental awareness of the population. The thesis aims to develop comprehensive approaches to reducing fire risks and protecting the biodiversity of natural areas.

Keywords: safety, fire, consequences, forest, ecology.



Вступ

Лісові та степові пожежі завдають значної шкоди екосистемам, знищують біорізноманіття, спричиняють деградацію ґрунтів та викиди парникових газів. Сучасні кліматичні зміни та людська діяльність збільшують частоту та інтенсивність таких пожеж. Відсутність ефективної системи моніторингу, недостатня обізнаність населення та недосконалість заходів з профілактики створюють значні виклики для забезпечення належного рівня пожежної безпеки в природі.

Основна частина

Лісові та природні пожежі є серйозною загрозою для екосистем і біорізноманіття. Вони спричиняють знищення великих площ рослинності, втрата якої може бути незворотною, особливо для рідкісних або ендемічних видів. Пожежі призводять до втрати

лісових масивів, що виконує важливу роль у поглинанні вуглекислого газу, тим самим сприяючи збільшенню викидів парникових газів і посиленню глобального потепління.

Основними причинами природних пожеж є як природні фактори (блискавки, висока температура, засуха), так і антропогенні дії (недбале поводження з вогнем, підпали, діяльність промислових підприємств). Через зміну клімату зростає тривалість посушливих періодів, що підвищує ризик виникнення і розповсюдження пожеж (Рис. 1).

Проблема ускладнюється недостатньою ефективністю систем раннього виявлення пожеж і низьким рівнем координації між державними органами та населенням. Часто бракує ресурсів для моніторингу та швидкого реагування на пожежі у важкодоступних природних зонах. Брак освітніх програм і свідомого ставлення громадян до питань пожежної безпеки посилює проблему, оскільки велика частка пожеж спричиняється саме людським фактором.



Рис.1 Причини виникнення пожеж

Недосконалість законодавчої бази, слабка регуляція діяльності в природоохоронних зонах та невідповідність існуючих методів боротьби з пожежами сучасним викликам тільки загострюють ситуацію. В результаті пожежі не тільки завдають шкоди екології, але й мають економічні та соціальні наслідки, зокрема шкоду для сільського господарства та туризму (Рис.2).

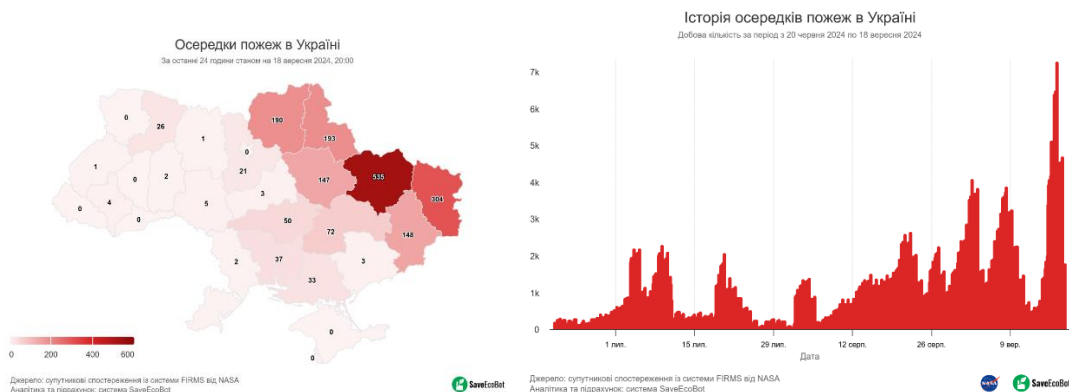


Рис 2. Осередки пожеж в Україні

Заходи щодо ліквідації лісових пожеж в Україні:

- укомплектовані до штатної чисельності бойові розрахунки лісопожежних станцій;
- розроблені оперативно-мобілізаційні плани та плани залучення сил і засобів на випадок гасіння великих пожеж в лісових масивах;
- розроблені та затверджені інструкції взаємодії між працівниками;
- застраховані життя працівників державної лісової охорони, членів ДПД за рахунок лісогосподарських підприємств галузі;
- станом на 01.07.2022 року було влаштовано 5929 км мінералізованих смуг, проведено догляд за діючими в об'ємі 10680 км, поновлено дороги протипожежного призначення;
- на випадок гасіння великих пожеж лісогосподарськими підприємствами Волинського ОУЛМГ створено запас пально-мастильних матеріалів;
- про кожен випадок лісової пожежі обласне управління одразу сповіщає Держлісагентство України та УДСНС у Волинській області.

У Чехії боротьба з лісовими пожежами здійснюється на основі передових методів та тісної співпраці між різними організаціями, включаючи рятувальні служби, добровільні пожежні бригади та військові підрозділи. Нижче наведено основні засоби боротьби з лісовими пожежами в Чехії:

- Моніторинг та прогнозування: активно використовуються сучасні системи моніторингу для виявлення пожеж на ранніх стадіях. Застосовуються супутникові зображення, дрони та наземні камери для виявлення загорянь.
- Авіаційна підтримка: Літаки та вертольоти використовуються для боротьби з великими пожежами в важкодоступних місцях. Їх застосовують для скидання води та хімічних засобів на осередки займання.
- Пожежні бригади: Добровільні пожежні команди, а також професійні рятувальники активно залучаються до гасіння пожеж. Вони мають спеціальне обладнання для боротьби з лісовими пожежами, зокрема насоси, водянні рукави та спеціальні транспортні засоби.
- Протипожежні бар'єри: Створення спеціальних бар'єрів або розчищення територій допомагає зупинити поширення вогню. Це може включати випалювання контрольованих ділянок лісу або створення захисних зон без рослинності.
- Водні ресурси: В Чехії застосовуються різноманітні способи постачання води до місця пожежі, зокрема використання водойм і спеціальних резервуарів.
- Інформаційні кампанії: Чеська влада активно проводить кампанії з підвищення обізнаності населення про правила поведінки в лісі під час посух та про способи уникнення пожеж.
- Для вирішення проблеми лісових пожеж використовуються різні підходи, які включають як технологічні інновації, так і превентивні заходи. Ось кілька цікавих ідей та методів боротьби з пожежами, які застосовуються в різних країнах:



- Прогнозування та моніторинг: Використання штучного інтелекту (ШІ) та супутникових даних допомагає передбачити ризик пожеж на основі кліматичних умов та стану рослинності. Наприклад, платформи, такі як EOSDA, використовують теплові карти для моніторингу температурних аномалій та виявлення потенційних зон займання.
- Контрольоване випалювання: Це метод, за допомогою якого вогнеборці навмисно підпалюють невеликі ділянки лісу в контрольованих умовах, щоб зменшити кількість пального матеріалу (сухих гілок, трави). Цей метод широко застосовується в Австралії та США.
- Створення протипожежних бар'єрів: У багатьох країнах впроваджуються зони зменшеної рослинності або "протипожежні смуги", що обмежують поширення вогню. Вони створюються шляхом розчищення або контрольованого випалювання навколо важливих об'єктів або населених пунктів.
- Авіаційне гасіння: Авіаційна техніка, зокрема літаки та вертольоти, може оперативно доставляти воду або спеціальні хімічні речовини до віддалених районів, де вогонь неможливо загасити з землі. Це поширена практика в Італії, Іспанії та Чехії.
- Просвітницька діяльність: Освітні кампанії серед населення щодо поведінки в умовах підвищеної пожежної небезпеки відіграють важливу роль. Вони знижують ймовірність виникнення пожеж через людський фактор, що є однією з основних причин лісових пожеж у багатьох країнах.
- Відновлення екосистем: Після пожеж активізуються програми з відновлення лісів, що передбачає висадку дерев та заходи з підвищення стійкості екосистем до майбутніх пожеж.

Висновок

Отже основними причинами природних пожеж є як природні фактори, так і антропогенні дії. Недостатньо ефективні системи раннього виявлення пожеж і низький рівень координації між державними органами та населенням.

Брак освітніх програм, недосконалість законодавчої бази, слабка регуляція діяльності в природоохоронних зонах та невідповідність існуючих методів боротьби з пожежами сучасним викликам тільки загострюють ситуацію.

Відповідно, пожежна безпека вимагає системного підходу, що включає як превентивні заходи, так і сучасні технології для виявлення та контролю пожеж. Важливу роль відіграють освітні кампанії, моніторинг ризиків та швидка реакція на загрози для збереження екосистем і мінімізації шкоди.

Список використаних джерел

1. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 2024 р. (2024) <https://idundcz.dsns.gov.ua/>
2. Зібцев С. В., Сошенський О. М., Гуменюк В. В., Корень В. А., (2019) Багаторічна динаміка лісових пожеж в Україні. <https://forestsience.com.ua/>
3. Північно-Західне міжрегіональне управління лісового та мисливського господарства. Пожежі (2022), [Online], Available: <https://nw.forest.gov.ua/>



Використання досвіду розбудови національної системи моніторингу вод для цілей екологічної діагностики забруднення ґрунтового покриву в межах «гарячих точок» водозборів

Микицей М. Т.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна

mmtecoif@gmail.com

Using the experience of developing a national water monitoring system for the purposes of environmental diagnostics of soil pollution within «hot spots» of watersheds

Mykytsei M.

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine

mmtecoif@gmail.com

Abstract. The article proposes the concept of an approach to creating a procedural and analytical framework for the organization and development of the State system of environmental diagnostics and monitoring of soil pollution by using and adaptively transferring certain elements of national experience to the system of implementation of the European Union's water legislation. Reorganization of the system of environmental diagnostics and monitoring of soil (land) pollution based on an understanding of ecological interfaces, formation of pollution risks at the level of ecosystems and landscapes involves combining these two subsystems in the state environmental monitoring system into a single complex. Using the positive and negative elements of the experience of establishing and operating the main laboratories in the system of implementing state water monitoring programs will help to avoid undesirable mistakes at the stage of implementing the soil pollution monitoring system. In addition, given the absolute interconnectedness and unidirectionality of the goals of environmental monitoring of water and soil as components of the environment, it is a necessary and rational step to expand the powers and institutional capacity of the State Agency of Ukraine for Water Resources laboratories in terms of developing the instrumental, methodological and analytical base for diagnosing soil pollution with a wide range of pollutants. Identification of critical «hot zones» at the watershed level with a high potential risk of impact on river ecosystems, which will be used to diagnose soil conditions and pollution translocation, is one of the best steps to improve ecosystem safety of land use and reduce the load of diffuse sources of pollution on aquatic ecosystems, as well as mitigate the environmental impact of the war in Ukraine.

Keywords: diagnostics of soil contamination, water and soil monitoring, landscape hotspots, water catchment processes, procedural and analytical support.

Вступ

Розуміння взаємозв'язків між землекористуванням і якістю води з точки зору ландшафту є важливим для планування та управління вододілами та здорового екологічного функціонування ландшафтів у вододілах (Lee et al, 2009). Перетворення природних середовищ існування на антропогенні ландшафти для задоволення зростаючого попиту людини на ресурси є одним із основних факторів погіршення якості води (Goldstein et al, 2012; Mello et al, 2020). Однак відсутність процедурно-аналітичних можливостей щодо виявлення широкого переліку забруднювачів, серед яких чимала кількість засобів захисту рослин (ЗЗР), що потрапляють в ґрунт унеможлиблює застосування прогностичних моделей впливу на суміжні середовища: ґрунтові, підземні та поверхневі води, та біоту. Крім того, визначення характеристик пестицидного та пост-пестицидного, повоєнного, промислового, агломераційного та інших



ксенобіотичних забруднень ґрунтів за характером утворення а також оцінка пов'язаних екологічних ризиків є основою для управлінського контролю ризиками забруднених ділянок. Інформація такого типу використовується для покращення рішень щодо виправлення ситуації. Постійний екологічний моніторинг стану та діагностика міжсередовищних транслокацій у залежній системі «ґрунти – води» є обов'язковим елементом реалізації екологічної політики держави, де ґрунт є основою ландшафтного та екосистемного упорядкування, фундаментальним інтегрованим критерієм екологічного стану довкілля, а водне середовище найчастіше зазнає прямого контактного дифузійного впливу. У багатьох європейських країнах моніторинг здійснюється на так званих «гарячих плямах» (hot spots), де стан ґрунтів оцінюється як кризовий. Ціллю та практичним значенням запропонованого концепту підходу до моніторингу та організації її процедурно-аналітичної основи є наближення термінів отримання точних та надійних аналітичних даних для обґрунтування завдань відновлення природи на тих територіях де це вкрай необхідно, зокрема в межах зон (територій) з підвищеним ризиком екосистемної небезпеки.

Методи та матеріали

Погляди, висновки та пропозиції автора викладено на основі міжтематичного опрацювання нормативно-правової бази, аналітичної звітної документації та наукової літератури за напрямками «моніторинг вод» та «моніторинг ґрунтів» в Україні. Проведено аналіз системи інструментально-лабораторного та процедурно-аналітичного забезпечення для реалізації завдань та цілей водного моніторингу в державі.

Результати та обговорення

Аналіз досвіду впровадження водного законодавства ЕС в Україні. З 2019 року в Україні запроваджуються європейські підходи до здійснення моніторингу вод відповідно до вимог Директиви 2000/60/ЄС (ВРД). Такий моніторинг здійснюється відповідно до нового Порядку, затвердженого постановою КМУ від 19 вересня 2018 року № 758, за попередньо підготовленою та затвердженою річною Програмою в частині діагностичного та операційного моніторингу поверхневих вод. Для масивів поверхневих та підземних вод (МПВ, МПЗВ) встановлено окремі процедури діагностичного, операційного, дослідницького моніторингу та моніторингу морських вод. Крім чіткого розподілу обов'язків між суб'єктами моніторингу без дублювання повноважень. Порядком введено нові показники, які в Україні до цього часу не вимірювались – пріоритетні, специфічні, гідроморфологічні та біологічні. Досвід впровадження нових для України підходів демонструє, що модернізація системи моніторингу довкілля та її технічне оснащення є складним і тривалим процесом, який потребує значних ресурсів (Ministry of Environmental Protection, 2023). Ефективність цього процесу залежить від забезпечення необхідних умов для його реалізації.

На сьогодні прогрес охоплення моніторингом масивів поверхневих вод (МПВ) становить близько 6 % від старту першої затвердженої Програми, а моніторинг масивів підземних вод (МПЗВ) не здійснюється. Це вказує на необхідність подальшого розвитку технічного потенціалу та числа лабораторій. Вкрай важливим етапом є валідація та верифікація нових аналітичних процедур, трансфер методів на нове сучасне обладнання, розвиток міжлабораторної порівняльної практики та ін. Поступове вирішення цих питань сприятиме швидшій акредитації нових лабораторій за міжнародним стандартом ДСТУ ISO/IEC 17025:2017.

У частині діагностичного моніторингу та басейнового скринінгу потенціал вітчизняних лабораторій потребує подальшого розвитку.

На сьогодні моніторинг частково здійснюється за затвердженим в Україні переліком пріоритетних забруднювачів (наказ № 45 Міністерства екології та природних ресурсів України від 06.02.2017), та за деякими специфічними забруднювачами, які були визначені в рамках разових скринінгових досліджень у басейнах Дністра, що проводились на базі Інституту навколишнього середовища Словаччини, м. Кош у 2019 році, та річкового басейну Дніпра — на базі Інституту навколишнього середовища (EI) та Національного університету Каподістрія в Афінах (NKUA) та Словацького національного центру діоксинів у Братиславі. Інформація про специфічні забруднювачі та джерела їх походження є важливим інструментом для оцінки



впливів, визначення шкоди довкіллю та розроблення заходів з її компенсації. Подальший розвиток лабораторій дозволить забезпечити можливість проведення аналізу широкого спектра забруднювачів у різних аналітичних матрицях, включаючи поверхневі та підземні води, а також ґрунти та донні відкладення.

В складі вітчизняних лабораторій, наприклад, можуть бути створені окремі відділи чи сектори для виконання таких завдань:

– вивчення та опрацювання державних та передових міжнародних аналітичних процедур для кількісного та якісного аналізу, підготовки та адаптації сучасних аналітичних методів, валідації, верифікації та контролю ефективності роботи того чи іншого методу на достатньому рівні, вивчення характеристик та особливостей використання сучасного аналітичного обладнання для різноманітних цілей в напрямку моніторингу, діагностики та контролю;

– координації та тісної міжлабораторної взаємодії для проведення підготовки хіміків-аналітиків до виконання досліджень (випробувань) у різних напрямках за поставленими методами, та аналітиків природоохоронної галузі для розвитку процедурної, науково-методичної бази, напрацювання нових ефективних швидких методів для діагностики стану водних ресурсів та інших компонентів довкілля в перспективі. Це забезпечуватиме неперервність виробничого процесу лабораторій та сприятиме їх подальшому інноваційному розвитку.

Використання досвіду для цілей побудови системи екологічної діагностики та моніторингу забруднення ґрунтів. Досвід лабораторій в системі моніторингу вод в Україні, може та повинен бути використаний для оптимізації стану та розбудови всієї системи екологічного моніторингу. Це допоможе уникнути не бажаних помилок, раціоналізувати використання часу, фінансових ресурсів, розвивати релевантні напрямки науково-аналітичної роботи для потреб держави з урахуванням їхньої не простої специфіки. Одним із найвагоміших складових досвіду в науковій площині є високий потенціал для реалізації цілей організації та проектування розбудови екологічної діагностики забруднення ґрунтового покриву наприклад в межах «гарячих точок» водозборів, що відповідатиме міжнародним підходам до діагностування вливу дифузного забруднення та управління ним.

На базі головних лабораторій Державного агентства водних ресурсів України можуть бути напрацьовані відповідні підходи та ефективні аналітичні процедури, які стануть надійною та перевіреною основою для екологічного моніторингу забруднення ґрунтів в системі водозбірних (басейнових) процесів: педотрансферу та міграції ксенобіотиків від периферії басейну, тобто від вододілу до прибережної зони водотоку. Концепт-модель даного підходу представлено на рис.1. Екологічний моніторинг забруднення ґрунтів (земель), який на разі не виконується є інституційно неспроможним та потребує абсолютної реорганізації може бути розвинений саме на базі розуміння міжсередовищних зв'язків, формування ризиків забруднення на рівні екосистем та ландшафтів. Підходи та аналітичні процедури призначені для їх виконання можуть мати безперешкодне опертя на сучасні лабораторно-аналітичні та польові практики, використання принципів «зеленої аналітичної хімії» та наближення аналітичних процедур до суті процесів, які відбуваються в довкіллі.

Розбудова національної системи моніторингу довкілля на базі такого концепту дозволить реалізувати більшість цілей сталого екологічного управління земле-та водокористуванням в Україні у майбутньому, цілей захисту басейнів річок, ландшафтів і екосистем від забруднення та надмірного впливу різних видів та практик землекористування, наприклад екстенсивної сільськогосподарської практики, чи неконтрольованого в екологічному контексті розвитку урбанізованих територій (будівництва у передмістях), що має інтенсивний, постійний та незворотний вплив на місцеві екосистеми води і суші. Виокремлення критичних «гарячих» зон з високим потенційним ризиком, як зон в межах водозборів річок призначених для діагностики стану ґрунту в частині міжкомпонентного контактного впливу забруднення є одним із надійних способів досягнення високих цілей екологічного розвитку та потребує детального наукового опрацювання.



Рис. 1. Концепт-модель підходу до створення процедурно-аналітичної основи системи державної екологічної діагностики та моніторингу забруднення ґрунтів (земель) на базі адаптивної екстраполяції досвіду державного моніторингу вод

Висновки

Дослідження та оцінювання фактів накопичення забруднюючих речовин у ґрунтах внаслідок безпрецедентного впливу сільського господарства, урбанізації, бойових дій та ін., їх трансферу у ґрунтові та поверхневі води повинна проводитись на підготовленій надійній інструментально-лабораторній та процедурно-аналітичній основі. Створення цієї основи з використанням запропонованого концепту із врахуванням як позитивних так і негативних елементів вітчизняного досвіду є невід'ємним фундаментальним критерієм ефективності майбутньої національної системи екологічного моніторингу в частині попередження та ліквідації загроз пов'язаних з дифузійним впливом на масиви поверхневих і підземних вод та захисту довкілля шляхом підвищення рівня екосистемної безпеки територій.

Список використаних джерел

1. de Mello, K., Taniwaki, R. H., de Paula, F. R., Valente, R. A., Randhir, T. O., Macedo, D. R., ... & Hughes, R. M. (2020). Multiscale land use impacts on water quality: Assessment, planning, and future perspectives in Brazil. *Journal of Environmental Management*, 270, 110879.
2. Goldstein, J. H., Caldarone, G., Duarte, T. K., Ennaanay, D., Hannahs, N., Mendoza, G., ... & Daily, G. C. (2012). Integrating ecosystem-service tradeoffs into land-use decisions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(19), 7565-7570.
3. Lee, S. W., Hwang, S. J., Lee, S. B., Hwang, H. S., & Sung, H. C. (2009). Landscape ecological approach to the relationships of land use patterns in watersheds to water quality characteristics. *Landscape and urban planning*, 92(2), 80-89.



Проблеми сучасної системи екологічного моніторингу в Україні

Панченко О.Г.

НЕК «Укренерго», Київ, Україна

Panchenko.OH@ua.energy

Problems of the Modern System of Environmental Monitoring in Ukraine

Panchenko O.H.

NPC "Ukrenergo", Kyiv, Ukraine

Panchenko.OH@ua.energy

Abstract. The article is devoted to the analysis of the current state of environmental monitoring in Ukraine. The presence of innovative technologies and approaches to the assessment of the state of the environment, as well as practical aspects of the implementation of environmental programs, are assessed. Prospects for the development and improvement of monitoring systems are discussed. Special attention is paid to the analysis of the effectiveness of these methods in the context of environmental protection and sustainable development.

Keywords: environment, monitoring, analys, sustainable, innovative technologies.

Вступ

Екологічний моніторинг є важливим інструментом для збереження довкілля та забезпечення сталого розвитку. В Україні, як і в багатьох інших країнах, існують значні виклики, пов'язані з забрудненням повітря, води та ґрунтів, що потребують ефективних заходів моніторингу та відновлення.

Метою цієї доповіді є розгляд та систематизація принципів та підходів до планування і впровадження комплексних заходів з відновлення екосистем, а також аналіз досвіду європейських держав у цій сфері. Особлива увага приділяється необхідності проведення післяпроектного моніторингу згідно з висновками оцінки впливу на довкілля.

Основна частина

Основною ефективного екологічного моніторингу має стати систематичність, комплексність та наукова обґрунтованість. Планування та впровадження моніторингових заходів має спиратися на використанні сучасних технологій, таких як дистанційне зондування, геоінформаційні системи (ГІС) та автоматизовані системи збору даних. Наприклад, було б дуже ефективним поєднання таких даних, як інтерактивна карта парків і заповідників України (<https://wownature.in.ua/karta/>) (Рис. 1) та онлайн карти електричних мереж (<https://api.visicom.ua/uk/posts/mapofukrelektionatwork>) (Рис. 2) між собою для можливості оцінки впливів від ліній НЕК «Укренерго».

З корпоративного досвіду НЕК «Укренерго» впровадження системи післяпроектного моніторингу в тому числі і на підставі вимог, які висувуються в висновках з оцінки впливу на довкілля для відтворення державної системи моніторингу та моніторингу приватизованих підприємств основних секторів економіки, таких як промисловість, транспорт, енергетика і сільське господарство є оптимальним рішенням.

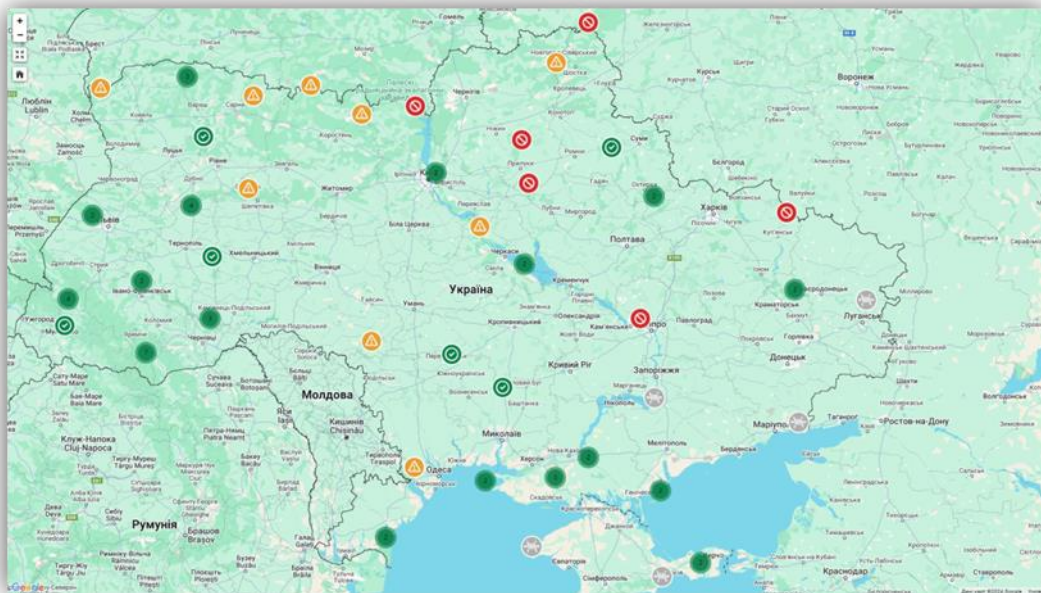


Рис.1. Інтерактивна карта парків і заповідників України



Рис.2. Інтерактивна карта парків і заповідників України

Обов'язковими складовими системи моніторингу є

1. Моніторинг якості повітря. Вимірювання концентрації забруднюючих речовин, таких як діоксид сірки, оксиди азоту, пил та інші забруднювачі.
2. Моніторинг якості води. Оцінка фізичних, хімічних і біологічних характеристик водних ресурсів, включаючи річки, озера, водосховища.
3. Моніторинг ґрунтів. Аналіз складу, структури та забрудненості ґрунтів, а також оцінка їх родючості.
4. Моніторинг біорізноманіття. Спостереження за змінами в чисельності та складі видів флори і фауни в певних екосистемах.
5. Моніторинг екосистем. Оцінка стану та функціонування екосистем, виявлення змін в їхній структурі та динаміці.



6. Моніторинг клімату. Вивчення змін кліматичних умов, включаючи температуру, вологість, опади та інші параметри.

7. Моніторинг використання природних ресурсів. Аналіз ефективності використання ресурсів (лісів, води, корисних копалин) та їхнього впливу на довкілля.

8. Моніторинг відходів. Оцінка обсягів та складу відходів, а також ефективності їхнього управління і переробки.

9. Моніторинг екологічних ризиків. Виявлення і оцінка потенційних екологічних загроз, таких як забруднення, ерозія, стихійні лиха.

10. Моніторинг уразливих екосистем. Спостереження за станом екосистем, які піддаються високому ризику, наприклад, wetlands, гірські райони, зони з високим рівнем забруднення.

Важливість здійснення післяпроектного моніторингу полягає в оцінці впливу проектів, що реалізують плановану діяльність підприємств на довкілля та можливості і необхідності усунення негативних наслідків у разі виявлення неефективних заходів. Обов'язковість проведення моніторингу протягом визначеного періоду після завершення проекту є невідомою вимогою щодо післяпроектного моніторингу. Наразі вже існують приклади успішного післяпроектного моніторингу проектів з будівництва доріг та промислових об'єктів, де було виявлено та усунуто негативні впливи на довкілля.

Також стратегічно важливим для збереження довкілля держави є планування та реалізація заходів з відновлення екосистем. Для цього необхідно приділити увагу розробці та впровадженню відновлювальних заходів, а також моніторинг їх ефективності.

Україна є учасником більше ніж 50 міжнародних конвенцій та угод, і це вимагає від неї підтвердження достовірності інформації щодо стану навколишнього середовища, яка використовується та необхідна для прогнозування його змін. Тому існуюча система моніторингу, у тому числі і для оцінки транскордонного забруднення, має розвиватись з врахуванням європейських вимог.

Об'єктивна інформація про стан навколишнього природного середовища впливає не тільки на об'єктивний моніторинг довкілля але ще й формує політику для розвитку національної економіки, забезпечення життєдіяльності населення та напрямки з охорони його здоров'я. Слід зауважити, що з часу отримання незалежності України необхідних зусиль спрямованих на збереження, розвиток та вдосконалення державної системи моніторингу довкілля необхідних зусиль не докладалось, через постійні економічні труднощами і бюджетні обмеження. Взаємозв'язок між установами і міністерствами, які відповідають за моніторинг довкілля не налагоджений. Поліпшити якість інформації та існуючу звітність, що може бути використана для вказаних потреб дуже складно через постійні зміни та реорганізації, що відбуваються міністерствах і відомствах.

У даний час не проводиться належний моніторинг впливу на навколишнє середовище приватизованих підприємств основних секторів економіки, таких як промисловість, транспорт, енергетика і сільське господарство.

Проблеми Державної системи моніторингу довкілля (Моніторинг..., 2023 р.):

- Відсутність процедури формування запиту на інформацію екологічного моніторингу та відсутність або ж низький рівень використання інформації державної системи моніторингу довкілля для прийняття управлінських рішень.

- Низький рівень координації, взаємодії та комунікації між суб'єктами державної системи моніторингу.

- Застаріла матеріально-технічна база державної системи моніторингу

- Недосконалість та неузгодженість між центральними органами виконавчої влади регламентів проведення спостережень за станом довкілля

- Необхідність перегляду (оптимізації) розміщення постів спостережень.

- Нестача кваліфікованих та мотивованих кадрів.

- Застарілість законодавства України в сфері моніторингу довкілля та низький рівень його адаптації до вимог Директив ЄС.



- Недостатнє фінансування державної системи моніторингу з державного бюджету України та недостатнє залучення коштів з інших джерел фінансування
- Відсутність єдиного ресурсу, що надає доступ до первинних даних моніторингу довкілля, агрегованих з різних джерел.

Однією з головних проблем як державної системи моніторингу довкілля, так і власне системи природоохоронного управління є відсутність або ж ненадійність взаємозв'язку між ними. Це є корінною причиною неефективності державної системи природоохоронного управління, адже вона або ж не потребувала моніторингової інформації, або ж потребувала її для надзвичайно обмеженої кількості заходів (наприклад, для підготовки Доповіді про стан навколишнього природного середовища). Підготовка законодавчих і правових актів, державних цільових програм, іншої регуляторної та регламентуючої інформації не брала за основу використання даних про стан довкілля. Інформаційні потреби управління природоохоронною галуззю до цього часу не вивчені Програми моніторингу МОЗ, гідрометеорологічної служби, Держводагентства, та інших суб'єктів екологічного моніторингу залишаються незмінними протягом 30-50 років, змістовна частина вказаних відомчих програм моніторингу теж не змінювалась. В Україні не розроблялись Стратегії моніторингу довкілля, які б брали за свою основу визначені інформаційні потреби управління, хоча в країнах ЄС такі стратегії є звичною практикою і оновлюються кожні що 5 - 6 років. (Шевчук, 2011)

Використання досвіду європейських держав, таких як Німеччина та Нідерланди, допомагає підвищити ефективність відновлювальних заходів. Огляд практик екологічного моніторингу в Європі показує, що успішні програми базуються на інтегрованому підході, що включає участь громадськості, використання передових технологій та міждисциплінарний підхід. Порівняння підходів та результатів показує, що європейські країни досягли значних успіхів у зниженні рівня забруднення та відновленні екосистем. Впровадження європейських стандартів в Україні сприятиме підвищенню ефективності екологічного моніторингу. (Національна..., 2008).

Суттєвою перешкодою для розвитку та удосконалення системи моніторингу в Україні є брак спеціально призначених фінансових ресурсів. Через це на сьогоднішній день технічне обладнання стало застарілим і потребує оновлення. Для ефективного збору, аналізу та обміну даними необхідно впровадження сучасних комп'ютерних систем.

Цю проблему можна вирішити, збільшивши доходи від екологічного податку та компенсацій від підприємств за завдані збитки. Ці кошти повинні бути направлені на розвиток системи моніторингу навколишнього середовища через спеціальну бюджетну програму. Це, в свою чергу, спонукатиме забруднювачів зменшувати шкідливі викиди та скиди, скорочувати кількість відходів і раціональніше використовувати природні ресурси.

Також необхідно законодавчо встановити, що підприємства, діяльність яких може погіршити екологічну ситуацію, повинні регулярно моніторити свій вплив на довкілля та автоматично передавати безкоштовну інформацію до національної системи моніторингу.

Висновки

Регулярний екологічний моніторинг дуже важливий для захисту навколишнього середовища та сталого розвитку. Використання сучасних технологій і досвіду Європи допомагає зробити моніторинг більш ефективним. Після реалізації проектів цей моніторинг має стати постійною складовою роботи.

Для покращення системи екологічного моніторингу в Україні потрібно більше використовувати сучасні технології та покращити співпрацю між різними відомствами. Впровадження європейських стандартів зробить моніторинг ефективнішим і сприятиме сталому розвитку країни.

З урахуванням усього вищезазначеного можна зробити **загальний стратегічний висновок** – Уряду України необхідно створити та забезпечити функціонування нової сучасної інфраструктури Національної системи екологічного моніторингу довкілля на засадах інтеграції об'єктових, відомчих і регіональних систем у єдину систему, удосконалити усі складові елементи діючої системи (загальний, кризовий та фоновий моніторинги) і доповнити її



підсистемою громадського моніторингу довкілля, поліпшити якість діяльності системи на основі сучасних інформаційно-комунікаційних технологій. (Основні..., 1998).

Список використаних джерел

1. https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/02/Monitoring-Green-Paper_15_02_2022.pdf
2. Основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки / Затверджено Постановою Верховної Ради України від 5 березня 1998 року № 188/98-ВР. К., 1999. 92 с.
3. Національна екологічна політика України: оцінка і стратегія розвитку. К.: ПРООН, 2008. 184 с.
4. Шевчук Ю.В. Політика розвитку соціо-природних систем. К.: Геопринт, 2011. 112 с.

Leveraging Remote Sensing and GIS for Monitoring Land-Use Dynamics and Environmental Management

Pavliukh L., *Ratushniuk L.

National Aviation University, Ukraine

lesia.ratushniuk02@gmail.com

Abstract. Remote research methods are crucial to humanity's ongoing efforts to address global challenges such as climate change, natural disasters, deforestation, and urbanization. The significance of remote sensing and monitoring extends to even the smallest regions, where they offer a level of precision and consistency that traditional fieldwork might miss. In agriculture, for instance, remote sensing can monitor soil moisture levels and crop health, ensuring that farmers can optimize water usage and prevent crop failures. Similarly, in conservation efforts, remote sensing helps monitor deforestation and wildlife populations in hard-to-reach areas, providing real-time insights that guide preservation strategies. Remote sensing data and GIS were used to map affected areas, helping rescue teams prioritize their operations and quickly deliver aid to the most devastated regions. This data-driven approach significantly improved the efficiency of disaster response, demonstrating the life-saving potential of these technologies. In conclusion, the integration of remote research methods into a wide range of fields showcases their effectiveness in both large-scale and localized applications. These technologies provide critical insights that enhance preparedness, improve resource management, and prevent disasters, proving that their importance to humanity will only continue to grow as they become more sophisticated and widespread.

Keywords: land-use dynamic, sentinel-2 imagery, environmental monitoring, cloud-masking algorithms, sustainable development

Introduction

Fastivska region, located in the Dnipro Upland in western Kyiv region, covers 897 km² and had a population of 30,700 in 2018. The administrative center is Fastiv. The climate is moderately continental, with warm summers and cold winters. The average temperature is +6.7°C, ranging from -6°C in January to +2°C in July, with extremes from -33°C to +38°C, which can affect crops. The frost-free period lasts about 160-170 days, and the growing season runs from mid-April to late October.

The region receives an average of 560 mm of rainfall annually, peaking in June and July, but often experiencing dry spells in August, impacting agriculture. Winters see snow depths of 10-22 cm and frequent rain, which can create an ice crust harmful to crops. Humidity peaks in fall and winter at 80-85%, with occasional dry spells. Despite a positive moisture balance, high evaporation can lead to



droughts. Each season has distinct conditions, with unstable springs, warm summers with heavy rains, mild autumns, and mild winters with thaws and snowfalls.

Methods and Materials

The Dynamic World satellite dataset provides researchers and decision-makers with precise, near-real-time monitoring of land-use and land-cover (LULC) changes using Sentinel-2 L1C imagery. Updated every 2 to 5 days, it tracks environmental shifts in forests, farmland, urban areas, and water bodies.

With detailed classification across nine land cover types – such as water, trees, crops, and built-up areas – the dataset uses advanced cloud-masking algorithms to ensure reliability. It captures fine-scale changes by assessing probabilities for each land cover, though some regions may be harder to classify with certainty.

This tool is invaluable for studying ecosystem changes, deforestation, and climate impacts. It also supports urban planning, agricultural management, and conservation efforts, empowering users to make informed decisions for sustainable development and environmental protection. After some manipulation in program ArcGIS we can receive reclassified picture. After we will convert this picture to polygons and calculate area of each type of cover.

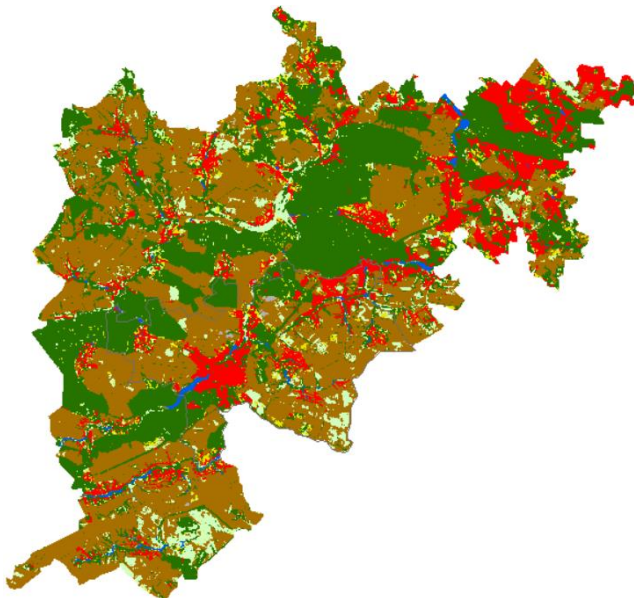


Fig. 1.1 Reclassified picture (2022)

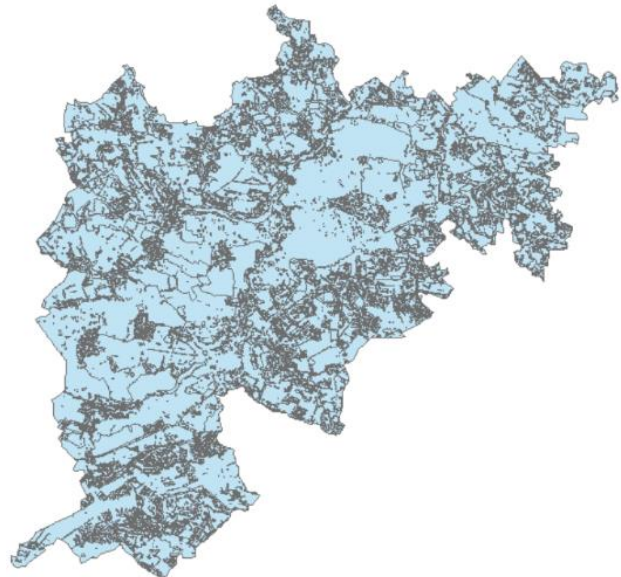


Fig. 1.2 Reclassified image translated into polygons

Results and Discussion

Considering the speed of successions caused both artificially and naturally. We can calculate the surface coverage area of the Fastiv district, to improve the visibility of the dynamics of change.

Using these indicators, we can assess how landscape intensity shifts and identify patterns. For instance, in 2017, a decline in forest and grass cover corresponded with an increase in wetlands. Conversely, when tree cover expands, wetlands tend to decrease.

The reduction in forest and grass cover likely alters hydrological conditions, allowing more surface water to accumulate, forming wetlands. This might be due to factors like reduced rainfall and increased soil erosion, which impact water runoff patterns.

In contrast, increased tree cover enhances soil water absorption and evaporation, reducing surface water and consequently shrinking wetlands. The deep roots of trees improve soil structure and its water-holding capacity, minimizing wetland formation.

The classification of land cover types is essential for understanding ecosystems and managing landscapes in northern Ukraine. Each of the nine land cover types plays a unique role in ecosystem health and sustainability:



Table 1. Area covered by each of the landscapes (ha)

Years	Water	Trees	Grassland	Wetlands	Arable land	Shrubs/shrubs	Buildings	Barren land
2016	1777,62	67394,8	13418,5	146,888	58142,8	8881,69	21803,4	986,436
2017	1759,22	60799,7	5712,64	314,571	75072,9	7076,58	21860,6	771,040
2018	1774,84	69619,3	9583,16	157,609	64743,4	5104,56	22160,5	223,567
2019	1760,04	63237,7	10115,9	97,6562	64386,9	11725,3	21660,8	382,051
2020	1728,03	62396,6	10738,2	181,097	68423	4212,81	22086,5	102,431
2021	1762,17	63203,1	9441,45	146,805	73381,	3364,27	21913,2	145,545
2022	1642,89	62460,6	10722,8	187,024	71575,4	5055,73	21487,6	234,985
2023	1790,97	62837,3	10357,7	154,971	71455,4	3626,76	22615,2	477,757

Geographic Information Systems (GIS) can play a critical role in managing and regulating various land cover types to enhance environmental sustainability and ecosystem health. Here's how GIS can help regulate these areas:

1. Water bodies (rivers and lakes): monitor water quality, track riverbank erosion, assess flood risks, and manage water resources for human use and aquatic ecosystem health.
2. Tree cover (forests, forest strips, and city parks): track deforestation and afforestation, plan reforestation projects, monitor biodiversity, and manage urban green spaces to optimize air quality and heat reduction.
3. Grass cover: map grassland health, assess soil stability, regulate grazing areas, and monitor water runoff and carbon sequestration potential.
4. Wetlands: identify wetland boundaries, monitor water levels, assess flood regulation capabilities, and protect biodiversity by mapping sensitive species.
5. Plowed land: monitor crop health and yields, manage irrigation and soil erosion, plan crop rotation strategies, and optimize land use for sustainable agriculture.
6. Shrubs and bushes: map vegetation types and distributions, plan conservation efforts for wildlife habitats, and monitor soil stabilization in varied landscapes like hedgerows or forest edges.
7. Buildings: manage urban expansion, optimize land use for infrastructure planning, and assess the environmental impact of built environments, such as heat islands or air pollution.
8. Bare lands: monitor soil erosion, plan land restoration or rehabilitation projects, and assess the ecological potential for replanting or afforestation efforts.

Conclusions

By using GIS to map, monitor, and analyze these land cover types, we can develop informed strategies for conservation, sustainable land use, and disaster mitigation, ensuring the resilience of both natural ecosystems and human communities.

The integration of remote sensing and GIS technologies has become indispensable for modern environmental monitoring, allowing for comprehensive analysis of global challenges like climate change, deforestation, and urbanization. These tools provide precise, real-time data on land-use and land-cover (LULC) dynamics, as seen with the Dynamic World satellite dataset. Researchers can track environmental changes in forests, farmlands, and water bodies with updates every 2 to 5 days, enabling quick responses to environmental shifts. GIS applications help manage and regulate various landscapes, from monitoring water bodies and forests to optimizing agricultural land and urban planning.

In Fastivska region, for instance, these technologies help track landscape transitions, such as how reductions in forest and grass cover lead to increased wetlands, or how expanding tree cover reduces wetland areas due to improved soil water absorption. By leveraging these tools, policymakers and land managers can make informed decisions to promote sustainability, conservation, and disaster mitigation efforts. The ability to monitor ecosystems in real time ensures that both natural environments and



human activities can coexist while maintaining ecological balance. As these technologies evolve, their role in guiding global and localized environmental strategies will continue to grow in importance.

References

1. Dudar T.V. (2014). Landscape Ecology. Manual. K. NAU. – 244 p.
2. Kharytonov M., Pashova, V., Lemyshko, S., Yevgrashkina, G., & Titarenko, O. (2021). Geospatial Assessment of the State of the Samara River Floodplain in the Area of Coal Mining in Western Donbas. *Agrology*, 4(2), 93-97. <https://doi.org/10.32819/021012>.
3. <https://gromada.info/gromada/fastivska/> - Fastiv community
4. Lazarieva, O., Vakar, K. and Platonova, K. (2019), "The objective need to implement gis technologies in the land management system", *Agrosvit*, vol. 22, p. 48–53.
5. Gis technology as a mechanism of management of land resources in conditions of climate transience / D. V. Sterlev, I. S. Pipchenko / IV International Scientific and Practical Conference "Impact of Climate Change on the Spatial Development of the Earth's Territories: Consequences and Solutions" (June 10-11 2021). 103-105 p.
6. T. V. Dudar, O.V. Titarenko, L. A. Ratushniuk 2023: XXIII International Scientific and Practical Conference "Ecology. Man. Society". P. 207-209
<http://ecoconference.kpi.ua/article/view/291686>

Основні принципи побудови системи екологічного моніторингу Чорнобильської зони відчуження

*Сидоренко В. Л., Бикова О. В., Демків А. М.

Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, м. Київ, Україна

v.sydorenko@idundcz.dsns.gov.ua

Basic Principles of the Structure of Environmental Monitoring's System of the Chernobyl Exclusion Zone

*Sydorenko V. L., Bykova O. V., Demkiv A. M.

Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Kyiv, Ukraine

v.sydorenko@idundcz.dsns.gov.ua

Abstract. The main principles of the structure of the environmental monitoring's system of the Chernobyl Exclusion Zone are shown. They consist of the complex automation of all processes related to the collection, accumulation and maintenance of the various information and ensuring its further processing on the basis of the modern information technologies. Information about the contours of fires of different types and the density of radionuclide contamination of the territory will allow to estimate the content of radionuclides in the fuel material and the resulting surface specific volumetric activity of radionuclides for different types of fires, as well as the expected effective radiation doses of firefighting participants and the radiological danger of secondary atmospheric transfer of radionuclides to nearby areas to the territory fire.

Keywords: environmental monitoring, Chernobyl zone, satellite system, fire, Earth remote zoning.

Вступ

Зростання антропогенного впливу на довкілля призводить до збільшення кількості аварій та екстремальних природних явищ: пожеж, повеней, ураганів тощо. Традиційний спосіб



отримання інформації про стан пожежонебезпечних об'єктів і навколишнього середовища, що здійснюється наземними службами, не завжди забезпечує необхідну оперативність оновлення даних. Техніко-економічна потреба створення системи дистанційного екологічного моніторингу Чорнобильської зони з метою надання необхідної інформаційної бази вже доведено досвідом світового співтовариства. Зона відчуження і зона безумовного (обов'язкового) відселення (далі – зона відчуження) є частиною території, що зазнала найбільшого радіоактивного забруднення внаслідок Чорнобильської катастрофи, з особливою формою управління, землі якої виведені з господарського обігу. Найбільш високі рівні густини забруднення ^{90}Sr , ^{137}Cs , $^{238-241}\text{Pu}$ і ^{241}Am територій спостерігаються у ближній 30-ти кілометровій зоні відчуження, 65% якої нині вкрито лісами, в яких переважає сосна звичайна (64%) і береза (23%).

На 2024 рік у зоні відчуження офіційно зафіксовано майже півтори тисячі природних пожеж різного типу, важкості і масштабів, що завдають значного збитку людині та оточуючому їй середовищу. Негативними радіаційними наслідками лісових пожеж є погіршення захисних, водоохоронних та інших корисних властивостей лісу, знищення корисної фауни, загибель масивів кошових порід дерев, переривання природного процесу лісо- і ґрунтоутворення, радіоактивне забруднення прилеглих населених пунктів у результаті переносу радіонуклідів продуктами згоряння, забруднення рік, озер унаслідок змиву у них продуктів згоряння, загибель сільськогосподарських культур тощо. Тому є дуже важливим як ретельне вивчення цього природного явища, так і його моніторинг.

Методи та матеріали

Головна мета створення системи екологічного моніторингу зони відчуження і навколишньому середовищі полягає у комплексній автоматизації всіх процесів, пов'язаних зі збором, накопиченням і веденням різноманітної реєстраційної інформації та забезпеченні можливості її подальшої обробки на основі сучасних інформаційних технологій. Застосування космічних знімків високої роздільної здатності та сучасних програмних засобів обробки, використання мобільних комплексів дозволяють отримати інформацію про надзвичайні ситуації, створити базу даних з цифрових тематичних карт і статистичних даних різного рівня. В перспективі може бути створена єдина автоматизована система управління, що буде охоплювати всі ланки управління моніторингом, яка дозволить підвищити якість і оперативність екологічного моніторингу.

Одним з перспективних методів проведення моніторингу є дистанційний, що базується на основі комплексного використання космічних систем спостереження (Сидоренко та ін., 2017; Азаров та ін., 2016; Задунай і Азаров, 2017). Сьогодні існують три супутникові системи GPS, GLONAS і GALILEO, можливості яких стали основою для комплексного екологічного моніторингу територій та прогнозування її стану. Система моніторингу повинна в інформаційному плані забезпечити організацію необхідних інформаційних потоків (космічних знімків) та покращити спостереження за основними процесами у техносфері й біосфері.

З використанням космічних знімків можна отримувати інформацію щодо моніторингу лісових, торф'яних і степових пожеж, стану рослинності і водної поверхні на певних територіях із значним техногенним навантаженням із змінами спектральних характеристик, динаміки змін лісів, водойм та біорізноманіття, відстеження переформування берегів водних артерій та узбережжя морів, моніторингу змін площ звалищ, розмірів кар'єрів, моніторингу паводків та підтоплень на своїй території та території суміжних держав. Використання космічної інформації дистанційного зондування Землі (далі – ДЗЗ) для забезпечення потреб лісового господарства здійснюється за такими основними напрямками: контроль за знищенням лісів (збезлісенням), інвентаризація лісу (визначення типів лісонасаджень і домінуючих порід, оцінка запасів лісоматеріалів, вимірювання загальної площі і кількісна оцінка біомаси, картографування лісів, виявлення значних пошкоджень лісових масивів (оцінка шкоди, завданої лісовим масивам, вивчення водного режиму лісових масивів), лісівництво (виявлення безконтрольних вирубок лісу, вирубної динаміки; контроль ураження дерев комахами та пестицидами; виявлення і спостереження лісових пожеж, контроль за посадками дерев на місці пошкоджених тощо).



Результати та обговорення

Система моніторингу пожеж у зоні відчуження розглядається як система спостережень, збору, обробки, передачі, збереження та аналізу інформації про пожежний стан, прогнозування його змін і розробки науково обґрунтованих рекомендацій для прийняття рішень про запобігання негативним впливом на довкілля та дотримання вимог техногенно-екологічної безпеки. За допомогою системи екологічного моніторингу зони відчуження виявляються критичні ситуації, виділяються критичні чинники впливу на довкілля й найбільш чутливі до антропогенного впливу елементи екосистем (Сидоренко та ін., 2015).

Для прийняття раціональних управлінських рішень необхідною умовою є наявність якісного телекомунікаційного (інформаційного) забезпечення за динамікою різноманітних показників, що характеризують пожежний стан зони відчуження і навколишнього середовища. Дистанційний екологічний моніторинг у сучасному розумінні можна розглядати як аналітично-інформаційну телекомунікаційну систему, що охоплює різні напрями: спостереження за пожежним станом і чинниками, які впливають на окремі елементи довкілля, оцінка та аналіз стану всіх складових довкілля, прогнозування протипожежного стану і навколишнього середовища та оцінки їх безпечного стану, забезпечення науково-інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень.

Аерокосмічні системи спостереження Землі забезпечують отримання інформації без якої неможливе вирішення різноманітних соціально-економічних та природоохоронних завдань. Перевагами космічних методів дослідження земної поверхні є масштабність огляду, можливість отримання глобальної і локальної інформації про природні й господарські об'єкти, регулярність спостереження Землі як системи для кращого розуміння глобальних процесів, прогнозування і мінімізації несприятливих наслідків природних і техногенних явищ та катастроф. Висока оперативність і можливість роботи з інформацією у реальному масштабі часу дозволяють вирішувати особливо актуальні нині завдання екологічного моніторингу. Близько 80% індикаторів стану потенційно небезпечних об'єктів і навколишнього середовища можуть визначатися за допомогою інформації ДЗЗ. Головними сучасними тенденціями розвитку ДЗЗ є розширення залучення матеріалів гіперспектральної зйомки (до сотні каналів) високої геометричної здатності (до 1 м) в оптичному, тепловому і радіохвильовому діапазонах для вирішення питань раціонального природокористування та створення міжнародних угруповань космічних апаратів ДЗЗ для підвищення періодичності і зниження вартості робіт з космічного моніторингу пожежного стану та екосистем з метою оперативного виявлення й прогнозування природних і техногенних катастроф, екологічних і кліматичних змін.

Всі ці напрями та чинники об'єднує загальна проблема розробки та впровадження системи дистанційного екологічного моніторингу Землі в інтересах попередження надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. Управління процесом обміну інформацією у мережі системи дистанційного моніторингу може бути розділене на управління інтенсивністю переданих по мережі інформаційних потоків і розподіл цих потоків по мережі. Процедури керування інтенсивністю інформаційних потоків повинні забезпечувати функціонування мережі без перевантажень за рахунок компромісу між часом доставки інформації та обмеженням трафіку. В цьому разі розрізняють управління інтенсивністю, що входить у мережу потоків, сформованих вузлами мережі. Розподіл інформаційних потоків по мережі здійснюється або на основі управління структурою мережею (характеристиками каналів), або за допомогою управління шляхами (маршрутами) передачі інформації по мережі без зміни її структури. В загальному випадку управління процесом обміну інформацією у мережі може бути прив'язане до процедури маршрутизації тільки за порівняно невеликими інтенсивностями, що входять у мережу інформаційних потоків. Під час збільшення цих інтенсивностей виникає можливість перевантаження мережі, внаслідок чого з'являється необхідність в обмеженні потоків інформації. Для ДЗЗ зазвичай використовуються два основних типи супутників: геостационарні і полярноорбитальні. Якщо перші штучні супутники Землі (далі – ШСЗ) постійно забезпечували огляд однієї і тієї ж частини планети, зберігаючи незмінне положення щодо певної точки на екваторі, то другі, що знаходяться на орбіті, площина якої приблизно перпендикулярна до



площини обертання Землі, через певний період часу (тривалість залежить від ширини смуги огляду ШСЗ) виявляються над заданим районом спостереження. Знімальна апаратура ДЗЗ, що встановлена на супутнику, може працювати у чотирьох основних діапазонах: ультрафіолетовому, видимому, інфрачервоному та мікрохвильовому. Тільки у цих областях спектру земна атмосфера прозора для електромагнітних хвиль. У видимому діапазоні датчики реєструють відбите від земних покривів сонячне випромінювання, що пройшло через атмосферу. В інфрачервоному діапазоні превалює власне теплове випромінювання поверхні Землі. У мікрохвильовому діапазоні використовують власне випромінювання планети або відбиті сигнали штучних джерел опромінення, встановлених на борту ШСЗ. Можливості апаратури дистанційного зондування у різних спектральних діапазонах істотно розрізняються: оптичні дають найбільш якісні, звичні для спостерігача кольорові зображення з високою роздільною здатністю, синтезовані з декількох монохроматичних знімків. Інфрачервону зйомку можна проводити у темний час доби, спостерігаючи температурні аномалії поверхні, а для специфічних випадків зондування у мікрохвильовому діапазоні не є перешкодою навіть хмарний покрив.

Найважливішими характеристиками формованого зображення є просторова та радіометрична (яскравісна, температурна) роздільні здатності знімальної апаратури. Просторова роздільна здатність залежить від довжини хвилі прийнятого випромінювання, діаметра об'єктива (у разі радіолокаційного спостереження – розмірів апертури антени) і висоти орбіти. Радіометрична роздільна здатність визначається, насамперед, шириною динамічного діапазону використовуваного датчика, тобто кількістю рівнів дискретизації, відповідних переходу від яскравості абсолютно «чорного» до «білого». Система дистанційного моніторингу повинна враховувати особливості апаратури аерокосмічного моніторингу. Оскільки аерокосмічний моніторинг – унікальна інформаційна система, за допомогою якої можуть бути легко отримані усереднені за великим масштабам (у просторі і в часі) інтегральні ознаки та характеристики екосистем.

Саме аерокосмічний метод є основний у вирішенні завдання стеження за динамікою антропогенних змін в екосистемах на великих площах. Для цієї мети, крім спеціальних супутників і супутникових систем («Метеор» і «Метеор-Природа»), а також створених в «ЕА» (Earts Resources Technology Sattelite), «SKYLAB» і «LANDSAT», можуть застосовуватися безпілотні, літакові, аеростатні засоби тощо. Під час організації екологічного моніторингу надходить інформація про стан лісів, сільськогосподарських угідь, про рослинності на суші та про сезонні зміни їх стану, про виявлення потенційних пожежонебезпечних ділянок та території країни і вздовж кордонів, про стан земної поверхні (грунтовому покриві, порушення земної поверхні у результаті антропогенної діяльності, ерозійних та урбанізаційних процесах), про забруднення атмосфери радіоактивними процесами згоряння тощо.

В аерокосмічному моніторингу, в основному, використовуються пасивні методи вимірювання. Серед них найбільше поширення отримав метод багатозональної відеоінформації (далі – БЗВ), що отримується з використанням спеціальних приладів – сканерів типу MSS (multispectral scanners), який працює у 4 смугах випромінювання: 0,5–0,6; 0,6–0,7; 0,7–0,8 і 0,8–1,1 мкм. Цей спосіб отримання інформації, в основному, використовується на супутниках США. БЗВ-знімки перспективно використовувати для визначення ступеня забрудненості атмосфери пиловими та аерозольними частками. Для прецизійних спектральних зйомок використовується випромінювання у діапазоні довжин хвиль, що належать до вікон прозорості атмосфери. Ультрафіолетове випромінювання з довжинами хвиль коротше 300 нм для таких зйомок не використовується, оскільки воно практично повністю поглинається атмосферою. Видиме випромінювання легко проходить через атмосферу Землі і тому з успіхом застосовується у спектральних зйомках, так само як і випромінювання у ближній області, які частіше всього використовують для вивчення природних ресурсів і стану природного середовища, виділення антропогенних ефектів. Для багатоцільового зондування зручний діапазон області 8–15 мкм, оскільки тут практично відсутнє поглинання в атмосфері, а також тепловий та радіодіапазон. В цілому цінність інформації про підстильні поверхні і атмосферу



залежить від правильності вибору діапазонів довжин хвиль. Сукупність визначених при цьому характеристик (температура земної поверхні, площа, що вкрита лісами тощо), а також необхідні точність, періодичність й оглядовість вимірювань використовуються для обґрунтування вимог до інформації системи мобільного екологічного моніторингу. І, нарешті, необхідні інформаційні можливості конкретної апаратури, що встановлюється на комплексах космічного моніторингу (просторова здатність, радіометрична точність, спектральні діапазони, оглядовість та періодичність зйомки), а також динамічні характеристики цих комплексів (в основному, координати і висота) визначаються на етапі розробки вимог до первинної інформації дистанційного зондування.

В свою чергу, кінцеві споживачі інформації щодо екологічного моніторингу зони відчуження дозволяють сформулювати вимоги до необхідних матеріалів спостереження, що безпосередньо пов'язані з технічними характеристиками бортової апаратури мобільних комплексів (наприклад, просторова здатність або спектральні діапазони збігаються з багатозональними характеристиками наявних приладів дистанційного зондування). Таким чином, з'являється можливість створення геоінформаційної системи моніторингу пожеж у зоні відчуження, що дозволить відображати пожежний стан і стан навколишнього середовища у реальному часі (рис. 1).

Аналіз даних ДЗЗ дозволяє проводити моніторинг і оцінювати наслідки пожеж за ступенем пошкодження рослинного покриву і ґрунту. Розрахунок цього показника проводиться за космічними знімками на основі аналізу взаємозв'язку між ступенем пошкодження рослинності, який можна встановити у реальних умовах (ступінь дефоліації і всихання дерев) і спектральними характеристиками (каналами) зображення.

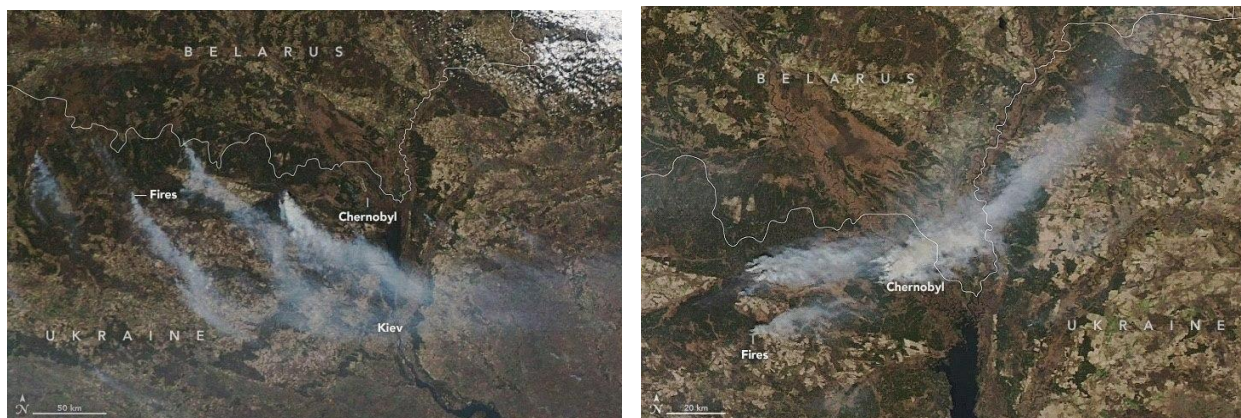


Рис. 1. Супутниковий екологічний моніторинг пожежної обстановки у зоні відчуження навколо Чорнобильської АЕС у квітні 2020 року

Висновки

Таким чином, основні принципи створення, організації та впровадження системи екологічного моніторингу зони відчуження полягають у наступному: 1) з'єднання, інтеграція і координація наявних державних, відомчих і галузевих систем збору первинної інформації про навколишнє середовище на єдиній організаційній та науково-методичній основі; 2) оптимізація матеріальних і фінансових витрат на створення, функціонування і вдосконалення системи контролю навколишнього середовища; 3) узгодження і сумісність інформаційних потоків у системі на основі застосування єдиної координатно-часової системи, використання єдиної системи класифікації та кодування, форматів і структури даних; 4) централізація доступу до інформації через міжнародні інформаційні мережі з максимальним розширенням списку користувачів; 5) забезпечення міжнаціонального характеру глобального геоінформаційного моніторингу, незалежного від розбіжності державних кордонів з межами екосистем.

Інформація про контури пожеж різних типів і густини радіонуклідного забруднення території дозволить оцінювати вміст радіонуклідів у пальному матеріалі і обумовлену цим приземну питому об'ємну активність радіонуклідів за різними типами пожеж, а також очікувані



ефективні дози опромінення учасників пожежогасіння та радіологічну небезпеку вторинного атмосферного переносу радіонуклідів на прилеглі до пожежі території.

Список використаних джерел

1. Сидоренко, В. Л., Азаров, І. С., Задунай, О. С., Єременко, С. А. і Бикова, О. В. (2017). Супутникова система дистанційного моніторингу землі для рішення завдань попередження надзвичайних ситуацій. *Матеріали 19 Всеукраїнської науково-практичної конференції рятувальників 10–11 жовтня 2017 року*, 393–396.
2. Азаров, С. І., Сидоренко, В. Л. і Демків, А. М. (2016). Оцінка екологічного стану об'єктів розміщення відходів за результатами дешифрування космічних знімків. *Збірник тез доповідей XIV Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми екологічної безпеки» 12–14 жовтня 2016 року*, 14.
3. Задунай, О. С. і Азаров, І. С. (2017). Аналіз екологічного стану під час пожежі в Чорнобильській зоні за результатами дешифрування космічних знімків. *Збірник наукових статей. XIII Міжнародна науково-практична конференція «Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення» 11–15 вересня 2017 р.*, 207–213.
4. Сидоренко, В. Л., Серeda, Ю. П., Шевченко, І. О., Азаров, С. І. (2015). Оцінка можливого радіаційного ризику при гасінні пожежі у Чорнобильській зоні відчуження. *Науковий збірник ІДУЦЗ*, 3, 105–117.

Екологічний контроль якості на нафтопереробному підприємстві

*Чайка А.Г., Гільов В.В., Полторацька В.М.

Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, Дніпро, Україна

chaykada2901@gmail.com

Environmental quality control at an oil refinery

*Chaika A.G., Hilov V.V., Poltoratska V.M.

Prydniprovskaya State Academy of Civil Engineering and Architecture, Dnipro, Ukraine

chaykada2901@gmail.com

Abstract. The text discusses the essence of quality control, its role in production processes, and its significance for enterprises. Quality control is defined as a means of verifying the compliance of products with technical requirements, as well as an important element of the enterprise's quality management system. It is emphasized that effective quality control ensures product competitiveness and allows for resource savings. Additionally, the impact of implementing automated management systems, such as Laboratory Information Management Systems (LIMS), on improving data reliability and production efficiency is described. The text highlights the relationship between quantitative and qualitative production indicators and the need for their timely collection for optimal enterprise management, particularly in the oil refining industry.

Keywords: quality control; product; production; oil refining plant.

Вступ

Контроль якості продукції є одним із ключових аспектів діяльності будь-якого виробничого підприємства, оскільки він безпосередньо впливає на конкурентоспроможність, ефективність виробництва та відповідність продукції ринковим вимогам. Особливо актуальним є питання якості на підприємствах нафтопереробної галузі, де від точності і надійності



контролю залежить не лише економічний успіх, але й безпека технологічних процесів та екологічна стійкість. У цьому контексті впровадження сучасних інформаційних технологій, таких як лабораторні інформаційні системи (LIMS), стає важливим фактором підвищення якості контролю. Даний текст розглядає основні підходи до контролю якості, зокрема на нафтопереробних підприємствах, і підкреслює важливість інтеграції якісних і кількісних показників для оптимального управління виробництвом.

Методи та матеріали

У дослідженні використовувалися різноманітні підходи до аналізу та контролю якості продукції, які застосовуються на виробничих підприємствах, зокрема в нафтопереробній галузі.

Для вирішення екологічних проблем аналізувалися матеріали, пов'язані з технологічними процесами переробки нафти, а також дані про вплив виробництва на навколишнє середовище. Під контролем якості розуміється перевірка відповідності кількісних чи якісних характеристик продукції чи процесу, від якої залежить якість продукції, встановленим технічним вимогам. Контроль якості продукції є складовою виробничого процесу і спрямований на перевірку надійності у процесі її виготовлення, споживання чи експлуатації. Суть контролю якості продукції для підприємства полягає у отриманні інформації про стан об'єкта та зіставленні отриманих результатів із встановленими вимогами, зафіксованими у кресленнях, стандартах, договорах поставки та інших документах. Контроль якості незалежно від досконалості застосовуваних цього методик передбачає передусім відділення хороших виробів від поганих. Звичайно, якість виробу не підвищується за рахунок вибракування неякісних. Якість продукції належить до найважливіших показників діяльності підприємства. Підвищення якості продукції значною мірою визначає виживання підприємства за умов ринку, темпи технічного прогресу, впровадження інновацій, зростання ефективності виробництва, економію ресурсів, що використовуються на підприємстві. Поступово якість стає визначальною умовою при виборі товарів та послуг, відповідне забезпечення його неможливе без функціонування ефективної системи управління якістю, одним із найважливіших елементів якої є контроль.

Контроль якості в масштабах підприємства покладено на центральну службу контролю якості, до функцій якої входять розробка якісних показників по всіх видах продукції, методів перевірки якості та порядку проведення випробувань, аналіз реклаमाцій та порядок їх врегулювання, з'ясування причин виникнення дефектів та умов їх усунення. Служба контролю здійснює свою діяльність у тісному контакті з відповідними службами у виробничих відділеннях, а також із заводськими службами контролю якості (або відділами технічного контролю). Центральна служба контролю може здійснювати перевірку якості сировини та матеріалів, технологічного процесу, організації контрольних випробувань, правил приймання, що застосовуються заводською службою якості або відділом технічного контролю, а іноді й вибірково перевірити якість продукції, що вже пройшла технічний контроль. Однією з найважливіших функцій центральної служби контролю є планування та координація всієї роботи у сфері забезпечення якості, встановлення необхідних зв'язків між службами контролю якості у виробничих відділеннях підприємств. Через центральну службу контролю здійснюється централізація управління у сфері вдосконалення якості продукції (Єгупов, 2006).

Підвищення вимог щодо якості продукції, необхідність повного використання сировини при переробці та широке застосування інформаційних технологій призвело до появи на ринку нового класу автоматизованих систем управління – лабораторних інформаційних систем ЛІМС (LIMS – Laboratory Information Management System). Системи цього класу призначені не лише для оперативного надання лабораторної інформації з якості, але й для управління самим бізнес-процесом контролю якості, що суттєво підвищує достовірність даних та, як наслідок, дозволяє підвищувати ефективність виробництва.

Вимоги до підвищення якості продукції нафтопереробних підприємств диктуються сучасними ринковими відносинами, які змушують підприємства застосовувати поряд із ціновими методами конкурентної боротьби та такі нецінові методи конкуренції, як підвищення якості продукції. Одним із факторів, що впливають на значущість контролю якості, є також



наявність державних та галузевих нормативів на продукцію, що випускається. Останнє особливо притаманно переробних галузей. Показники якості сировини, напівфабрикатів та готової продукції, як правило, тісно пов'язані з кількісними показниками виробництва. Прикладом взаємозалежності кількісних та якісних показників у виробництві може бути відома працівникам нафтопереробної промисловості залежність кількості продуктів нафтопереробки, одержуваних на технологічних установках (відборів), від якісних показників цих продуктів. Взаємозв'язок кількісних та якісних показників у виробництві можна простежити практично для всіх промислових підприємств. Ефективне управління виробництвом вимагає наявності достовірних даних про кількісні та якісні показники виробництва, при цьому важливо, щоб їх було отримано у необхідні терміни. Достовірність та своєчасність отримання даних впливає на правильність прийняття рішень. Все це надає великого значення бізнес-процесу контролю якості продукції (Криворучко, 2013).

Показники якості, поряд з кількісними показниками виробництва, використовуються багатьма службами підприємства на всіх етапах управління виробництвом (планування, контроль та аналіз план-факт) та на всіх етапах технологічного циклу (вхідний контроль сировини та матеріалів, операційний контроль, контроль товарної продукції). У сучасних засобах оптимального планування виробництва застосовують математичні моделі лінійного програмування, що широко використовують дані про залежність кількісних показників виробництва від показників якості продуктів та від параметрів функціонування виробничих потужностей (режимів роботи). Для побудови математичних моделей виробництва потрібна наявність великої кількості взаємопов'язаних фактичних даних та їх наступна статистична обробка. Звідси випливає, що для оптимального планування виробництва необхідно не просто накопичувати дані про якість продукції, але накопичувати їх із відображенням залежностей від кількісних характеристик та технологічних особливостей виробництва. Це дає можливість удосконалювати математичні моделі виробництва та ефективно керувати виробництвом.

На всіх етапах нафтовидобування (від видобутку, відділення газів і води, зберігання, транспортування до переробки) відбувається забруднення атмосфери, ґрунтів і водних об'єктів нафтою та її продуктами (фенолом, бензолом, толуолом, етиловим ефіром тощо). Регіони, де видобувають нафту, зазнають забруднення водою, оскільки нафта може перебувати на поверхні у вигляді плівки, емульсії або в розчиненому стані. Це негативно впливає на якість води, а також на рибне господарство, оскільки навіть невелика кількість нафтопродуктів надає рибі неприємного смаку і запаху, а велика концентрація призводить до її загибелі. Основні джерела забруднення водою – це розливи з нафтосховищ, аварії на трубопроводах, залізничні перевезення та змив забруднень з промислових територій.

Через термічну обробку вуглеводнів виділяються канцерогенні речовини, що забруднюють довкілля за відсутності надійних природоохоронних систем. Для вирішення екологічних проблем необхідно:

- Модернізувати виробничі комплекси, впроваджуючи новітні енерго- та ресурсозберігаючі, безвідходні технології і відновлювані джерела енергії.

- Встановити ефективний екологічний контроль над науково-дослідними роботами, проектуванням, будівництвом і функціонуванням техногенних об'єктів для управління навантаженнями на довкілля і раціонального використання природних ресурсів.

- Провести класифікацію регіонів України за рівнем техногенно-екологічних навантажень і створити відповідні карти.

- Розробити методологію для оцінки екологічного ризику від техногенних об'єктів.

- Створити системи моніторингу для контролю над об'єктами промисловості, енергетики, транспорту, будівництва та сільського господарства.

Висновок

Спрямованість вдосконалення чинної системи контролю якості продукції повинна бути такою, щоб було забезпечено її функціонування на основі реального механізму управління якістю, зорієнтованого на виготовлення конкурентоспроможної продукції, що відповідає вимогам наявних та потенційних будівельних замовників.



Workshop 2

ENVIRONMENTAL RISKS ASSESSMENT AND FORECASTING OF ECOSYSTEM DYNAMICS

Participants



Lodz University of Technology, Lodz, Poland



Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of the Institute of Geological Sciences of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine



National Aviation University, Kyiv, Ukraine



University of Geological Sciences, Tashkent, Uzbekistan



Chuiko Institute of Surface Chemistry, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine



State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine



Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine



V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine



Institute of Cell Biology and Genetic Engineering, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine



Секція 2. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТА ПРОГНОЗ ДИНАМІКИ ЕКОСИСТЕМ

Modelling of the Biophysical Condition of the Steppe Zone in Ukraine Using Google Earth Engine

* **Lubskiy M., Khyzhniak A., Orlenko T., Golubov S.**

*Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth of the Institute of Geological Sciences of the NAS of Ukraine,
Kyiv, Ukraine*

N.Lubsky@nas.gov.ua

Abstract. Against the rising effects of global climate change on vulnerable biomes, including steppes, aridization risks, biodiversity loss, and transformation of steppes into semi-deserts and deserts increases. In Ukraine, an additional negative factor affecting the steppes is military operations. Therefore, today, an important task is to monitor critical biophysical indicators that can indicate the ecosystems condition and perform its multi-criteria assessment, which would consider all indicators' impact. Today, a wide variety of geospatial products are obtained based on continuous and long-term global satellite monitoring, which allows the implementation of such geospatial assessments and identifies the most vulnerable areas of the studied territory. The Google Earth Engine cloud geospatial data processing platform is precious for this, as it is not only a platform for developing geospatial data processing algorithms but also an aggregator of a large number of geospatial products. The platform also allows the processing of large data sets for significant areas without spatial restrictions imposed by tiles of single satellite images. This paper describes implementing a methodology for assessing the biophysical condition of the steppe landscape-climatic zone based on selected biophysical indicators. For a comprehensive assessment of the state, the Analytic Hierarchy Process, which includes a preliminary evaluation of the contribution of each indicator to the assessment, has been used. The results revealed the areas of the Ukrainian steppe most vulnerable to adverse climatic conditions.

Keywords: climate mitigation, biophysical condition, geospatial product, cloud data processing, geospatial monitoring, modelling, analytic hierarchy process,

Introduction

Aridization and desertification are some of climate change's main negative landscape manifestations. These are deviations from the norm of key climatic characteristics, including atmospheric temperature, precipitation, wind characteristics, and solar radiation levels. Additional factors that negatively affect the state of territories are direct landscape changes: deforestation, urbanization, agriculture, development of hydrological networks, etc.

The steppe landscape and climatic zone is a vast plain area in the south and east of Ukraine, covering approximately 40% of Ukraine's total area, with more than 80% of the steppe zone being agricultural land and subject to anthropogenic pressure. This territory is vulnerable to several natural and anthropogenic challenges that disrupt the stability and increase the vulnerability of the region's ecosystems, leading to their degradation or destruction.

Thus, the urgent task of developing a methodology for multi-criteria assessment of the Ukrainian steppe zone condition to identify the most vulnerable areas based on long-term satellite monitoring of key biophysical indicators and methods for their integration arises.

Methods and Materials

The study area within which the modelling was implemented covers the regions that fully or partially belong to the Steppe zone: Odesa, Kirovohrad, Mykolaiv, Dnipropetrovsk, Zaporizhia, Donetsk, Luhansk regions and the Autonomous Republic of Crimea.



Since the study area is quite large, waiting for a low spatial resolution from 250 m to 9000 m is enough to implement the model. As for the indicators, the most significant features of the Earth's surface and the lower atmosphere that affect the condition of the selected territory were selected (Lubskiy et al., 2024): average daily temperature within the vegetation season, average soil moisture within the vegetation season, average value of the normalized differentiated vegetation index (NDVI) during the growing season, classification of the Earth's surface presented as Land Use/Land Cover data (LULC), total annual precipitation, total annual irradiance.

Table 1. List of the Ukrainian steppe zone condition indicators and the corresponding geospatial products

Indicator	Geospatial product	Covering period / spatial resolution	Monitoring criterion
Land surface temperature	MOD21C2.061 Terra Land Surface Temperature and 3-Band Emissivity 8-Day L3 Global 0.05 Deg CMG (and the corresponding product acquired by Aqua satellite)	2001 p. – until now / 1000 m	Mean day temperature within the May–September period
Soil moisture value	SPL3SMP_E.005 SMAP L3 Radiometer Global Daily 9 km Soil Moisture	2015 p. – until now / 9000 m	Mean soil moisture value within the May–September period
NDVI value	MOD13Q1.061 Terra Vegetation Indices 16-Day Global 250m (and the corresponding product acquired by Aqua satellite)	2015 p. – until now / 250 m	Mean NDVI value within the May–September period
LULC data	MCD12Q1.061 MODIS Land Cover Type Yearly Global 500m	2001 p. – 2023 p. / 250 m	LULC classes values
Total precipitation	TerraClimate: Monthly Climate and Climatic Water Balance for Global Terrestrial Surfaces, University of Idaho	1958 p – until now / 4638,3 m	Total annual precipitation level
Solar irradiance	TerraClimate: Monthly Climate and Climatic Water Balance for Global Terrestrial Surfaces, University of Idaho	1958 p – until now / 4638,3 m	Total annual irradiance

Each of the selected indicators selected to determine the steppe zone condition is a climatic norm for a given region. As part of this study, it was determined that the indicator's value, close to the climatic norm, is considered favourable for maintaining the ecosystems stability and, accordingly, a low vulnerability level for this specific indicator. Five levels (stability classes of the landscape-climatic zone) were analytically determined, which manifests the ecosystems' vulnerability level, depending on the corresponding indicator range value.

Each indicator's vulnerability levels (from 1 – low vulnerability to 5 – very high vulnerability) are divided as follows. (for the solar radiation – the norm is 1150–1250 kW · h/(m² · year), while for the Crimea the climatic norm can reach 1400 kW · h/(m² · year) (Tiwari, 2016). However, such irradiance levels facilitate unfavourable conditions for the vegetation cover. It contributes to maintaining an increased both land surface temperature (LST) and the lower atmosphere temperature. For the LST – the norm is 22–29 °C, and for the level of precipitation – the norm is 400–700 mm per year (Baytsar, 2012). When the precipitation index decreases relative to the established norm, and the LST and solar radiation level exceed the norm, the level of vulnerability increases. For the NDVI coefficient and the soil moisture index, when they decrease, the vulnerability level increases. For the classification data, the selected land surface classes are distributed according to their biophysical vulnerability (for example, forests and water surfaces have the lowest vulnerability level, and bare eroded soils –the highest).

For a comprehensive geospatial assessment of the studied territory condition, it is necessary to summarize all indicators into a single value. For this purpose, the Analytic Hierarchy Process (AHP) has been used. The decision-making problem analysis, when applying the hierarchy analysis method, begins with constructing a hierarchical structure that includes the goal, criteria, alternatives, and other factors affecting the assessment result. The next stage of the analysis is the determination of priorities that represent the relative importance or superiority of the constructed hierarchical structure elements using the pairwise comparison procedure. Dimensionless priorities provide an opportunity to compare



heterogeneous factors reasonably. AHP is a theory of pairwise comparison assessment, where Saaty relative importance scale from 1 to 9 is used to compare parameters with each other, where 1 – the compared alternatives have the same importance, and 9 – the importance of one indicator totally exceeds the importance of the other (Saaty, 1990).

Preference matrix has been constructed for each element of the model at all hierarchy levels. According to the preference scale, pairwise comparisons of lower-level elements were made, and the consistency coefficient (CR) between the preferences of the model elements was determined, which should not exceed 0.1. At the next stage, for each pairwise comparison matrices, the components of the matrix's eigenvector were calculated, and normalization was performed.

Table 2. Pairwise comparison matrix for thematic layers*

	LST	SM	NDVI	LULC	PR	SR	Priority (rank)	CR
LST	1	1	5	6	1	1	23,5% (2)	0,088
SM	1	1	1	2	0,33	2	16% (4)	
NDVI	0,2	1	1	3	0,2	0,25	8% (5)	
LULC	0,17	0,5	0,33	1	0,17	0,25	4,4% (6)	
PR	1	3	5	6	1	1	28,4% (1)	
SR	1	0,5	4	4	1	1	19,7% (3)	

Note: LST is land surface temperature, SM – soil moisture, NDVI – normalized difference vegetation index, LULC – land surface classification, PR – average annual precipitation, SR – average annual irradiance, CR – consistency coefficient.

The results show that the judgment matrices used in the analysis were reasonably consistent and accurate (CR 0.088). A pairwise comparison approach was used to integrate the thematic layers according to their associated weights. The AHP found that precipitation has the highest priority in determining vulnerability to climate change with a weight of 0.284, followed by land surface temperature (0.235), solar radiation (0.197), soil moisture (0.16), NDVI (0.08), and land cover and land use type (0.04).

The resulting data, which presents the degree of vulnerability to climate change in the studied area in the current study, was generated using the following equation:

$$VCC = NDVI_{Cwi} \times NDVI_{SCwi} + PR_{Cwi} \times PR_{SCwi} + LST_{Cwi} \times LST_{SCwi} + SM_{Cwi} \times SM_{SCwi} + LULC_{Cwi} \times LULC_{SCwi} + SR_{Cwi} \times SR_{SCwi} \quad (1)$$

where *NDVI* is the normalized vegetation index, *PR* is the average annual precipitation, *LST* is the land surface temperature, *SM* is the land surface moisture, *LULC* is the land surface classification, *SR* is the average annual solar radiation; *Cwi* and *SCwi* represent the vulnerability class value and its weight, respectively. The territory condition mapping (*VCC*) results were divided into five classes: stable, normal, satisfactory, unstable, and critical.

We have chosen the linear regression method to assess the biophysical condition dynamics of the studied territory's and its forecasting. This method, in its simplicity, allows us to isolate the increase in the studied dynamic indicator from stochastic, irregular data without regular dynamic patterns. Linear regression, in this context, provides an estimate of the linear dependence of the biophysical condition assessment on time and can forecast the stability of the studied territory to future climatic changes.

The most common method of calculating the regression dependence is the least squares method, which requires to evaluate the linear dependence coefficients at which the function of two variables *a* and *b* of the form (O'Leary, 1990):

$$F(a, b) = \sum_{i=1}^n (y_i - (ax_i + b))^2 \quad (2)$$

That means, for data *a* and *b*, the sum of the square deviations of the experimental data from the linear



function line will be the lowest. To construct the spatial distribution of the long-term dynamics of the obtained desertification indicators, the obtained value of the gradient of the calculated regression or the angular coefficient is used, which, in its physical essence, represents the average annual increase in the indicator's value.

Results and Discussion

In this work, the steppe zone condition assessment performed for nine years period (2015–2023). Next, images present examples of resulting biophysical condition maps with the most auspicious result (2016) and the most unfavorable (2019) conditions (Fig. 1).

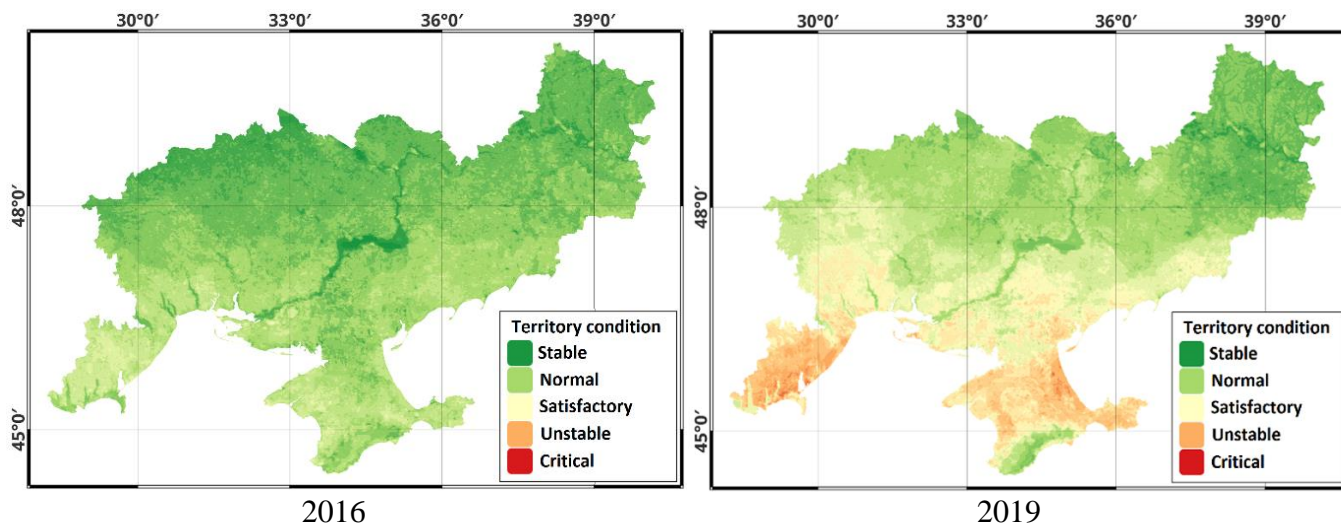


Figure 1. Maps with the most auspicious result (from 2016) and the most unfavourable (from 2019,) conditions

According to the obtained results, it is evident that even in favourable years, the southern part of the steppe zone and northern Crimea are negatively affected by adverse conditions due to high atmospheric temperatures and a lack of atmospheric and, accordingly, soil moisture. Also, a significant contribution is made by the increase in total solar radiation reaching the southern territories. Even in the most favourable years, conditions corresponding to a satisfactory biophysical condition in Southern Bessarabia and central Crimea territories.

The results modelled for 2024 based on data from all previous years demonstrated the general trends described above. The south of the Odessa region remains the most vulnerable to climate challenges, even in conditions of sufficient annual atmospheric moisture supply as well as the central part of the Crimean Peninsula. Another determining factor is that even in unstable conditions, river valleys, mountainous areas, and dense forests retain high resistance to adverse conditions caused by climatic factors. The results are demonstrated in Fig. 2.

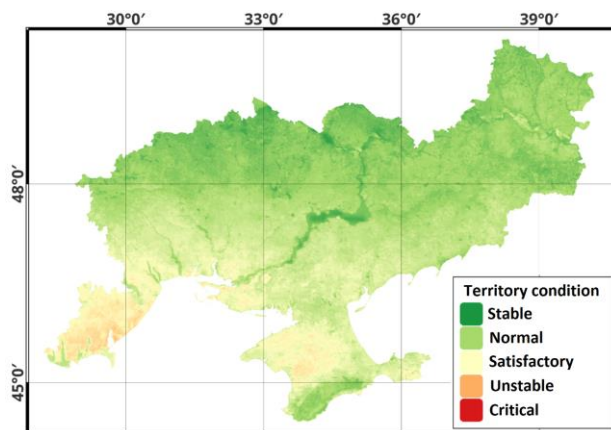


Fig. 2. Map of the steppe zone biophysical condition of the 2024, created using regression analysis of time series data for previous years



Conclusion

The most vulnerable to climate change territories, which include the Ukrainian steppe, require detailed multifactorial research, considering seasonal extremes of the characteristics of the earth's surface. As a result, there was a high vulnerability to climate change in the southern regions of Ukraine, particularly the Odesa, Kherson, and Mykolaiv regions, as well as the northern part of the Crimean Peninsula. A specific vulnerability for this region is the lack of atmospheric moisture and the loss of potential for developing agricultural lands due to the withdrawal of water from the Kakhovka reservoir after the destruction of the Kakhovka dam by russians. Thus, creating much more unfavourable scenarios associated with increased aridization and steppe ecosystem vulnerability is possible, requiring further in-depth research.

References

1. Lubskyi, M., Khyzhniak, A., Orlenko, T. (2024). "Simulation of the vulnerability of the steppe landscape and climate zone of Ukraine to climate changes based on space image data," *Ukrainian journal of remote sensing*, vol. 11, iss. 1, pp. 32-40.
2. Tiwari, A. (2016). "A Review on Solar Drying of Agricultural Produce," *Journal of Food Processing & Technology*, vol. 7, iss. 9, 1000623.
3. Baytsar, A. L. (2012). *Physical Geography of Ukraine: Teaching and Methodological Manual*. Lviv: Ivan Franko National University of Lviv.
4. Saaty, T. L. (1990). "How to make a decision: The analytic hierarchy process," *European Journal of Operational Research*, vol. 48, iss. 1, pp. 9-26.
5. O'Leary, D. P. (1990). "Robust regression computation using iteratively reweighted least squares," *SIAM Journal on Matrix Analysis and Applications*, vol. 11, iss. 3, pp. 466-480.



Екологічний аудит сільських територій та підприємств

*Литвинов В.В., Саєнко Т.В.

Національний авіаційний університет, Київ, Україна

6851885@stud.nau.edu.ua

Environmental Audit of Rural Areas and Enterprise

*Lytvynov V.V., Saienko T.V.

National aviation university, Kyiv, Ukraine

6851885@stud.nau.edu.ua

Abstract. The agricultural sector, as an integral part of the economy, has its own peculiarities and specifics. According to statistical data, about 20% of the working-age population works in the agricultural sector, and it produces about 14% of the country's gross domestic product. It becomes clear that the importance of agriculture for Ukraine is invaluable and strategic. The most important part of the agricultural sector, on which literally everything depends, is land, the use of which, from the point of view of rationality, requires a better and more professional approach. The latter is caused by the restoration of the disturbed ecological balance in the times of extensive use of land resources due to their barbaric exploitation, which will noticeably affect the productivity not only in the current times, but also in the periods of future generations. That is why it is necessary to take a very serious approach to solving the

Keywords: Environmental audit, agricultural sector, audit, ecological balance.

Вступ

Агроз господарства – важлива частина нашої держави, але їх використання у вітчизняній економіці буває нераціональним, поверховим, навіть стихійним. Запровадження агроменеджменту та нових шляхів для вирішення природоохоронних проблем потребують ефективного упровадження екологічного аудиту (ЕА), потребу у якому, на щастя, вже усвідомлюють в Україні. Це неймовірно корисна процедура, що допомагає зменшити негативний вплив на довкілля та сприяє раціональному використанню і відтворенню земельних ресурсів. Метою є знайомлення та висвітлення основних засад, методів, способів, алгоритмів та особливостей проведення ЕА сільських об'єктів та територій, а також підтвердження доцільності його упровадження і належного застосування у даній сфері.

Методи та матеріали

Для наукового обґрунтування результатів досліджень стану сільських територій та підприємств і відповідно потреби здійснення для них екологічного аудиту, були використані методи теоретичного та порівняльного аналізу наявних літературних джерел згідно цієї теми, а також наведення відповідних результатів та висновків.

Результати та обговорення

В Україні перші важливі кроки до застосування ЕА було зроблено у 90-х рр. ХХ ст. Важливим заходом у розвитку ЕА в нашій державі стало прийняття 01.01.1998 р. міжнародних стандартів ISO серії 14000 на рівні державних стандартів, що регулюють методологічні основи аудиту екологічної діяльності підприємств. У 2004 р. прийнято Закон України «Про екологічний аудит», яким визначено основні юридичні та організаційні засади його здійснення. В Україні широке запровадження ЕА знаходиться у стадії формування, і від того, наскільки успішним буде цей процес, залежить ефективність функціонування економіки держави. Стримуючим фактором сьогодні є нерозвиненість правової бази в сфері ЕА та запозичення зарубіжного досвіду, не адаптованого до вітчизняних реалій.

Отже, важливою ланкою у формуванні природоохоронної стратегії і державної політики в галузі охорони навколишнього природного середовища є адекватна оцінка існуючого



екологічного стану на всіх рівнях: від окремого підприємства до країни у цілому. Дати таку оцінку можна за допомогою ЕА.

Щодо формування системи ЕА сільських територій, то тут на меті стоїть створення такого механізму вирішення екологічних проблем, який міг би стати невід'ємною частиною процесу функціонування аграрного сектору та сільських територіальних громад. Не менш важливим завданням є також демонстрація населенню, організаціям та установам ефективності та важливості реалізації місцевої екологічної політики. Якщо оцінити структуру, то з точки зору багатьох фахівців алгоритм ЕА сільських територій повинен включати:

- Аналіз наявної ситуації і підбір відповідних, пріоритетних напрямків, в яких і розпочнеться процес реалізації ЕА.
- Вибір та обґрунтування всіх етапів роботи.
- Підготовка відповідного та компетентного персоналу та фахівців.-
- Оцінка результативності ЕА, включаючи зміну ставлення, поведінки та посилення економічної відповідальності за вплив на навколишнє природне середовище.
- Інформування населення та активізація участі громадськості.

Аудиторська перевірка складається з початкового огляду стану навколишнього середовища, а також оцінки програм адміністративного утворення, пов'язаних з охороною навколишнього природного середовища.

Можна представити орієнтовний порядок проведення ЕА сільських територій:

- планування аудиту на основі попереднього аналізу та оцінки масштабу майбутніх робіт, а також обґрунтування процедур, що мають бути використані в процесі роботи;
- аналіз і оцінка системи обліку і звітності в галузі охорони навколишнього середовища та використання природних ресурсів;
- збір аудиторських доказів з метою оцінки відповідності діяльності економічного суб'єкта в сфері охорони навколишнього середовища та природокористування законодавчим та нормативним актам, а також перевірку їх достовірності;
- документальне оформлення аудиторських доказів, виклад підсумків, перевірки у вигляді аудиторського звіту і висновку.

Висновки

Підсумовуючи, варто зазначити, що ЕА сільських територій повинен базуватися на комплексному аналізі господарської та природної підсистем. На сьогодні існує гостра необхідність у впровадженні системи ЕА для сільських територій та аграрного сектору в цілому. Очевидно, що брак коштів та нерозвиненість правової бази у сфері ЕА не дозволяють у повній мірі реалізувати всі його можливості. Запобігання негативному впливу на сільське господарство та території потребує чіткої системи екологічного контролю та аналізу, яка зможе перевіряти та регулювати виконання планів та заходів щодо раціонального природокористування, дотримання вимог екологічного законодавства та природоохоронних нормативів.

Список використаних джерел

1. Кочерга М.М. Напрямки формування системи комплексного екологічного аудиту сільських територій. Таврійський науковий вісник. 2012. № 79. С. 268–273.И
URL:https://www.tnvagro.ksauniv.ks.ua/archives/79_2012/49.pdf
2. Бондар Ю. Впровадження екологічного аудиту в Україні. Економічний вісник Донбасу.2013.Т.3,№32.С.172–175.
URL:<http://dspace.nbu.gov.ua/bitstream/handle/123456789/123312/29-Bondar.pdf?sequence=1>
3. Кочерга М. Особливості екологічного аудиту землекористування в сільському господарстві. Секція "Економіка природокористування". URL:
<https://core.ac.uk/download/pdf/132412902.pdf>



Methods of Analysis of Environmental Problems as a Tools for Identification, Assessment and Management of Environmental Risks

Pron O.

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

pronsasha@ukr.net

Abstract. The work examines modern methods of analyzing environmental problems, which are used to identify, assess and manage environmental risks. The main focus is on methods of quantitative and qualitative analysis, including risk analysis models and computer systems. Examples of the application of these methods in various industries are considered. The importance of integrating environmental, economic and social aspects into the risk management process is highlighted. The main tasks of analysis methods include problem identification, impact assessment, forecasting and modeling, supporting sustainable development and raising public awareness. These methods are critical to understanding, assessing and solving the environmental challenges facing modern society.

Keywords: environmental risks, environmental assessment methods, climate change, air pollution, environmental impact assessment

The modern world is faced with numerous environmental challenges that require an integrated approach to their solution. From climate change to air and water pollution, environmental issues have significant impacts on human health, biodiversity and the economy. In this context, environmental problem analysis methods become extremely important tools for identifying, assessing and managing environmental risks. Methods of analyzing environmental problems allow scientists, politicians and public organizations to obtain accurate data on the state of the environment, predict possible consequences and develop effective strategies for their minimization. The use of such methods as environmental impact assessment (EIA), strategic environmental assessment (SEA), statistical methods and geographic information systems (GIS) contributes to the adoption of informed decisions that ensure the sustainable development of society (Andersoon et al., 2016; Kowalska et al., 2021).

Methods of analyzing environmental problems are critically important for understanding, assessing and solving the environmental challenges facing modern society. These methods allow: identifying the problem, assessing the impact, forecasting and modeling problems, etc. There are several methods of analyzing environmental problems that help to identify, evaluate and solve environmental issues (Fig. 1.)

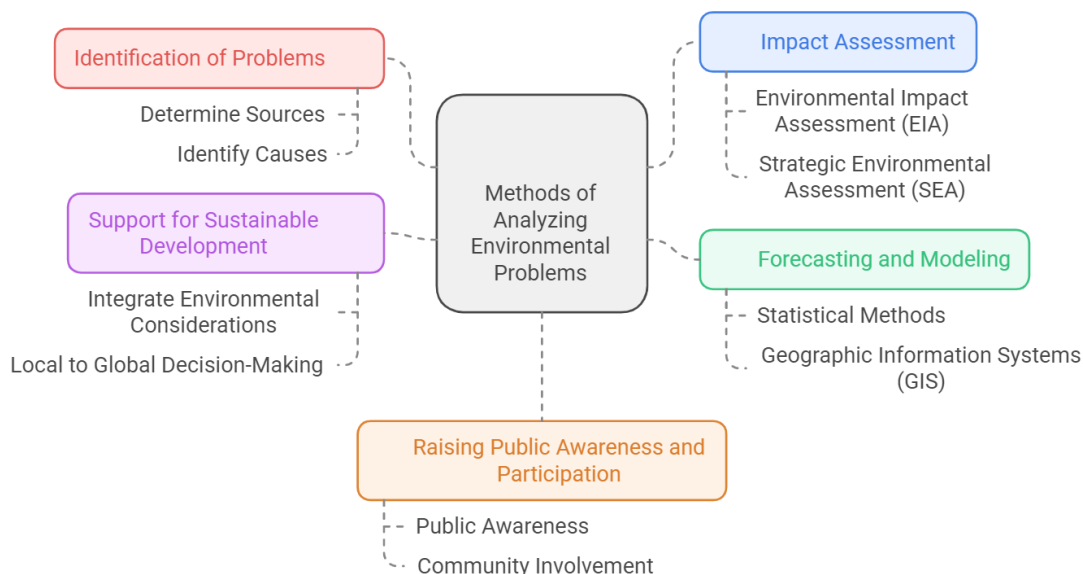


Fig. 1. The main tasks of the methods of analysis of environmental problems



Identification of problems: Analysis methods allow you to accurately determine the sources and causes of environmental problems. This method helps to identify the main factors that affect the state of the environment and to develop effective strategies for their elimination.

Impact assessment: The use of methods such as environmental impact assessment (EIA) and strategic environmental assessment (SEA) allows for the assessment of the potential effects of projects or policies on ecosystems and human health. This helps to make informed decisions that minimize the negative impact on the environment.

Forecasting and modeling: Statistical methods and geographic information systems (GIS) help predict the development of environmental problems and model possible scenarios for their solution. This allows you to plan measures in advance to prevent or minimize negative consequences.

Support for sustainable development: Methods of analyzing environmental problems contribute to the integration of environmental considerations into the decision-making process at all levels, from the local to the global. This ensures sustainable development that takes into account the needs of both current and future generations.

Raising public awareness and participation: Analyzing environmental problems helps raise public awareness of environmental challenges and involve them in the process of solving them. This contributes to the formation of an ecologically conscious society, ready for active actions to protect the environment (Митяй, 2011; Бачинська, 2022).

There are several methods of environmental problem analysis that help to identify, evaluate and solve environmental problems. Some of them are presented in Fig. 2.

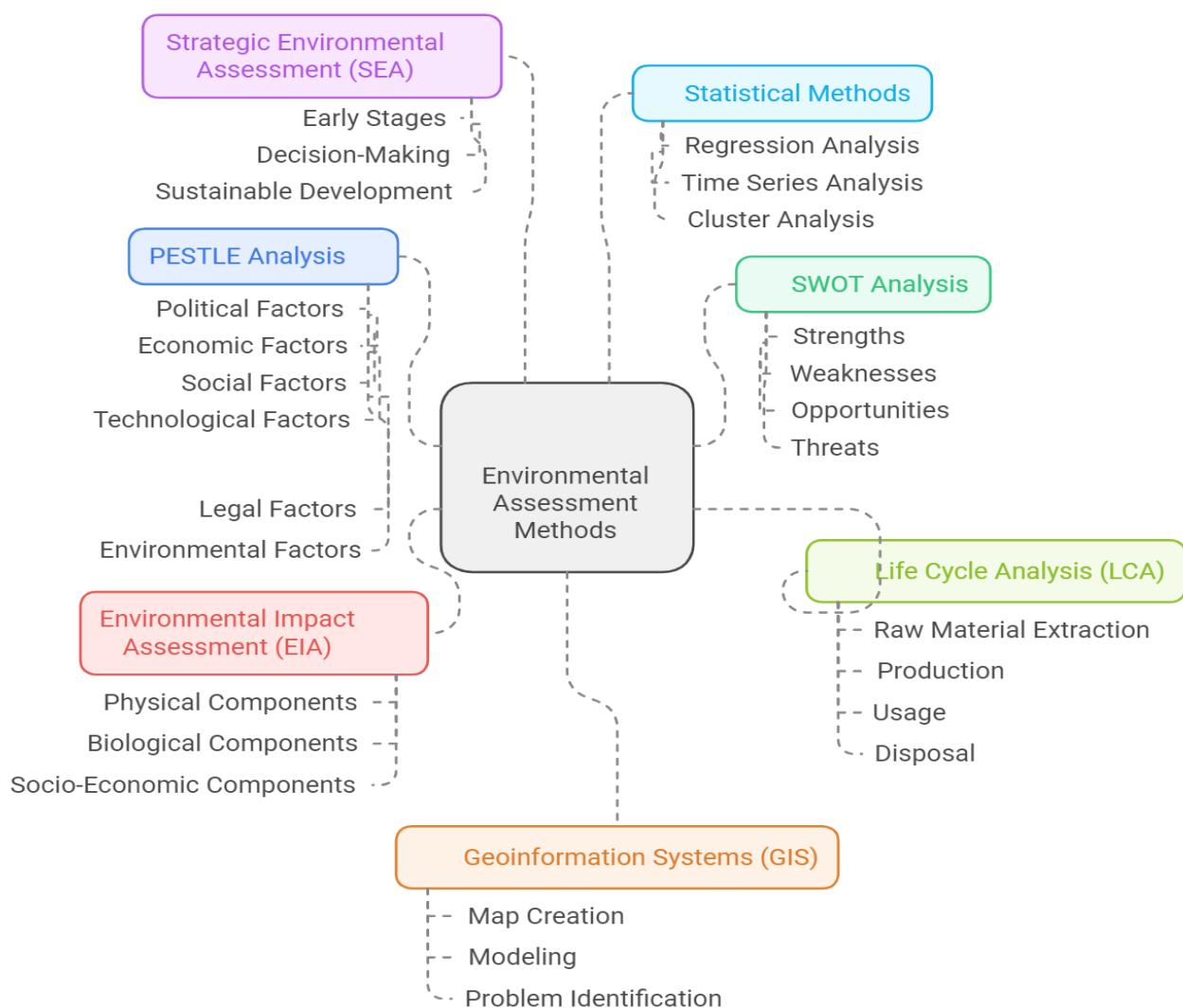


Fig. 2. Methods of analysis of environmental problems



1. PESTLE analysis (Political, Economic, Social, Technological, Legal, Environmental) helps to evaluate external factors affecting environmental problems. This method allows you to understand how different aspects affect the environmental situation and develop strategies to solve them.

2. SWOT analysis (strengths, weaknesses, opportunities, threats) - used to assess internal and external factors affecting environmental problems. This method helps identify strengths and weaknesses of an organization or project, as well as opportunities and threats related to environmental issues.

3. Environmental impact assessment (EIA) is a systematic process of assessing the potential environmental consequences of projects or activities. This method includes the analysis of physical, biological and socio-economic components, which allows you to identify possible risks and develop measures to minimize them.

4. Strategic environmental assessment (SEA) is used to assess the environmental consequences of policies, plans and programs in the early stages of their development. This method helps integrate environmental considerations into the decision-making process and ensure sustainable development.

5. Statistical methods are used to analyze environmental data and identify trends and patterns. These methods include regression analysis, time series analysis, cluster analysis, and other approaches that allow for quantitative assessments of environmental problems.

6. Geoinformation systems (GIS) are used to collect, analyze and visualize spatial data. This method allows you to create maps and models that help identify environmental problems, assess their scale and develop strategies to solve them.

7. Life cycle analysis (LCA) is used to assess the environmental impacts of a product or service throughout its life cycle – from raw material extraction to disposal. This method helps to identify the most significant stages of the life cycle and to develop measures to reduce the negative impact on the environment (Andersson et al., 2016; Медведєва та ін., 2021).

Conclusions. Environmental problem analysis methods are important tools for identifying, assessing and managing environmental risks. They allow you to perform many tasks, namely:

- identify the problem, that is, the use of methods such as EIA and SEA helps to accurately identify environmental problems and their sources;
- assess the impact of environmental problems, i.e. using statistical and GIS methods it is possible to assess the impact of environmental problems on human health, biodiversity and the economy;
- predict the possible consequences of environmental problems and develop strategies for their minimization;
- develop effective strategies for managing environmental risks and ensuring sustainable development.

Therefore, a comprehensive approach to the analysis of environmental problems is critically important for making informed decisions and ensuring the sustainable development of society. The use of modern methods allows effective management of environmental risks and contributes to the preservation of the environment.

References

1. Andersson, K., Brynolf, S., Landquist, H., Svensson, E. (2016). Methods and Tools for Environmental Assessment. In: Andersson, K., Brynolf, S., Lindgren, J., Wilewska-Bien, M. (eds) Shipping and the Environment. Springer, Berlin, Heidelberg.
2. Kowalska, A., Grobelak, A., Kasprzak, M. et al. (2021) Methods and tools for environmental technologies risk evaluation: the principal guidelines—a review. *Int. J. Environ. Sci. Technol.* 18, 1683–1694.
3. Митяй О. В. Проектний аналіз: навч. посіб. Київ: Знання, 2011. 311 с.
4. Бабчинська, О. І. (2022). Інструменти формування механізму екологічного менеджменту в сучасних умовах. *Ефективна економіка*. 2020. № 10. 7 с.
5. Медведєва О., Кропивний В., Мірзак Т., Немировський Я. Системний аналіз якості навколишнього середовища: навч. посіб. Кропивницький, 2021. 80 с.



Problems of Rainwater Harvesting and Irrigation of Green Areas in Uzbekistan Republic

Qudratov¹A.M., Marapov²B., Andriyko¹L.S.²

¹University of Geological Sciences, St. Olimlar, 64, Tashkent, 100125, Uzbekistan

²Chuiko Institute of Surface Chemistry, NAS of Ukraine, 17 General Naumov Str., Kyiv 03164, Ukraine,

Abstract. This article addresses the challenges associated with rainwater harvesting and the irrigation of green areas in Uzbekistan. In the region's arid climate, the efficient use of water resources is crucial for maintaining ecosystems and supporting green spaces. Despite the potential of rainwater as a source for irrigation, its collection and storage face several challenges related to climatic conditions, infrastructural limitations, and the lack of modern technologies. At the moment, water shortages are increasing every year in the countries of Central Asia, as well as in our republic, and by 2030 water shortages may reach 15%. One of the most important issues is to prevent water shortages and provide water to green areas by collecting snow and rainwater and using it to irrigate green spaces and trees.

Keywords: rainwater harvesting, irrigation, green areas, drought, water collection.

Introduction

In Central Asian countries, including Uzbekistan republic, water scarcity is increasing year by year, and by 2030, the water deficit could reach 15%. In our country, consistent efforts are being made to protect the environment, promote the rational use of natural resources, and improve sanitary and ecological conditions.

At the same time, the results of relevant analyses highlight the lack of a comprehensive approach and strategic planning in the implementation of state functions related to environmental protection, as well as the insufficient authority of environmental agencies to effectively address these tasks (Decree of the President, 2021).

The growing population and industrial enterprises in our republic are inevitably exerting negative pressure on nature, as evidenced by the depletion of natural resources. Key causes include the rising water shortage, accelerated melting of ice reserves, declining levels of rivers, streams, lakes, and groundwater, as well as the reduction of green spaces. These emerging issues are a result of irregular and improper use of natural resources, compounded by the incomplete development of a targeted resource management system (Resolution of the President, 2022). Today, the use of energy- and resource-saving technologies is of great importance.

Based on analytical data, considering the anticipated 15% reduction in water reserves in Uzbekistan by 2030, it is possible to mitigate the negative impacts of water scarcity by harvesting rain and snow water for the irrigation of green spaces and trees.

However, to implement this concept, a number of technical and environmental difficulties must be overcome. The main problem is the uneven distribution of precipitation by season. Most of the precipitation falls in winter and spring, when the need for irrigation is minimal, while in the summer months the amount of rainfall decreases sharply. This requires the creation of effective systems. Uzbekistan's existing water infrastructure is not designed to collect rainwater. Urban and rural areas face the problem of a lack of systems for drainage, filtration and storage of rainwater. As a result, a significant portion of precipitation is lost, without benefit to agriculture or landscaping

Methods and Materials

The following methods were used in the work: systematic mathematical, statistical analysis, comparison, extrapolation.

Results and discussion

Today in the Republic of Uzbekistan, due to the growing water shortage and insufficient protection of forests, forest ownership has decreased to 7.7% of the territory of the republic. In order to protect the environment, prevent water shortages and reduce green spaces, our country has adopted a nationwide



state greening program, practical work is being carried out to create green spaces, and tree seedlings are planted (Decree of the President, 2021)

This problem cannot be solved by planting a single tree; these seedlings require constant care for growth and development. Water plays a key role in the good development of any plant. In the table below, we see that the amount of water used for irrigation varies depending on the type of plant.

Table 1. Water consumption indicators

Water consumers	Water consumption (l/m ²)	Watering	Amount of water required per 1 m ² of land per irrigation season (m ³)	
			2 times a day	Once a day
Watering the sidewalk	0.4	once per day	0.144	0.072
Spraying water on green areas	1.4	twice per day	0.252	0.126
Irrigating the garden	15	once per 7 days	0.385	

From the table above, it can be seen that the irrigation period and water demand are different, so we need to reduce water consumption and use alternative water sources.

On average, 126 liters of water per m² per irrigation season are required for irrigation of green spaces. At first glance, this may seem like a small amount, but it certainly causes some difficulties when irrigating green spaces in areas not supplied with surface water, i.e. irrigation canals. Drinking water is the only source of irrigation here, so drinking water is also used to irrigate trees (Yakubov, 2017).

Using drinking water for irrigation is nothing more than creating two problems. For example, using drinking water for irrigation causes a decrease in drinking water reserves, an increase in water losses, a decrease in pressure in the network, a shortage of drinking water supplied to the upper floors of apartment buildings and to end consumers.

Clause 96 of the Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan dated July 15, 2014 No. 194 "On Approval of the Rules for the Provision of Public Utilities" states that the use of drinking water for irrigation of trees is allowed in the following exceptional cases: in the absence of irrigation water, in the presence of the capacity of the public utility organization and local staff according to the schedule approved by the authorities, it is allowed only at night (from 00:00 to 05:00) (Resolution of the Cabinet of Ministers, 2014). In exceptional cases, the use of drinking water for irrigation also has its own requirements. But consumers do not fully understand this, so in many cases we see that drinking water is used for irrigation during the day.

To prevent the loss of drinking water, we can use other alternative sources, that is, we can preserve and expand existing green areas by collecting and purifying rainwater and using it to irrigate industrial crops, green spaces and ornamental trees (Mashrapov, 2023). The main problem is the uneven distribution of precipitation by season. Most of the precipitation falls in winter and spring, when the need for irrigation is minimal, while in the summer months the amount of rainfall decreases sharply. This requires the creation of effective systems for the accumulation and storage of water for a long period. In Uzbekistan, up to 50 kg of snow falls per square meter and 150-300 ml/s falls, the average duration of rain is 4-6 hours, in some cases it can reach up to 12 hours. In large urban centers that do not have irrigation canals, we can even observe partial flooding during the rainy season, which, naturally, leads to the absence of irrigation canals that drain rain and snow water outside the city into the subway, apartments, basements of multi-story buildings, and highways. If we take into account that the duration of one rainfall is on average 4 hours, then from 36 to 72 liters of rain-snow water falls per m² of land.

The existing water infrastructure of Uzbekistan is not adapted to collecting rainwater. Urban and rural areas are faced with the problem of the lack of systems for drainage, filtration and storage of rainwater.

To collect rainwater from the roofs of residential and apartment buildings, it is proposed to equip them with special tanks (Fig. 1), which will allow the efficient use of water for landscaping, increasing and preserving green spaces. If we consider the example of Tashkent city alone, as of January 1, 2023, there are 41 000 apartment buildings, the roof area of each of which ranges from 200 m² to 1 400 m² (an



average of 800 m²). One rain produces 28.8 to 57.6 m³ of rain-snow water, which is enough for a single irrigation of 41142 m² of green space.

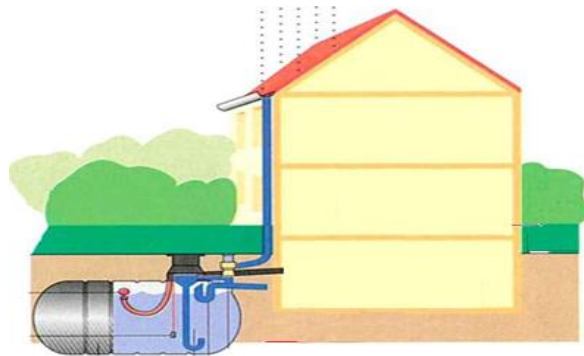


Fig. 1. Rainwater collection tank

Research shows that there are up to 600 m² of green space around each apartment building, which shows the possibility of irrigating the green space around the house for 34 days with rainwater alone. Today, another solution to prevent the depletion of water resources is the widespread use of water-saving technologies and the introduction of re-technical irrigation of crops and green space using household wastewater treatment technologies.

Conclusions

In the context of Uzbekistan's increasing water scarcity, rainwater harvesting presents a viable and necessary alternative for irrigation, especially for green spaces in urban and rural areas. Properly utilizing this resource could help mitigate the projected 15% reduction in water reserves by 2030, ensuring sustainable water management for both agriculture and landscaping. But despite the potential benefits, the uneven distribution of precipitation across seasons and the lack of adequate infrastructure for rainwater collection, storage, and purification are significant obstacles. Addressing these issues will require a strategic approach that integrates modern water management technologies and infrastructure development.

Uzbekistan's current water infrastructure is insufficient to support widespread rainwater harvesting. To overcome this, it is essential to develop systems that include tanks for water storage, filtration units, and efficient drainage systems, particularly in densely populated urban areas where green spaces are vital for environmental health.

References

1. Decree of the President of the Uzbekistan Republic, October 30, 2019 No. PF-5863 "On approval of the Concept of Environmental Protection of the Republic of Uzbekistan until 2030".
2. Resolution of the President of the Uzbekistan Republic PQ-439 dated December 7, 2022 "On additional measures to regulate the protection of groundwater and their rational use".
3. Decree of the President of the Uzbekistan Republic dated December 30, 2021 No. PF-46 "On measures to accelerate landscaping in the republic and more effectively organize tree protection".
4. Yakubov G.M., Mashrapov B.O. Study of wastewater treatment and application of purified water for irrigation of industrial crops. Republican scientific and technical conference "New technologies in utility systems". Tashkent: TASI, 2017. - P. 76-80.
5. Resolution of the Cabinet of Ministers of the Uzbekistan Republic, July 15, 2014 N 194 "On approval of the rules for the provision of public services".
6. Mashrapov B.O. Mirzatillaev G.A. Kudratov A.M. Device for individual treatment of domestic wastewater. Patent No. FAP 02283 dated 04.25.2023 (Uz).



Оцінка екологічних ризиків та прогноз динаміки стану екосистем внаслідок військових дій в Україні

Сорочинська О.Л.

Державний університет інфраструктури та технологій, Київ, Україна

ellena06.84@ukr.net

Assessment of ecological risks and forecast of dynamics of the state of ecosystems as a result of military operations in Ukraine

Sorochynska O.

State University of Infrastructure and Technologies, Kyiv, Ukraine

ellena06.84@ukr.net

Abstract. The paper covers the assessment of environmental risks and hazards of military operations in Ukraine. A forecast of the dynamics of the state of the ecosystem as a result of military operations on the territory of Ukraine is presented. The results of research by the State Environmental Inspection, public organizations "Green World - Friends of the Earth" and "Arnika" were analyzed. The impact of war on all components of environment is characterized. Attention is drawn to the destruction of water resources, air and soil pollution, landscapes, vegetation and huge forest areas. A number of measures must be taken to prevent the environmental consequences of a military conflict. First of all, it is necessary to assess and monitor the state of the environment in the territories affected by the military conflict, as well as carry out their rehabilitation, reconstruction and restoration. This requires the involvement of international organizations and public initiatives that can provide financial, technical and humanitarian assistance. However, the most effective way to prevent the impact of military activity on the environment is to avoid military activity itself.

Keywords: environmental risks, military operations, environment, pollution, ecosystem.

Вступ

Війна в Україні триває вже 10 років. За цей час у зоні бойових дій та окупації опинилися три біосферні заповідники, чотирнадцять природних заповідників, дев'ятнадцять національних природних парків, десятки регіональних ландшафтних парків, сотні заказників, пам'яток природи, заповідних урочищ, ботанічних садів, дендропарків, зоопарків та пам'яток садово-паркового мистецтва. Російські окупаційні війська мінують заповідні території, нещадно вирубують ліси та знищують рідкісні види флори і фауни. Спалюються ліси та знищуються цінні заповідні території. Експерти вважають, що деякі екосистеми ми втратили назавжди, і документують кожен випадок для Міжнародного кримінального суду разом із визначенням екоциду. Випалені ліси та поля. Забруднені річки та ґрунти. Затоплені міста та села. За даними Державної екологічної інспекції станом на жовтень 2024 року збитки для екології України від військової агресії росії складають 2669196076523 гривень. І це тільки приблизні розрахунки, поки досі залишається окупованою частина українських територій.

Методи та матеріали

Дослідження та оцінку екологічних ризиків, що виникають під час військових дій в Україні було проведено аналітичним методом, шляхом обробки літературних джерел та статистичних матеріалів.

Результати та обговорення

Війна російської федерації в Україні є першим міжнародним конфліктом за останні два десятиліття, який спричинив настільки серйозні та незворотні екологічні руйнування. Майже три роки тому росія розпочала відкритий військовий наступ на Україну. Війна нанесла серйозний негативний вплив на навколишнє середовище, включаючи пошкодження ґрунту,



повітря, водосховищ, лісів, пошкодження природних заповідників, руйнування екосистем і загрозу ядерної катастрофи. Крім того, війна в Україні негативно впливає на глобальний клімат, викидаючи в атмосферу велику кількість вуглекислого газу та інших парникових газів. Проміжні оцінки викидів парникових газів у ключових регіонах, безпосередньо спричинених війною, показують, що лише за перші сім місяців бойових дій викиди склали щонайменше 1 мільярд тонн CO², це можна порівняти з річним обсягом викидів Бельгії та інших країн.

Серед екосистем, що зазнають негативного впливу військових дій, найбільше страждають ґрунтові екосистеми. Визнання ґрунту природною екосистемою дозволяє розглядати пошкодження ґрунту як екологічну проблему. Численні дрібні організми, які створюють і підтримують ґрунт та його біологічний покрив-трави, мохи, лишайники і гриби – є найбільш вразливими до пошкоджень, оскільки вони не мають можливості рухатися. Іншими словами, всі організми, що знаходяться в ґрунті або захищають поверхню ґрунту від ерозії, не можуть покинути місце вибуху боєприпасів або захистити себе від несприятливого впливу. Такими впливами є, головним чином, короточасні руйнівні наслідки вибуху і довгострокові наслідки хімічного забруднення.

Внаслідок розриву боєприпасів будь-якого калібру відбувається часткова хімічна реакція, що призводить до забруднення ґрунту та атмосфери. Крім відносно безпечних CO² та водяної пари, в процесі окислення 1 кг вибухівки в повітря потрапляє кілька десятків кубометрів токсичних газів: SO₂, NO_x, CO (у тому числі ароматичні вуглеводні, які значно більш токсичні, ніж звичайні). Внаслідок чого з атмосфери оксиди сірки та азоту повернуться до ґрунту через кислотні дощі, які змінюють його рН та викликають опіки рослин (Воєнні..., 2015). Виходить, що ґрунт стає кінцевою ланкою хімічного ураження боєприпасами. У землі залишається частина металевих уламків і речовин, які не прореагували; решта розлітається і осідає навколо (уламки до 300 м, невикористані реагенти – до 35 м). На жаль, і уламки несуть чималу загрозу. Найчастіше оболонки боєприпасів виготовлені з чавунного сплаву, до якого, крім заліза та вуглецю, додають сірку та мідь. Артилерійські снаряди калібру 120 мм і 152 мм дають відповідно 1600-2350 та 2700-3500 уламків масою від 1 г (Дерев'янчук та Шелест, 2023). Таким чином, хімічні елементи з поверхні уламків будуть окислюватися (у тому числі мідь є важким металом, окремі сполуки якого можуть бути досить токсичними), потрапляти в кругообіг речовин і включатися в трофічні ланцюги. Крім того, частина боєприпасів містять елементи, виготовлені з використанням збідненого урану.

Сам вибух також спричиняє значні руйнування. Наприклад, коли вибухає 250-кілограмова бомба, вона залишає воронку діаметром 8 метрів і глибиною 4 метри. Вибухи завжди згортають землю. Враховуючи, що в середньому 1 кг вибухівки еквівалентний 1,5 кубометрам вивернутого ґрунту, 250 кг дорівнює кільком сотням. Оголений ґрунт в утвореному кратері ущільнюється вздовж стінок, оскільки основний удар ударної хвилі припадає саме на них. Ущільнений ґрунт деградує за своєю структурою, оскільки змінилася інтенсивність процесів, які домінували в довоєнному ґрунтовому ландшафті (гуміфікація, вилуговування, вивітрювання і, звичайно ж, кругообіг води). Різні процеси ґрунтоутворення, як у Центральній Європі після Першої світової війни, неминуче призводять до зміни складу ґрунту.

Швидкість відновлення ґрунту є неймовірно повільною: середня глобальна швидкість утворення ґрунту становить близько 0,06 мм/рік. Що стосується природної рослинності, то навряд чи її залишиться поблизу місця вибуху. Вибух може зруйнувати водонепроникний шар корінних порід. У цьому випадку прискорюється інфільтрація води до рівня ґрунтових вод і вода більше не залишається у воронці (під час цього процесу вода активно розмиває стінки воронки). Це збільшує кількість мікрофауни та макрофауни і сприяє відкладенню органічних речовин у ґрунті, а не підкисленню ґрунту. Слід також враховувати, що таким чином активні забруднювачі можуть потрапляти у водоносні горизонти та водотоки, частина з яких може переноситися далеко за межі поля бою, впливаючи на біоту, яка від них залежить, та екосистемні послуги, якими користуються люди.

Одним із найсерйозніших довгострокових наслідків для екосистем є хімічне забруднення території, на яких було використано велику кількість боєприпасів. Крім того, техногенні



катастрофи завдали серйозної шкоди навколишньому середовищу в результаті бомбардувань і обстрілів наших підприємств і об'єктів критичної інфраструктури. Також використання росією ракет великої дальності спричинило техногенні катастрофи по всій території України, особливо в промислово розвинених регіонах, де зосереджені енергетична, гірничодобувна, переробна, хімічна та інші галузі промисловості.

Крім того, Україна – велика сільськогосподарська країна, яка володіє $\frac{1}{4}$ світових запасів родючого чорнозему, і важливою частиною нашої економіки є виробництво та експорт сільськогосподарської продукції, а через повномасштабну війну Україна вже втратила до 20% своїх посівних площ. Україна відноситься до держави з високою обробленістю земель. Сільськогосподарські угіддя становлять 70,5% від загальної площі країни, з яких 57% - орні землі (в деяких районах до 86%) (Паньків, 2008). В результаті бойових дій ми отримали значні механічні пошкодження на нашому полі і тривале хімічне та біологічне забруднення родючого ґрунту. Були випущені тисячі снарядів, військова техніка була підірвана, спалена і кинута на полях і насадженнях – це важлива і довготривала причина забруднення ґрунту і ґрунтових вод залізом, алюмінієм, міддю та іншими важкими металами і їх сполуками протягом сотень років. Більше 5 млн гектарів сільськогосподарських угідь в Україні були забруднені. До 26% території країни, що за розмірами можна порівняти з кількома європейськими державами, перебувають під загрозою через міни та вибухонебезпечні залишки. Це створює серйозні виклики для продовольчої безпеки не тільки в Україні, але й у світі, оскільки країна, будучи одним із провідних експортерів зернових, зазнала значних втрат в аграрному секторі.

За оцінками експертів, великі мінні поля навколо пошкоджених окопами територій можуть залишатися такими ще десятиліттями після закінчення війни. Укриття та інші російські фортифікаційні споруди також завдали непоправної шкоди нашому ландшафту. Згідно з опублікованими даними, на кінець 2023 року на російському боці лінії фронту зафіксовано понад 6000 км інфраструктури та укріплень. Збройні сили України також змушені будувати оборонні споруди, але відповідальність за наслідки несе лише агресор. Попри те, що наші фортифікаційні споруди побудовані відповідно до міжнародного права, вони мають значний вплив на природу.

Україна відноситься до держави з недостатньою забезпеченістю водними ресурсами (поверхневими і підземними водами, придатними для використання в народному господарстві України). Наша країна є однією з найменш багатих водою країн Європи (Томільцева та ін. 2017). Затоплена військова техніка і боеприпаси, вимивання в ґрунтові води, проникнення в поверхневі води ряду шкідливих речовин, що утворюються в результаті вибухів боеприпасів, все це негативно позначається на водних ресурсах. Внаслідок обстрілів і руйнувань дамб, водозабірних станцій та очисних споруд, українські водні ресурси зазнають забруднення токсичними речовинами, важкими металами та паливно-мастильними матеріалами.

Наприкінці липня Штаб національного спротиву повідомив про сильне забруднення Азовського моря в тимчасово окупованому Генічеському районі, зокрема Арабатської стрілки. За їх повідомленням морська вода стала небезпечною не лише для людей, а й для морських мешканців, зокрема дельфінів, які є популярними в цьому районі.

У лютому, після того як російська окупаційна армія завдала удару по нафтобазі в Немишлянському районі Харкова за допомогою безпілотників, приблизно 3 тисячі тонн нафтопродуктів витекли у водойми області. Внаслідок чого рівень забрудненості річки Сіверський Донець перевищував норму в 3,7 рази, Лопань – в 2 рази, Немишля – в 260 разів, Харків – у 820. Річка Сіверський Донець забезпечує водою 94% населення Сходу України.

Також треба зазначити про один із найбільших актів екоциду, що здійснила окупаційна влада російської федерації - знищення греблі Каховської гідроелектростанції. Це найбільша на континенті техногенна катастрофа з часів Чорнобильської трагедії. За офіційними даними пресслужби «Укргідроенерго» внаслідок руйнування Каховської ГЕС у воду потрапило понад 450 т машинного масла, а площа підтоплених сільськогосподарських угідь склала близько 1300 га. Потужний потік води знищивши понад 11 тис. гектарів лісових угідь. На осушеному дні Каховського водосховища загинули мільйони моллюсків, риба і плазуни. У Чорному морі,



куди потрапила значна кількість прісної води, відбулася різка зміна солоності, що згубно вплинула на місцеві морські види. Найбільший удар по екосистемі припав на Дніпровсько-Бузький лиман, який став основним буфером між Дніпром і Чорним морем. Велика кількість забруднюючих речовин осіла на узбережжі цього лиману (Укргідроенерго).

Викопне паливо є важливою складовою військових операцій, оскільки воно використовується для заправки танків, бронетехніки, літаків та іншої військової техніки. Паливо використовується для військових операцій, оперативних втручань, пересування військ і навіть для підготовки в режимі очікування. Великі обсяги споживання палива призводять до викидів парникових газів і пов'язаного з війною впливу на клімат. Кількісно оцінити споживання викопного палива дуже складно через обмеженість наявної інформації. Експерти називають попередню цифру в 200 мільйонів тонн CO².

Пожежі, спричинені обстрілами, бомбардуваннями та мінуванням, також завдають значної шкоди як довкіллю, так і клімату. За сім місяців спостережень кількість пожеж на одному гектарі зросла у 122 рази, а загальна площа – у 38 разів порівняно з аналогічним періодом. Пожежі є потужним джерелом викидів парникових газів. Щільність викидів парникових газів від пожеж у зоні бойових дій у 17 разів вища, ніж в інших регіонах України. 79% викидів парникових газів від пожеж, пов'язаних з війною, припадає на 20% території України, де ведуться бойові дії. За оцінками дослідників, загальний обсяг викидів парникових газів від військових пожеж оцінюється у понад 23 мільйони тонн.

Це лише невелика частина екологічних злочинів, скоєних росіянами, які завдали непоправної шкоди довкіллю України та залишили по собі зруйновані екосистеми і втрачене біорізноманіття. Зруйнована та пошкоджена цивільна інфраструктура є важливою складовою загальної шкоди, спричиненої російським вторгненням в Україну. Хоча деякі ремонтні роботи були проведені під час війни, більшість робіт з відновлення та реконструкції відбудуться після завершення бойових дій. Ці відновлювальні роботи потребують великої кількості будівельних матеріалів, а для транспортування цих матеріалів на будівельні майданчики і виконання робіт необхідна енергія. Загалом, відновлення України призведе до значних викидів парникових газів. Якщо припустити, що всі пошкоджені житлові, освітні, медичні та культурні об'єкти будуть відновлені (відбудовані або відремонтовані) протягом досліджуваного періоду, то викиди парникових газів становитимуть понад 48 мільйонів тонн CO².

Висновки

Таким чином, екологічні наслідки бойових дій, включаючи економічні, соціальні та людські втрати, є катастрофічними. Серйозною проблемою є складність моніторингу стану довкілля на території активних бойових дій. Відсутність органів контролю та постійні обстріли унеможливають об'єктивну оцінку шкоди, завданої довкіллю під час збройного конфлікту на державному рівні. Перед нашою країною стоїть важливе завдання припинення бойових дій та врегулювання конфлікту, а також подолання екологічних наслідків війни. Зрозуміло, що під час війни негативний вплив на довкілля України триватиме. Проте вже зараз необхідно розглядати можливості післявоєнної відбудови. Одним із можливих заходів для відновлення довкілля є створення нових або розширення існуючих природоохоронних територій, таких як національні та регіональні ландшафтні парки, природні заповідники та заповідні зони. Ці природоохоронні території допомагають підтримувати екосистеми, які руйнуються внаслідок бойових дій. Враховуючи масштаби впливу війни на довкілля, важливо вже сьогодні звернутися до стратегій післявоєнного відновлення. Відновлення екосистем має бути пріоритетом для нашої держави, міжнародних організацій та громадськості.

Список використаних джерел

1. *Воєнні дії на сході України – цивілізаційні виклики людству*. Львів: ЕПЛ, 2015. 136 с
2. Дерев'янчук А. Й., Шелест М.Б. *Артилерійське озброєння і боєприпаси: навч. посіб.* Київ: Вид. дім «СКІФ», 2023. 414 с.
3. Паньків З.П. *Земельні ресурси: навч. посіб.* Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2008. 272 с.



4. Томільцева А.І., Яцик А.В., Мокін В.Б.. (2017). *Екологічні основи управління водними ресурсами: навч. посіб.* К.: Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування. 200 с.
5. Укргідроенерго (https://uhe.gov.ua/media_tsentri/novyny/kakhovska-ges-scho-mi-vtratili)

Remote condition mapping and post-hostilities damage assessment of forest shelterbelts

Stankevich S.A., * Kozlova A.A.

Scientific Centre for Aerospace Research of the Earth, NAS of Ukraine

st@casre.kiev.ua

Abstract. Forest shelterbelts are vital for maintaining ecological balance, enhancing landscape stability, and mitigating environmental stresses. However, the ongoing warfare in Ukraine has severely damaged them. Forest shelterbelts are commonly used as defensive lines and concealed positions for military forces. Furthermore, the majority of post-hostilities forest shelterbelts remain mine-infested, making ground-based studies unsafe. Remote sensing is thus crucial for assessing these disturbances, supporting decision-making for post-war ecological rehabilitation. A multi-scale framework for mapping forest shelterbelts is proposed, integrating medium, high, and super-high-resolution data. Regional-scale monitoring utilizes medium-resolution satellite imagery, while high-resolution data targets specific damaged areas. UAV-based hyperspectral imaging is employed for detailed analysis, allowing precise detection of vegetation stress and damage due to its fine spectral capabilities. This approach is well-suited for the narrow dimensions of forest shelterbelts. Combining multispectral, radar, and hyperspectral data, this method enables comprehensive mapping of forest conditions, accounting for damage from conflict and environmental stress, supporting effective ecological rehabilitation efforts. The techniques described can be adapted with minimal changes to address other types of disrupted ecosystems. Additionally, acquiring primary remote quantitative data on the extent of damage will enable a more objective, straightforward, and safe assessment of the economic resources and funding necessary for the remediation of the agricultural landscape.

Keywords: remote sensing, forest shelterbelt, post-hostilities, damage assessment, hyperspectral drone

Introduction

Forest shelterbelts play an important role in maintaining the ecological balance of the territory, strengthening the stability and connectivity of the agrolandscape. Shelterbelts regulate the nutrient intake of plants, ensure their efficient reproduction, and improve the biochemical conditions of the environment (Lavrov et al., 2021). This is due to the superiority of forests over all other ecosystems in terms of stability and adaptation to changes in external conditions (Führer, 2000). Forest shelterbelts prevent water and wind erosion of soil, mitigate the drought impact, slow down the relief dismemberment and the hydrographic network segmentation (Kędziora, 2015).

Remote sensing is becoming an omnipresent and versatile tool for studying and mapping forests, including forest shelterbelts, due to observability, time efficiency and low cost (Fassnacht et al., 2024). At the moment, the main data source for remote assessment of forest condition is medium-resolution optical and radar satellite systems, such as Sentinel-1, 2, Landsat-8, 9, Radarsat-2, PlanetScope, etc. [Rodríguez-Esparragón et al., 2024]. Insufficient spatial resolution of such satellite data causes some difficulties in condition assessment within narrow forest shelterbelts, so various technical tricks are engaged for this purpose: innovative classification techniques for specific forest local area (Kozlova and Hermaniuk, 2019), full set of normalized band difference spectral indices and ancillary context data (Stankevich 2008), as well the techniques provide local quality improvement of multispectral



imagery classification with radiometric-spatial feedback (Piestova et al., 2021). It is quite useful to analyze synthetic aperture radar (SAR) data for the vertical structure extraction and damage assessment of forest stands (Zaitseva et al., 2021; Aquino et al., 2022).

An important feature of the ongoing warfare consequences in Ukraine is the significant damage caused to forest shelterbelts, primarily physical and mechanical. Forest shelterbelts are almost always used as defense line and troops' concealed position. In addition, almost all post-hostilities forest shelterbelts remain mine-infested. Therefore, traditional ground-based research methods are not applicable due to the safety restrictions of researchers. So, quantitative assessment of forest shelterbelts disturbance with remotely sensed data is essential for decision making support in postwar nature rehabilitation management.

Methods and Materials

It is planned to establish a multi-scale three-level framework for forest shelterbelts mapping at the levels: medium resolution – high resolution – super-high resolution. Indicative, but are not limited to ones' parameters of possible data sources are listed in Table 1. Observation of forest shelterbelts on a regional scale is carried out in a monitoring mode on the basis of free medium resolution satellite data. The predetected damaged local plots are studied using high-resolution commercial satellite data. In the most difficult cases, hyperspectral imagery from UAVs with super-high both spatial and spectral resolution can be involved.

Table 1. Remote data sources for shelterbelts mapping

Spatial extent	Data source	Spatial resolution, m	Spectral bands
Regional	Sentinel-2 satellites (free access)	Medium – 10	12
Local long-length	PlanetScope or SkySat satellites	High – 3 or 1	8 or 4
Local short-length	UAV with hyperspectral camera	Super-high – 0.05 .. 0.15	50 .. 200

Fig. 1 picture shows examples of medium, high, and super-high-resolution satellite and UAV-based images with forest shelterbelts.

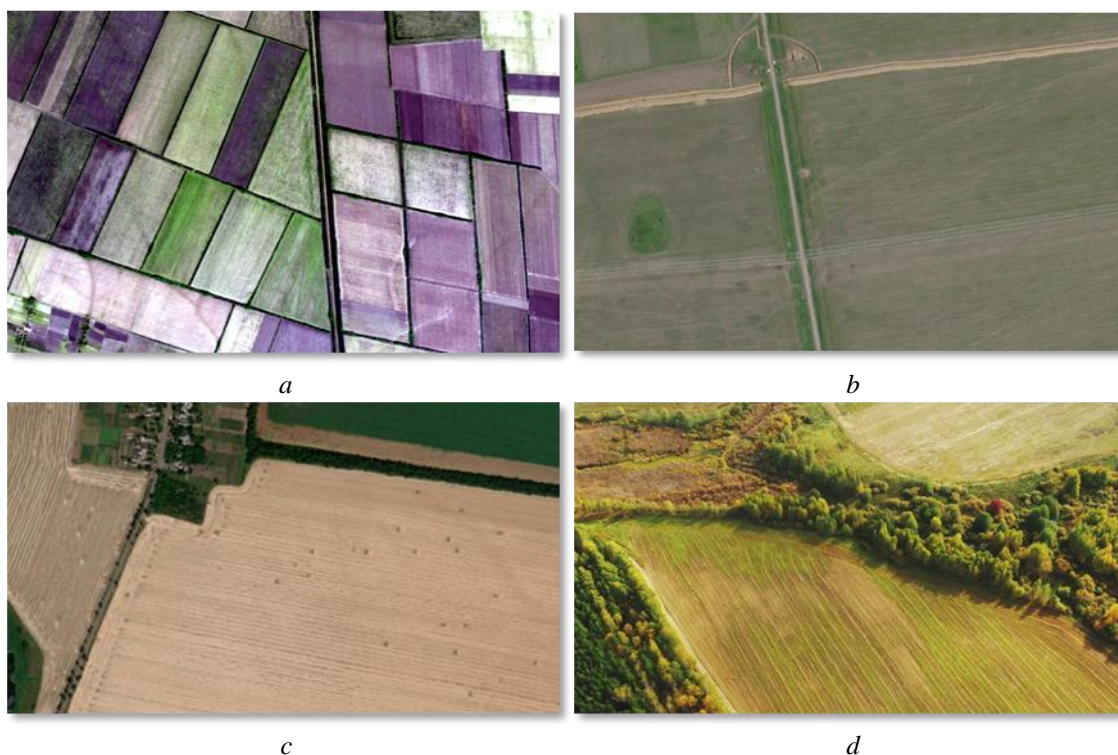


Fig. 1. Multi-scale remotely sensed imagery of forest shelterbelts

a – Sentinel-2B multispectral satellite image (10 m resolution), *b* – PlanetScope multispectral satellite image (3 m resolution), *c* – WorldView-3 multispectral satellite image (1.24 m resolution), *d* – UAV-based natural color image (0.15 m resolution)



Super-high spatial resolution hyperspectral imaging is particularly useful for determining damage and stress of vegetation within a forest shelterbelt. Fine spectral features registered by hyperspectral imaging will make it possible to separate depressed and dead vegetation from healthy one, extract narrow-band spectral indices, calculate projective leaf cover and many other important parameters characterizing the forest shelterbelt condition (Jing et al., 2018; Sandino et al., 2018). UAV-based hyperspectral imaging, due to its centimeter-order resolution, provides analysis of the condition of even individual plants (Kurihara et al., 2020). And the forest shelterbelt's such feature as a small width of 10-60 m (Figure 2) makes it an ideal object for UAB-based hyperspectral imaging with one's small transverse swath.



Fig. 2. A typical narrow elongated forest shelterbelt

The integrated probabilistic technique for mapping damaged and disturbed ecosystems, which is based on medium and high-resolution satellite data (Uruskyi et al., 2024), can be used to assess the forest shelterbelt condition. Both multispectral and radar images, as well as a variety of data products derived, will be required for this. As for drone-acquired hyperspectral imagery, an advanced algorithm based on known TCMI (target-constrained minimal interference) matched filter with a nonnegative constraint can be applied to extract disturbances and contaminations of soil and vegetation within forest shelterbelt by hyperspectral data (Stankevich et al., 2018).

The implementation of the above-stated approach will make it possible to obtain operational comprehensive maps of the forest shelterbelts condition over wide area, taking into account their mechanical damage as a result of shelling, use as defensive lines and stress of vegetation through man-made pollution and insufficient water supply.

Conclusions

Thus, on the one hand, forest shelterbelts perform very important ecosystem functions inside of agrolandscape, and on the other hand, they are the most affected by hostilities. Forest shelterbelts are quite difficult for assessment and mapping with generic remote sensing techniques, so a specific sophisticated methodology development for this purpose is required. Such methodology can be predicated on a three-level remote sensing workflow using multispectral and radar satellite systems of medium and high resolution, as well as hyperspectral drones. The proposed approach is an intrinsic part of the process of post-war reconstruction of territories affected by hostilities in Ukraine. With minimal modifications, similar techniques can be extended onto some other types of disturbed ecosystems. Also, obtaining primary remote quantitative estimates of damage will allow a more objective, simple and safe evaluation of the economic efforts and funds required for the agrolandscape remediation. It would be advisable to focus future works on the instantiation and verification of remote indicators of the damaged forest shelterbelt condition, as well as on experimental studies of the developed models' performance with practical flights and image acquisition by UAVs equipped with a hyperspectral camera.

References

1. Lavrov, V., Miroshnyk, N., Grabovska, T. and Shupova, T. (2021). Forest shelter belts in organic agricultural landscape: structure of biodiversity and their ecological role, *Folia Forestalia Polonica*, vol. 63, no. 1, pp. 48-64.



2. Führer, E. (2000). Forest functions, ecosystem stability and management, *Forest Ecology and Management*, vol. 132, no. 1, pp. 29-38.
3. Kędziora, A. (2015). The network of shelterbelts as an agroforestry system controlling the water resources and biodiversity in the agricultural landscape, *Papers on Global Change*, vol. 22, pp. 63-82.
4. Fassnacht, F. E., White, J. C., Wulder, M. A. and Næsset, E. (2024). Remote sensing in forestry: current challenges, considerations and directions, *Forestry: An International Journal of Forest Research*, vol. 97, no. 1, pp. 11-37.
5. Rodríguez-Esparragón, D., Marcello, J., Eugenio, F. and Gamba P. (2024) Index-based forest degradation mapping using high and medium resolution multispectral sensors, *International Journal of Digital Earth*, vol. 17, no. 1, a. 2365981.
6. Kozlova, A. and Hermaniuk, V. (2019). Classification of urban tree species based on seasonal traits using time series of multispectral satellite data. *Proceedings of 18th International Conference on Geoinformatics – Theoretical and Applied Aspects*. Kyiv, Ukraine, pp. 1-5.
7. Stankevich, S., Sakhatsky, A. and Kozlova, A. (2008). Land cover classification on the basis of the full set of normalized band-difference indexes and additional context features. *Space Science & Technology*, vol. 14, no. 2, pp. 28-31.
8. Piestova, I., Kozlova, A., Andreiev, A., & Rabčan, J. (2021). Local quality improvement of multispectral imagery classification with radiometric-spatial feedback. *Proceedings of the Computer Modeling and Intelligent Systems CEUR Workshop*, vol. 2864, pp. 158-168.
9. Zaitseva, E., Stankevich, S., Kozlova, A., Piestova, I., Levashenko, V. and Rusnak, P. (2021). Assessment of the risk of disturbance impact on primeval and managed forests based on Earth observation data using the example of Slovak Eastern Carpathians. *IEEE Access*, vol. 9, pp. 162847-162856.
10. Aquino, C., Mitchard, E. T. A., McNicol, I. M., Carstairs, H., Burt, A., Vilca, B. L. P., Ebanéga, M. O., Dikongo, A. M., Dassi, C., Mayta, S., Tamayo, M., Grijalba, P., Miranda, F. and Disney, M. (2022). Reliably mapping low-intensity forest disturbance using satellite radar data, *Frontiers in Forests and Global Change*, vol. 5, a. 1018762.
11. Jing, W., Zhou, X., Zhang, C., Wang, C. and Jiang, H. (2018). Machine learning for estimating leaf dust retention based on hyperspectral measurements, *Journal of Sensors*, vol. 2018, no. 1, a. 6026259.
12. Sandino, J., Pegg, G., Gonzalez, F. and Smith, G. (2018). Aerial mapping of forests affected by pathogens using UAVs, hyperspectral sensors, and artificial intelligence. *Sensors*, vol.18, no.4. 944.
13. Kurihara, J., Ishida, T. and Takahashi, Y. (2020). Unmanned aerial vehicle (UAV)-based hyperspectral imaging system for precision agriculture and forest management. In: Avtar, R. and Watanabe, T. (Eds). *Unmanned Aerial Vehicle: Applications in Agriculture and Environment*. Cham, Switzerland: Springer, pp. 25-38.
14. Uruskyi, O., Stankevich, S., Dudar, T., Mosov, S., Prysiazhnyi, V. (2024). Integrated assessment of disturbed ecosystems using remote sensing technique, *Science and Innovation*, vol. 20, no. 5, pp. 3-15.
15. Stankevich, S.A., Kharytonov, M.M., Kozlova, A.A., Korovin, V.Yu., Svidenyuk, M.O. and Valyaev A.M. (2018). Soil contamination mapping with hyperspectral imagery: Pre-Dnieper chemical plant (Ukraine) case study. In: Maldonado, A.I.L., Rodriguez-Fuentes, H., Contreras, J.A.V. (Eds). *Hyperspectral Imaging in Agriculture, Food and Environment*. London, UK: IntechOpen, pp. 121-136. DOI: 10.5772/intechopen.72601



Наслідки впливу військових дій на стан водотоку р. Дніпро Старжинський П. *Жукова О.

Київський національний університет будівництва та архітектури, Київ, Україна

acceptotraditio@gmail.com

Consequences of the Impact of Military Operations on the State of the Dnipro River Watercourse

Starzhynskiy P. *Zhukova O.

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine

acceptotraditio@gmail.com

Abstract. The study is devoted to the analysis of the consequences of military actions on the state of hydroecosystems of the Dnipro River in the conditions of Russian military aggression. Hostile actions of the Russian Federation on the territory of Ukraine led to significant environmental problems, which are comparable to the existing anthropogenic impact of the load on the main water artery of the country. In particular, water pollution with heavy metals, chemicals and changes in the hydromorphological regime of the river were recorded. Special attention is paid to the analysis of water quality indicators in different parts of the Dnipro basin for the period 2021–2024. The importance of enhanced environmental control and further research to assess the long-term consequences of the war on Ukraine's water resources is emphasized.

Keywords: military operations, Dnipro River, hydroecosystems, pollution, Kakhovskaya HPP, environmental safety.

Вступ

З початком військової агресії росії екологічна ситуація в Україні суттєво погіршилася, набула глобального характеру і є порівнюваною з масштабами інших екологічних катастроф. Военні дії призвели до численних руйнувань інфраструктури, які викликають важкі наслідки для навколишнього середовища, зокрема, для водних ресурсів. Катастрофа, пов'язана з підривом Каховської ГЕС, стала однією з найбільших техногенних катастроф останніх десятиліть, з аналогічними прикладами на світовій арені, як аварії на Чорнобильській АЕС або вибухи нафтових платформ, які мали глобальні екологічні наслідки (Хільчевський, 2022).

Вплив війни в Україні, зокрема, на річкові басейни, водні екосистеми та гідроспороди, зокрема на р. Дніпро, вимагає особливої уваги через масштабну деградацію довкілля та значні зміни гідроморфологічного режиму. Ворожі обстріли й атаки на критичну водну інфраструктуру не тільки ускладнюють доступ до питної води, але й викликають серйозні забруднення вод токсичними речовинами, включно з важкими металами та біогенними елементами (Строкаль і Ковпак, 2021). У багатьох регіонах України ситуація є аналогічною або гіршою, що підкреслює необхідність порівняльного аналізу екологічних наслідків воєнних дій по всій країні. У цьому контексті війна росії проти України спричинила екологічні проблеми, які співмірні з антропогенним навантаженням на довкілля під час наймасштабніших природних та техногенних катастроф у світі. Це ставить питання необхідності негайних дій для мінімізації збитків та довгострокових стратегій відновлення екологічної безпеки в країні.

Основною метою даної роботи є оцінка екологічних наслідків впливу воєнних дій та техногенних катастроф на водні екосистеми України, зокрема на прикладі підриву Каховської ГЕС, а також розробка рекомендацій для мінімізації негативних наслідків та відновлення водних ресурсів у післявоєнний період.

Матеріали та методи

У ході наших досліджень було проаналізовано стан гідроекосистем річки Дніпро за період військових дій, які спричиняють ряд ризиків для населення та призводять до незворотних змін у функціонуванні гідроекосистем (табл. 1).



Результати і обговорення

Аналіз середньорічних показників якості води в р. Дніпро за період 2021-2024 рр. дозволяє зробити ряд висновків. Показники якості води в р. Дніпро протягом 2021-2024 рр. демонструють як стабільність, так і певні коливання. В окремих випадках спостерігаються перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) за деякими показниками, що свідчить про певне забруднення води (Войтенко & Кочетов, 2021). Температура води в річці змінюється відповідно до пори року, що є природним процесом.

Таблиця 1. Загальна характеристика стану якості води в р. Дніпро протягом 2021 – 2024 рр.

Назва ділянки басейну	Рік відбору	Темп-ра, °С	Фактичні величини основних показників якості води						
			Р-ний кисень, мгО ₂ /дм ³	Прозорість, см.	Амоній - іон, мг/дм ³	ХСК, мгО/дм ³	Залізо заг., мг/дм ³	Марганець, мг/дм ³	Фосфат-іон, мг/дм ³
НОРМАТИВ:	Гігієнічні нормативи (наказ МОЗ від 02.05.2022 № 721)		≥4,0	10.00	-	30.00	0.30	0.100	2.50
	Нормативи ЕБВО від 30.07.12		-	-	0,5-1,0 (мгN/л)	50.00	-	-	0,70 (мгP/л)
р. Дніпро - Київське водосховище	2024	12.9	7.27	21.97	0.99	40.99	0.44	0.298	0.20
	2023	12.9	8.48	22.65	0.64	34.59	0.43	0.065	0.32
	2021	11.4	9.77	25.85	0.69	30.86	0.56	0.115	0.29
Канівське водосховище	2024	12.2	7.77	21.38	0.92	33.00	0.19	0.117	0.31
	2023	11.3	8.66	25.43	0.59	27.62	0.14	0.074	0.41
	2022	10.2	8.33	23.88	0.57	24.80	0.48	1.250	0.61
	2021	11.4	10.51	28.27	0.51	24.67	0.33	0.074	0.38
Кременчуцьке водосховище	2024	13.3	8.50	31.72	0.42	42.30	0.27	0.061	0.48
	2023	12.0	7.75	28.61	0.47	44.59	0.24	0.067	0.49
	2022	12.5	8.18	30.84	0.37	39.51	0.20	0.060	0.30
	2021	11.3	8.42	26.33	0.35	36.60	0.13	0.060	0.47
Кам'янське водосховище	2024	12.2	8.22	29.47	0.37	33.66	0.22	0.066	0.30
	2023	11.5	7.80	29.38	0.36	34.93	0.19	0.073	0.26
	2022	11.3	7.44	29.07	0.29	32.95	0.14	0.081	0.23
	2021	11.4	10.51	28.27	0.51	24.67	0.33	0.074	0.38
Дніпровське водосховище	2024	13.3	9.29	28.75	0.31	26.24	0.18	0.067	0.74
	2023	13.0	8.76	28.59	0.33	28.38	0.77	0.077	0.27
	2022	11.5	8.92	28.51	1.02	26.08	0.10	0.060	0.20
	2021	10.2	9.43	28.25	0.32	26.22	0.11	0.060	0.26
Каховське водосховище	2024	Тимчасова окупація територій							
	2023								
	2022								
	2021	12.8	9.78	45.17	0.14	28.53	0.13	0.05	0.29
р. Дніпро (понижся)	2024	Тимчасова окупація територій							
	2023								
	2022								
	2021	13.0	9.42	45.54	0.13	28.88	0.13	0.057	0.27



Значення рН в основному в межах допустимої норми, що свідчить про відносно стабільний кислотно-лужний баланс води. Прозорість води коливається протягом року, що може бути пов'язано з сезонними змінами гідрометеорологічних умов, а також з антропогенним впливом. Вміст амонійного іону в деяких випадках перевищує норму, що може свідчити про органічне забруднення води, пов'язане зі стоками з населених пунктів та сільськогосподарських угідь. Хімічне споживання кисню (ХСК) вказує на загальний рівень забруднення води органічними речовинами. В деяких випадках спостерігається перевищення норми, що свідчить про підвищений вміст органічних забруднювачів.

Вміст заліза в деяких випадках перевищує норму, що може бути пов'язано з природними геологічними особливостями басейну річки, а також з антропогенним впливом. Вміст марганцю також в деяких випадках перевищує норму. Фосфати є одним з основних факторів, що сприяють евтрофікації водойм. Вміст фосфатів в деяких випадках перевищує норму.

Відокремлюючи кожен ділянку басейну р. Дніпро в період з 2021 – 2024 рр., можна виділити наступні тенденції. У Київському водосховищі за вказаний період спостерігається зменшення прозорості та збільшення рівня ХСК. Концентрації амонію залишаються відносно стабільними, однак зменшилися концентрації фосфатів та заліза. По Канівському водосховищу є зменшення концентрації заліза та фосфатів, стабільні показники амонію. Прозорість знизилася порівняно з 2021 р. Кременчуцьке водосховище теж має певні відхилення. Прозорість та концентрації амонію стабільні. Значне збільшення концентрації ХСК та фосфатів у 2024 р. В Кам'янському водосховищі за цей період загальна прозорість та ХСК зменшуються, але спостерігається стабільність в рівнях амонію та фосфатів. У Дніпровському водосховищі показники амонію значно знизилися у 2024 р., в той час як ХСК залишається на високому рівні.

Стосовно Каховського водосховища та ділянки від Каховської ГЕС до Чорного моря спостереження відсутні через відкритий військовий напад РФ, окупацію території та підлив греблі водосховища в ніч на 6 червня 2023 року. В результаті чого відбувся неконтрольований витік води і водосховище у штучному вигляді перестало існувати, рівень води та площа поверхні в межах водойми загалом повернулися до показників рівнів та площі поверхні дзеркала Дніпра та інших річок його басейну в період до його створення, натомість відбулися підтоплення (переважно тимчасові) населених пунктів та прибережних земель нижче за течією Дніпра та значне опріснення Дніпровсько-Бугського лиману.

Висновки

Якість води в р. Дніпро в цілому відповідає нормативним вимогам, однак спостерігаються певні відхилення від норми за окремими показниками.

Основними проблемами є підвищений вміст амонію, ХСК, заліза, марганцю та фосфатів, що може бути пов'язано з органічним забрудненням, стоками з населених пунктів та сільськогосподарських угідь.

Для більш детальної оцінки якості води необхідно провести додаткові дослідження, включаючи аналіз на наявність інших забруднювачів (пестициди, нафтопродукти тощо).

Список використаних джерел

1. Строкаль В.П., Ковпак А.В. Причинно-наслідкові зв'язки забруднення біогенними елементами басейну річки Дніпра: синтез теоретичних даних. Екологічні науки. Вип. 2 (35), 2021. – С. 37-44
2. Войтенко, Л. В., & Кочетов, Я. В. (2021). Комплексна оцінка якості води: проблеми та рішення: URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/46701/1/Pure_water_2021-99-103.pdf
3. Хільчевський В.К. (2022). Водні та збройні конфлікти – класифікаційні ознаки: у світі та в Україні. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. № 1(63). 6-19.



Оцінка екологічного ризику в зоні впливу аеропорту

Черняк Л.^{1*}, Манецкі Т.², Міхєєв О.³, Дмитруха Т.¹

¹Національний авіаційний університет, Київ, Україна

²Лодзьський технічний університет, Лодзь, Польща

³Інститут клітинної біології та генетичної інженерії НАН України, Київ, Україна

specially@ukr.net

Environmental Risk Assessment for Areas Affected by the Airport

*Cherniak L.¹, Maniecki T.², Mikhyeyev O.³, Dmytrukha T.¹

¹National Aviation University, Kyiv, Ukraine

²Lodz University of Technology, Lodz, Poland

³Institute of Cell Biology and Genetic Engineering NAS of Ukrain, Kyiv, Ukraine

specially@ukr.net

Abstract. The authors analyzed the problem of chemical pollution of soils in the zone of influence of the airport and determined the potential environmental risk. The standard method of testing of the heavy metals concentration in the soil was used to study the level of pollution of the tested soil samples. Analytical methods were used to determine the total indicator of soil pollution at this area and the potential environmental risk assessment. The calculated values of the total indicator of soil pollution at this area correspond to the permissible category of soil pollution, the category characterized by the lowest level of morbidity of children and the minimum of functional deviations in the adult population. The obtained results helped to establish the dependence of the level of environmental safety of these territories depending on the distance to the airport runway.

Keywords: ecological safety, airport, environmental risk assessment, heavy metals, soil pollution.

Вступ

Розвиток галузі цивільної авіації супроводжується зростанням впливу на навколишнє середовище на локально, регіональному та глобальному рівнях. Результатом діяльності аеропортів, що відіграють важливу роль у забезпеченні авіатранспортних процесів є зростання техногенного навантаження на усі компоненти довкілля в зоні впливу аеропортів. До основних забруднюючих речовин, що призводять до деградації ґрунтів у зоні впливу аеропортів належать нафтопродукти та важкі метали. Відомо, що біологічна деградація ґрунтів внаслідок хімічного забруднення призводить до зниження рівня екологічної безпеки та до зменшення його родючості (Самохвалова та ін., 2008). Тому, використання земельних ресурсів країни у зонах антропогенного впливу потребує оцінки стану ґрунтового покриву та розробки рекомендацій щодо підвищення рівня екологічної безпеки даних територій. Метою нашого дослідження було визначення екологічного ризику для населення, яке проживає в зоні впливу аеропорту.

Методи та матеріали

Для оцінки екологічного ризику за рівнем забруднення ґрунту важкими металами для населення, яке проживає в зоні впливу аеропорту було використано результати наших попередніх експериментальних досліджень з визначення вмісту важких металів у шести пробах ґрунту, відібраних на різній відстані від Міжнародного аеропорту «Київ» імені І.Сікорського. Було проаналізовано наступні зразки проб ґрунту відібраних методом «конверту»: контрольний зразок, проба ґрунту відібрана на відстані 50 м, 500 м, 1000 м, 1500 м та 2000 м від злітно-посадкової смуги аеропорту.

З метою визначення рівня акумуляції важких металів у ґрунті розраховувався сумарний показник забрудненості Zс, що відображає комплексний ефект впливу всієї групи елементів та



визначається як адитивна сума перевищень коефіцієнтів концентрацій елементів над фоновим рівнем. Екологічний ризик був розрахований за стандартною методикою.

Результати та обговорення

Результати визначення вмісту важких металів продемонстрували значне перевищення ГДК для таких металів, як Pb, Zn, Cu, та Cr, що відповідає високому рівню екологічної небезпеки, а також, незначне перевищення ГДК за вмістом Ni та Co.

Розраховані значення сумарного показника забруднення ґрунту на даній території відповідають допустимій категорії забруднення ґрунту (Zс знаходиться в межах від 5,55 до 11,96) категорії для якої характерним є найнижчий рівень захворюваності дітей та мінімум функціональних відхилень у дорослого населення.

Результати розрахунку потенційного екологічного ризику (IR) представлені у табл. 1

Таблиця 1. Результати розрахунку потенційного екологічного ризику забруднення ґрунтів

Відстань від злітно-посадкової смуги аеропорту, м	IR
50	114,34
500	90,2
1000	132,71
1500	123,82
2000	107,16

У результаті аналізу отриманих значень щодо рівня потенційного екологічного ризику для досліджених проб ґрунту, відповідно до класифікації потенційного екологічного ризику забруднення ґрунтів (Самарська і Зеленько, 2018) встановили, що значення ризику знаходиться в межах низького. Загалом, спостерігається зростання рівня потенційного екологічного забруднення ґрунту на відстані 1000 м та 1500 м від злітно-посадкової смуги аеропорту. На нашу думку це пов'язано із розташуванням поряд автодороги.

Висновки

У результаті аналізу отриманих результатів розрахунку загального екологічного ризику забруднення ґрунту можемо зробити висновок про залежність рівня екологічної безпеки ґрунту від відстані до злітно-посадкової смуги. Хоча розраховані значення сумарного показника забруднення ґрунту на даній території відповідають допустимій категорії забруднення ґрунту категорії для якої характерним є найнижчий рівень захворюваності дітей та мінімум функціональних відхилень у дорослого населення, для Pb, Zn, Cu, та Cr встановлено значне перевищення ГДК, що відповідає високому рівню екологічної небезпеки. Тому, важливим є розробка рекомендацій щодо підвищення рівня екологічної безпеки ґрунтів у зоні впливу аеропорту, зокрема з використанням фітотехнологій для їх відновлення.

Список використаних джерел

1. В.Л. Самохвалова, А.І. Фатєєв, О.Є. Найдѣнова (2008). Аналіз стану забруднених важкими металами ґрунтів за окремими біохімічними показниками, *Науковий вісник Ужгородського університету, Серія Біологія*, Випуск 22, С. 143-151
2. А.В. Самарська, Ю.В. Зеленько (2018). *Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту*, № 4 (76). С. 25-35.



Екоцид, зумовлений руйнуванням дамби Каховського водосховища

Чорногор Л., Некос А., Тітенко А.

Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, Харків, Україна

l.l.chornohor@gmail.com

Ecocide Caused by the Destruction of the Kakhovka Reservoir Dam

Chernogor L., Nekos A., Titenko G.

V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

l.l.chornohor@gmail.com

Abstract. The aim of the study is to assess the environmental consequences caused by the high-powered water flow from the destroyed Kakhovka reservoir. Mathematical 2D and 3D models of water flow from the reservoir were developed for the first time. It was found that the environmental consequences of the largest man-made disaster were very significant and long-lasting. The ecosystems suffered irreparable damage, which qualifies as ecocide. The environmental consequences of the largest man-made disaster in decades were very significant. Certain consequences will be observed for 10 years or more. Irreparable damage has been caused to ecosystems, which should be qualified as ecocide.

Keywords: Kakhovka Reservoir, dam failure, mathematical models, water flow, environmental consequences.

Вступ

Каховську гідроелектростанцію (ГЕС) побудовано в 1956 р. у руслі Дніпра (Khilchevskiy et al, 2023). Її електрична потужність складала 335 МВт. Роботу ГЕС забезпечувало водосховище, що простягалось від Запорізької до Херсонської областей. Крім енергетичної функції, водосховище мало велике господарське значення. Воно вміщувало 40% прісної води України. Водосховище використовувалося для зрошування посушливих земель, водопостачання Кривого Рогу, Марганця та інших населених пунктів, охолодження устаткування Запорізької АЕС, рибного господарства, водного транспорту.

Зображення Каховського водосховища до та після катастрофи наведено на рис. 1 і 2.

06 червня 2023 р. внаслідок дій агресора відбулося руйнування греблі Каховського водосховища, чому передували два потужні вибухи о 02:35 і 02:54 за київським часом. За нашими оцінками, енерговиділення другого, більш потужного, вибуху складало 0.5–15 т стандартної вибухівки. Вибухи призвели до руйнування греблі, стрімкого водного потоку, затоплення значних територій, які знаходилися за течєю Дніпра нижче водосховища та екстремальної екологічної катастрофи (Gleick et al, 2023), (Vyshnevskiy et al, 2023), (Dorosh et al, 2023), (Sanina і Lyuta, 2023).

Для оцінки екологічних наслідків цієї катастрофи необхідно кількісно змодельовати ситуацію. У цьому полягає актуальність роботи.

Метою роботи є визначення екологічних наслідків шляхом математичного моделювання параметрів нерегульованого скиду надпотужного водного потоку, що стався внаслідок руйнування греблі Каховського водосховища. Для цього проведено двомірне та тримірне моделювання параметрів водного потоку та обчислено його основні параметри.

Методи та матеріали

Згідно з проектом, довжина Каховського водосховища становила $L \approx 230$ км, а ширина l змінювалася від ~ 5 до ~ 30 км (Gleick et al, 2023). Загальна площа водосховища $S_0 = 2155$ км². Початкова висота водного стовпа $h_0 \approx 16$ –17 м. За початкового об'єму води $V_0 \approx 18.1$ км³ маса води складала $m_0 \approx 1.8 \cdot 10^{13}$ кг.



Рис. 1 Каховська дамба до (зверху) та після катастрофи (за даними сайту [<http://surl.li/xvjvbb/>])



Рис. 2 Каховське водосховище до (зверху) та після катастрофи (за даними сайту [<http://surl.li/inymdo/>])



За оцінками авторів, початкова потенціальна енергія води у водосховищі сягала $E_{p0} \approx 1.4$ ПДж ≈ 337 кт ТНТ. Початкова швидкість водного потоку за $h_0 \approx 16.5$ м складала 12.7 м/с.

Після руйнування греблі, що мала довжину 447 м і максимальну висоту 29 м, у водосховищі, рівень води на початку зменшувався на $\Delta h \approx 0.15$ м щогодини (див. рисунок). Це дозволило за відомими значеннями $\Delta h/\Delta t$ та швидкості водного потоку v_0 оцінити площу поперечного перерізу $S_{10} = 7.1 \cdot 10^3$ м².

Головним показником для оцінки катастрофічних наслідків і впливу на екологічну ситуацію регіону є потужність водного потоку, що складала 7.3 ГВт.

Початкові витрати води сягали -90 кт/с, а об'ємні витрати води складала $-9 \cdot 10^4$ м³/с. Параметри водного потоку зі зруйнованого Каховського водосховища були практично катастрофічними та еколого-небезпечними для всього регіону, як суходолу, так і інших гідрографічних об'єктів, у тому числі, Дніпро-Бузького лиману, Чорноморського узбережжя та самого Чорного моря (якості його води, чорноморської флори та фауни). Рівень води на затоплених територіях збільшувався до 09 червня 2023 р., у цей день досягнув максимуму, а потім поступово зменшувався. Ширина Дніпра місцями зросла до 10 км. Наприклад, рівень води у Дніпрі у м. Херсон, що знаходиться на відстані приблизно 80 км від Каховської дамби, зріс на 5.37 м. Річка Інгулець вийшла з берегів.

Вихідними рівняннями, що описують водний потік із зруйнованого Каховського водосховища, є рівняння для швидкості потоку $v(h)$, поточної маси $m(h)$ або поточного об'єму води $V(h)$ у водосховищі та витрати води $dm(h)/dt$ в результаті витікання. Якщо площа водного дзеркала $S(h) = S_0$, то маємо одновимірну модель (1D-модель). Насправді при витіканні води довжина L та ширина l водного дзеркала зі зменшенням висоти стовпа води h також зменшуються. Оскільки $L \gg l$, то можна спочатку вважати, що $L(h) \approx L_0$, а $l = l(h)$. Така модель є двовимірною (2D-моделлю). Отримано співвідношення для $l(h)$ та інших основних параметрів водного потоку: швидкості, відносної маси, витрати води, дефіциту води, потенціальної енергії води у водосховищі та потужності водного потоку. З врахуванням залежності довжини водосховища L від його глибини побудовано тривимірну (3D-) модель.

Результати та обговорення

Часова залежність обчислених за розробленими 3D-моделями основних параметрів водного потоку наведено у табл. 1.

Виконане у роботі моделювання показало, що руйнування Каховської греблі призвело до скиду нерегульованого водного потоку з початковою потужністю близько 7.3 ГВт, початковою витратою води $9 \cdot 10^4$ м³/с, в той час як витрати води Дніпром в середньому складала $1.7 \cdot 10^3$ м³/с, тобто були в 53 рази меншими. Потужний водний потік висотою близько 10 м призвів до затоплення та підтоплення значних територій. Площа водного дзеркала при цьому складала близько 650 км². Приблизно за 1 добу потік досягнув Дніпро-Бузького лиману, за 2 доби – Одеського морського порту.

Ситуація із затопленням більш-менш стабілізувалася за ~ 10 –15 діб. За цей час водосховище втратило більшість об'єму води. Його площа скоротилася від 2155 км² до 261 км², тобто на 88%. Найбільше постраждали екосистеми трав'янистих луків, заплави, водно-болотних угідь, лісів та пасовищ. Затоплення призвело до цілої низки катастрофічних екологічних наслідків. Значно погіршився санітарно-епідеміологічний стан суміжних територій.

Екологічні наслідки катастрофічного руйнування греблі Каховського водосховища

Результати математичного моделювання параметрів водного потоку із водосховища показали, що вони були катастрофічними. Руйнування греблі Каховського водосховища просто не могло не викликати дуже серйозні наслідки та екологічно-небезпечні загрози (і не тільки екологічні).

Виконані дослідження і математичне моделювання дозволили обґрунтувати класифікацію екологічних наслідків катастрофи за часом. Пропонуються наступні три категорії: короткочасні, середньої тривалості та довготривалі наслідки.



Таблиця 1. Основні параметри водного потоку від зруйнованої Каховської греблі

Кількість діб	Основні параметри водного потоку						
	Висота h , м	Швидкість v , м/с	Відносна маса m/m_0	Дефіцит маси Δm , Гт	Витрати $ dm/dt $, кг/с	Потужність потоку P_k , ГВт	Потенціальна енергія E_p , ТДж
0	16	12.7	1	0	90	7.30	1400
1	11.8	10.9	0.65	6.3	57.3	3.44	678
2	8.8	9.4	0.43	10.3	36.7	1.64	331
3	6.7	8.2	0.29	12.8	24.5	0.84	173
4	5.0	7.1	0.19	14.6	15.5	0.39	83
5	3.7	6.2	0.13	15.7	10.6	0.21	45
6	2.9	5.4	0.09	16.4	6.9	0.10	22.5
7	2.2	4.8	0.06	16.9	4.7	0.055	12.3
8	1.8	4.2	0.04	17.3	3.3	0.03	6.9
9	1.4	3.8	0.03	17.5	2.4	0.02	4.2
10	1.1	3.4	0.02	17.6	1.7	0.01	2.3

Короткочасні екологічні наслідки тривали від початку катастрофи до ~10 діб, тобто до спустошення водосховища. При цьому продовжували затоплюватися прилеглі території. Було затоплено інфраструктурні об'єкти території – житлові забудови, автозаправні станції, смітники, каналізаційні споруди, скотомогильники, кладовища та поховання тощо. У воду потрапило біля 650 т нафтопродуктів. Загибло понад 100 людей і велика кількість свійських і диких тварин. Затоплення супроводжувалося забрудненням Дніпро-Бузького лиману та зрештою Чорного моря. Площа забруднення склала 7300 км², швидкість поширення бруду була близька до 1 м/с. Затоплення значно вплинуло на показники біорізноманіття у заплаві Дніпра. Солоність морської води у північній частині Чорного моря зменшилася у 3–3.5 рази (від 12–14 г/л до 4 г/л). Суттєво зросла концентрація токсичних речовин (Cu, Zn, As, хлорорганічних, нафтопродуктів).

Екологічні наслідки середньої тривалості мали місце від ~1 місяця до багатьох місяців. Вони почалися з моменту повного осушення Каховського водосховища, руйнування системи водозабезпечення міст Кривий Ріг, Марганець, Берислав, Енергодар і інших населених пунктів, де проживає близько 1 млн мешканців, руйнування 31 системи іригації Дніпропетровської, Запорізької та Херсонської областей. Виникли проблеми з охолодженням устаткувань Запорізької АЕС. На території у 584 км² суттєво постраждали орні землі внаслідок змиву верхнього плідного шару ґрунту, відповідно і чутним буде зменшення площ продуктивних ґрунтів, а значить, показники урожайності у регіоні суттєво знизяться. Мали місце суттєві втрати для рибного господарства. Виникла загроза існування і збереження особливо цінних екосистем. До них належать Нижньодніпровський національний парк, Чорноморський біосферний заповідник, Кінбурнська коса тощо. Певні наслідки обумовлені активними процесами евтрофікації у водних об'єктах. Інші біонебезпечні наслідки викликані розкладанням останків молюсків масою в 500 тис. т, що залишилися на дні колишнього Каховського водосховища (Sanina і Lyuta, 2023).

Довготривалі екологічні наслідки (від ~0.5 до 10 років і більше) пов'язані з оголенням і висиханням дна колишнього водосховища, яке містило великі маси забруднюючих речовин, важких металів, радіоактивних елементів тощо. Ці речовини здатні потрапляти в атмосферу, переноситися вітряними потоками на значні відстані та зрештою проявитися в харчовому ланцюжку (Linnik і Zubenko, 2000). Руйнування іригаційних системи на площі 5840 км² (Dorosh at al, 2023) призвело взагалі до неможливості подальшого зрошення земель, що з великою ймовірністю у кінцевому результаті призведе до осушення території та опустелювання, а це у свою чергу вплине на інтенсивність пилових бур. Зрештою це призведе до суттєвих кліматичних змін. Підтоплення може викликати активізацію небезпечних геологічних процесів.



Підтоплення та спустошення водосховища негативно позначилося на землекористуванні в окремих регіонах Дніпропетровської, Запорізької, Херсонської та Миколаївської областей.

Висновки

Підсумовуючи, можна констатувати, що руйнування Каховської греблі призвело до короткотривалих, середньої тривалості та довготривалих соціально-екологічних, біонебезпечних, негативних санітарно-гігієнічних наслідків, значущість яких ще належить з'ясувати. Зараз уже можна стверджувати, що вони були катастрофічними. Мав місце справжній екоцид. Нічого подібного не було у світі впродовж цілих десятиліть.

Стосовно моделювання нерегульованого водного потоку, то слід зазначити, що вперше була розроблена методика кількісного аналізу динамічних процесів під час нерегульованого скиду великих мас води з пошкоджених гребель. Запропоновано прості аналітичні дво- та тривимірні моделі параметрів водного потоку. Отримано співвідношення для оцінки потенціальної енергії маси води у водосховищі, кінетичної енергії водного потоку, висоти рівня та маси води у водосховищі, швидкості потоку, витрат води. Ці співвідношення використано для оцінки наслідків катастрофи.

Проведено числове моделювання динаміки основних параметрів водного потоку зі зруйнованого Каховського водосховища. Встановлено, що приблизно за десять діб висота стовпа води у водосховищі зменшилася більше, ніж на порядок, швидкість потоку – приблизно у 4 рази, об'єм – у 45 разів, витрати води – майже на два порядки, потужність потоку та потенціальна енергія води у водосховищі – майже на три порядки. Водосховище втратило близько 18 Гт води. Була затоплена площа у 650 км². Висота стовпа води в околицях греблі сягала 10 м, а на відстані ~80 км – 5 м. Початкова швидкість потоку води нижче греблі була близькою до 10 м/с. Така швидкість зберігалася на відстані ~80 км від греблі, що сприяло неминучості катастрофи. Важливо, що катастрофа настала глибокої ночі, що суттєво збільшило кількість жертв і збитки.

Обґрунтовано, що екологічні наслідки найбільшої техногенної катастрофи за десятиліття були дуже значними. Певні наслідки будуть спостерігатися ~10 років і більше. Екосистемам нанесено непоправну шкоду, яку слід кваліфікувати як екоцид.

Список використаних джерел

1. Khilchevskiy, V., Grebin, V., Dubniak, S., Zabokrytska, M., & Bolbot, H. (2023). Large and small reservoirs of Ukraine. *Journal of Water and Land Development*, vol. 52, pp. 101–107. <https://doi.org/10.24425/jwld.2022.140379>
2. Gleick, P., Vyshnevskiy, V., & Shevchuk, S. (2023). Rivers and water systems as weapons and casualties of the Russia-Ukraine war. *Earth's Future*, 11(10). <https://doi.org/10.1029/2023ef003910>
3. Vyshnevskiy, V., Shevchuk, S., Komorin, V., Oleynik, Y., & Gleick, P. (2023). The destruction of the Kakhovka dam and its consequences. *Water International*, 5(48), pp. 631–647. <https://doi.org/10.1080/02508060.2023.2247679>
4. Dorosh, Y., Ibatullin, S., Dorosh, O., Sakal, O., & Dorosh, A. (2023). Application of geoinformation technologies in determining the area of flooded lands as a result of the destruction of the Kakhovska HPP. *Zemleustriy, kadastr i monitoring zemel'*, 2023(3), 98–109. <https://doi.org/10.31548/zemleustriy2023.03.09>
5. Sanina, I. V., & Lyuta, N. G. (2023). Екологічні наслідки підриву греблі Каховської ГЕС і шляхи вдосконалення водопостачання населення. *Мінеральні ресурси України*, (2), 50–55. <https://doi.org/10.31996/mru.2023.2.50-55>
6. Linnik, P. M., & Zubenko, I. B. (2000). Role of bottom sediments in the secondary pollution of aquatic environments by heavy-metal compounds. *Lakes and Reservoirs: Research and Management*, 5(1), 11–21. <https://doi.org/10.1046/j.1440-1770.2000.00094.x>



Workshop 3

PRESERVATION OF PROTECTED AREAS AND THE EMERALD NETWORK DURING MILITARY ACTIONS

Participants



National Nature Park «Pivnichne Podillia», Yaseniv, Ukraine



National University «Poltava Polytechnic named after Yuri Kondratyuk», Poltava, Ukraine



NPC Ukrenergo, Kyiv, Ukraine



Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine



Секція 3. ЗБЕРЕЖЕННЯ ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЙ ТА СМАРАГДОВОЇ МЕРЕЖІ ПІД ЧАС ВОЄННИХ ДІЙ

Збереження лучно-степових схилів на території Національного природного парку «Північне Поділля»: проблематика та шляхи вирішення

Баточенко В.М.¹, *Паньковська Г.П.¹, Гордієнко В.М.¹, Харачко Т.І.^{1,2}

¹Національний природний парк «Північне Поділля», с. Ясенів, Україна

²Національний лісотехнічний університету, Львів, Україна

galinapankovska@gmail.com

Conservation of meadow-steppe slopes in the territory of the National Nature Park «Pivnichne Podillia»: challenges and solutions

Batochenko V.M.¹, *Pankovska Y.P.¹, Hordienko V.M.¹, Kharachko T.I.^{1,2}

¹National Nature Park «Pivnichne Podillia», Yaseniv, Ukraine

²Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

galinapankovska@gmail.com

Abstract. The paper highlights the issues of sylvatization of meadow-steppe slopes on the territory of the National Nature Park “Pivnichne Podillia”. The causes of self-reforestation were identified. The possible solutions were proposed. The floristic richness was studied and a list of rare species of flora growing in this meadow-steppe area is given. It has been determined that the best result of slope conservation is the implementation of active protection measures. These include haying, grazing, and mechanical removal of shrub species.

Keywords. Meadow-steppe slope, invasive species, nature reserve fund, rare species, research ground.

Вступ

Національний природний парк «Північне Поділля» створений з метою збереження цінних природних та історико-культурних комплексів та об'єктів. Особливої уваги на території національного природного парку заслуговують екстразональні лучні степи середньоєвропейського типу, які тут сформувалися у дуже давні часи, ще у дольдовиковий період та характеризується високим рівнем біорізноманіття з унікальними видами рослин і тварин.

Враховуючи прямий та опосередкований антропогенний вплив, зміну клімату та інші фактори і чинники сьогодні дані лучно-степові ділянки стають вразливими і потребують детального вивчення для подальшого їх збереження і за потреби відтворення чи відновлення (Ткаченко, 2004).

Натепер однією з найважливіших проблем у функціонування об'єктів природно заповідного фонду для охорони територій є відсутність науково обґрунтованих методів оптимізації умов для збереження і відновлення лучно-степової рослинності, і рідкісних видів зокрема. Особливу увагу слід приділити розробці та апробації таких методів.

Методи та матеріали

При підготовці матеріалів були використані загальнонаукові традиційні методи досліджень, а саме аналізу, синтезу, порівняння та аналогії, спостережень. Перелічених методів достатньо для збору матеріалу та його опрацювання з наданням висновків по темі роботи.



Результати та обговорення

Концепція «абсолютного заповідання» відома як широко застосований інструмент збереження унікальних природних комплексів. Вона полягає у забороні будь-якого антропогенного втручання у природні механізми розвитку екосистем. Абсолютне заповідання добре спрацьовує в умовах лісових об'єктів з дуже великою площею, які були створені для збереження рідкісних видів тварин. Але більшість природоохоронних об'єктів в Україні мають відносно невеликі площі. Після заповідання змінюється екологічна ситуація на території об'єкта саме внаслідок заборони антропогенного втручання в природні механізми. Наприклад, на лучно-степових ділянках, одними із найбільш загрозливих факторів для збереження їх біорізноманіття є заліснення та заростання чагарниками, рослинністю, що проявляє інвазійною (Лисенко і Яровий, 2024). Вона щільно вкриває підніжжя заповідних територій (Рис.1).



Рис.1. Приклади заростання лучно-степових схилів

Заростання деревами та кущами, через затінення, впливає на температуру ґрунту, мікроклімат на ділянці та, відповідно, змінюються показники освітленості й випаровування. Таким чином, сукупність вищезгаданих чинників впливають на рослинний покрив, а це, у свою чергу, може призвести до безповоротної втрати природоохоронної цінності лучно-степових екосистем (Ляшук та ін., 2024). Тому вони потребують постійних заходів зі збереження шляхом розчищення ділянок від деревно-кущової рослинності, що проявляє інвазію. Також доцільним є проведення підтримуючих заходів з викошування підросту молодих дерев та порослі чагарників. Заростання степових ділянок деревами та кущами є наслідками припинення випасу худоби, сінокосіння та випалювання сінокосів, які практикувались в минулому.

Зміни, що пов'язані із поступовим заростанням деревною рослинністю степових ділянок, відбуваються і на території природоохоронних об'єктів Національного природного парку «Північне Поділля». Одна із ділянок, яка потребує особливої уваги, це – масив лучно-степових ділянок Гологоро-Кременецького горбогірного пасма. Гологори – найбільша і відносно добре збережена ділянка подільських лучних степів на північній межі їхнього поширення. Тут відзначена одна із найвищих видових насиченостей у Європі – 800 видів (на одиницю площі).



Наукову цінність території можна простежити за таким критерієм, як наявність на ній рідкісних видів флори та фауни, які включені до офіційних охоронних переліків (Європейський Червоний список, Червона книга МСОП, Червона книга України, Бернська конвенція, CITES).

Збереження лучно-степових екосистем і видового розмаїття потребує відновлення пошкоджених природних середовищ, зокрема тих ділянок, де є загроза втрати рідкісних видів рослин та їх угруповань. Особливу увагу необхідно приділяти розробці індивідуальних схем регуляційних заходів для кожного конкретного заповідного об'єкта, які повинні спиратись на результати науково обґрунтованих експериментів (сінокосіння, випас, контрольований підпал, розчищення). Адже в межах рівнинних ландшафтів Лісостепу, лучно-степові екосистеми є досить нестійкими, і як правило, заростають деревною чи чагарниковою рослинністю.

Для розроблення плану дій та опрацювання навиків боротьби із заростання лучно-степових схилів на території НПП «Північне Поділля» було закладено науково-дослідний полігон «Гологори», який розташований та функціонує в зоні відповідальності Золочівського природоохоронного науково-дослідного відділення Парку на землях, надання яких (в тому числі з вилученням у землекористувачів) в постійне користування Парку погоджено Указом Президента України від 10.02.2010 № 156/2010 «Про створення національного природного парку «Північне Поділля». Земельна ділянка «Гологірська-5» (нумерація згідно Проекту створення), землі запасу Золочівської міської ради, цільове призначення – сіножаті і пасовища. Після зміни використання дана ділянка місцями заросла самосівом дерев та кущів. Тут відбувається швидка зміна видового складу трав'яного покриву. Після втрати фітоценозами частини «цінних» елементів вона стала вразливою до проникнення рудеральних та інвазійних видів й втрачає свою початку значущість. Важливість збереження цієї ділянки також полягає у тому, що вона є ценотичним продовженням Пам'ятки природи державного значення «Гора Лиса, гора Сипуха...». Саме тому вкрай важливо провести моніторингові спостереження динаміки біорізноманіття даного полігону. Аналіз результатів моніторингу дозволить розробити та запропонувати конкретні комплексні заходи щодо боротьби із заростанням лучно-степових схилів та збереження фіторізноманіття на заповідних ділянках природоохоронної установи.

Основною метою створення і діяльності полігону є:

- збереження та відтворення цінних природних комплексів, а саме лучно-степових ділянок Північного Поділля, видів тваринного і рослинного світу та природних оселищ, занесених до Червоної книги України та міжнародних Червоних списків, у тому числі цінностей міжнародних природоохоронних територій;

- пошук та апробація кращих методів та прийомів зі збереження унікальних лучно-степових ділянок, втрата або руйнування яких матиме серйозні негативні наслідки для розвитку науки та суспільства і які не піддадуться відтворенню після їх зникнення;

- науково-дослідна діяльність, навчальна діяльність (проходження навчальних, виробничих, переддипломних практик студентів);

- науково-екскурсійна діяльність (проведення екскурсій для науковців, освітян, студентів, обмін досвідом).

На території науково-дослідного полігону «Гологори» зростають такі види флори, які підлягають охороні:

- за рішеннями Бернської конвенції (відкашник татарниколистий (*Carlina onopordifolia* Besser ex Szafer), змієголовник австрійський (*Dracocephalum austriacum* L.), сон великий (*Pulsatilla grandis* Wender.), сон розкритий (*Pulsatilla patens* Wender.));

- занесені до Червоної книги України (зіновать біла (*Chamaecytisus albus* L.), вовчі ягоди пахучі (*Daphne cneorum* L.), змієголовник австрійський (*Dracocephalum austriacum* L.), сон великий (*Pulsatilla grandis* Wender., сон розкритий (*Pulsatilla patens* Wender.), горицвіт весняний (*Adonis vernalis* L.) відкашник татарниколистий (*Carlina onopordifolia* Besser ex Szafer)) (Рис. 2.);

- на крайній межі їх ареалу/поширення або у віддалених/відокремлених острівних зростаннях (в'язіль увінчаний (*Coronilla coronate* L.), півники угорські *Iris aphylla* L.).



Видовий склад та перелік оселищ може бути розширений після завершення досліджень.



Горицвіт весняний
(*Adonis vernalis* L.)



Відкасник татарниколистий
(*Carlina onopordifolia* Besser ex
Szafer



Зіновать біла
(*Chamaecytisus albus* L.)



Сон розкритий
(*Pulsatilla patens* Wender)



Вовчі ягоди пахучі
(*Daphne sneorum* L.)



Змієголовник австрійський
(*Dracocephalum austriacum* L.)

Рис.2. Види занесені до Червоної книги України (2009), які зростають на території науково-дослідного полігону «Гологори»

Висновки

Незважаючи на те, що лучні та лучно-степові угруповання мають важливе екологічне значення як осередки збереження біорізноманіття, їх охороні та належному менеджменту цих екосистем приділяється недостатньо уваги тому потрібно шукати шляхи збереження первинних лучно-степових екосистем, зокрема і через сповільнення процесів їх сільватизації. Для цього можна впроваджувати такі типові заходи:

- механічне видалення деревної рослинності та її порослі;
- скошування небажаної рослинності у відповідний період;
- контрольований випас.

Комплексні дослідження території науково-дослідного полігону «Гологори» стануть основою для розробки адаптивних для даної території природоохоронних заходів на наступні роки щодо збереження лучно-степових схилів.

Список використаних джерел

1. Ткаченко В.С. (2004). *Фітоценотичний моніторинг резерватних сукцесій в Українському степовому природному заповіднику*, Київ: Фітосоціоцентр, 184 с.
2. Лисенко Г.М., Яровий С.С. (2024). Чи сприяє абсолютно заповідний режим самоорганізації резерватних екосистем у степових заповідниках? *Степ: досвід збереження: збірка наукових праць за матеріалами науково-практичного семінару «Степ: досвід збереження»* (30 травня 2024 року, ПЗ «Сланецький степ», с. Калинівка, Вознесенський р-н, Миколаївська обл.). Чернівці: Друк Арт. 112 с. (Серія: «Conservation Biology in Ukraine». – Вип. 38-41)) с. 38-40.
3. Ляшук І.Я., Бобрик І.В., Штогун А.О., Штогрин М.О. (2024). Лучно-степові оселища національного природного парку «Кременецькі Гори»: основні загрози та досвід збереження. //



Степ: досвід збереження: збірка наукових праць за матеріалами науково-практичного семінару «Степ: досвід збереження» (30 травня 2024 року, ПЗ «Сланецький степ», с. Калинівка, Вознесенський р-н, Миколаївська обл.). Чернівці: Друк Арт. – 112 с. (Серія: «Conservation Biology in Ukraine». – Вип. 38-41)) с. 42-43.

Ukrenergo's Corporate Initiative to Preserve Bats for Post-War Ecosystem Restoration

***Rozhko Vitalii, Iakymenko Ganna**

NPC Ukrenergo, Kyiv, Ukraine

vitaliirozhko@ukr.net

Abstract. Bats are an important chain in the production of ecosystem services. Therefore, their conservation is critical for the post-war recovery of Ukraine. NPC Ukrenergo is implementing the largest corporate biodiversity conservation project in Ukraine, “Grand a Home to Bats”. Based on international and national experience, a number of measures have been implemented to preserve bat populations in disturbed ecosystems. An ecological network of artificial bat roosts covering 15 natural parks was created. An environmental education program for youth has been developed and is being implemented on an ongoing basis. More than 20 educational events on biodiversity conservation were held. The project's educational network reached more than 20 schools and more than 500 children. A strategy for the post-war restoration of the bat population in the eastern regions of Ukraine is being developed. In this way, the company achieves its corporate social responsibility goals to communities and the state.

Keywords: biodiversity conservation, bats, environmental education, corporate social responsibility.

Introduction

For the third year in a row, the national ecosystem has been suffering from an increased anthropogenic pressure on the natural and social environment due to the military aggression of the Russian Federation. Right now, during the war, it is necessary to take care of the post-war restoration of ecosystems. Bats are an indicator of environmental health and the ability of ecosystems to provide a full range of ecosystem services. For example, bats are an important chain in the safe extermination of agricultural insect pests and contribute to the development of organic farming (Christian C Voigt, 2015). It has been proven that one bat eats from 500 to 3000 mosquitoes per night.

However, over the past 50 years, the number of bats in Ukraine has been rapidly decreasing. The reasons for the decline are mainly anthropogenic: the use of pesticides, deforestation, pollution of surface water sources, acoustic pollution, etc. (M. Brock Fenton, 1997). This year's research by American scientists shows that the destruction of bats leads to an increase in pesticide use by more than 30%, which leads to an increase in kids' mortality by 8% (Eyal G. Frank, 2024).

The European community has been dealing with the problem of bat conservation for over 20 years, and Ukraine is one of the 32 parties that have joined the Agreement on the Conservation of Bats in Europe and is **obliged** to conserve bats on its territory. All 28 species of bats in the Ukrainian fauna are listed in the Red Data Book of Ukraine and are included in international agreements ratified by our country: Bern (Convention on the Conservation of Wild Flora and Fauna and Natural Habitats in Europe) and Bonn Conventions (Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals), and the Agreement on the Conservation of Bats in Europe (EUROBATS).

Unfortunately, the full-scale war on the territory of Ukraine has made it almost impossible for these unique animals to exist in the eastern part of Ukraine. In addition to the direct destruction of bats in forest fires, they suffer from constant acoustic stress. It is the explosions and noise of military



equipment engines that have a significant impact on the little creatures, as it is very disorienting and can even disorient them in space and lead to deafness. The destruction of buildings also causes a decrease in the population due to damage to bats' homes, as they often choose human dwellings, their roofs and attics as their homes.

Ukrainians have already lost the unique colonies of the Donetsk Pergach, which lived in the Siverskyi Donets River basin in Donetsk Oblast. There has also been incredible damage to protected areas where fighting and prolonged bombardment took place: the Askania Nova Biosphere Reserve, the Kreminna Forests National Park, and the Oleshky Sands National Park. And these were areas where more than 10 species of unique bats lived.

Therefore, in the summer of 2022, NPC Ukrenergo decided to create the prerequisites for increasing the bat population in safer regions of our country for the post-war restoration of the destroyed ecosystems of the eastern regions. Based on the analysis of international and national environmental initiatives, the concept of the Give a Bat a Home project was formed. The project is currently in its third year.

Methods and materials

This conservation initiative is being implemented through the creation of additional breeding and habitat areas for bats and by fostering a conscious attitude of young people towards the conservation of living natural resources.

Results and discussion

When planning the “Grand a Home to Bats” project, short-term and long-term goals were identified. The long-term goals are the scientifically based resettlement of bats to the de-occupied territories and the restoration of disturbed ecosystems in the eastern regions of Ukraine. Localization - in the territories of natural parks along the power lines of NPC Ukrenergo.

The short-term goals of the project are:

- Creation of a “bats` bank” in protected areas that are currently least affected by the war;
- Developing environmental awareness among youth;
- Providing knowledge about bat conservation to communities;
- Development of environmental cooperation between communities, educators, businesses, and nature parks.

During the 2022-2024, the company actively implemented short-term goals. A network of artificial bat houses was created in 15 nature parks. Currently, the network includes more than 250 bat houses, including more than 40 houses for a maternity colony (Fig. 1). The presence of bat houses expands the network of bat habitats to the naturally occurring number of 60-80 houses for every colony per year. This measure contributes to the growth of the number of individuals within one bat colony.

Two series of educational events of the project are aimed at developing the environmental awareness of youth and providing new knowledge about bat conservation. Both initiatives were developed individually and registered on the Eurobats website. These are the game "I Save the Earth" (Iakymenko, 2024) and "The Bat Night from Ukrenergo" flash mob (Iakymenko, 2023). The educational campaign is carried out in a playful way and through art therapy activities, such as creating origami bats and drawing pictures on bat roosts. We explain to children why they should not be afraid of bats and their benefits to humanity (Fig. 2).

The development of environmental cooperation between the main stakeholders of ecosystem conservation in Ukraine is an innovative mechanism of the business management system. Our company has clearly defined corporate social responsibility goals. NPC Ukrenergo is a leader in the development of environmental communications among businesses. We hold meetings and webinars with the involvement of stakeholders.



(a)

(b)



(c)

Fig. 1. The network of bat houses in NPP «Pivnichne Podillya» (a), NPP «Holosivskyi» (b) and NPP «Skole Beskids» (c)



Fig. 2 Educational activities in the NPP «Lower Dniester», 2024

Conclusions

As an environmentally conscious nation, Ukrainians have been supporting the pan-European bat conservation initiative for over 20 years. However, the war has negated all the efforts of this conservation movement in the south and east of the country. The environmental initiative of NPC Ukrenergo to preserve bats should become an example for business and the state. Thanks to the implemented measures, the short-term goals of the project to create a “bats` bank” and raise environmental awareness among teenagers were achieved. A network of artificial habitats was created in 15 natural preservation parks. A long-term concept for restoring the bat population in the de-occupied territories has been developed.

Advices for the conservation of bats at the state level

Advice №1: Create conditions for improving the habitat and increasing the number of bats in the areas of the country that are least affected by the military operations. For example, place bat houses in areas of natural habitat. National and regional nature parks are best suited for this purpose.

Advice №2: Continuously conduct educational campaigns for the public about the benefits of bats for society. People's misconceptions about bats, which are often absurd, contribute to a negative attitude towards these animals. In fact, bats are extremely vulnerable animals whose enormous benefits to nature can hardly be overestimated.

Advice №3: Scientists from research institutions and parks should analyze possible ways of natural migration of bats across Ukraine and create (if necessary) eco-corridors for the fastest possible natural resettlement of bats to the liberated territories and their further settlement in safe areas.

Advice №4: Develop a National Program for the relocation of bats to the liberated territories. This document should be part of the National Program for the Conservation of Biodiversity and Restoration of Terrestrial Ecosystems.

References

1. Voigt, C.C., Kingston, T. (2016). *Bats in the Anthropocene: Conservation of Bats in a Changing World*, Springer Cham, 606 p.
2. M. Brock Fenton. (1997). Science and the Conservation of Bats, *Journal of Mammalogy*, vol. 78, Issue 1, pp. 1–14.
3. Eyal G. Frank (2024). The economic impacts of ecosystem disruptions: Costs from substituting biological pest control, *Science*, vol. 385, Issue 6713.



Концепція розвитку ландшафтного заказника місцевого значення «Балка Широка» (Кременчуцький район, Полтавська область, Україна)

Смоляр Н. О., *Левицька А. С.

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», м.Полтава, Україна

annalevicka713@gmail.com

Concept of the development of the local landscape reserve «Balka Shyroka» (Kremenchuk district, Poltava region, Ukraine)

Smoliar N. O., *Levytska A. S.

National University «Poltava Polytechnic named after Yuri Kondratyuk», Poltava, Ukraine

annalevicka713@gmail.com

Abstract. The article provides a characterization of the phytodiversity of the local landscape reserve «Balka Shyroka», which was established in 1994 in the Kremenchuk district of the Poltava region, covering an area of 383.0 hectares, with the aim of preserving the landscapes of the ravine and gully system, partially forested and occupied by meadow-steppe vegetation with rich biodiversity, including rare species. Based on the results of the ecological monitoring organized by the authors, the state of the phytodiversity of the reserve has been assessed, and the presence of four rare species has been confirmed (*Tulipa quercetorum* – a species included in the Red Book of Ukraine, *Scilla siberica*, *S. bifolia*, *Amygdalus nana* – species included in the regional list of the Poltava region), the cenopopulations of which are in good vital condition. It has been noted that the total flora richness may amount to more than 450 species of higher plants. In the adjacent territories located to the southwest of the reserve, occurrences of such rare steppe species as *Pulsatilla pratensis*, *Muscari neglectum*, *Iris pumila*, *Spiraea hypericifolia* have been identified, which determines their floristic uniqueness. Therefore, these territories are recommended by the authors for protection and inclusion in the existing landscape reserve «Balka Shyroka».

Keywords: phytodiversity, rare flora species, conservation, protection, reserve regime

Вступ

За словами біолога Дайани Уолл, вивчення біорізноманіття відчинить перед нами багато нових можливостей: ми виявимо невідомі досі гени та хімічні речовини, які можна використовувати як в хімічних цілях, так і в цілях підвищення врожайності культур чи очищення заражених земель. І це актуально, адже біорізноманіття нашої планети вже давно знаходиться під загрозою збіднення та зникнення. Тому, вивчення його на всіх рівнях (локальному, регіональному та планетарному) є актуальним для вирішення багатьох екологічних проблем сьогодні.

Для реалізації цих завдань на локальному рівні нами в контексті екологічного моніторингу досліджується біорізноманіття ландшафтного заказника місцевого значення «Балка Широка» що знаходиться в Кременчуцькому районі Полтавської області на правому березі долини річки Дніпра, а також суміжні з ним території.

Методи та матеріали

Матеріал зібрано на території ландшафтного заказника місцевого значення «Балка Широка» та на суміжних місцевостях. Авторами застосовано загальноприйняті польові (детально-маршрутний, відбору гербарних зразків, рекогносцирування) та камеральні методи. Вивчення рослинного покриву території здійснено шляхом виконання геоботанічних описів. Назви рослин наводяться за зведенням С.Л. Мосякіна та М.М. Федорончука (1999).



Результати та обговорення

Ландшафтний заказник «Балка Широка» створено рішенням Полтавської обласної ради від 27.10.1994 р. «Про затвердження додаткового переліку заповідних територій та об'єктів області» на площі 383,0 га з метою збереження ландшафтів яружно-балкової системи, частково заліснених та зайнятих лучно-степовою рослинністю з багатим біорізноманіттям, у складі якого – рідкісні види. Підпорядкований цей об'єкт природно-заповідного фонду державному підприємству «Кременчуцький лісгосп», Крюківське лісництво, кв. 30-36 – 383,0 га (Природно-заповідний..., 2014).

У системі фізико-географічного районування України ландшафтний заказник «Балка Широка» розташований у межах Південно-Придніпровської височинної області Дністровсько-Дніпровської провінції лісостепової зони Східно-Європейської рівнини. Згідно геоботанічного районування об'єкт знаходиться в Бахмацько-Кременчуцькому (Оболонсько-Кобеляцькому) окрузі Лівобережно-Придніпровської підпровінції Східно-Європейської провінції Європейсько-Сибірської лісостепової області (Національний атлас..., 2007).

Рельєф території заказника представлений яружно-балковою системою. Там збереглися біотопи широколистяних лісів байрачного типу та ясеневих лісокультур (*Fraxinus excelsior* L.), степові схили, які зайняті лучно-степовою рослинністю. Основними на досліджуваній місцевості виступають ясно-сірі та сірі лісові ґрунти, а також чорноземи малогумусні та слабогумусні.

На території заказника охороняється природний ландшафтний комплекс – «Балка Широка» неподалік від м. Кременчук. Балка знаходиться поблизу межі із Кіровоградською областю – на півдні Полтавської області й Лісостепу. Це досить велика й глибока заліснена балка, схили якої зайняті середньовіковими лісокультурами (*Fraxinus excelsior* L. з *Quercus robur* L., *Acer campestre* L. та *Ulmus laevis* Pall. (останні два види поширилися сюди природним шляхом). Науково цінним є схил балки західної експозиції, що прилягає до ґрунтової дороги, неподалік від якої знаходиться невеликий степовий курган. Саме на ньому виявлений чисельний локалітет созофіта з загальнодержавним созологічним статусом – *Tulipa quercetorum* Klokov et Zoz. Площа його ценопопуляції складає близько 2000 м². Рослини виявлені в травостої ясеневих насаджень 60-70-річного віку. У травостої, який сформований із типових неморальних видів та лісових бур'янів. На більшості ділянок у травостої домінує *Stellaria holosteoides* L. Основне флористичне ядро утворюють *Millium effusum* L., *Roegneria canina* L., *Asarum europaeum* L., *Polygonatum multiflorum* L., *Pulmonaria obscura* L., *Glechoma hirsuta* L., *Adoxa moschatelliana* L. Навесні у складі синузій ранньовесняних ефемероїдів значна участь *Corydalis solida* (L.) Clairv., *Anemone ranunculoides* L., *Ficaria verna* Huds., *Gagea lutea* (L.) Gawl., *Gagea minima* (L.) Gawl., *Scilla siberica* Haw., *S. bifolia* L. Останні два види охороняються у Полтавській області. По краю лісу сформовані чагарникові фітоценози з *Prunus spinosa* L. та видів роду *Crataegus* L.

На узліссі навпроти кургана, який знаходиться на прилеглому полі, виявлена галявина, зайнята лучними степами. У травостоях домінують *Poa angustifolia* L., *Dactylis glomerata* L., *Festuca valesiaca* (Schleich. ex Gaudin), *Hierochloa repens* (Host) P. Beauv. Звичайними видами степового різнотрав'я є *Fragaria viridis* Duch., *Ranunculus polyanthemos* L., *R. illiricus* L., *Veronica austriaca* L., *Plantago stepposa* L., *P. lanceolata* L., *Vicia villosa* L., *V. cracca* L., *Securigera varia* (L.) Lassen, *Stachys erecta* L., *Phlomis tuberosus* L., *Thymus marschaliaunus* L., *Campanula sibirica* L., *Achillea submillefolium* Klokov & Krytzka та ін.

По краю галявини виявлена велика куртина регіонально рідкісного степового виду *Amygdalus nana* L. Угрупування життєве, у доброму стані, більшість рослин генеративного віку плодоносять. Такі фітоценози рекомендується для регіональної охорони в Полтавській області (Смоляр, 2013).

На природно-заповідній території місцеве населення здійснює сінокосіння та випасання худоби, що передбачено заповідним режимом, визначеним в «Охоронних зобов'язаннях».

На території ландшафтного заказника «Балка Широка» нами впродовж 2021-2024 року організовано екологічний моніторинг біорізноманіття, зокрема його фіторізноманіття. За його



результатами нами підтвержене місцезнаходження *Tulipa quercetorum* – виду, включеного до Червоної книги України, *Scilla siberica*, *S. bifolia* – види, включені до регіонального списку Полтавської області, які зазначені Н.О. Смоляр у Картці первинного обліку ландшафтний заказник місцевого значення «Балка Широка» (на 2008 рік) в частині «Рослинний світ».

У цілому, рослинний світ заказника репрезентує природні та штучно створені природні комплекси – осередки типової та раритетної фіторізноманітності. Загальне багатство флори, зважаючи на представленість біотопів та стан збереження біорізноманіття, може становити більше 450 видів вищих рослин. Ландшафтний заказник «Балка Широка» є важливим осередком збереження й охорона п'яти видів созофітів, які представлені життєвими й чисельними ценопопуляціями із національним (*Tulipa quercetorum*) та регіональним (*Amygdalus nana*, *Scilla bifolia*, *S. siberica*) созологічними статусами. Основні показники біорізноманіття заказника співпадають із такими, що наведені в Картці первинного обліку на ландшафтний заказник «Балка Широка», розроблений у 2008 році за участі одного з авторів статті Н. Смоляр.

Навесні 2024 року під час досліджень територій поза межами заказника, нами було виявлено нове місцезнаходження рідкісного степового виду *Pulsatilla pratensis* (L.) Mill. s.l., що включений до Червоної книги України) на пологому степовому схилі в південно-східному напрямі на відстані 130 метрів від заказника (на рис.1. позначено жовтим кольором).



Рис.1. Картосхема ландшафтного заказника «Балка Широка» та суміжних територій, перспективних для заповідання

Pulsatilla pratensis – це рідкісний європейський степовий вид, який поширений у Прикарпатті, Поліссі, Лісостепу, Степу (крім Криму). На території Полтавської області охороняється в ряді об'єктів природно-заповідного фонду, як загальнодержавного, так і місцевого значення (Байрак, Стецюк, 2005), хоча відомі й місцезнаходження виду, які не забезпечені на сьогодні охороною (Смоляр, Письменна, 2024).

На території з нововиявленим місцезнаходженням *Pulsatilla pratensis* (рис.2) також зростає ряд регіонально рідкісних для Полтавщини видів рослин, зокрема: *Muscari neglectum* Guss. ex Ten., *Iris pumila* L., *Spiraea hypericifolia* L., що значно підвищує флоросоцологічну унікальність суміжних із заказником місцевостей.



Рис.2. Плід *Pulsatilla pratensis* (L.) Mill. s.l

Висновки та рекомендації

Враховуючи високі показники фіторізноманіття суміжних із ландшафтним заказником «Балка Широка» територій, у тому числі й флорозологічної, доцільно забезпечити їх охороною. А оскільки вони на суміжних із заказником територіях межують, розташованих від нього у південно-західному напрямі, рекомендуємо приєднати їх до меж існуючого ландшафтного заказника «Балка Широка», що значно (до 450 га) збільшить площу заказника, забезпечить охороною созологічно цінні біотопи – осередки збереження рідкісних степових видів різних созологічних статусів і підвищить показник заповідності для Кременчуцького району й для Полтавської області в цілому.

Список використаних джерел

1. Картка первинного обліку ландшафтного заказника місцевого значення «Балка Широка» (Державна служба заповідної справи Міністерства екології та природних ресурсів, 2008. Форма 1ДК ПЗФ).
2. Байрак О. М., Стецюк Н. О. *Атлас рідкісних і зникаючих рослин Полтавщини*, Полтава : Верстка, 2005. 248 с.
3. Національний атлас України / голов. ред. Л. Г. Руденко; голова ред. кол. Б. Є. Патон. К. : ДНВП «Картографія». 2007. 435 с.
4. Природно-заповідний фонд Полтавщини : реєстр-довідник / під ред. Н.О. Смоляр. Полтава : ШвидкоДРУК., 2014. 94 с.
5. Смоляр Н.О., 2013. *Зелена книга Полтавщини*. Рідкісні й такі, що перебувають під загрозою зникнення, та типові рослинні угруповання. Полтава : ШвидкоДРУК, 2013. С.47–54.
6. Смоляр Н.О., Письменна Т. Нові місцезнаходження созофітів (*Adonis vernalis* L. та *Pulsatilla pratensis* (L.) Mill. s.l.) на Лубенщині та їх охорона // Актуальні проблеми формальної і неформальної освіти з моніторингу довкілля та заповідної справи: зб. тез доповідей III Міжнародної Інтернет-конференції (м. Харків, 26 квітня 2024 року). Харків : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2024. С. 137–139.
7. Mosyakin S. L., Fedoronchuk M. M. *Vascular Plants of Ukraine a nomenclatural checklist*. К.: М. G. Kholodny Institute Botany. 1999. 345 p.



Workshop 4

ECONOMIC AND LEGAL DIMENSION OF ENVIRONMENTAL DAMAGE FROM MILITARY ACTIONS

Participants



State University "Institute of Market and Economic and Environmental Research of the National Academy of Sciences of Ukraine", Odesa, Ukraine



Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine



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



State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management, Kyiv, Ukraine



National Transport University, Kyiv, Ukraine



Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine



National Aviation University, Kyiv, Ukraine



Dnipro Polytechnic, Dnipro, Ukraine



Секція 4. ЕКОНОМІЧНИЙ ТА ПРАВОВИЙ ВИМІР ЕКОЛОГІЧНОЇ ШКОДИ ВІД ВОЄННИХ ДІЙ

Фіксація правопорушень проти довкілля на території України під час російсько-української війни

***Гольдберг Н.О., Темченко Я.О.**

Національний авіаційний університет, Київ, Україна

goldbergnata@ukr.net

The Documentation of Environmental Offenses at the Territory of Ukraine During the Russo-Ukrainian War

***Holdberh N., Temchenko Y.**

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

goldbergnata@ukr.net

Abstract. Over the past decades, humanity has become increasingly concerned with environmental issues and the state of the ecology. In response to the growing environmental crisis, most countries around the world have amended their criminal codes to include penalties for environmental offenses. Environmental crimes encompass a wide range of actions that harm the natural environment. Military conflicts, in particular, inflict severe damage on the environment. In addition to the direct consequences of explosions, gunfire, debris, and dust, military actions are often accompanied by deliberate acts that pose a threat to the environment. These may include poisoning rivers and water bodies, intentionally setting forests on fire, destroying infrastructure that leads to ecological disasters, and using weapons that leave harmful chemical residues. For the past ten years, Ukrainian law enforcement agencies have been documenting numerous environmental offenses committed by Russian military forces. Specialized methods and technical tools are being used to collect evidence of environmental crimes caused by military activities. Currently, methods for documenting environmental offenses are still being developed and refined both at the practical and theoretical levels. Further research and advancement in this field will contribute to more effective protection of the environment and the prosecution of those responsible for ecological crimes.

Keywords: war crimes, environmental crimes, Russian invasion of Ukraine, documenting environmental offenses.

Вступ

Екологічні правопорушення під час військових конфліктів є однією з найбільш загрозливих і водночас найменш досліджених проблем сучасності. Російсько-українська війна, яка триває з 2014 року, супроводжується численними актами руйнування довкілля, що мають серйозні наслідки для екосистеми України. Один із розділів Кримінального кодексу України, а саме 8, присвячений правопорушенням проти довкілля та включає в себе такі протиправні дії, як забруднення або псування земель, забруднення атмосферного повітря, порушення правил охорони вод, забруднення моря та інші.

Відповідно з нормативно-правових актів та наукової літератури можна визначити, що кримінальне правопорушення проти довкілля – це винне, протиправне діяння, що посягає на стан екології, спричиняє шкоду навколишньому природному середовищу або створює реальну



загрозу заподіяння такої шкоди і тягне за особою застосування заходів юридичної відповідальності.

Відповідно до основних критеріїв криміналістичної характеристики, правопорушення російських військових на території України проти довкілля можна об'єднати за спільним предметом, групою суб'єктів, адже конкретних осіб встановити складно через обмеженість в швидкій фіксації та малій кількості даних, та виною так, як найчастіше це є умисною дією та рідше бездіяльністю (Татаренко, 2022).

Результати та обговорення

З перших днів повномасштабного вторгнення українські правоохоронці почали фіксувати кримінальні правопорушення проти довкілля, відповідно до наявних протиправних дій та правових норм у КК України. Найпоширенішими діями, які вже зафіксовані та водночас продовжують вчинятись, є наступні:

- пошкодження ядерних об'єктів та потенційна загроза радіаційної та ядерної небезпеки;
- знищення та пошкодження інфраструктурних та промислових об'єктів, які призвели до значних забруднень;
- поява «військового сміття» через активні бойові дії та хімічне забруднення;
- використання елементів хімічної зброї;
- знищення заповідників та інших спеціально охоронюваних територій;
- мінування та забруднення водних шляхів (Півтора..., 2022).

Одними з найбільш небезпечних дій окупантів є військове захоплення, порушення правил безпеки та експлуатації, виведення профільного персоналу, пошкодження та ведення бойових дій на території Чорнобильської та Запорізької АЕС. Чорнобильська АЕС та територія навколо неї була захоплена окупаційними військовими в перші дні повномасштабного вторгнення, втім 31 березня 2022 року українським військовим вдалось звільнити захоплені території. Під час перебування там окупанти викрали автопарк та спеціалізовану техніку ДСП «ЦППРВ» та ДСП «Північна Пуца» – вантажівки, тракторну техніку, спеціальні машини і механізми, пожежні автомобілі, а також запаси палива. У випадку погіршення ситуації на об'єкті це є прямою перешкодою для забезпечення пожежної та радіаційної безпеки у зоні відчуження. Також була порушена екосистема заповідної зони, зокрема так званого «Рудого лісу». Загарбники облаштували окопи, спилували дерева та користувались землею, де все вкрито радіацією, тому радіаційний пил спричиняв піднімання радіаційного фону довкола ЧАЕС. Станом на жовтень 2024 року, Запорізька АЕС досі перебуває під контролем російських військових з березня 2022 року. Неодноразово було влаштовано теракти, які пов'язані з підпалом шин на території, запуском ракет та прольотом ракет небезпечно низько над реакторами та безпосередньо територією станції. Варто також звернути увагу на те, що персонал був взятий в заручники та через це обслуговування належним чином не можна було забезпечувати, адже ротації між змінами не були забезпечені регулярно, тому крім тиску, люди відчували втому.

Також варто зазначити щодо небезпеки, яка виникла у Харкові на ядерній підкритичній установці «Джерело нейтронів». У березні 2022 року цей об'єкт зазнав численних обстрілів, а роботи з обстеження території, виявлення та знешкодження боєприпасів тривалий час не могли проводитись через обстріли та військові дії. У результаті обстрілів зазнали пошкоджень будівля, де безпосередньо знаходиться ядерна установка, лабораторія ізотопів, а також будівлі насосної станції та градирень (Півтора..., 2022).

У містах України знаходяться різноманітні об'єкти критичної інфраструктури, які забезпечують повністю життєдіяльність держави у тій чи іншій сфері. Наприклад, з 24 березня 2024 росія активно почала атакувати нафтопереробні заводи та підприємства, на яких зберігалась велика кількість пального у цистернах. У Тернопільській області уламки ворожої крилатої ракети пошкодили 6 резервуарів з мінеральними добривами з аміаком, внаслідок чого відбувся витік хімікатів. У відібраних пробах, перевірених Тернопільським лабораторним центром МОЗ, виявили перевищення рівня аміак у ґрунті та річці Іква. Неодноразово були також атаковані підприємства з аміаком, зокрема під назвою «Азот» у різних містах.



Зазначимо, що одним з масштабних кримінальних правопорушень проти довкілля, що також пов'язане з руйнацією критичних об'єктів, є підрив дамби на Каховській ГЕС у червні 2023. Підставою вважати, що цей екоцид був умисним, а не випадковим, це те, що дамба була попередньо замінована та потім підірвана свідомо, але не внаслідок будь-яких інших причин (Ангурець та ін., 2022).

Поява великої кількості «військового сміття» та наслідки впливу використання хімічної зброї також є безповоротними. Крім очевидної шкоди людському організму та навколишньому середовищу від використання хімічної зброї, здійснення пострілів та інших операцій із застосування будь-якої зброї несе за собою також наслідки. Зокрема сюди можна віднести уламки збитих ракет та безпілотних літальних апаратів, які потрапляють у воду, чим спричинюють забруднення водойм і роблять непридатними їх для купання й водночас ставить під питання виживання екосистеми водойми, а також лісові пожежі тощо.

Слід звернути увагу, що від 2022 року російські військові неодноразово використовували хімічну зброю, що призводили до смертей та погіршення здоров'я в українських військових, а також негативно впливають на стан довкілля, зокрема на тварин, рослини та стан повітря (Росія..., 2023).

Сотні природних заповідників, парків та інших подібних зон залишаються в окупації протягом різного часу, а загарбники використовують ці зони як місце базування, вбивають тварин та знищують екосистеми таких місць. Серед таких місць є еко парк «Фельдман», заповідники «Асканія Нова», півострів Джарилгач та інші.

Варто також звертати увагу на кримінальні правопорушення щодо довкілля в аспекті забруднення та мінування водних шляхів. У перші дні повномасштабного вторгнення було завдано ракетних ударів по інфраструктурних водних об'єктах, що пряму становить небезпеку як пов'язану із забрудненням водойм та їх отруєнням шкідливими речовинами, що містяться в зброї. Неодноразово відбувались підриви дамб, зокрема під час окупації Київщини та на Каховській ГЕС та навмисне забруднення річок різноманітними отруйними речовинами тощо. Також відбулось замінування Азовського та Чорного морів, що є прямою небезпекою для життя всіх організмів цих морів (Як притягнути..., 2023).

Згадані вище злочини проти довкілля та екоциди фіксуються задля притягнення до юридичної відповідальності винних у майбутньому. Лише від лютого 2022 року та до жовтня 2023 року вже було зафіксовано понад 265 воєнних злочинів проти довкілля, які здійснила Росія під час війни в Україні українськими прокурорами (Кацімон, 2023). Поки за жоден з них не відбулось покарання винних осіб, проте Україна в майбутньому разом з міжнародною спільнотою зможе зробити це. До експертного документування залучаються також і міжнародні експерти або переймається досвід інших країн у фіксації таких кримінальних правопорушень.

Висновки

Екологічні правопорушення під час військових конфліктів є критичною проблемою, особливо в контексті російсько-української війни. Військові дії російських військових, такі як пошкодження ядерних об'єктів, знищення промислових і природних ресурсів, хімічне забруднення та мінування водних шляхів, завдають значної шкоди довкіллю. В Україні правопорушення проти довкілля регулюються Кримінальним кодексом, де вони включають забруднення земель, вод та атмосферного повітря, тому українські прокурори разом з іноземними колегами працюють над фіксацією таких правопорушень, щоб потім притягнути винних до юридичної відповідальності. Фіксація таких злочинів має вирішальне значення для притягнення винних до відповідальності та захисту екології не лише в Україні, а й в усьому світі.

Список використаних джерел

1. Татаренко С. В. Криміналістична характеристика кримінальних правопорушень проти довкілля. Київський часопис. 2022. № 2. С. 181–187.



2. Півтора місяці війни: злочини проти довкілля - Юридична Газета. Юридична газета – онлайн версія. URL: <https://yur-gazeta.com/dumka-eksperta/pivtora-misyaci-viyni-zlochiny-proti-dovkillya.html> (дата звернення: 14.10.2024).
3. Ангурець О. та ін. (2022). Наслідки для довкілля війни росії проти України. 84 с. С. 6-14. URL: <https://cleanair.org.ua/wp-content/uploads/2023/03/cleanair.org.ua-war-damages-ua-version-04-low-res.pdf> (дата звернення: 14.10.2024).
4. Росія застосовує проти ЗСУ хімічну зброю: реакція світу «має бути набагато більшою». Радіо Свобода. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/rosiya-zastosovuye-proty-zsu-khimichnu-zbroyu-reaktsiya-svitu/32931541.html> (дата звернення: 14.10.2024).
5. Як притягнути росію за злочини проти довкілля у Чорному та Азовському морях : Аналіт. матеріал. Екологія Право Людина. 16. URL: <https://epl.org.ua/wp-content/uploads/2022/06/Analitichnyj-oglyad-Konventsiji-OON-z-morskogo-prava.pdf> (дата звернення: 14.10.2024).
6. Кацімон О. Прокурори зафіксували 265 воєнних злочинів проти довкілля, вчинених РФ в Україні. Суспільне І Новини. URL: <https://suspilne.media/585457-prokurori-zafiksuvali-265-voennih-zlociniv-proti-dovkilla-vcinenih-rf-v-ukraini/> (дата звернення: 14.10.2024).

Динаміка євроінтеграційної політики в сфері екології та наслідки повномасштабного вторгнення

*Зейналов О.Р.¹, Макеєва О.М.²

Національний авіаційний університет, Київ, Україна

6948586@stud.nau.edu.ua

Dynamics of European Integration Policy in the Sphere of Environment and the Consequences of a Full-Scale Invasion

*Zeinalov O., Makeieva O.

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

6948586@stud.nau.edu.ua

Abstract. In this study, the level of implementation of the EU environmental legislation into the national legislation of Ukraine is analyzed, and the problem is determined, which consists in the damage caused to the ecology of Ukraine as a result of the full-scale invasion of Russia.

With the help of descriptive, analytical and statistical methods, the analysis of the research topic and problems was ensured.

The strategic goal of Ukraine in the period of its post-war recovery is further movement along the European green course and the development of the economy. For the full integration of Ukraine into the European space, a large-scale restructuring of the economy with the aim of getting rid of carbon dependence is important. Ukraine actively joins the "green" policy of the EU, participates in relevant European programs, gradually integrates into new ecologically "clean" production networks and in this way accelerates the decarbonization of the economy. Further implementation of European environmental standards will contribute to the synchronization of environmental protection processes in Ukraine and Europe. The partnership between Kyiv and Brussels in this area will contribute to minimizing and overcoming the losses caused to the ecosystem of Ukraine by russian aggression.

Keywords: ecology, european integration policy, consequences, full-scale invasion, emissions.



Вступ

Захист довкілля є пріоритетом євроінтеграційного процесу України, а також одним зі стратегічних завдань повоєнного відновлення. Актуальність теми дослідження полягає в визначенні рівня імплементації екологічного законодавства ЄС в національне законодавство України, та визначенні проблеми, яка полягає у шкоді завданій екології України внаслідок повномасштабного вторгнення Росії. Метою дослідження є аналіз реалізації Угоди про Асоціацію в контексті екологічного законодавства.

Методи та матеріали

За допомогою описових, аналітичних та статистичних методів було забезпечено здійснення аналізу теми і проблем дослідження.

Результати та обговорення

Унаслідок військового вторгнення Росії було завдано колосальної шкоди та збитків екосистемі України на €36 млрд. (з них від забруднення ґрунтів – €11,4 млрд., від забруднення повітря – €24,6 млрд. (Стридець, 2022)). За сім місяців війни зафіксовано понад 2 100 випадків завданій екологічної шкоди (Міндовкілля, 8 жовтня 2022р.): за даними Державного агентства лісових ресурсів України, кількість лісових пожеж у 2022р., порівняно з 2021р., зросла у 2,3 раза, а охоплена пожежами площа – у 77 разів (Заорізька..., 2022). У 70% випадків причинами пожеж були активні бойові дії, обстріли крилатими ракетами, вибухи мін тощо. Протягом перших шести місяців війни майже 3 млн. га лісів були уражені війною. Потенційний обсяг викидів забруднюючих речовин за шість місяців війни з усіх джерел сягає 46 млн. т (у 2021р. загальні викиди по Україні становили близько 2,25 млн. т) (Прищепа, 2022). Викиди забруднюючих речовин унаслідок горіння лише на зруйнованих нафтобазах досягли майже 500 тис. т; через підвищене споживання нафтопродуктів військовою технікою в атмосферу потрапило майже 4 млн. т CO₂, що в 10 разів більше, ніж за весь 2021р. (Міндовкілля, 22 вересня 2022р.).

Війна стала негативним зовнішнім фактором, який уповільнив виконання Україною власних зобов'язань у сфері охорони довкілля, але не змінив напрям руху Європейським зеленим курсом на відбудову вітчизняної економіки за принципами сталого розвитку. Зокрема, у 2022р. Україна посіла 37 місце (зі 163 країн світу) у рейтингу сталого розвитку, який щорічно складається ООН і Фондом Bertelsmann (Sustainable Development Report, 2022).

Впровадження та дотримання європейських екологічних норм є важливим фактором забезпечення імплементації положень Угоди про асоціацію. Так за даними моніторингу “Пульс Угоди”, рівень реалізації завдань у сфері захисту довкілля збільшився до 66% у 2022 році (Навколишнє..., 2022).

За роки дії Угоди кардинально змінено правову базу та механізми впровадження європейських норм в екологічну політику України. Ідеться про планування, розробку та ухвалення законодавчих і нормативно-правових актів з метою адаптації національного законодавства до 29 директив та регламентів ЄС у восьми тематичних сферах. Паралельно триває практичне впровадження відповідного інструментарію реалізації законодавчих норм.

Окреслюючи здобутки у процесі правового забезпечення кліматичної політики України, слід звернути увагу на наступні важливі моменти:

- ухвалення Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату до 2030р., в основі якої зменшення рівня промислового забруднення, створення правових та економічних підстав поведінки з відходами, підвищення ефективності державного нагляду у сфері охорони довкілля, забезпечення раціонального використання природних ресурсів (Розпорядження КМУ від 20 жовтня 2021р.);

- ухвалення законів «Про оцінку впливу на довкілля», «Стратегічну екологічну оцінку», «Про внесення змін до деяких законів України щодо удосконалення механізму регулювання викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря» та ін.;

- ухвалення євроінтеграційного Закону «Про Національний реєстр викидів та перенесення забруднювачів», що є важливим кроком на шляху до реалізації державної екологічної політики України до 2030р. Реєстр стане офіційною online-системою даних про



викиди та про підприємства-забруднювачі, що дозволить не лише аналізувати викиди, але й ухвалювати ефективні рішення з їх скорочення. Також національний реєстр інтегрують з відповідним Європейським реєстром;

– запуск з 1 січня 2021р. системи моніторингу, звітності та верифікації викидів ПП українськими компаніями. Моніторинг сприятиме подальшому скороченню викидів в Україні та наблизить економіку до вуглецевої нейтральності.

– прийняття 1 грудня 2022р. Закону «Про хімічну безпеку та управління хімічною продукцією». Документ важливий для створення національної системи управління хімічними речовинами та регулювання згідно з технічними регламентами ЄС;

– започаткування процесу цифровізації екологічної сфери через запуск вебпорталу «ЕкоСистема», де доступні online-сервіси, відкрито «зелені реєстри», є можливість згенерувати QR-витяг із реєстрів з офіційними даними. У 2022р. запроваджені вебресурс та мобільний додаток «ЕкоЗагроза», де можна перевірити показники стану довкілля в будь-якій точці України, а також повідомити про факти знищення природи;

– ухвалення Постанови КМУ «Деякі питання подання декларації про відходи» (7 травня 2022р.), якою скасовується спосіб звітування бізнесу в паперовій формі та започатковується режим електронних декларацій;

– старт реформи лісової галузі. 29 грудня 2021р. набула чинності Державна стратегія управління лісами України до 2035р., що передбачає використання системи електронного обліку деревини з метою протидії нелегальній торгівлі;

– затвердження Морської природоохоронної стратегії до 2034р.;

– розширення фінансової підтримки екологічної сфери шляхом запровадження в обіг з 2021р. «зелених» облігацій та збільшення з 2022р. втричі ставки екологічного податку за викиди CO₂ стаціонарними джерелами забруднення – до 30 грн./т CO₂.

Україна останніми роками досягла помітного прогресу у зниженні рівнів викидів CO₂ (у т.ч. на душу населення) завдяки: 1. частковому заміщенню енергоємних галузей сектором послуг та сільським господарством; 2. запровадженню енергоефективних заходів у промисловому секторі та секторі житлово-комунальних послуг; 3. інтенсивному розвитку відновлювальних джерел енергії (ВДЕ). А економічне зростання, яке вибудовується на засадах сталого (ресурсота енергоефективного, екологічно безпечного) виробництва та споживання, поступово відмежується від викидів CO₂, про що свідчить зниження рівнів вуглецеємності ВВП.

Наразі на розгляді Верховної Ради знаходиться майже два десятки євроінтеграційних екологічних законопроектів, які мають бути ухвалені для виконання Угоди про асоціацію (Зокрема, законопроекти №4461 «Про території Смарагдової мережі»; №4187 «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо підтримки розвитку вітчизняних галузей надрокористування»; №6004-2 «Про забезпечення конституційних прав громадян на безпечне для життя і здоров'я довкілля»).

Україна поділяє амбітні цілі «зеленого» порядку денного ЄС і ще в лютому 2021р. розпочала діалог з Брюсселем щодо Європейського зеленого курсу та «зеленої» трансформації України. Нині триває розробка Стратегії низьковуглецевого розвитку України до 2050р., мета якої – досягнення декарбонізації економіки та кліматичної нейтральності.

У рамках програми «ЄС для навколишнього середовища: зелена економіка» (EU4Environment) Брюссель надає Україні допомогу з реформування сфери екологічних фінансів, оцінки впливу на довкілля, управління відходами, «зеленої» модернізації, екологічних стандартів та доступу товарів українських товаровиробників на європейський ринок тощо.

Слід зазначити, що імплементація секторальних вимог у сфері екології потребує значного фінансування на етапі практичного впровадження. Верховна Рада у вересні 2022р. ратифікувала Угоду про участь України у Програмі ЄС LIFE (Програма дій з довкілля та клімату, 2022). У такий спосіб вдалося долучитися до Програми LIFE, яка фінансуватиме інноваційні проекти у сфері захисту довкілля та відновлення України в післявоєнний час. На 2021-2027рр. загальний бюджет Програми становить €5,43 млрд.



Для нашої країни це один з ефективних засобів подолання наслідків військової агресії на територіях природно-заповідного фонду. Україна отримає більше можливостей для відновлення пошкоджених природних екосистем, будівництва центрів реабілітації тварин та ревіталізації (відновлення) річок. Єврокомісія оголосила 34 конкурсні пропозиції на суму €598 млн. і до участі в конкурсі відібрано ряд українських проектів[13].

Стратегічною ціллю України в період її післявоєнного відновлення є подальший рух європейським зеленим курсом та розбудова економіки. У цьому плані важливою є побудова якісної системи управління відходами. Щороку в Україні утворюється понад 10 млн. т твердих побутових відходів, більше 93% яких захоронюються в землю на загальній площі понад 9 000 га. З метою покращення ситуації 20 червня ухвалено Закон «Про управління відходами». Цим актом впроваджуються європейські правила і норми поводження із відходами, створюються умови для побудови в Україні сучасної сміттєпереробної інфраструктури.

Наразі Міндовкілля продовжує роботу над секторальними законопроектами та урядовими рішеннями, які сприятимуть реалізації згаданого Закону. Це необхідні кроки на шляху до розробки та ухвалення пакета необхідних законів, згідно з відповідними директивами ЄС.

Висновки

Для повноцінної інтеграції України в європейський простір важливою є масштабна перебудова економіки з метою позбавлення від вуглецевої залежності. Україна активно долучається до «зеленої» політики ЄС, бере участь у відповідних європейських програмах, поступово інтегрується до нових екологічно «чистих» виробничих мереж та пришвидшує у такий спосіб декарбонізацію економіки. Подальша імплементація європейських екологічних норм сприятиме синхронізації процесів забезпечення захисту довкілля в Україні та Європі. Партнерство Києва і Брюсселя в цій сфері сприятиме мінімізації і подоланню втрат, завданих екосистемі України російською агресією.

Актуальним завданням є поглиблення партнерства України і ЄС у сфері екології для забезпечення захисту довкілля в Україні та Європі, мінімізації і подолання втрат, завданих екосистемі України під час війни.

Список використаних джерел

1. Стрілець, Р. (12 жовтня 2022р.). Україна синхронізує своє довкілське законодавство з європейським задля набуття повноцінного членства в ЄС. Міндовкілля. Retrived from: <https://mepr.gov.ua/news/39995.html>.
2. Міндовкілля. (8 жовтня 2022р.). Дайджест ключових наслідків російської агресії для українського довкілля за 29 вересня – 5 жовтня 2022р. Retrived from: <https://mepr.gov.ua/news/39975.html>.
3. Запорізьке обласне управління лісового та мисливського господарства. (30 серпня 2022р.). Кількість лісових пожеж зросла в 2,3 рази, кількість – у 77 разів. Retrived from: <https://zaplis.gov.ua/press-sluzhba/novini-derzhagentstva/kilkist-lisovix-pozhezh-uporivnyanni-zroslo-u-2,3-razi,-a-ploshha-u-77-raziv.html>.
4. Прищеп, Я. (14 вересня 2022р.). Через війну обсяги забруднення довкілля могло зрости у 25 разів – Мінекології. Суспільне. Retrived from: <https://suspilne.media/281605-cerez-vijnu-obsagi-zabrudnenna-dovkilla-mogli-zrosti-u-25-raziv-minekologii>.
5. Міндовкілля. (22 вересня 2022р.). Війна росії проти України пришвидшує зміну клімату та спричиняє збільшення викидів парникових газів. Retrived from: <https://mepr.gov.ua/news/39871.html>.
6. Sustainable Development Report. Rankings. (n.d.). <https://dashboards.sdindex.org/ranings>.
7. Навколишнє природне середовище та цивільний захист. (n.d.). Пульс Угоди. Retrived from: <https://pulse.kmu.gov.ua/ua/streams/enviroment>.
8. Закон України «Про ратифікацію Угоди між Україною та Європейським Союзом про участь України у Програмі ЄС LIFE – Програмі дій з довкілля та клімату». Retrived from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2590-20#Text> Міндовкілля. (20 вересня 2022р.).



Економічні наслідки та правове регулювання екологічної шкоди від воєнних дій

Кияниця Є. В., *Тапол К. С.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського",
Київ, Україна

kirill.tapol@gmail.com

Economic Consequences and Legal Regulation of Environmental Damage from Military Actions

Kiyanitsa E. V., *Tapol K. S.

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

kirill.tapol@gmail.com

Abstract. The research is aimed at determining aspects of the economic and legal dimensions of environmental damage from military actions. The main research methods are analysis and synthesis, observation, abstraction and comparison. As a result, various aspects of environmental damage from military actions were analyzed from the point of view of law and economics; qualitatively and quantitatively assessed the results of the impact of the war on ecology, in particular: land, forest and water resources, including their biodiversity. The war caused damage in various sectors of the economy from the point of view of ecology. In the agricultural sector, the result was the degradation of land resources, a decrease in the supply of agricultural products, and the contamination of ecosystems with ammunition and explosive objects. The tourism sector has suffered large-scale destruction, tourist flows have decreased, and with them incomes to the economy. Biodiversity felt perhaps the worst impact of the war. Forestry suffered global losses, as did unique ecosystems along with rare species of plants, animals, birds, insects, which in turn affected sectors ranging from agriculture to pharmaceuticals. It is important not to forget about the state of water resources, which suffer from pollution and the consequences of war. All this is a complex consequence, which will manifest itself for decades, affecting not only the environment, but also damage to the economy. That is why the state and the public sector are doing everything to fix damage and losses. Environmental inspectors and prosecutors are investigating, in particular, cases qualified as "Ecogenocide". These data are processed and transferred to the international register of damages and international courts. It is important to disseminate information about the recording of crimes against nature in the community in order to effectively investigate crimes against nature now and in the future.

Keywords: war, ecology, economy, crime, damages

Вступ

Воєнні дії є прямим каталізатором, що призводить до незворотних трагічних змін у природі. Екологічна шкода, спричинена воєнними діями, розповсюджується не тільки на території бойових дій, а й прилеглі території, зокрема сусідні країни. Довкілля не має кордонів і є відповідальністю усіх людей, тому в цьому контексті його захист вимагає також і міжнародного правового регулювання. Хімічні випари, вибухові хвилі, важкі метали, руйнування спричинені людською рукою та важкою технікою – все це лишає свій тяжкий відбиток на природі, що, відповідно несе й економічну шкоду, яка має обов'язково фіксуватись та врегульовуватись в контексті правового виміру не тільки для оцінки екологічної шкоди, а й для створення стратегій відновлення та компенсації.

Методи та матеріали

У статті використовувались такі методи як синтез та аналіз, щоб узагальнити частини інформації з різних джерел та обробити велику кількість інформації для її доречного



використання. Спостереження було застосоване в ході спостереження за розгортанням війни, ці дані та інформацію було використано та описано у роздумах у статті. Абстрагування дало можливість виокремити ключові факти, а порівняння допомогло встановити паралелі між різними фактами та ситуаціями, що мали екологічний наслідок від воєнних дій. В загальному серед матеріалів були найбільш використані статті від таких джерел як урядові портали, Укрінформ, платформи Екосистема, Економічна правда, Texty.org, NGL.media, Слово і діло, звіти ООН. Зокрема використовували інформацію від громадського сектору, наприклад, ГО “Лісові ініціативи та суспільство”. Також була використана інформація від інших авторів статей на теми екологічної шкоди від воєнних дій.

Огляд проблеми

Економічний вимір

Експеримент захисту довкілля та природних ресурсів України, Стрілець Руслан, в одному з інтерв'ю зазначив, що станом на 2022 рік російська агресія вже завдала збитків довкіллю України понад 1,28 трлн гривень. Природа не має кордонів, тому забруднення поширюється і на сусідні країни Європи (Українці активно долучаються до фіксації воєнних злочинів, 2022). За оновленими даними від новопризначеного міністра, описаними на сторінці Укрінформ, завдана шкода оцінюється у 2,6 - 2,7 трлн гривень станом на вересень 2024 року, зафіксовано понад 6 тисяч різних кейсів наслідку воєнного впливу на екологію. (Ukrinform, 2024)

На значних територіях України відбувається деградація земельних ресурсів, що порушує природний цикл відновлення ґрунтів. Це стосується не тільки зони активних бойових дій, а й прилеглих територій. Чи не найгостріше відчули економічні наслідки війни українські аграрії. За даними “Економічної правди”, агросектор України за два роки з початку повномасштабного вторгнення зазнав прямих збитків на понад 10 млрд дол. (Економічна правда, 2024). До війни Україна була лідером з експорту продовольчої продукції, наразі ж обсяг виробництва скоротився. Одним з чинників такого наслідку є заміновані та забруднені землі, які в деяких випадках можуть бути навіть непридатними для обробки. Також постійна загроза руйнувань та вибухів знизила інвестиційну привабливість аграрної сфери. Відчутним наслідком для громадян є зростання цін на продовольчі товари, що впливає на рівень інфляції, купівельну спроможність населення та споживчий кошик. Наразі й зовнішній ринок відчуває дефіцит українських продуктів, адже Україна традиційно є одним із найбільших експортерів зернових та інших сільськогосподарських продуктів. Але й відповідно до зменшення експорту, Україна втрачає валютні надходження для економіки. (ТОП-10 країн виробників пшениці в 2022/23 МР, 2023)

Варто врахувати те, що відновлення забруднених екосистем боєприпасами, мінами та іншими вибухонебезпечними предметами буде потребувати дуже багато часу та ресурсів. Наразі держава передбачила 3 мільярди гривень з державного бюджету на компенсацію фермерам витрат на розмінування, які працюють на власній або орендованій землі, щоб вони могли засіватись та збирати урожай. (Уряд повністю компенсує фермерам витрати на гуманітарне розмінування деокупованих земель – Міністерство з питань реінтеграції тимчасово окупованих територій України, 2024)

Відновлення ґрунтів після деградації може тривати роками, що є прямим негативним наслідком для економіки аграрного ринку. Виходячи з усіх цих наслідків, варто також зазначити, що “забруднені” землі втрачають інвестиційну привабливість для великих гравців на аграрному ринку, відповідно до цього, більше територій будуть залишатись занедбаними. З погляду економіки, це може вплинути на податкові надходження та економічний розвиток цих регіонів, оскільки аграрні компанії будуть менш зацікавлені вкладати кошти в такі регіони.

Туризм є важливою частиною економіки й він, з погляду екології, зазнав глобальних руйнувань. Багато заповідників втрачені, зокрема і туристична привабливість певних регіонів. Це напряму впливає на доходи від прибутку, наприклад, готелів, екскурсійних компаній, та бізнесів, що залежать від туристичних потоків. З проблеми втрати туристичної привабливості певних територій, визріває і проблема збитків у суміжних сферах. Наприклад, через зменшення



поток туристів, може зменшитись і дохід у секторах таких як транспорт, роздрібна торгівля та харчова промисловість.

Найбільшою проблемою є зниження біорізноманіття та вимирання деяких популяцій тварин, що під загрозою. Ця проблема може вплинути на різні галузі, зокрема і фармацевтичну. Втрата біорізноманіття через завдану екологічну шкоду внаслідок війни обмежить доступ до ресурсів, зросте собівартість продукції фармацевтичних фірм та витрати на виробництво.

Внаслідок бойових дій руйнуються не тільки земельні угіддя, а й лісові масиви. Це стосується як зони, де йдуть активні бойові дії, так і прилеглих до неї регіонів. На цей час лісові масиви частіше за все знищуються або пошкоджуються внаслідок інтенсивних артилерійських та авіаційних обстрілів, систематичних підпалів з метою виявлення та знищення військ тощо. Також серед причин зменшення лісових масивів слід згадати незаконні вирубки лісів та пожежі. Незалежне видання Texty.org.ua зазначало, що за даними Рахункової палати, станом на кінець 2022 року, в Україні постраждалими вважалися 3 млн га лісів, що становило третину від всієї площі лісів, яка до початку повномасштабної війни становила 10,4 млн. га. За даними УкрІнформ, цьогорічні лісові пожежі завдали збитків на 20 млн грн (Лісові пожежі в Україні цьогоріч завдали збитків на 20 мільйонів, 2024). Найбільш постраждалими регіонами є: Чернігівщина, Сумщина, Луганщина, Київщина, Житомирщина, Харківщина (Скільки лісів постраждало від війни і як швидко їх можна відновити, 2023).

Наявні масштаби руйнування лісів можуть призвести до того, що в деяких регіонах перестануть існувати унікальні екосистеми разом з рідкісними видами рослин, тварин, птахів та комах. За інформацією NGL.MEDIA, втрата лісів в степових частинах України матиме довгострокові наслідки для місцевого біорізноманіття, регулювання клімату та водних ресурсів. Одним з ключових наслідків є зниження рівня ґрунтових вод, оскільки ліси відіграють важливу роль в утриманні вологості та запобіганні ерозії ґрунтів. Це також приведе до вже зазначеної втрати біорізноманіття, що спричинить втрату життєвого середовища для багатьох видів флори та фауни. Крім того, погіршиться якість повітря, оскільки ліси є природними фільтрами, що приведе до підвищення рівня захворюваності на респіраторні хвороби серед населення, та надалі до зростання витрат на медичні послуги. Через втрату лісових масивів зростає ризик пересихання річок та ставків, що, як наслідок, ускладнить зрошення сільськогосподарських земель, знижуючи ефективність ведення господарства (Росіяни знищили понад 60 тис. гектарів українських лісів вартістю більше 14 млрд грн – карта, 2024). Втрата лісів приведе до зменшення обсягів експорту деревини, яка і так ускладнювалась тим, що процес контролю за законністю та прозорістю лісової заготівлі не є досконало розробленим. За даними ForestCom, причиною збільшення випадків незаконної вирубки лісів стало те, що під час війни були заблоковані державні електронні ресурси, геоінформаційні сервіси та системи, які працювали з інформацією, що становила цінність для хакерів. Такі дії ускладнили можливість контролю та перевірки законності лісозаготівлі (Під час війни з'явилося більше лазівок для незаконної вирубки – аналіз експертів ГО «ЛіС», 2022).

Стан водних ресурсів погіршився як через вже наявні проблеми, так і нові, що пов'язані безпосередньо з воєнними діями. На цю мить серед проблем можна виділити техногенне забруднення водойм внаслідок обстрілів підприємств, руйнування дамб та водосховищ, мінування прибережних зон та самих водойм. Видання Texty.org.ua зазначало, що за даними Державної екологічної інспекції України, станом на 2023 рік, рф завдала збитків на суму 55 млрд. грн внаслідок техногенного забруднення, засмічення вод та самовільного користування водними ресурсами (Texty.org.ua, 2023). Також стало очевидним те, що рф використовує водопостачальні споруди та дамби як зброю у війні проти України. Підриг дамби Каховської ГЕС є найбільш глобальним екологічним злочином держави-агресора, який матиме довгострокові наслідки для енергетичної промисловості, сільського господарства та судноплавства в південній частині України. За даними аналітичного порталу "Слово і Діло", внаслідок підригу постраждали 333 тисячі га природоохоронних територій та 11,3 тисячі га лісових угідь. Осушення Каховського водосховища призвело до загибелі великої кількості риби та тварин (Роковини підригу Каховської ГЕС росією: які наслідки екоциду. Слово і Діло, 2024).



Підрив дамби вплинув і на сільське господарство, позаяк водосховище забезпечувало водою найбільшу в Європі іригаційну систему, канали якої мають протяжність 1600 км (Ситник & Проценко, 2023, с. 96-97). Також наслідки не минули й Запорізьку АЕС, бо її охолоджувальний басейн підживлювався водою з Каховського водосховища, отже відсутність нормального охолодження призведе до можливих аварійних ситуацій. Згідно з даними звіту ООН, розмір прямої шкоди, завданої інфраструктурі та активам, становить 2,79 млрд доларів США, а розмір збитків становить понад 11 млрд доларів США, причому тривалий вплив на довкілля є найбільшою проблемою (Звіт "Оцінка потреб після катастрофи на греблі Каховської ГЕС" (PDNA), 2023). За інформацією LCF Laws Group, з правового погляду, підрив дамби Каховської ГЕС є неспростовним доказом воєнного злочину. З кінця лютого Нова Каховка під тимчасовою окупацією, дамба була замінована, а ракетних ударів зовні – не зафіксовано. Декілька статей Конвенції, а саме 55 та 56, безпосередньо пов'язані із захистом природного середовища та споруд, що містять небезпечні сили. А це саме греблі, дамби й атомні електростанції. Ба більше, вони не повинні ставати об'єктами нападу навіть у тих випадках, коли ці об'єкти є воєнними і якщо такий напад може викликати звільнення небезпечних сил і наступні тяжкі втрати серед цивільного населення. Крім того, міжнародне право прямо забороняє вчинення шкоди природному середовищу та будь-яким спорудам даної категорії, як репресалій. Натомість всі ці об'єкти були використані окупаційною владою та зс рф як засіб шантажу, маніпуляцій. Тому відповідальність за такий воєнний злочин має бути всеосяжна: від виконавців до тих, хто віддав наказ на знищення та тих, хто планував та мав вплив на реалізацію (Підрив Каховської ГЕС. Правова оцінка воєнного злочину рф, LCF, 2023).

Правовий вимір

На рівні держави втілюються усі заходи з обговорення нормативно-правового регулювання фіксації шкоди, стандартам доказів і доказування шкоди, завданої довкіллю внаслідок війни, національної та міжнародної судової практики та перспективах відшкодування шкоди, використання сучасних технологій у здійсненні фіксації шкоди, завданої довкіллю внаслідок війни та збереження цих даних (3 8 травня по 10 травня 2024 року відбувся очний тренінг «Як зафіксувати шкоду, завдану довкіллю внаслідок воєнних дій? Відповіді для зацікавлених сторін», який був організований Міжнародною благодійною організацією «Екологія-Право-Людина», 2024). На національній онлайн платформі, яка містить актуальну інформацію про стан довкілля “Екосистема”, зазначено, що наразі Україна вже має 7 нових методик оцінки збитків довкіллю та ініціюватиме створення глобальної платформи зі створення міжнародно визнаних підходів до оцінки екологічної шкоди внаслідок воєнних дій (Українці активно долучаються до фіксації воєнних злочинів, 2022).

Державна екологічна інспекція є важливою частиною правового виміру фіксації та документації злочинів проти природи. В інтерв'ю, Світлани Гринчук, яке опублікувала державна інформаційна агенція Укрінформ, вона розповідає про алгоритм фіксації руйнувань та розрахунку завданих збитків. Наразі Офіс Генпрокурора веде розслідування 209-и кримінальних справ щодо воєнних злочинів проти довкілля, 14 з яких мають попередню кваліфікацію як “Екогеноцид”. Державна екологічна інспекція проводить документування та верифікацію завданих збитків, адже ця інспекція має інструкції та методики затверджені Кабінетом Міністрів України для різних сфер: земельних ресурсів, водних, вплив на повітря і так далі. Фіксують сам факт злочинів екологічні інспектори разом з прокурорами спеціалізованих екологічних прокуратур при Офісі Генерального прокурора України. Ці дані опрацьовують та передають для Міжнародного реєстру збитків. Ключовим етапом є визнання цих збитків міжнародними судами (Ukrinform, 2024).

Завдяки детальній фіксації та документації, можна провести точну оцінку екологічних втрат, що є підставою звернення до міжнародних судів (Ільїна & Лопес, 2023, с.79). Також це є підставою для розголосу серед міжнародних ЗМІ, що приверне увагу світової спільноти, тим самим міжнародний розголос допоможе посилити тиск на винуватців та визнати вину й відповідальність за скоєні перед природою злочини.



Масштаби шкоди дуже важливо визначати й з погляду кримінального права для фіксації як окремих правових злочинів внаслідок бойових дій, так і для кваліфікації інших кримінальних правопорушень з врахуванням усіх збитків (Семчук, 2022, с. 34).

Відповідно постанови від 10 травня 2022 року “Про затвердження спеціальних такс для обчислення розміру шкоди, заподіяної правопорушенням законодавства про природно-заповідний фонд” Кабінет Міністрів України постановив, затвердити спеціальні такси для обчислення розміру та шкоди, заподіяної правопорушенням законодавства про природно-заповідний фонд у межах територій та об’єктів природно-заповідного фонду України (Про затвердження спеціальних такс для обчислення розміру шкоди, заподіяної порушенням законодавства про природно-заповідний фонд, 2022, с.1. Суть підходу полягає в тому, що за кожну постраждалу рослинку, тваринку чи пошкоджене те, чи інше середовище встановлені сталі грошові суми відшкодування, тобто такси, як і затверджені законодавством. Переваги методу у швидкості та простоті, адже прокурору не потрібно витрачати час на довгі експертизи, оскільки вже є готові розрахунки. Але найбільший недолік – те, що ці такси можуть, по-перше, не врахувати увесь масштаб шкоди, а по-друге, вони не адаптовані під реалії війни. Тому цю постанову потрібно розглянути та покращити для ефективного фіксування та розслідування злочинів проти природи у майбутньому.

Результати та обговорення

Екологічна шкода від воєнних дій є дуже комплексною проблемою, наслідки якої ми та природа буде відчувати ще протягом десятиліть поспіль. Необхідно поширювати інформацію про важливість фіксації усіх злочинів проти природи у всіх їх формах. Уся нанесена шкода екології не має лишатись поза увагою, ми маємо миттєво реагувати на виклики та розповсюджувати інформацію про збитки та наслідки воєнних дій серед міжнародної спільноти.

Висновки

Будь-яка війна починає впливати на екологію країни вже з перших годин від її початку. Виключенням не стала і російсько-українська війна, бо майже одразу почалося руйнування аеродромів, промислових об’єктів та цивільної інфраструктури, що надалі вплинуло на екологію регіонів ведення активних бойових дій. Ситуацію погіршило те, що РФ маніпулює питанням екологічної безпеки заради досягнення своїх військових цілей, порушуючи міжнародне законодавство. Це спричинило безліч катастрофічних для екології та економіки наслідків, які буде складно ліквідувати або зменшити навіть у довгостроковому періоді. Масштаби збитків для довкілля оцінюються в 1,28 трлн. грн. Постраждали або були повністю знищені унікальні заповідники з їх біорізноманіттям, забруднено водні ресурси, що збільшило їх дефіцит, особливо в степових регіонах. На цю мить для України важливою задачею є проведення фіксації та оцінки фактів екологічних злочинів для подальшої розробки стратегій та методів як запобігання таких ситуацій, так і ліквідації вже наявних наслідків. Також важливим є поширення інформації про фіксацію екологічних злочинів, щоб протидіяти таким випадкам у майбутньому та допомагати в розслідуванні тих, що вже відбулися.

Список використаних джерел

1. Українці активно долучаються до фіксації воєнних злочинів. (2022, 7 жовтня). Головна | ЕкоСистема.

<https://eco.gov.ua/news/ukrayinci-aktivno-doluchayutsya-do-fiksaciyi-voyennih-zlochiv-i-vzhe-nadislali-ponad-2100-povidomlen-pro-shkodu-dovkillyu-cherez-dodatok-ekozagroza>

2. Ukrinform. (2024, 14 жовтня). *Світлана Гринчук, міністр захисту довкілля та природних ресурсів України*. Укрінформ - актуальні новини України та світу. <https://www.ukrinform.ua/rubric-polytics/3916099-svitlana-grincuk-ministr-zahistu-dovkilla-ta-prirodnih-resursiv-ukraini.html>



3. Економічна правда. (2024, червня 18). Прямі збитки агросектору України за два роки великої війни становлять понад 10 мільярдів доларів. [онлайн]. Доступно: <https://www.epravda.com.ua/news/2024/06/18/715395/>
4. ТОП-10 країн виробників пшениці в 2022/23 МР. (2023, 19 червня). LNZ Group. <https://www.lnz.com.ua/news/top-10-krain-virobnikiv-pshenici-v-202223-mr>
5. Уряд повністю компенсує фермерам витрати на гуманітарне розмінування деокупованих земель – Міністерство з питань реінтеграції тимчасово окупованих територій України. (2024, 17 вересня). Міністерство з питань реінтеграції тимчасово окупованих територій України. <https://minre.gov.ua/2024/09/17/uryad-povnistyuu-kompensuyee-fermeram-vytraty-na-gumanitarne-rozminuvannya-deokupovanyh-zemel/>
6. Лісові пожежі в Україні цьогооріч завдали збитків на 20 мільйонів. (2024, 24 вересня). Укрінформ - актуальні новини України та світу. <https://www.ukrinform.ua/rubric-society/3908662-lisovi-pozezi-v-ukraini-cogoric-zavdali-zbitkiv-na-20-miljoniv.html>
7. Скільки лісів постраждало від війни і як швидко їх можна відновити. (2023, 5 травня). Texty.org.ua - статті та журналістика даних для людей – Тексти.org.ua <https://texty.org.ua/fragments/109583/skilky-lisiv-postrazhdalo-vid-vijny-i-yak-shvydko-yih-mozhna-vidnovyty/>
8. Росіяни знищили понад 60 тис. гектарів українських лісів вартістю більше 14 млрд грн – карта. (2024, 8 квітня). NGL.media. <https://ngl.media/2024/04/08/zrubati-vse/>
9. Під час війни з'явилося більше лазівок для незаконної вирубки – аналіз експертів ГО «ЛіС». (2022, 3 червня). ForestCom. <https://forestcom.org.ua/news-post/war-contributes-opening-loopholes-illegal-logging-forestcom-analysis>
10. Як війна вплинула на водні ресурси України. (2023, 2 березня). Texty.org.ua - статті та журналістика даних для людей – Тексти.org.ua. <https://texty.org.ua/fragments/109098/yak-vijna-vplynula-na-vodni-resursy-ukrayiny/>
11. Роковини підриву Каховської ГЕС росією: які наслідки екоциду. (2024, 6 червня). Слово і Діло. <http://surl.li/nezfuk>
12. Ситник О. І. Проценко О. В. ,2023, Вплив війни на клімат та водні ресурси. *Наукові записки екологічної лабораторії УДПУ*. Умань, Україна, ст. 93-98. <https://pgf.udpu.edu.ua/wp-content/uploads/2023/11/%D0%B7%D0%B1%D1%96%D1%80%D0%BD%D0%B8%D0%BA-%D0%B5%D0%BA%D0%BE%D0%BB%D0%B0%D0%B1.pdf#page=93>
13. Звіт "Оцінка потреб після катастрофи на греблі Каховської ГЕС" (PDNA). (2023, 17 жовтня). Організація Об'єднаних Націй Україна. <http://surl.li/ymcnxg>
14. Підрив Каховської ГЕС. Правова оцінка воєнного злочину рф | LCF. (2023, 7 червня). LCF. <https://lcf.ua/thought-leadership/litigation/pidriv-кахovskoyi-ges-pravova-otsinka-voyennogo-zlochynu-rf/>
15. З 8 травня по 10 травня 2024 року відбувся очний тренінг «Як зафіксувати шкоду, завдану довкіллю внаслідок воєнних дій? Відповіді для зацікавлених сторін», який був організований Міжнародною благодійною організацією «Екологія-Право-Людина». (2024, 20 травня). Державна екологічна інспекція України. <https://www.dei.gov.ua/post/2887>
16. Ukrinform. (2024, 14 жовтня). Світлана Гринчук, міністр захисту довкілля та природних ресурсів України. Укрінформ - актуальні новини України та світу. <https://www.ukrinform.ua/rubric-politics/3916099-svitlana-grincuk-ministr-zahistu-dovkilla-ta-prirodnih-resursiv-ukraini.html>
17. Ільїна, М., & Лопес, А. Ф. (2023). Екосистемний підхід до оцінки екологічної шкоди та збитків. *Сталий розвиток економіки*, (2(47)), 77–85. <https://economdevelopment.in.ua/index.php/journal/article/view/850/812>
18. Семчук, Н. О. (2022). Особливості відшкодування екологічної шкоди, завданої під час збройної агресії проти України. У *Проблематика документального оформлення, визначення*



шкоди та відшкодування збитків, завданих Україні та її громадянам внаслідок збройної агресії Російської Федерації (с. 33–36). НЮУ імені Ярослава Мудрого.

https://nauka.nlu.edu.ua/nauka/download/zbirniki_konf/Tezi_konf_22_06_2022.pdf

19. Про затвердження спеціальних такс для обчислення розміру шкоди, заподіяної порушенням законодавства про природно-заповідний фонд, Постанова Кабінету Міністрів України № 575 (2022) (Україна). <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/575-2022-п#Text>

Відновлювальні джерела енергії: Роль сонячної, вітрової та геотермальної енергії у зменшенні викидів парникових газів

Маркіна Л.^{1,2}, Ляшенко А.², *Зудіков А.³

¹Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Київ, Україна

²Національний транспортний університет, Київ, Україна

³Дніпровська політехніка, Дніпро, Україна

vstup.dea@gmail.com

Renewable energy sources: The role of solar, wind and geothermal energy in reducing greenhouse gas emissions

Markina L.^{1,2}, Lyashenko A.² *Zudikov A.³

¹State Environmental Academy of Postgraduate Education and Management, Kyiv, Ukraine

²National Transport University, Kyiv, Ukraine

³Dniprov Polytechnic, Dnipro, Ukraine

vstup.dea@gmail.com

Abstract. This study examines the role of renewable energy sources - solar, wind, and geothermal - in reducing greenhouse gas emissions. The principles of their functioning, ecological advantages and challenges they face are analyzed. Particular attention is paid to how the transition to these clean energy sources can significantly reduce dependence on fossil fuels and contribute to the fight against climate change. Prospects for the development of renewable energy technologies and their integration into energy systems are also considered, which is critically important for sustainable development and environmental protection. The need for political and economic initiatives to support the transition to renewable energy sources is emphasized. The topicality of the topic is determined by the global challenges facing humanity in connection with climate change.

Keywords: RES; wind energy; geothermal energy; innovations

Вступ

Підвищення концентрації парникових газів в атмосфері, викликане спалюванням викопних палив, призводить до серйозних екологічних і соціальних наслідків, таких як підвищення температури, зміна кліматичних умов, зростання рівня моря та погіршення якості повітря. Відновлювальні джерела енергії (ВДЕ) здатні суттєво зменшити викиди CO₂ та інших забруднюючих речовин. Сонячна, вітрова та геотермальна енергія є одними з найбільш доступних і перспективних технологій, що дозволяють перейти на чисту енергетику. Зростання їх використання не лише допомагає в боротьбі зі зміною клімату, але й сприяє енергетичній незалежності, економічному розвитку та створенню нових робочих місць. Крім того, з огляду на глобальні угоди, такі як Паризька угода, важливість переходу на відновлювальні джерела



енергії стає ще більш очевидною. Вони можуть стати ключовим елементом у досягненні цілей сталого розвитку, що підкреслює необхідність активних інвестицій у дослідження та впровадження нових технологій. Таким чином, дослідження ролі ВДЕ у зменшенні викидів парникових газів є надзвичайно актуальним для забезпечення екологічної стабільності та сталого розвитку суспільства.

Основна частина

Відновлювальні джерела енергії (ВДЕ) - це енергія, що отримується з природних ресурсів, які можуть відновлюватися в короткі терміни. Основні типи ВДЕ включають сонячну, вітрову, геотермальну, енергію. Використання цих джерел є критично важливим для забезпечення сталого розвитку, оскільки вони допомагають зменшити викиди парникових газів і знизити залежність від викопних палив (IPCC, 2021).

Ключовим принципом відновлювальних джерел енергії є те, що вони використовують природні ресурси, які відновлюються в короткі терміни. Це включає сонячне світло, вітер, геотермальне тепло. На відміну від викопних палив, які обмежені і потребують мільйони років для формування, ВДЕ можуть бути використані без ризику виснаження.

Сонячна енергія є одним із найбільш поширених і перспективних відновлювальних джерел енергії, яке використовує випромінювання від Сонця для отримання електрики та тепла. Її використання сприяє зменшенню викидів парникових газів і знижує залежність від викопних палив. Сонячна енергія виникає внаслідок термоядерних реакцій, що відбуваються в ядрі Сонця, де водень перетворюється на гелій. Цей процес виробляє величезну кількість енергії, яка випромінюється у вигляді світла і тепла, досягаючи Землі. Сонячна енергія має численні переваги, які роблять її важливим елементом у переході до сталого енергетичного майбутнього. Ось деякі з основних переваг, підкріплені джерелами інформації.

Екологічність: Сонячна енергія є чистим джерелом енергії, оскільки її виробництво не супроводжується викидами парникових газів. Це допомагає зменшити забруднення повітря та боротися зі зміною клімату (IRENA, 2021).

Відновлюваність: Сонце є невичерпним джерелом енергії, доступним упродовж усього року. На відміну від викопних палив, запаси яких обмежені, сонячна енергія може бути використана без ризику виснаження (The Sun's energy, 2021).

Децентралізація енергетики: Сонячні панелі можуть бути встановлені на дахах будинків, підприємств та навіть в агрокомплексах, що дозволяє зменшити залежність від централізованих електромереж. Це підвищує енергетичну безпеку та стабільність (World Energy Outlook, 2021). Сонячна енергія, незважаючи на її численні переваги, має кілька значних недоліків, які можуть вплинути на її впровадження та ефективність. Ось детальний огляд цих недоліків, підкріплений джерелами інформації.

Залежність від погодних умов: Сонячні панелі генерують електрику лише за наявності сонячного світла. У похмурі дні, під час дощу або вночі їх продуктивність знижується, що може призвести до нестабільності постачання електрики.

Потреба в системах зберігання: Оскільки сонячні панелі виробляють електрику лише за наявності світла, для забезпечення безперервного постачання енергії потрібні акумулятори. Вартість та складність систем зберігання можуть значно збільшити загальні витрати на установку.

Використання земельних ресурсів: Великі сонячні установки можуть займати значні площі, що викликає конкуренцію за земельні ресурси з іншими секторами, такими як сільське господарство, житлове будівництво та природні резервати.



Рис.1 Вітрові станції України станом на кінець 2021 року.
(Джерело: ГС «УВЕА» 2021)

Вітрова енергія - це форма відновлювальної енергії, що отримується за допомогою вітрових турбін, які перетворюють кінетичну енергію вітру на електричну енергію. Вітрові електростанції можуть бути розташовані як на суші, так і на морі, забезпечуючи значні обсяги електрики (Рис.1).

Короткий опис принципу роботи вітрових турбін. Вітрові турбіни перетворюють кінетичну енергію вітру на електричну енергію за кількома етапами:

- Лопаті турбіни захоплюють вітер, що створює обертовий момент.
- Лопаті прикріплені до ротора, який обертається під впливом сили вітру.
- Обертовий ротор активує генератор, перетворюючи механічну енергію на електричну.
- Системи управління регулюють кут нахилу лопатей і безпеку турбіни, щоб оптимізувати роботу.
- Згенерована електрика підвищується в напрузі та постачається в енергетичну мережу.
- Таким чином, вітрові турбіни є ефективним засобом виробництва чистої енергії без викидів парникових газів.

Вітрова енергія не лише допомагає зменшити викиди, але й стимулює економічний розвиток. Інвестиції у вітрову енергетику призводять до створення нових робочих місць у виробництві, монтажу та обслуговуванні вітрових турбін. За даними Міжнародної організації праці, перехід на відновлювальну енергетику може створити мільйони нових робочих місць у найближчі десятиліття, що допомагає країнам адаптуватися до змін у енергетичному секторі. Вона може бути легко інтегрована в існуючі енергетичні мережі, що робить її привабливим рішенням для багатьох країн. Вона може функціонувати у поєднанні з іншими відновлювальними джерелами енергії, такими як сонячна, що дозволяє створювати різноманітні та стійкі енергетичні системи (GWEC, 2021).

Геотермальна енергія – це енергія, що отримується з тепла, яке зберігається в землі. Це відновлювальне джерело енергії може бути використане для виробництва електрики, опалення



будівель та забезпечення теплом промислових процесів. Геотермальна енергія базується на використанні тепла, яке виникає в результаті розпаду радіоактивних елементів у земній корі та надходження тепла з глибин планети. Основні способи використання геотермальної енергії включають (USGS, 2020). Геотермальна енергія має низку переваг, які роблять її привабливим варіантом для виробництва електрики та опалення. Геотермальні установки викидають мінімум парникових газів і забруднюючих речовин у атмосферу. Це суттєво зменшує їхній вплив на зміну клімату. Геотермальна енергія доступна цілодобово, незалежно від погодних умов, на відміну від сонячної чи вітрової енергії. Це забезпечує стабільне енергопостачання. Геотермальна енергія може бути розроблена в багатьох регіонах, що забезпечує енергетичну незалежність і скорочення залежності від імпортованих викопних палив.

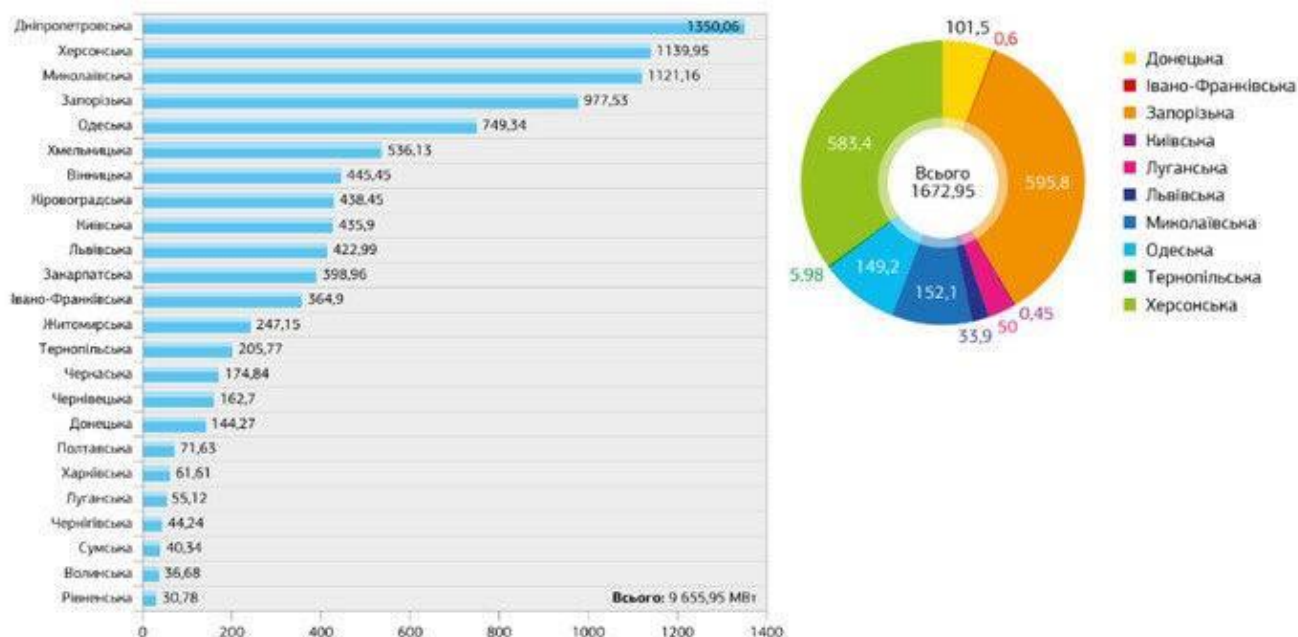


Рис.2 Встановлена потужність ВДЕ за областями материкової частини України станом на 2021 рік, МВт. Кругова діаграма: встановлена вітроенергетична потужність, МВт (Джерело: ГС «УВЕА», НКРЕКП, 2021).

Перспективи розвитку відновлюваних джерел енергії виходячи з довоєнних показників (Рис.2) мають позитивний характер:

Технологічні інновації: Нові технології продовжують підвищувати ефективність ВДЕ. Наприклад, покращення фотоелектричних панелей і вітрових турбін призводять до зростання їхньої продуктивності. За даними Міжнародного енергетичного агентства (IEA), до 2025 року ефективність сонячних панелей може досягти 25%.

Глобальні інвестиції: інвестиції у ВДЕ зростають, особливо в країнах, що розвиваються. За даними Всесвітнього інституту ресурсів (WRI), у 2020 році інвестиції у ВДЕ в розвиваючих країнах перевищили 100 мільярдів доларів США. Це забезпечує доступ до енергії та стимулює економічний розвиток (Global trends..., 2021).

Перспективи розвитку відновлюваних джерел енергії виглядають обнадійливо. Технологічні інновації, зниження витрат, політична підтримка та зростаючий попит створюють сприятливі умови для переходу на чисті енергетичні системи. Інвестиції в цю галузь не лише допомагають у боротьбі зі зміною клімату, а й забезпечують економічний розвиток на глобальному рівні.

Висновок

Відновлювальні джерела енергії, зокрема сонячна, вітрова та геотермальна енергія, відіграють критично важливу роль у зменшенні викидів парникових газів та боротьбі зі зміною клімату. Кожне з цих джерел має свої унікальні переваги та виклики, але разом вони формують стійкий енергетичний ландшафт, здатний забезпечити потреби сучасного суспільства.



Сонячна енергія, завдяки своїй доступності та гнучкості у застосуванні, стала одним із найбільш швидко зростаючих сегментів у відновлювальній енергетиці. Її здатність забезпечувати електрику під час пікових навантажень, а також зниження вартості технологій, робить її привабливим вибором для багатьох регіонів.

Вітрова енергія також демонструє значний потенціал завдяки своїй високій продуктивності у вітряних районах. Вона не лише генерує великі обсяги електрики, але й допомагає знизити залежність від викопних палив. Вітрові ферми стали невід'ємною частиною енергетичних систем у багатьох країнах, сприяючи зменшенню викидів CO₂.

Геотермальна енергія, хоч і менш популярна порівняно з сонячною та вітровою, має свої унікальні переваги. Її стабільність і здатність забезпечувати енергію цілодобово роблять її цінним активом у змішаних енергетичних системах. Вона також сприяє зниженню використання викопних палив, що є ключовим фактором у боротьбі зі зміною клімату.

Разом ці джерела енергії формують багатогранну стратегічну базу для переходу до стійкої енергетики. Вони дозволяють зменшити викиди парникових газів, покращити енергетичну незалежність країн і створити нові робочі місця в сфері «зеленої» економіки. Однак для досягнення максимального потенціалу необхідна активна підтримка з боку держав у вигляді інвестицій, політичних ініціатив та розвитку інфраструктури. Таким чином, інвестування в відновлювальні джерела енергії є не лише питанням екологічної відповідальності, але й економічної доцільності. Цей перехід до чистих енергетичних технологій може стати основою для сталого розвитку та забезпечення енергетичної безпеки у майбутньому.

Список використаних джерел

1. IPCC (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Міжурядова група експертів з зміни клімату
2. GWEC (2021). Global Wind Report 2020. Світова рада вітрової енергетики.
3. Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2021. Міжнародна агенція з відновлювальної енергії (IRENA).
4. The Sun's Energy: A Renewable Resource. Національна адміністрація океанічних і атмосферних досліджень США (NOAA).
5. World Energy Outlook 2021. International Energy Agency (IEA).
6. Геотермальні ресурси. Геологічна служба США (USGS). (2020).
7. Global Trends in Renewable Energy Investment. World Resources Institute (WRI), 2021.



Вплив змін клімату та воєнних дій на екосистеми, подолання їх наслідків, виявлення елементів стійкості та нівелювання пливу на агросектор України у контексті забезпечення продовольчої безпеки

Носова Н. І.

ДУ «Інститут ринку і економіко-екологічних досліджень Національної академії наук України», Одеса, Україна

sovanatali22@ukr.net

The Impact of Climate Change and Military Actions on Ecosystems, Overcoming Their Consequences, Identifying the Elements of Resilience and Leveling the Flood on the Agricultural Sector of Ukraine in The Context of Ensuring Food Security

Nosova N.

State University "Institute of Market and Economic and Environmental Research of the National Academy of Sciences of Ukraine", Odesa, Ukraine

sovanatali22@ukr.net

Abstract. The research materials pay special attention to such a pressing topic that concerns all humanity – climate change. This topic is of particular relevance in Ukraine, where military operations are ongoing, and the situation is aggravated not only by internal officials, but also by external ones. Considerable attention was paid to the efforts of the European Union in the direction of the development and introduction of mechanisms to prevent negative impact on the environment by reducing the carbon footprint, which will contribute to reducing the negative impact on climate change. The influence of the military situation in Ukraine on climate change in the world is also considered, as a result of which a large number of harmful substances enter the air, which have a negative impact on climate change. And the presence of a large number of destroyed forests, agricultural lands and water pollution also affects the general state of the environment. In this context, the development of the agricultural sector of Ukraine as the main source of income of agricultural products, which ensures food security, is also considered. The problems of the domestic agricultural sector (disruption of logistics connections, mining of agricultural land, destruction of warehouses and infrastructure facilities) are identified, which restrains the further development of the agricultural sector of Ukraine.

Keywords: climate change, anthropogenic activity, military actions, natural disasters, agricultural sector.

Вступ. Сьогодні у світі відбуваються глобальні зміни природного середовища, змінюється клімат, внаслідок чого підвищується сейсмічна активність земної кори, а активне втручання людини у природні процеси підсилює ризики глобальних природних, екологічних і техногенних катастроф. Людство завжди відчувало страх перед природньою стихією. Живі організми надзвичайно чутливі до змін навколишнього середовища і реагують на нього здебільшого скороченням чисельності, межі поширення, зміною поведінки, а часто взагалі зникають з традиційних територій оселищ (Антропогенний..., 2022).

Здавалося б, що вивчаючи природу цих явищ, причини їх виникнення, а також дію антропогенних факторів та наслідки воєнних дій, багатьох загроз можна було б уникнути. Але дані спостережень свідчать про зростання кількості постраждалих від наслідків катастроф природного та техногенного характеру.



В світі у 2023 році спостерігався новий рекорд із 142 природних катастроф, глобальні страхові збитки від яких перевищили 100 млрд. дол. четвертий рік поспіль, причому землетрус у Туреччині та Сирії був найдорожчою катастрофою (збитки становили 6,2 млрд. дол.) (Страхові..., 2024).

За останнє десятиліття жителі Землі відчувають значні зміни клімату, які проявляються через теплу зиму та спекотне літо. Такі зміни викликані антропогенною діяльністю людства, коли спалюючи вугілля, нафту, газ тощо змінюється концентрація парникових газів в атмосфері. А під час їх спалювання вивільняється вуглець, який з'єднується з киснем, утворює CO₂, за останні сто років концентрація якого зросла у кілька разів, що сприяло змінам клімату на планеті.

Методи та матеріали. Дослідження впливу змін клімату та воєнних дій у статті здійснювались за допомогою порівняльного та статистичного методів. У дослідженні були використані матеріали вчених, які займалися дослідженнями у цій сфері, матеріали опубліковані у ЗМІ та власні дослідження.

Результати та обговорення.

За мирного життя зміни клімату відбуваються через антропогенну діяльність – викиди підприємств, вихлопні гази, сезонні лісові пожежі.

Євросоюз прикладає значних зусиль для збереження навколишнього середовища, приймаючи документи, що обмежують викиди шкідливих речовин.

Так, у травні 2002 р. Європейський Союз ратифікував Кіотський протокол до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату, який був прийнятий у 1997 р. й ратифікований Україною у 2004 р. У прагненні обмежити на глобальному рівні забруднення повітря, Євросоюз почав застосовувати допустимі норми, встановлені Кіотським протоколом. Ці механізми, викладені в Кіотському протоколі, сприяють закриттю підприємств з екологічно шкідливими технологіями і інвестуванню засобів в передові технології, які можуть відкрити нові можливості і для країн з перехідною економікою (Андрієнко та Шако, 2017).

Сьогодні від погодних умов та змін клімату потерпають всі країни світу, це явище носить глобальний характер. В першу чергу від погодних умов залежить сільське господарство. Зміна клімату змушує шукати нові можливості вирощувати сільгосппродукцію для того, аби забезпечити продуктами харчування населення планети для запобігання загрози голоду та вирішення питань продовольчої безпеки. Таким чином фермерам доводиться пристосовуватись до нових погодних умов, коли спекотним літом майже не буває дощів, а взимку – снігу. Таким чином виникає необхідність штучного зрошення рослин. За високих температур передчасно дозрівають ярі культури, що негативно впливає на їх врожайність. Високі температури також сприяють швидкому розмноженню шкідників, для знищення яких виникає необхідність використовувати інсектицидні речовини. В таких умовах ведення сільського господарства стає занадто витратним та складним.

Україні, як і інші держави також потерпає від змін клімату, які негативно позначаються на сільськогосподарській діяльності.

Ще одним негативним чинником для сільського господарства України є війна. Україна, яка будувала своє мирне життя і вибрала європейський вектор у напрямку екологічної безпеки і розвитку зеленої економіки, вже третій рік живе у стані війни і окупації територій. Війна, яка відбувається в Україні є найбільш масштабною і руйнівною за часів Другої світової війни. Постійні обстріли призводять до забруднення повітря, пожеж та розповсюдження забруднювальних речовин у довкіллі. Це сприяє пришвидшенню змін клімату по всій планеті (Як пов'язані..., 2022).

Ведення бойових дій на території України призводить не лише до економічних збитків, руйнування об'єктів інфраструктури, загибелі значної кількості населення, у тому числі і мирного, але й до значних збитків навколишньому середовищу. Війна суттєво впливає на клімат і чим довше вона триває, чим інтенсивніше бойові дії, тим більше масштаби збитків і вплив на навколишнє середовище, і на клімат зокрема.

У нинішній ситуації Україна проходить дуже складний період, який викликаний глобальними кліматичними змінами, загостренням боротьби за світові ресурси і дуже складним



військовим протистоянням з російськими загарбниками. Це протистояння відбувається в складних умовах, коли ворог жорстоко нищить все навкруги: це і об'єкти інфраструктури, і військова техніка і навіть житлові будинки, що призводить до загибелі населення. Також страждають і зазнають значних втрат родючі українські землі. З кожним днем війни втрати зростають і їх важко оцінити (Носова, 2024^a).

6 червня 2023 року російські війська вчили черговий екологічний злочин, підірвавши греблю Каховської ГЕС, яка забезпечувала річне регулювання стоку річки Дніпро для живлення електроенергією, зрошення та водозабезпечення засушливих регіонів півдня України (Строкаль та ін., 2023).

До того ж конфлікти посилюються ще й природними потрясіннями, що також має негативний вплив на продовольчу безпеку. Вони призводять до кризового стану і провокують виникнення випадків нестачі їжі, а іноді й голоду, особливо там, де конфлікти набувають довготривалого характеру. У такому випадку дотримуватися продовольчої безпеки стає набагато складніше і тому виникає необхідність надання гуманітарної допомоги (Носова, 2024^b).

В короткостроковій перспективі, війна може призвести до значних локальних змін в якості повітря і води, а також в землекористуванні (сільське чи присадибне господарство, туризм). В довгостроковій перспективі, ці зміни можуть мати більш широкі наслідки для клімату, особливо якщо війна триває протягом тривалого часу або охоплює великі території (Війна і зміна клімату, 2024).

У цих складних умовах дуже гостро постає питання забезпечення продовольством населення, військових, а також сільськогосподарських і свійських тварин. Це важливе питання виступає основою забезпечення продовольчої безпеки. Одним із стратегічних агропродовольчих ринків, якому притаманні особливості відтворювального процесу, виступає ринок овочів, який потребує особливої уваги і не лише з причини збагачення організму людини вітамінами, мінералами та корисними елементами, а й з причини того, що він вимагає чималих фінансових витрат на впровадження новітніх технологій (Носова, 2024^a). Аграрний сектор України, базовою складовою якого є сільське господарство, формує продовольчу та у визначених межах економічну, екологічну та енергетичну безпеку, забезпечує розвиток технологічно пов'язаних галузей національної економіки та створює соціально-економічні умови сільського розвитку (Економіка відновлення, 2023).

Комітет зі Всесвітньої продовольчої безпеки на своїй черговій сесії розглянув Рамкову програму, яка передбачає підвищення якості харчування груп населення, які опинилися або ризикують опинитися в ситуації затяжної кризи шляхом усунення її небезпечних проявів та нарощування стійкості до зовнішніх впливів. Слід зазначити, що ця програма під затяжною кризою має на увазі нестабільність джерел коштів для існування та перебої у роботі продовольчих систем, зростання захворюваності і смертності, а також збільшення кількості переміщень населення. Все це призводить до порушення чотирьох компонентів продовольчої безпеки, до яких відносяться: наявність, доступність, використання та стабільність продовольства. До причин продовольчої небезпеки призводять наступні чинники: наявність конфлікту, окупація територій, зміни клімату, антропогенні катастрофи й стихійні лиха, дефіцит природних ресурсів, нерівність, суцільна бідність й низька якість управління, що призвела до продовольчої кризи й загрози продовольчій безпеці (Носова, 2024^b).

Агресія росії завдала значної шкоди вітчизняному агропромислому комплексу, який, вірогідно, все ж стане лідером у відновленні країни. Цей сектор посідає провідне місце в українському експорті, який є критичним для забезпечення продовольчої безпеки у світі, а також підтримки внутрішніх валютних резервів, стабільного курсу гривні, макрофінансового збалансування (NE740EN CFS 2021/47/Inf.17, 2020).

Внаслідок воєнних дій справжнім випробуванням для аграріїв стали такі виклики: окупація територій, знищення виробничого і ресурсного потенціалу, овочесховищ, сільгосптехніки, порушення логістичних ланцюгів і технологічних процесів, мінування



територій. До повномасштабного вторгнення агропромисловий сектор був одним з драйверів національної економіки України, щорічно зростали виробничі показники.

Висновки. Перш за все необхідно дотримуватись директив Євросоюзу щодо зменшення вмісту вуглецю у повітрі, застосування зелених технологій для збереження навколишнього середовища для нинішнього і майбутніх поколінь.

Що стосується подальшої сільськогосподарської діяльності України, то тут доцільно посилити орієнтацію при відновленні сільського господарського виробництва на проведення екоперебудови, формування сталої агропродовольчої системи, просування декарбонізації й досягнення кліматичної нейтральності відповідно до Європейського «зеленого» курсу, що означатиме реалізацію Цілей сталого розвитку. А для цього Україна має також активніше діяти у напрямку екологічності та екологічної безпеки.

Список використаних джерел

1. Антропогенний вплив на навколишнє середовище регіону. Федерація органічного руху України, 2022. URL: <https://organic.com.ua/proekt-zberezhennya-biologichnogo-riznomanittya-karpatskoi-chastini-basejnu-dnistra/antropogennij-vpliv-na-navkolishn%D1%94-seredovishhe-regionu/>
2. Страхові збитки від природних катастроф в світі перевищили \$108 млрд. (27 березня 2024 р.) URL: <https://forinsurer.com/news/24/03/27/43606>
3. Андрієнко М.В., Шако В.С. Аналіз і адаптація кращих європейських практик щодо реалізації державної екологічної політики на регіональному рівні. Інвестиції: практика та досвід № 19. 2017. С. 51-58.
4. Як пов'язані війна, якісь повітря та клімат? SaveDnipro 08.12.2022. URL: <https://www.savednipro.org/yak-povyazani-vijna-yakist-povitrya-ta-klimat/>
5. Носова Н.І. Подолання впливу наслідків воєнних дій на агросектор України: екологічна складова. Екологічна безпека та збалансоване природокористування в агропромисловому виробництві : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., Київ. 4-5 липня 2024 р. Част. 1. С. 154-158.
6. Строкаль В.П., Бережняк Є.М., Наумовська О.І., Вагалюк Л.В., Ладика М.М., Сербенюк Г.А., Паламарчук С.П., Павлюк С.Д. Вплив російської агресії на стан природних ресурсів України: монографія За заг. ред. В.П. Строкаль. Київ: Видавничий центр НУБіП України, 2023. 218 с.
7. Носова Н.І. Забезпечення населення України продуктами овочівництва як фактор реалізації принципів продовольчої безпеки в рамках гуманітарного права. Взаємодія норм міжнародного і національного права крізь призму процесів глобалізації та інтеграції: матер. Всеукр. наук.-практ. конф. м. Київ, 29 березня 2024 р. / За ред. проф. Татаренко Г.В. м. Київ: вид-во Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля, 2024. С. 85-89.
8. Війна і зміна клімату. Екологія. Право. Людина. м. Львів 5 серпня 2024. URL: <https://epl.org.ua/announces/vijna-i-zmina-klimatu/>
9. Економіка відновлення: Навчальний посібник. За ред. Грушка В.І. Київ: Університет економіки та права «КРОК», 2023. 22 с.
10. NE740EN CFS 2021/47/Inf.17. Monitoring the use and application of cfs framework for action for food security and nutrition in protracted crises (cfs-ffa) – secretariat's analysis of the contributions received to inform the global thematic event. FAO, 2020.
11. Якименко Ю. Відновлення України: точка відліку і напрями дій влади. Аналітична доповідь. Центр Разумкова. 19 с. URL: https://razumkov.org.ua/images/2022/17/2022_MATRA_IV_KVARTAL_1.pdf



Екосистемні засади оцінювання збитків довкіллю внаслідок військових дій

Патока І.В.

Інститут географії НАНУ, Київ, Україна

patoka.iryana@ukr.net

Ecosystem principles of assessing damage to the environment as a result of military operations

Patoka I.

Institute of Geography of the National Academy of Sciences of Ukraine

patoka.iryana@ukr.net

Abstract. The purpose of the work is to develop methodical approaches to ecosystem assessment of environmental damage as a result of military operations. It is noted that the damage caused to the environment during armed conflicts leads to the deterioration of ecosystems and natural resources for a long period of time and often affects not only one state and not only the current generation. It is justified that the ecosystem determination of damages from the negative consequences of military actions should include an assessment of the full range of costs associated with the maintenance and restoration of ecosystems. It has been proven that one of the most promising directions for assessing the economic value of ecosystem services for determining the damage to the environment from the negative consequences of military actions is the assessment of territories taking into account their ecosystem assets.

Keywords: environmental damage as a result of military operations, ecosystem services, ecosystem asset, assessment.

Вступ

Повномасштабне вторгнення РФ в Україну вже завдало та продовжує завдавати величезної шкоди довкіллю, адже відбувається руйнація екосистем та забруднення їх небезпечними речовинами.

Сьогодні ми є свідками приголомшливої гуманітарної катастрофи, що розгортається через війну, яка окрім жахливих людських втрат, економічних збитків, руйнує довкілля, тримає у постійній напрузі через ризик радіаційної катастрофи та спричиняє додаткові викиди парникових газів, наслідки яких відчуватимуть далеко за межами національних кордонів нашої держави. Крім того, лісові пожежі призводять до зниження здатності поглинання лісами та торфовищами парникових газів.

В цілому екологічні наслідки війни ігноруються міжнародним законодавством. Необхідно переглядати міжнародні угоди, що стосуються воєн і збройних конфліктів, під час яких відбувається як навмисне, так і ненавмисне заподіяння шкоди навколишньому природному середовищу. Адже шкода, заподіяна довкіллю під час збройних конфліктів, призводить до погіршення стану екосистем та природних ресурсів на тривалий період після припинення конфліктів і часто торкається не тільки однієї держави і не тільки нинішнього покоління.

З цієї точки зору економічна оцінка стану екосистем, прогнозування змін різних факторів і можливих наслідків від цих змін є край важливим науковим завданням. Навіть у випадку, коли негативні наслідки впливу на довкілля безпосередньо не загрожують, їх потрібно знати, вміти визначати і володіти можливостями попередження та уникнення руйнівного впливу. Складовою цих завдань є екосистемне оцінювання збитків навколишньому природному середовищу, що ґрунтується на аналізі організації та функціонуванні екосистем.



Наразі залишаються мало дослідженими питання щодо застосування екосистемного підходу до визначення збитків від військових дій, визначення та параметризація таких збитків та заповідної внаслідок цього шкоди опосередкованого характеру через втрату екосистемних послуг місцевості. Тому метою цієї роботи є розробка методичних підходів до екосистемного оцінювання збитків довіллю в наслідок військових дій.

Методи та матеріали

Під час даного дослідження застосовувалися загальнонаукові методи: системно-структурного аналізу, порівняння, синтезу, узагальнення.

Результати та обговорення

З екосистемної точки зору збитки можуть виникнути внаслідок знищення елементів природного середовища, його забруднення викидами, стоками, відходами, виснаженням природних комплексів, нераціональним використанням природних ресурсів, порушенням екологічних зв'язків у середовищі існування живих організмів, в тому числі людини. Тому для екосистемного аналізу збитків, заповідних внаслідок військових дій, коли відбувається знищення або забруднення довкілля, необхідно враховувати закономірності, що лежать в основі функціонування природних біогеоценозів. Загалом, оцінка негативного впливу на екосистеми базується на двох основних альтернативних підходах. Перший враховує фактичну (по можливості – повну) оцінку завданого збитку, другий – попередні витрати на запобігання можливих збитків. Перший тип оцінок визначає фактичні збитки чи витрати, спрямовані на ліквідацію негативних наслідків дії на навколишнє середовище, другий – потенційні збитки внаслідок негативного впливу. Робота над ліквідацією заздалегідь передбачених збитків передбачає впровадження різного виду захисних заходів щодо недопущення збитків. Для екосистемного визначення заповідних та попереджених збитків важливим є теза, що складовою екологічного збитку, обумовленого існуванням і діяльністю людини, є збиток екосистемам, що проявляється через деградацію ландшафту, генетичні мутації, зникнення окремих біологічних видів, порушення умов відтворення відновлюваних природних ресурсів та ін. Таким чином, екосистемні збитки можуть проявлятися через деградацію водних комплексів, атмосфери, флори, фауни, ґрунтів, ландшафтів, погіршення здоров'я людей та скорочення тривалості їхнього життя. Екосистемне визначення збитків від військових дій повинно включати оцінку повного комплексу витрат, пов'язаних з підтримкою та відновленням екосистем:

- витрати управління: прямі фінансові витрати, людські ресурси, які необхідні для відновлення екосистем;

- альтернативні витрати: теоретичні затрати часу, землі, грошей чи інших ресурсів, необхідних для збереження екосистем, які могли б принести дохід за умови, якби вони були використані чи зосереджені в іншому місці;

- витрати для інших потреб: шкода, спричинена дією деградованих або ушкоджених екосистем та ресурсів для місцевих громад, включаючи людські захворювання, хвороби домашніх тварин, шкідники с/г культур та інші джерела боротьби за ресурси.

Класифікацію методів екосистемного визначення заповідних та попереджених збитків від негативних наслідків військових дій, що ґрунтується на застосуванні специфічних способів розрахунків, можна представити наступним чином:

- 1) Метод прямого рахунку збитку, що ґрунтується на зіставленні витрат на лікування населення, втрат врожайності сільськогосподарських культур, продуктивності худоби тощо в районі с забрудненим навколишнім середовищем і в контрольному (чистому) районі.

- 2) Аналітичний метод оцінки збитку, що ґрунтується на використанні попередньо виведених залежностей між окремими показниками реципієнтів і рівнем забруднення навколишнього середовища.

- 3) Емпіричний метод оцінки економічного збитку, що ґрунтується на використанні галузевих методик.

- 4) Метод оцінки збитку, що ґрунтується на готовності населення платити за сприятливу якість навколишнього середовища.



Так як збиток, нанесений природним ресурсам та навколишньому середовищу можна виразити через втрату екосистемних послуг, таким чином можливо параметризувати збиток через компенсацію послуг екосистем за час відновлення їх до первинного стану (або через вартість екосистемних послуг). Оцінка економічної вартості екосистемних послуг є важливою умовою для вибору оптимального рішення в питаннях раціонального природокористування на місцевому рівні через надання інформації про те, як екосистемні послуги впливають на економічну діяльність. Така оцінка дозволяє включати в економічні розрахунки вартість довкілля. Існують різні підходи до оцінки економічної вартості екосистемних послуг (метод прямого ринкового оцінювання; метод непрямого ринкового оцінювання; метод умовного оцінювання; метод групової оцінки), але в цілому методичні принципи оцінки збитку навколишньому середовищу з точки зору екосистемного підходу ґрунтуються більшою мірою на категорії нематеріальної вигоди, яку надає навколишнє середовище, куди відносяться такі категорії, як «вартість вибору», «вартість спадщини», «вартість існування» та ін. Йдеться про можливість використання певного аспекту навколишнього середовища в майбутньому. Але необхідно відмітити, що оцінка економічної вартості екосистемних послуг є важливою умовою для вибору оптимального рішення в питаннях визначення шкоди довікілью від негативних наслідків військових дій, тому розробки в даному напрямку є досить нагальними. Одним з найбільш перспективним, з нашої точки зору, є оцінювання територій з врахування їх екосистемного активу. Таке оцінювання узгоджується з цілим рядом напрямків досягнення Цілей сталого розвитку, а саме в рамках реалізації цілей 6, 13, 14 та 15. Варто зауважити, що згідно офіційного визначення екосистемний актив території розглядається як «специфічна просторово обмежена екосистема конкретного типу, що включає всі притаманні біотичні та абіотичні компоненти, необхідні їй для функціонування та надання екосистемних послуг» (Wang et al., 2019). В цьому аспекті ключовими орієнтирами оцінювання екосистемних активів природоохоронних територій громад є:

1) вимірювання активів екосистеми з точки зору визначення спроможності цього активу виробляти екосистемні послуги. При цьому обсяг активу корелюється з розміром активу і стосується площі земель, охоплених цим активом (наприклад, лісовим). Цей підхід орієнтований на загальну вартість активів ландшафту (включаючи як природний, так і капітал, створений людиною);

2) вимірювання активів екосистеми з точки зору очікуваних потоків послуг екосистем. Адаже певна комбінація, або "кошик", екосистемних послуг може бути створена в певний момент часу з конкретного активу екосистеми. Сукупність усіх майбутніх екосистемних послуг для даного кошика забезпечує, в певний момент часу, прогнозований запас очікуваних екосистемних активів.

На місцевому територіальному рівні дане оцінювання може бути здійснене згідно таких етапів:

- 1) ідентифікація переліку екосистемних активів;
- 2) картування екосистемних активів;
- 3) оцінювання (кількісне та якісне);
- 4) інтеграція результатів оцінювання.

Екосистемний підхід до аналізу збитків довікілью внаслідок бойових дій через призму категорії екосистемного активу потребує подальшого формування ефективних механізмів їх оцінювання.

Висновки

Обґрунтовано, що екосистемне визначення збитків від негативних наслідків військових дій повинно включати оцінку повного комплексу витрат, пов'язаних з підтримкою та відновленням екосистем. Зазначено, що при екосистемному підході економічний збиток довікілью від негативних наслідків військових дій можна виразити через втрату екосистемних послуг, тобто збиток можливо параметризувати через вартість втрачених екосистемних послуг. Доведено, що одним з найбільш перспективним напрямком щодо оцінки економічної вартості



екосистемних послуг для визначення шкоди довкіллю від негативних наслідків військових дій є оцінювання територій з врахування їх екосистемного активу.

Список використаних джерел

1. Wang J., Soulard F., Henry M., Grenier M., Schenau S., Barton D., Harris R., Yhan J., Keith D., Obst C. (2019) Discussion paper 1.2: Treatment of ecosystems assets in urban areas. Paper submitted to the SEEA EEA Technical Committee as input to the revision of the technical recommendations in support of the System on Environmental-Economic Accounting. United Nations

Основні принципи екологічної безпеки в туристичній галузі під час війни

*Смик І. Є., Архипова Л. М.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ, Україна.

smk.iryna@gmail.com

Fundamental Principles of Environmental Safety in the Tourism Industry During War

*Smik I., Arkhipova L.

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine.

smk.iryna@gmail.com

Abstract. The tourism industry is particularly vulnerable during conflicts, when environmental safety issues become critical. War leads to the destruction of infrastructure, environmental pollution and ecosystem disruption, which negatively affects the tourism potential of regions. The authors explore the basic principles of environmental safety applicable to the tourism sector in times of war in order to preserve ecological integrity and ensure sustainable development of the industry. Through a comprehensive review of scientific literature, international regulations, and case studies from regions affected by military operations, the authors identified key strategies and approaches to minimize negative environmental impact. In particular, the study included an analysis of sustainable resource management practices, effective environmental risk assessment, active involvement of local communities, compliance with environmental legislation, and development of emergency response plans. The results emphasize the importance of implementing sustainable resource management, which involves the rational use of water, energy and land resources. Risk assessment allows for timely identification of potential threats and development of preventive measures. Involvement of local communities contributes to more effective implementation of environmental practices and raises the level of environmental awareness of the population. Compliance with environmental legislation is critical for the preservation of natural resources, and emergency response plans help to minimize the consequences of environmental disasters quickly and effectively. The study provides practical recommendations for stakeholders, including public authorities, tourism enterprises, and civil society organizations, to improve environmental safety and ensure the resilience of the tourism industry during and after the war. The proposed strategies can be integrated into policy and practice, contributing to the recovery and development of the tourism sector in the post-conflict period.

Keywords: environmental safety, tourism industry, war, sustainable development, resource management



Вступ

Туристична галузь, будучи важливим складником глобальної економіки, значно сприяє регіональному розвитку та зміцненню міжнародних зв'язків. Проте, в умовах військових конфліктів, зокрема під час російсько-української війни, туризм стає однією з найбільш уразливих сфер, що зазнає значних економічних втрат та гострих екологічних загроз. Збройні конфлікти не лише руйнують інфраструктуру, але й спричиняють забруднення довкілля, порушення екосистем та значне погіршення якості життя в регіонах, що піддаються військовим діям. У такому контексті питання екологічної безпеки набувають особливого значення, оскільки вони є вирішальними для збереження природних ресурсів, охорони навколишнього середовища та забезпечення стійкого розвитку місцевих громад. Незважаючи на наявні дослідження, присвячені впливу військових конфліктів на екологію та туристичну галузь, системний підхід до визначення ключових принципів екологічної безпеки в умовах війни залишається недостатньо розробленим. Відсутність системного підходу значно ускладнює розробку та впровадження ефективних стратегій, спрямованих на мінімізацію негативних наслідків та забезпечення стійкого відновлення туристичної галузі.

Метою дослідження є визначення та обґрунтування основних принципів екологічної безпеки, які можуть бути застосовані в туристичній галузі в умовах війни.

Для досягнення поставленої мети передбачається вирішення таких завдань:

1. Проаналізувати вплив військових конфліктів на екологічну безпеку в туристичній сфері.
2. Вивчити існуючі стратегії та практики забезпечення екологічної безпеки під час конфліктів.
3. Визначити ключові принципи екологічної безпеки та розробити практичні рекомендації для їх впровадження.

Наукова новизна роботи полягає в систематизації та узагальненні принципів екологічної безпеки, спеціально адаптованих для туристичної галузі в умовах війни.

Практичне значення дослідження полягає в можливості використання його результатів державними органами, туристичними підприємствами та громадськими організаціями для підвищення стійкості галузі та збереження довкілля.

Методи та матеріали

У дослідженні використовувалися методи системного аналізу, порівняльного аналізу та узагальнення. Було проведено всебічний огляд наукової літератури, міжнародних нормативно-правових актів та звітів міжнародних організацій.

Результати та обговорення

Російська збройна агресія проти України, що триває десять років та інтенсифікувалася після 24 лютого 2022 р., має катастрофічні наслідки для екологічної безпеки країни. Міністерство довкілля та природних ресурсів України станом на 2023 рік оцінює завдані окупантами збитки довкіллю у 2 108 млрд гривень. З них збитки від забруднення повітря становлять 1 078,7 млрд гривень, ґрунтів і землі – 984,4 млрд гривень, водних ресурсів – 60,7 млрд гривень. За півтора року війни Державна екологічна інспекція зареєструвала понад 2500 звернень щодо російських злочинів проти довкілля, і ці цифри не є остаточними (Довкілля..., 2023).

Руйнівний вплив війни на довкілля проявляється у різних аспектах, які взаємопов'язані між собою. Забруднення повітря є одним із найбільш критичних наслідків. Масовані артилерійські та ракетні обстріли нафтобаз, нафтопереробних заводів та інших промислових об'єктів призводять до викидів токсичних речовин в атмосферу. Під час горіння нафти на нафтобазі з кількома резервуарами в атмосферне повітря викидається кількість забруднювальних речовин, еквівалентна викидам усього транспорту Києва за місяць. Значне забруднення повітря може мати довготривалий негативний вплив на здоров'я населення та екосистеми, що знижує привабливість регіонів для туристів.

Водні ресурси також зазнають значного негативного впливу. Навмисний підриг греблі Каховської ГЕС у червні 2023 року став однією з найбільших техногенних катастроф останніх десятиліть. Це призвело до затоплення десятків населених пунктів, знищення унікального



біорізноманіття, забруднення Дніпра та Чорного моря, втрати системи зрошення. Водні екосистеми зазнають руйнівного впливу з перших днів війни через воєнні операції на території Чорного та Азовського морів, обстріли водогонів, водонасосних станцій та водоочисних споруд. Пошкодження та руйнування цих об'єктів позбавляє населення доступу до питної води, що є порушенням основоположних прав людини (Довкілля..., 2023).

Ґрунтові екосистеми також страждають від бойових дій. Вирви від ракет, авіабомб та артилерійських снарядів, випалена земля спричиняють довготривалу деградацію ґрунтів. Засмічення землі відходами зі знищених підприємств, будівель, військової техніки та нафтопродуктів призводить до втрати біорізноманіття, нестачі водних ресурсів, поширення бідності та масових міграцій населення. Повномасштабна війна перетворила Україну на одну з найбільш замінованих країн світу: близько 174 тис. кв. км території є небезпечними для життя. Заміновані землі стають невидимою смертельною загрозою для цивільного населення, ускладнюють сільськогосподарську діяльність та перешкоджають відновленню туристичної інфраструктури (Війна та екологія).

В умовах війни туристична галузь України зазнала значних трансформацій, адаптуючись до нових реалій та переорієнтовуючись на інші формати діяльності. Замість традиційних іноземних туристів з країн Європейського Союзу та Близького Сходу, готельний сектор почав обслуговувати закордонних дипломатів, представників громадських організацій, журналістів міжнародних видань та волонтерів. За даними статистики, протягом 2022 року до України в'їхало близько 2 мільйонів іноземців, з яких 1 мільйон прибув уже після початку повномасштабного вторгнення росії (Туризм..., 2023).

Попри активні бойові дії, зберігається інтерес до релігійного туризму. Зокрема, у 2022 році в місто Умань для святкування Рош га-Шана приїхало близько 23 тисяч паломників-хасидів, що вдвічі перевищило очікування місцевої влади. Для порівняння, під час пандемії COVID-19 у 2020 році на святкування прибуло лише 2,5 тисячі осіб, а у 2021 році – 30 тисяч (Туризм..., 2023).

Частково відновився і внутрішній туризм, зосереджений переважно у відносно безпечних західних регіонах України. Найпопулярнішими напрямками відпочинку у 2023 році стали Чернівецька, Львівська та Закарпатська області. Водночас спостерігається суттєве падіння доходів туристичної галузі в південних регіонах країни – Одеській, Миколаївській та Херсонській областях, які зазнають найбільшого впливу воєнних дій (рис.1) (Туризм..., 2023).

АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ПОДАТКОВИХ НАДХОДЖЕНЬ

ВІД ЗАСОБІВ РОЗМІЩЕННЯ ПО ОБЛАСТЯХ ЗА 1 КВАРТАЛ (2021-2023 рр.)

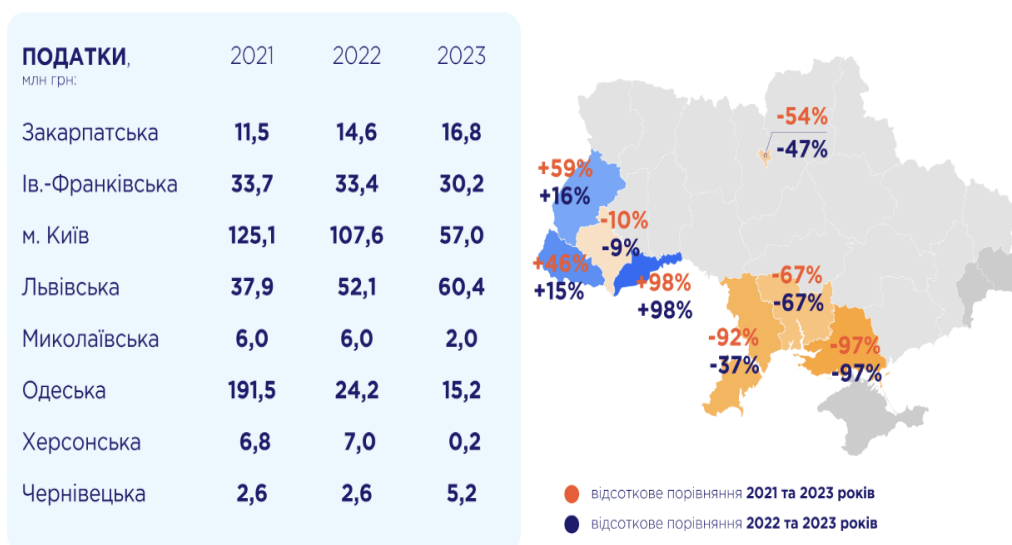


Рис. 1. Аналіз динаміки податкових надходжень від туризму за даними ДАРТ [3]



Такі зміни в структурі туристичних потоків свідчать про адаптивність галузі та її здатність реагувати на виклики, спричинені конфліктом. Однак, перехід до нових форматів діяльності вимагає впровадження принципів екологічної безпеки, щоб мінімізувати негативний вплив на довкілля та забезпечити стійкий розвиток туризму навіть в умовах війни.

Відповідно до голови правління «VisitUkraine.Today» Антона Тараненка, у процесі відновлення туризму в Україні спостерігаються певні тенденції. По-перше, туристи все частіше обирають оздоровчий відпочинок у санаторіях та подібних закладах, прагнучи відновити психологічний стан подалі від зон бойових дій та повітряних тривоги. По-друге, зростає попит на індивідуальні та сімейні подорожі, тоді як групові тури втрачають популярність. По-третє, наявність базових зручностей, таких як електроенергія, вода, зв'язок та укриття, стає пріоритетною вимогою до закладів розміщення, включаючи готелі та хостели. Крім того, українці зазвичай бронюють тури в останній момент, оскільки планування наперед у період повномасштабної війни є складним (Туризм..., 2023).

Аналіз сучасних тенденцій демонструє критичну необхідність адаптації туристичної галузі до нових викликів та реалій, зокрема через впровадження основних принципів екологічної безпеки. Забезпечення туристичної привабливості в умовах війни вимагає врахування потреб щодо безпеки та комфорту відвідувачів, що є важливими аспектами для підтримки стійкого розвитку галузі. Аспекти безпеки набувають особливого значення в контексті відновлення після конфліктів, коли питання екологічної стійкості та збереження природного середовища стають ключовими для відбудови туристичної інфраструктури та забезпечення довготривалого економічного розвитку регіонів.

Повномасштабні військові дії, що розгорнулися у 2022 році, спричинили значну деградацію природних ландшафтів та екосистем у регіонах, де тривали бойові дії або які опинилися під окупацією. Внаслідок цього, суттєвих екологічних збитків зазнали області з багатим туристично-рекреаційним потенціалом, такі як Миколаївська, Херсонська, Запорізька, Одеська та Харківська області. Руйнування природних територій не лише знизило їхню привабливість для туристів, але й ускладнило процес їх відновлення, створюючи серйозні виклики для стійкого розвитку туризму в постконфліктний період (табл. 1).

Таблиця 1. Екологічні характеристики туристично-рекреаційного потенціалу постраждалих областей*

Область	Природно-заповідні території	Екологічні особливості
Миколаївська	89 територій, включаючи частину Чорноморського біосферного заповідника	Унікальні степові екосистеми, піщані пляжі, лікувальні грязі
Херсонська	69 територій, зокрема біосферні заповідники "Асканія-Нова" та "Чорноморський"	Різноманіття флори і фауни, узбережжя Чорного та Азовського морів
Запорізька	299 територій, включаючи частину заповідника "Кам'яні Могили"	Унікальні геологічні утворення, степові екосистеми, узбережжя Азовського моря
Одеська	92 територій, в тому числі заповідник "Дунайські плавні", Одеські катакомби	Водно-болотні угіддя, рідкісні види птахів, узбережжя Чорного моря
Харківська	135 територій та об'єктів природно-заповідного фонду	Лісостепові екосистеми, мінеральні джерела

Примітка: складено автором на основі Барвінок & Барвінок, 2022.

Руйнування цих територій призводить до деградації екосистем, втрати біорізноманіття та порушення екологічної рівноваги. Знищення лісових масивів, заповідних степів та водно-болотних угідь негативно впливає на кліматичні умови регіонів та сприяє виникненню екологічних катастроф. Така деградація ускладнює відновлення туристичної діяльності та знижує привабливість територій для екологічного та рекреаційного туризму.

Управління екологічною безпекою в умовах війни в Україні є надзвичайно складним завданням, яке вимагає системного підходу та врахування специфічних обставин воєнного стану. З початком російської агресії у 2014 році, а особливо після повномасштабного



вторгнення в лютому 2022 року, екологічна ситуація в країні значно ускладнилася. Військові дії призводять до масштабного забруднення довкілля, руйнування природних екосистем, створення радіаційних та хімічних ризиків, що ставить під загрозу життя і здоров'я населення.

В Україні правові засади екологічної безпеки регулюються Конституцією України, яка гарантує право кожного на безпечне для життя і здоров'я довкілля (стаття 50). Закони України "Про охорону навколишнього природного середовища", "Про забезпечення санітарного та епідемічного благополуччя населення", "Про правовий режим воєнного стану" та інші нормативно-правові акти встановлюють механізми захисту довкілля та екологічної безпеки, включаючи періоди надзвичайних ситуацій та воєнного стану (Ніколаєв & Семенець-Орлова, 2023). Однак, специфіка воєнних дій вимагає адаптації існуючого законодавства та розробки спеціальних нормативних документів, які враховують особливості управління екологічною безпекою під час військових конфліктів. Зокрема, необхідно забезпечити ефективне функціонування системи екологічного моніторингу в зонах бойових дій (Ніколаєв & Семенець-Орлова, 2023).

Законодавство України передбачає кримінальну відповідальність за екологічні злочини. Згідно зі статтею 441 Кримінального кодексу України, екоцид визначається як масове знищення рослинного або тваринного світу, отруєння атмосфери, водних ресурсів чи здійснення інших дій, що можуть спричинити екологічну катастрофу. У контексті російської агресії проти України, такі дії можуть бути кваліфіковані як екоцид, і держава має право вимагати притягнення винних до міжнародної кримінальної відповідальності (Ніколаєв & Семенець-Орлова, 2023).

Особливу увагу приділяють захисту об'єктів з підвищеною екологічною небезпекою, зокрема атомних електростанцій. Ситуація навколо Запорізької АЕС, яка перебуває в зоні бойових дій, викликає серйозні побоювання щодо можливості радіаційної аварії. Україна, відповідно до міжнародного права та договорів, таких як Конвенція про ядерну безпеку, вимагає від держав-учасниць МАГАТЕ та інших міжнародних організацій вжиття заходів для забезпечення ядерної безпеки та недопущення актів ядерного тероризму.

Управління екологічною безпекою в умовах війни також передбачає активну міжнародну співпрацю. Україна співпрацює з ООН, ОБСЄ, Європейським Союзом та іншими міжнародними інституціями для документування екологічних злочинів, отримання технічної та фінансової допомоги у сфері екологічного моніторингу, розмінування та відновлення зруйнованих екосистем та відповідає нормам міжнародного гуманітарного права, зокрема положенням Протоколу I до Женевських конвенцій 1949 року, який зобов'язує сторони конфлікту захищати природне середовище від широкомасштабних, довготривалих та серйозних пошкоджень (Ніколаєв & Семенець-Орлова, 2023). Закон України "Про протимінну діяльність" регулює питання розмінування територій, забруднених вибухонебезпечними предметами. Після завершення бойових дій необхідно забезпечити безпеку населення та відновлення природних територій для подальшого використання. Правовий аспект управління екологічною безпекою під час війни включає також питання відшкодування екологічних збитків. Україна, збираючи докази екологічних злочинів, має намір вимагати компенсації від держави-агресора відповідно до норм міжнародного права, що включає звернення до Міжнародного суду ООН, Міжнародного кримінального суду та інших компетентних органів (Ніколаєв & Семенець-Орлова, 2023).

У контексті внутрішнього законодавства виникає необхідність вдосконалення нормативно-правової бази щодо екологічної безпеки в умовах воєнного стану. Доцільним є прийняття спеціальних законів або внесення змін до чинних актів, які регламентують порядок дій державних органів, місцевого самоврядування та суб'єктів господарювання у сфері охорони довкілля під час військових дій.

Особливої уваги потребує забезпечення доступу громадян до інформації про екологічну ситуацію. Закон України "Про доступ до публічної інформації" та Орхуська конвенція гарантують право на екологічну інформацію, що має особливу значущість в умовах війни, коли населення повинно бути поінформоване про можливі ризики для здоров'я та довкілля. Таким



чином, управління екологічною безпекою в умовах війни в Україні є комплексним завданням, що вимагає поєднання національних зусиль з міжнародною підтримкою.

Забезпечення екологічної безпеки розглядається як одна з основних умов сталого розвитку суспільства. Особливо актуальним це питання стає на тлі зростаючого антропогенного тиску на природне середовище, що виникає внаслідок інтенсивного розвитку різних галузей економіки, включаючи туризм. Формування та впровадження основних принципів екологічної безпеки потребує не лише теоретичного обґрунтування, а й розробки практичних рекомендацій, заснованих на сучасних дослідженнях та міжнародному досвіді.

Принцип превентивності та запобігання негативним впливам є фундаментальним елементом у забезпеченні екологічної безпеки. Він передбачає систематичне впровадження заходів, спрямованих на попередження потенційних екологічних загроз на ранніх етапах. Подібні заходи реалізуються шляхом проведення оцінки екологічних ризиків та розробки стратегій, орієнтованих на мінімізацію шкідливих впливів на довкілля. Використання подібного підходу не лише знижує ризик виникнення екологічних катастроф, але й сприяє довгостроковій економічній стабільності.

Інтегрований підхід до управління екологічною безпекою передбачає всебічний аналіз екологічних проблем з урахуванням соціальних, економічних та політичних факторів. Координація між різними секторами та рівнями управління дозволяє досягти спільних цілей у сфері екології. Подібний підхід сприяє раціональному використанню ресурсів, зменшує дублювання зусиль і підвищує ефективність екологічних програм.

Концепція сталого розвитку виступає центральним принципом екологічної безпеки, спрямованим на задоволення потреб нинішнього покоління без шкоди для можливостей майбутніх поколінь. Це вимагає ухвалення рішень щодо використання природних ресурсів із врахуванням необхідності збереження екосистем та підтримання їх балансу. Раціональне використання природних ресурсів, впровадження екологічно чистих технологій та підвищення екологічної свідомості населення становлять важливі складові даного принципу.

Відповідальність усіх суб'єктів господарської діяльності, органів влади та громадян за збереження довкілля є ще одним важливим аспектом екологічної безпеки. Дотримання встановлених екологічних норм і стандартів, а також активна участь у заходах з охорони природи є ключовими завданнями для всіх учасників економічних відносин. У цьому контексті роль держави полягає у створенні відповідного законодавчого та інституційного середовища, яке стимулює екологічно відповідальну поведінку.

Активна участь громадськості у процесах, пов'язаних з екологічною безпекою, є необхідною умовою для ефективного впровадження екологічних ініціатив. Це включає право на доступ до екологічної інформації, можливість впливати на ухвалення рішень у сфері екології та захист екологічних прав. Важливо створювати механізми для залучення громадян до екологічного управління, що сприятиме підвищенню рівня екологічної свідомості та відповідальності.

Міжнародне співробітництво у сфері екологічної безпеки набуває особливого значення в умовах глобалізації та зростаючої взаємозалежності країн. Екологічні проблеми часто мають транскордонний характер, тому співпраця між державами, обмін досвідом і технологіями, а також спільне вирішення екологічних питань є необхідними умовами для ефективного забезпечення екологічної безпеки на глобальному рівні.

Значну увагу слід приділити розробці практичних рекомендацій для впровадження наведених принципів. Зокрема, потрібно вдосконалювати нормативно-правову базу, що регулює екологічну безпеку, з урахуванням сучасних викликів та міжнародних стандартів. Це вимагає розробки спеціальних нормативних актів, які регулюють екологічні аспекти в різних галузях економіки, зокрема в туризмі. Впровадження ефективної системи екологічного моніторингу та контролю дозволить оперативно виявляти та реагувати на екологічні загрози, що є критично важливим для підтримання екологічної безпеки.

Застосування екологічно чистих технологій та практик є важливим заходом для забезпечення екологічної безпеки. Зокрема, це включає використання відновлюваних джерел



енергії, впровадження ресурсозберігаючих технологій та застосування екологічно безпечних матеріалів у виробництві та будівництві. Стимулювання екологічно відповідального бізнесу шляхом надання податкових пільг, грантів та пільгових кредитів сприятиме розвитку екологічно орієнтованих підприємств.

Підвищення екологічної свідомості населення через освіту та просвітницькі кампанії також є важливим аспектом. Включення екологічних дисциплін до навчальних програм, проведення інформаційних кампаній та залучення засобів масової інформації до висвітлення екологічних питань сприятиме формуванню відповідального ставлення до природи та підвищенню загального рівня екологічної культури у суспільстві.

Прозорість та доступ до екологічної інформації є ще одним важливим завданням, що підвищує довіру громадськості до екологічних ініціатив. Відкритість інформації про стан довкілля, екологічні ризики та заходи з їх мінімізації сприяє активній участі громадян у процесах ухвалення рішень у сфері екології.

Інтеграція екологічних вимог у процеси планування та управління є необхідною умовою для забезпечення екологічної безпеки. Екологічні аспекти повинні враховуватися на всіх етапах розробки стратегічних планів розвитку, проектування інфраструктурних об'єктів та проведення оцінки впливу на довкілля.

Впровадження систем екологічного менеджменту, зокрема міжнародно визнаних стандартів, таких як ISO 14001, сприятиме систематизації екологічної роботи та підвищенню її ефективності. Це дозволить забезпечити комплексний підхід до управління екологічною безпекою та підвищити рівень відповідальності суб'єктів господарювання за вплив на довкілля.

Узагальнюючи, забезпечення екологічної безпеки вимагає злагодженої роботи всіх учасників економічних відносин, інтеграції екологічних вимог у всі сфери діяльності та впровадження сучасних підходів до управління природними ресурсами.

Висновки

Таким чином, основні принципи екологічної безпеки в туристичній галузі під час війни включають превентивні заходи, інтегрований підхід, сталий розвиток, відповідальність усіх учасників процесу, активну участь громадськості та міжнародне співробітництво. Впровадження цих принципів вимагає вдосконалення нормативно-правової бази, впровадження систем екологічного моніторингу, застосування екологічно чистих технологій, підвищення екологічної свідомості населення та забезпечення прозорості доступу до екологічної інформації. Комплексний підхід до управління природними ресурсами дозволить забезпечити стійкий розвиток туризму навіть в умовах військового конфлікту, зберігаючи при цьому природне середовище для майбутніх поколінь.

Список використаних джерел

1. Довкілля – мовчазна жертва війни: як російська армія вчиняє екологічні злочини й порушує права людини. (26 жовтня 2023). LB.ua.URL: https://lb.ua/blog/dmytro_lubinets/581276_dovkillya_movchazna_zhertva_viyni_yak.html
2. *Війна та екологія: чому природа стає жертвою збройного конфлікту?* (б. д.). Інститут аналітики та адвокації. URL: <https://iaa.org.ua/articles/vijna-ta-ekologiya-chomu-pryroda-staye-zhertvoyu-zbrojnogo-konfliktu/>
3. *Туризм під час війни - як галузь виживає та готується до відновлення.* Kyivstar Business Hub. (22 червня 2023). URL: <https://hub.kyivstar.ua/articles/turyzm-pid-chas-vijny-yak-galuz-vyzhyvaye-ta-gotuyetsya-do-vidnovlennya>
4. Барвінок, Н., & Барвінок, М. (2022). Вплив російсько-української війни на туризм в Україні та перспективи його розвитку в майбутньому. *The Russian-Ukrainian war (2014–2022): historical, political, cultural-educational, religious, economic, and legal aspects: Scientific monograph.* Riga, Latvia: Baltija Publishing, 24–32.
5. Ніколаєв, К., & Семенець-Орлова, І. (2023). Специфіка управління екологічною безпекою в умовах військових конфліктів. *Публічне управління і адміністрування в Україні*, (35), 127–130.



Правова політика протидії злочинам проти довкілля в умовах російсько-української війни

Шапенко Л., *Летків Р.

Національний авіаційний університет, Київ, Україна

8485823@stud.nau.edu.ua

Legal Policy of Combating Crimes Against the Environment in the Conditions of the Russian-Ukrainian War

Shapenko L., *Letkiv R.

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

8485823@stud.nau.edu.ua

Abstract. Ecology has always been an important topic for discussion in world society. Its condition, rapid changes became a requirement for scientists of all branches of existing science, the governments of many countries of the world society introduced certain norms of legislation and improvement of the environmental situation both in the middle of their states and at the international level. Despite all the work of ecologists, biologists, chemists, geographers and others, the introduction of such scientific opinion into the legislation in the form of certain "environmental programs" took place thanks to lawyers and lawyers who developed these programs, presented them for consideration and voted for them, here, the topic of ecology again appeared on the front pages of the mass media. Due to nonobservance of the principles and rules of war, the Russians committed many war crimes against Ukraine's ecology and natural environment. The restoration of the ecosystem of Ukraine is in the same row with the same issues as the restoration of settlements, the resolution of the humanitarian crisis and the economic situation.

Keywords: ecology, full-scale invasion, consequences, regulation, environment.

Вступ

В сучасних умовах російсько-української війни все більш гостро постають питання екоциду, що, в свою чергу, актуалізує необхідність дослідження й визначення механізмів національного та міжнародного законодавства щодо регулювання та охорони екосистем, які постраждали внаслідок збройної агресії росії проти України. У дослідженні наведені реальні приклади порушення національного законодавства України щодо екології, а також норм міжнародного екологічного права. Також авторами запропоновано шляхи модернізації законодавства України та внесення змін до міжнародних актів для створення дієвого механізму притягнення до відповідальності держав, політичних сил, юридичних та фізичних осіб за порушення норм екологічного законодавства.

Методи дослідження

В ході дослідження були використані порівняльно-правовий, історичний, історико-правовий, логіко-юридичний, формально-юридичний методи та метод системного аналізу.

Результати і обговорення

Серед усіх новітніх викликів, що постають перед людством, виклик щодо збереження природи виходить на найперші шпальти засобів масової інформації. Про екологічні проблеми науковці та вчені говорять не перший рік, уряди держав зосереджують свої ресурси на вирішенні питань збереження різноманітних екосистем та довкілля в цілому, а законотворці, в свою чергу, створюють нормативно-правову базу для забезпечення екологічної безпеки та охорони природи.

У ХХІ столітті питання про забезпечення екологічної безпеки набуло нових барв, що зумовлено початком російської агресії проти України. В умовах, коли російсько-українська війна триває понад 10 років, окупація Криму у 2014 році, локальна війна на Донбасі, яка



тривала з квітня 2014 по лютий 2022 року та повномасштабна війна з лютого 2022 по сьогоднішнього дня, нанесли невідомої шкоди природі України. У свою чергу, для усього європейського континенту це може мати катастрофічні наслідки, зважаючи на те, що екосистема, яка є в Україні має статус однієї з найважливіших у екосистемі європейського континенту.

Ще до початку повномасштабного вторгнення, після анексії Криму на території українського півострова розпочалися процеси, які почали негативно впливати на стан довкілля. Наслідком цього стало зростання кількості військ, які, крім того, що знищували природний ландшафт та зони природних заповідників, впливали також і на атмосферу та клімат Криму через велике зосередження техніки на території півострова та збільшення кількості викидів у повітря. В умовах повномасштабного вторгнення проблемою стало порушення норм екологічного законодавства, зокрема приховування дійсної інформації про стан довкілля. І якщо звернутися до правового регулювання військових злочинів проти довкілля, то їхня кваліфікація виходить з того чи іншого військово-злочинного діяння. В даному випадку варто зазначити, що замовчування ситуації щодо екологічної ситуації, яка зазнала змін через аварію на певному підприємстві, тим більше на окупованій території, яка фізично є підконтрольна країні агресору теж є незаконною. Так, у вересні 2018 року на заводі «Титан», що знаходиться на території тимчасово окупованого Криму, сталася аварія, яка призвела до викиду хімікатів у повітря (Екологічна катастрофа..., 2018). Окупаційна влада вирішила не оприлюднювати інформацію, що відповідає дійсності про стан навколишнього середовища (Екологічна катастрофа..., 2018). Це лише один із багатьох випадків порушення росією норм, які закріплені у Конвенції про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля. Саме ч. 2 статті 5 даної Конвенції вказує на те, що договірні сторони повинні вчасно надавати екологічну інформацію, крім того відповідно до цієї правової норми інформація повинна знаходитися у легкому доступі, а процес її отримання повинен бути короткостроковим. Попри те, що Крим є окупованим це не звільняє росію та створену нею окупаційну владу від обов'язку, покладеного міжнародним законодавством щодо інформування населення про екологічний стан.

Фактично, такий стан справ, який обернувся для країни агресора безкарністю ставить під сумнів дієвість норм міжнародного права щодо забезпечення екологічної безпеки та охорони природи. Такий стан нашою думкою, що міжнародне право у цьому секторі потребує реформації, а міжнародна спільнота повинна бути більш дієвою щодо країн, які порушують норми міжнародного законодавства. Якщо говорити про реформацію міжнародного екологічного права, варто зазначити, що найголовнішим завданням будь-якого нормативно-правового акту є чіткість та визначення меж, за яких норми відповідальності можуть бути застосованими. У випадках з порушенням норм щодо екологічної безпеки, то відповідальність для держав повинна наступати у вигляді певних обмежень на міжнародній арені. Сюди слід віднести і санкції, і виплату певних компенсацій за нанесену шкоду сусіднім країнам у разі неналежного повідомлення про екологічний стан.

Повертаючись до України, то національне законодавство немає кодифікованого нормативно-правового акту, який б повністю контролював би питання екології та безпеки навколишнього середовища, крім цього у Кримінальному кодексі України перелік санкцій та взагалі норм, які визначають відповідальність щодо вчинення злочинів проти довкілля, є досить малим. Умовно, якщо російськими військами було завдано шкоди якомусь природному об'єкту, то чіткої норми, яка б кваліфікувала такі дії, в українському законодавстві немає. Як наслідок, це свідчить про прогалини в законодавстві України та про його певну неефективність, що, в свою чергу, мало б спонукати законодавця розширити перелік злочинів проти довкілля, зокрема це стосується і військових злочинів.

Найбільш руйнівних наслідків завдала, не анексія Криму чи окупація Донбасу, а саме повномасштабне вторгнення росії в Україну. Порушуючи принципи та правила ведення війни, росіяни завдали невідомої шкоди природному середовищу України. Варто зазначити той факт, що природа, внаслідок бойових дій постраждала не тільки у прифронтових та



прикордонних зонах, а й на територіях, яка віддалена від лінії бойового зіткнення. Звертаючись до нормативно-правових актів, які здійснюють захист довкілля, захист права інформування про екологічний стан, захист секторів природи, що відносяться до приватної власності, першочерговими гарантіями на здійснення такого права стають норми Конституції України та інші закони України, а також міжнародне екологічне право.

В статті 13 Конституції України закріплено, що земля, її надра та інші природні ресурси є власністю Українського народу. Відповідно цю конституційну норму можна трактувати, як таку, що захищає право українського народу на вільне користування землею і, говорячи про це право в умовах повномасштабного вторгнення, необхідно наголосити, що росія злісно порушує цю конституційну норму шляхом окупації земель, які віднесені до права розпорядження українського народу. Тож, окупація того чи іншого населеного пункту несе для загарбників підставу для притягнення їх до відповідальності.

Якщо оминати той факт, що росіяни порушують територіальну цілісність України та фактично забирають у громадян України землю, що відноситься до природи, то їхні дії також мають і військово-злочинний характер, який спрямований на те, щоб зменшувати обороноздатність України. Лише кінець 2023 року за даними SaveEcoBot відомо про 230 військових злочинів у секторі екології, з них: 59 – це пошкодження або знищення об'єктів промисловості, що призвело до промислових аварій (SaveEcoBot). Для прикладу, 26 березня 2022 року сталася одна з перших російських ракетних атак на місто Львів, а саме по нафтопереробному заводу на території міста. Нафтобаза зазнала невідомих руйнувань, крім цього також були пошкоджені ємності, в яких зберігались нафтопродукти, що призвело до пожежі, яку рятувальникам вдалося загасити не одразу (Овсяний, 2023). У Державній екоінспекції наслідки від ударів по таких підприємствах називають одними з найнебезпечніших для довкілля України, зумовлюється це тим, що розлита нафта потрапляє у ґрунт, потім до підземних вод, як наслідок через ці процеси майже все живе у землі гине (Овсяний, 2023). 42 військові злочини проти екології було вчинено щодо водних ресурсів (SaveEcoBot), зокрема 6 червня 2023 року, росіяни вчиняючи черговий акт екоциду підірвали дамбу Каховської ГЕС, це призвело до наступних наслідків: 1) знищення та значне порушення екосистем Каховського водосховища та водних об'єктів, які в нього впадають; 2) можлива масова загибель водних організмів (риби, молюсків, ракоподібних, мікроорганізмів, водної рослинності) у Каховському водосховищі з подальшим погіршенням якості вод внаслідок розкладення загиблих організмів; 3) порушення середовища існування риби, молюсків, ракоподібних, птахів, земноводних та інших тварин, які заселяють акваторію та прибережні комплекси від греблі Каховського водосховища і нижче за течією до Кінбурнського півострова (Підрив Каховської ГЕС, 2023).

52 військові злочини проти довкілля було вчинено щодо зелених насаджень (SaveEcoBot). Прикладом у даному випадку можуть стати бойові дії, через які сильно постраждав Ізюмський ліс у Харківській області. Внаслідок інтенсивних бойових зіткнень, більша його частина вигоріла – особливо після пожеж влітку 2022 року. Загибель лісів – це не лише втрата оселищ для існування різноманітних видів рослин й тварин, а це і вивільнення CO₂-еквіваленту (парникових газів), що посилює невпинні кліматичні зміни, а також порушення ґрунтового покриву та процесів повітря- та вологообміну (Овсяний, 2023).

Висновки

Беручи до уваги вищенаведені приклади, твердження про недосконалість українського законодавства є небезпідставним. Однак, навіть за наявності правових норм, які б всебічно охоплювали злочини проти довкілля, процес притягнення до відповідальності за такі злочини був би надто тривалим. Аналізуючи механізми притягнення до юридичної відповідальності осіб за злочини проти довкілля, варто погодитися з М. Погорілець та Х. Марич, які відзначають складність і тривалість всіх процесів, що відповідно вимагає спільної роботи міжнародних інституцій, державних органів та громадськості. Зокрема, важливими завданнями є встановлення суб'єктів відповідальності, кваліфікація правопорушень, обчислення збитків, подання позовів до національних і міжнародних судових інстанцій, які компетентні їх розглядати, стягнень репарацій тощо (Марич та Погорілець, 2023).



В цілому усі перераховані вище військові злочини вчинені росіянами можна кваліфікувати як екоцид і стаття 441 Кримінального кодексу України передбачає санкції за даний злочин. Важливим моментом є ратифікація 21 серпня 2024 року Верховною Радою України Римського Статуту, а також ухвалення 09 жовтня 2024 року імплементаційного Закону України «Про внесення змін до Кримінального та Кримінального процесуального кодексів України у зв'язку з ратифікацією Римського статуту Міжнародного кримінального суду та поправок до нього».

Таким завершальним кроком у процесі ратифікації Римського статуту Міжнародного кримінального суду запроваджується принцип універсальної юрисдикції щодо злочинів агресії, геноциду, злочинів проти людяності, воєнних злочинів та застосування зброї масового знищення. З метою приведення у відповідність до статей 8 та 8bis Римського статуту перед українськими законодавцями стоїть завдання розширення переліку відповідальності щодо військових злочинів проти довкілля та внесення інших змін до Кримінального кодексу України [10]. Все це може призвести до створення прецеденту, коли військові злочини проти довкілля будуть каратися, що, в свою чергу, надасть рушійної сили міжнародній спільноті щодо притягнення до відповідальності осіб та держав, які вчинили даний військовий злочин.

Список використаних джерел

1. Екологічна катастрофа в Криму: чим загрожують людському організму хімічні викиди із заводу "Титан". ТСН.ua, 2018. URL: <https://tsn.ua/ukrayina/ekologichna-katastrofa-v-krimu-chim-zagrohuyut-lyudskomu-organizmu-himichni-vikidi-iz-zavodu-titan-1214187.html> (дата звернення: 19.10.2024).
2. Конвенція про доступ до інформації, участь громадськості в процесі прийняття рішень та доступ до правосуддя з питань, що стосуються довкілля (25.06.1998 р.) URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_015#Text (дата звернення: 19.10.2024).
3. Конституція України: Закон України № 254к/96-ВР від 28.06.1996 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/254k/96-vr#Text> (дата звернення: 19.10.2024).
4. SaveEcoBot. Воєнні злочини проти довкілля : статистика. URL: <https://www.saveecobot.com/features/environmental-crimes> (дата звернення: 19.10.2024).
5. Овсяний К. (2023) До і після. Наслідки повномасштабної війни для екології України. Погляд з супутника. Радіо Свобода. URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/skhemu-ekolohiyayina/32284610.html> (дата звернення: 19.10.2024).
6. Підрив Каховської ГЕС: попередні висновки і можливі наслідки. *Екодія*. (06.06.2023). URL: <https://ecoaction.org.ua/pidryv-kakhovskoi-hes-poperedni-vysnovky.html>
7. Марич Х., Погорілець М. (2023). Юридична відповідальність за воєнні злочини проти довкілля. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка»*. Серія: «Юридичні науки». № 37. Т. 1. С. 279-286.
8. Закон України № 2341-III. Кримінальний кодекс України, від 05.04.2001 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2341-14#Text> (дата звернення: 19.10.2024).
9. Верховна Рада України ратифікувала Римський статут Міжнародного кримінального суду та поправки до нього. Офіційний портал Верховної Ради України. URL: <https://www.rada.gov.ua/news/razom/252711.html> (дата звернення: 20.10.2024).
10. Закон «Про внесення змін до Кримінального та Кримінально процесуального кодексів України у зв'язку з ратифікацією Римського статуту Міжнародного кримінального суду та поправок до нього». URL: <https://www.rada.gov.ua/news/razom/254500.html> (дата 20.10.2024).



Economic and Legal Dimension of Environmental Damage from Military Actions

Yaroshenko D.

National Aviation University, Ukraine

yaroshenko.d2@gmail.com

Abstract. Wars and armed conflicts inflict significant harm not only on human life but also on the environment, creating long-lasting adverse effects on ecosystems, economies, and public health. Military actions disrupt natural balance, lead to resource destruction, and cause environmental pollution. However, the issue of compensation for environmental damage and its legal assessment remains underdeveloped at both international and national levels. This problem is particularly relevant in the context of armed conflicts, such as the war in Ukraine, where ecological damage has reached vast scales and requires meticulous approaches for assessment and compensation. This paper explores the economic and legal dimensions of environmental damage caused by military actions, emphasizing the necessity for effective legal frameworks and mechanisms for compensation. The findings indicate that a collaborative effort between national governments and the international community is essential for creating legal instruments that effectively protect the environment in conflict zones.

Keywords: environmental damage, military actions, ecological crisis, legal frameworks, compensation mechanisms

Introduction

Wars and armed conflicts lead to substantial harm to the environment alongside human casualties. This damage creates long-term negative consequences for ecosystems, economic stability, and public health. Military actions disrupt the natural balance, destroy resources, and contribute to environmental pollution. The legal framework for assessing and compensating ecological damage remains insufficiently developed, both internationally and nationally. This paper aims to analyze the economic and legal dimensions of environmental damage from military actions, particularly focusing on recent conflicts such as the ongoing war in Ukraine. Understanding the scope of this issue is crucial for developing effective legal mechanisms for addressing environmental harm caused by military actions. The war in Ukraine (since 2022) exemplifies a large-scale environmental disaster caused by military actions. Soil and water pollution, destruction of forested areas, and infrastructure damage have created an enormous ecological crisis, the effects of which will be felt for decades. The assessment of environmental damage in Ukraine is ongoing, but it is already evident that restoring the environment will require substantial financial resources and legal efforts will be necessary to settle the issues of sharing responsibility for damage and implementation of restoration plans.

The Gulf War (1991) is another notable example of environmental catastrophe. The mass burning of oil wells and intentional oil spills in the Persian Gulf led to one of the most significant environmental disasters in modern history. Recovery of the Gulf ecosystems continues to this day.

Results and Discussion

Economic Dimension of Environmental Damage from Military Actions

Military conflicts result in the destruction of natural resources and environmental pollution, significantly impacting regional economic stability. The economic dimension of environmental damage can be divided into two categories: direct and indirect losses.

Direct economic losses include the destruction of natural ecosystems, agricultural lands, and infrastructure essential for sustaining populations. For instance, during the war in Ukraine since 2022, extensive damage has been inflicted to forests, water bodies, and other natural resources, leading to decreased productivity in the agricultural sector and necessitating additional resources for recovery.

Indirect economic losses arise from the long-term effects of war on the environment. Pollution of soil, water resources, and air contributes to a gradual decline in agricultural yield and an increase in



healthcare costs, as a polluted environment adversely affects public health. Moreover, the decline in regional tourism attractiveness further impacts local community revenues.

Valuing environmental damage in monetary terms is a complex task, as many natural resources and ecosystems lack market prices. However, their role in ensuring economic stability cannot be underestimated. The costs of restoring the natural environment often exceed the capabilities of the state, especially after war when primary efforts focus on rebuilding infrastructure and social programs.

Legal Dimension of Environmental Damage from Military Actions

The environmental consequences of war often go unnoticed by the international community due to the lack of clear mechanisms for accountability and compensation. International law encompasses certain aspects of environmental protection during armed conflicts; however, the mechanisms for legally protecting environmental resources from military harm are underdeveloped.

International agreements, such as the Geneva Conventions and the ENMOD Convention, prohibit the use of ecological methods as weapons. However, the lack of effective enforcement mechanisms often allows states violating these norms to evade responsibility.

Legal accountability for environmental crimes during military actions remains a contentious issue. Although environmental damage may be classified as a war crime, proving liability is a complex process due to the international nature of conflicts, the absence of a clear legal framework, and difficulties in gathering evidence during warfare.

National legislation in conflict-affected countries typically includes environmental protection measures, but during war, these laws are often violated or ignored. Following the end of a conflict, countries face the necessity of developing new legal instruments to assess and compensate for environmental damage. For instance, in Ukraine, the post-war period will require the establishment of a special fund for the restoration of natural resources and environmental protection.

Responsibility and Compensation for Environmental Damage

Determining liability for inflicted damage is exceedingly complex in wartime, particularly in multilateral conflicts or when multiple countries are involved. International law is not always effective in such cases, as many states evade responsibility or refuse to cooperate in the compensation processes for environmental damage. The inadequacy of existing mechanisms for obtaining compensation is another critical issue. Although international organizations may provide recommendations for compensation, actual payments for inflicted environmental harm are rarely implemented.

Environmental justice concerns how ecological damage affects various population strata. Vulnerable groups, such as rural communities, children, and women, often bear the brunt of environmental degradation. Developing legal mechanisms to safeguard the interests of these populations and ensure equitable distribution of compensation is essential.

Conclusions

The economic and legal dimensions of environmental damage from military actions necessitate a careful approach from both national governments and the international community. There is a need to develop new legal mechanisms that effectively protect the environment in conflict zones and ensure fair compensation for inflicted damage. Investments in restoring the natural environment should become a key element of post-war recovery strategies to minimize long-term impacts on ecosystems and populations.

References

1. Geneva Conventions and their Additional Protocols. ICRC.
2. ENMOD Convention (Convention on the Prohibition of Military or Any Other Hostile Use of Environmental Modification Techniques). UN Office for Disarmament Affairs (UNODA).
3. The Environmental Impact of the Conflict in Ukraine: A Preliminary Review (14 October 2022) United Nations Environment Programme (UNEP). (n.d.).
4. Ide, T., Bruch, C., Carius, A., Conca, K., Dabelko, G. D., Matthew, R., & Weinthal, E. (2021). The past and future (s) of environmental peacebuilding. *International Affairs*, 97(1), 1-16.
- Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. (2023). Оцінка екологічних збитків унаслідок війни (Assessment of Environmental Damage Caused by War).



Workshop 5

ECOSYSTEMS UNDER COMBINED PRESSURE OF CLIMATE CHANGE AND MILITARY ACTIONS

Participants



National Aviation University, Kyiv, Ukraine



Odesa Polytechnic National University, Odesa, Ukraine



Volyn Regional Branch of the Small Academy of Sciences, Lutsk, Ukraine



Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine



V. N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine



Секція 5. ЕКОСИСТЕМИ ПІД ПОЄДНАНИМ ТИСКОМ ЗМІНИ КЛІМАТУ ТА ВОЄННИХ ДІЙ

Застосування природоорієнтованих рішень для підвищення рівня екологічної безпеки та сталості міст (на прикладі м. Одеса)

***Васютинська К.А., Барбашев С.В., Смик С.Ю.**

Національний університет «Одеська політехніка», Одеса, Україна

e.a.vasutinskaya@op.edu.ua

Using nature-based solutions to improve the level of environmental safety and sustainable development of cities (on the example of Odesa)

***Vasiutynska K., Barbashev S., Smyk S.**

Odesa Polytechnic National University

e.a.vasutinskaya@op.edu.ua

Abstract. The article analyses the implementation of nature-based solutions (NBS) to enhance environmental security and sustainable urban development, with Odesa serving as a case study. The aim of the study was to expand the city's green infrastructure by creating a network of 'green stops' for public transport. To achieve this goal, analytical, statistical and geoinformation methods were used. The design of green stops was developed, and the areas of additional green space were assessed. The study demonstrates that NBS, particularly green bus stops, can contribute to improving air quality, reducing vulnerability to climate change, and increasing biodiversity. The main conclusions highlight the need for integrating innovative green infrastructure solutions to improve the quality of urban life. The article also develops the concept of using green bus stops, which includes elements of smart technologies to improve the comfort and environmental awareness of citizens.

Keywords: nature-based solutions, sustainable urban development, green infrastructure of cities, ecosystem services of plants, green bus stop.

Вступ

Сьогодні в Україні відбуваються суттєві зміни в моделі розвитку, що зумовлені прагненням до вступу в Європейський Союз та передбачають реалізацію низки правових, політичних, організаційних та соціально-економічних заходів. Важливо здійснювати ці перетворення швидко та ефективно, адже країна стикається з воєнною агресією та численними загрозами, що постають перед кожним громадянином та суспільством в цілому.

Війна призвела до різкого погіршення екологічної ситуації, включаючи забруднення всіх компонентів довкілля. Однією з найбільших загроз є значне підвищення рівня небезпеки атмосферного повітря внаслідок вибухів, численних викидів та витоків отруйних речовин при руйнації промислових об'єктів. Надмірна забрудненість атмосфери, яка проявляється з максимальною інтенсивністю практично у всіх містах України, має комплексний вплив на здоров'я населення, одночасно сприяє глобальним змінам клімату та руйнації озонового шару, що в цілому порушує асиміляційну здатність і сталість природних і штучних екосистем.

Адаптацію до змін клімату міських систем ускладнюють інфраструктурні втрати. Міські екосистеми стали менш стійкими до таких явищ як посуха, повені або зміна температури, а



руйнування систем водопостачання та енергетики перешкоджають впровадженню заходів сталого розвитку, реалізації екологічних ініціатив.

Інтеграційні плани України, що орієнтуються на європейські стандарти, створюють можливості для поліпшення екологічної ситуації та формування безпечного середовища для майбутніх поколінь. Лише через комплексний і збалансований підхід до вирішення цих проблем та модернізацію інструментів екологічного управління із використанням досвіду і тенденцій Європейського Союзу можливе створення стійкої моделі забезпечення стабільності, безпеки та сталого розвитку міст.

Для вирішення проблем пом'якшення наслідків змін клімату та адаптації до них міського середовища дедалі ширше застосовуються природно-орієнтовані рішення (ПОР).

3 листопада 2019 року в Україні розвивалась концепція природоорієнтованих рішень, та в 2020 р. був розроблений проект «Природоорієнтовані рішення для сталих міст» для заохочення місцевих громад до застосування ПОР у водній та енергетичній безпеці міст, зниженні ризиків природних катастроф, покращенні соціального добробуту населення. На жаль, військова агресія Росії призвела до практично повного завмирання проектів міського планування. Але, враховуючи достатньо низькі затрати та високу економічну ефективність ПОР є найбільш доцільним засобом ефективного міського планування, особливо в проектах відновлення міст післявоєнної України.

Метою дослідження є розроблення способів розширення зеленої інфраструктури міст методами нетрадиційного озеленення та організації мережі «зелених зупинок» громадського транспорту (на прикладі м. Одеса).

До завдань дослідження входило:

- розроблення проектів зелених зупинок (33) громадського транспорту,
- аналіз та оцінювання додаткових площ зеленої території міста методом візуалізації геопросторових даних,
- розроблення пропозицій та відповідних заходів щодо впровадження системи 33 громадського транспорту та велосипедної інфраструктури із застосуванням нетрадиційного озеленення.

Методи та матеріали

У роботі застосований комплекс аналітичних, статистичних, геоінформаційних методів, а саме: методи систематизації та аналізу для узагальнення проведених досліджень на основі літературних джерел; статистичні та аналітичні методи аналізу, методи геопросторового аналізу даних.

Результати та обговорення

Міждисциплінарне поняття «природо-орієнтовані рішення» (ПОР) базується на уявленнях щодо здатності самої природи пропонувати інструменти свого збереження та відновлення. Загальною рисою рішень, заснованих на природі, є синергія вигоди від екологічних, соціальних та економічних пропозицій, можливість в комплексі запропонувати збільшення біорізноманіття, стійкості території та зменшення вразливості людей до несприятливих наслідків зміни клімату. Тож, ПОР визначають як дії, спрямовані на захист, сталі управління та відновлення природних або змінених екосистем, що ефективно та адаптивне вирішують суспільні виклики, одночасно забезпечуючи благополуччя людини та збереження біорізноманіття (Cohen-Shacham et al., 2016). ПОР класифікують, в основному, за двома ознаками: способом реалізації заходів та характером втручання (Castellar et al., 2021). Anderson (Anderson and Gough, 2022) відмічає значну розбіжність щодо типології, номенклатури ПОР та оцінки їх ефективності з точки зору екосистемних послуг (ES) та вирішенні міських проблем.

Загалом, функціональну структуру системи природних рішень можна представити наступним чином:

- рішення, які забезпечують регулююче-підтримуючі функції зеленої інфраструктури:
 - 1) природні (міські ліса),
 - 2) інноваційне озеленення – включають рослинність, інтегровану в архітектурні елементи міста (вертикальне озеленення, зелені дахи, зелені зупинки)



- рішення, пов'язані з конкретною екосистемою (менеджмент прибережних зон, створення буферних зон узбережжя, інше)
- рішення, які зберігають екосистеми суходолу
- рішення, які забезпечують менеджмент водних ресурсів (захист водно-болотних угідь)
- рішення, які забезпечують адаптацію до змін клімату (депонування вуглецю зеленими рослинами);
- рішення, які забезпечують сталість ландшафтів;
- рішення, які підвищують стійкість міських систем до природних стихійних лих («дощові» міські ліси, дренажні системи).

Одним з підходів до забезпечення сталого розвитку міст є використання «екосистемних послуг» для усунення тотального забруднення урбанізованих ареалів, кліматичних змін та інших екологічних проблем. Концептуальна основа оцінювання екологічних послуг закладена в міжнародних документах сталого розвитку та пов'язує біорізноманіття, стан екосистем і екосистемні послуги з добробутом людей на основі концепції щодо капіталізації природних благ. Зелені насадження є необхідною складовою міського простору. Вони виконують комплекс оздоровчих, рекреаційних, захисних функцій, виступають стабілізатором екологічної рівноваги, тим самим забезпечують практично всі типи послуг, які приносять користь міським жителям (Gao, et al., 2019). Міська зелена інфраструктура (ЗІМ) безпосередньо відноситься до ПОР та вважається ключовим елементом в створенні необхідних умов сталого розвитку міст, виконує найбільш вагомі екосистемні послуги. ЗІМ є ефективним інструментом пом'якшення негативних наслідків урбанізації. В умовах зростання щільності населення, і, відповідно, щільності міських забудов, важко створювати нові або навіть підтримувати існуючі зелені насадження. З цієї причини зелену інфраструктуру необхідно планувати як творчу комбінацію природних і штучних структур, призначених для досягнення конкретних цілей стійкості (Vasiutynska^a, 2021).

Громадський транспорт відіграє важливу роль у житті кожного великого міста. Його зупинки відносно рівномірно розподілені по місту, вздовж головних доріг і, часто, у місцях з високим рівнем забруднення повітря. При цьому самі зупинки створюють підвищений рівень забруднення такими речовинами, як оксиди азоту (NO_x), оксиди вуглецю (CO_x) і тверді частки (PM). Попередньо (Vasiutynska^b, 2021), проведений аналіз динаміки викидів забруднень від стаціонарних та пересувних джерел за останні 25 років (до 2022 р.) показав значне (в 1,8 разів) зменшення питомого (в розрахунку на 1 особу) навантаження від викидів стаціонарних джерел, та збільшення в 1,13 разів від пересувних джерел. Тож, в Україні урбанізаційний процес, в цілому, позитивно позначився на скороченні промислових викидів, натомість, призвів до нарощення негативної тенденції забруднення транспортними засобами. Така ситуація визначає пріоритет міського планування в напрямку удосконалення транспортної інфраструктури.

Зупинки громадського транспорту можна використовувати різними способами, включно зі створенням зеленого ландшафту з низкою екосистемних функцій. Досвід вже існуючого озеленення навісів зупинок у деяких містах Європи, включаючи Амстердам, Утрехт, Ейндговен (Нідерланди), Лондон (Англія), Софія (Болгарія) тощо, продемонстрував зниження запилення та покращення якості повітря (Bozhilova і Zhiyanski, 2021).

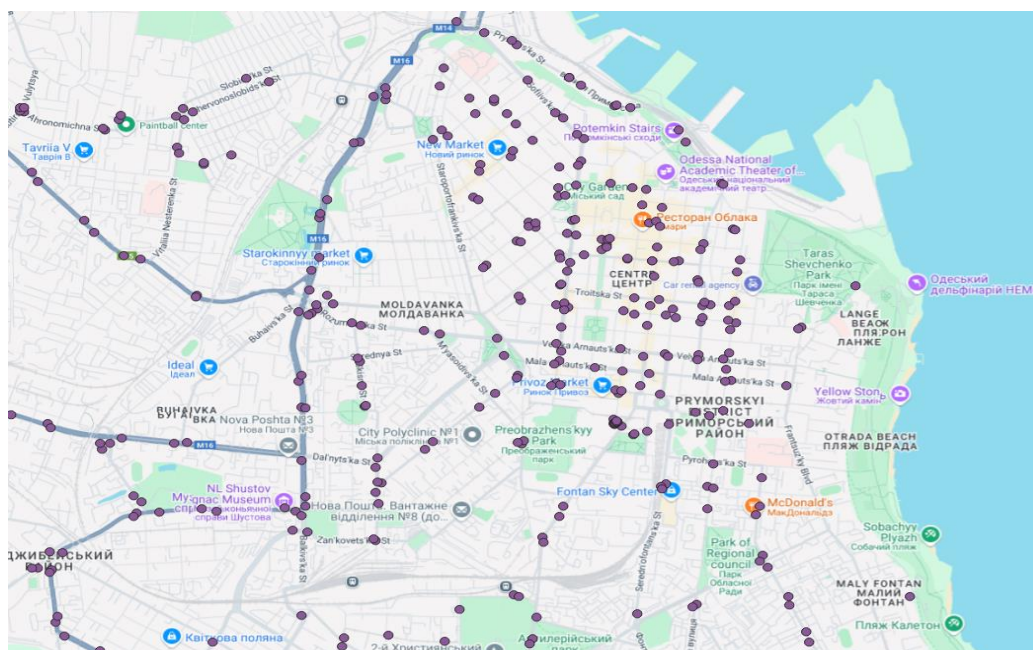
В Україні досвід застосування зелених зупинок в якості додаткових елементів ЗІМ, на жаль, вкрай недостатній. Особливу актуальність організація «зеленого каркасу міста» набуває для Одеської міської агломерації, територія якої постійно збільшувалась в довоєнний період. Кардинальних позитивних змін у сфері озеленення не відбувається, водночас, різко зменшується площа вегетуючих територій як приміської зеленої зони, так й міського комплексу зелених насаджень. Площа зелених насаджень міста приблизно становить 5,4 га, з них загальноміського користування – 1043,14 га. Фактично, кожен житель міста може розраховувати лише на 10 м²/особу. Це складає 83,3 % від діючого в державі нормативу – 12 м²/особу, а для міст такого масштабу як Одеса (з урахуванням рекреаційного та господарського значення, на 10 % більше), – 14,4 м²/особу. Не виконуються нормативи внутрішньо кварталного озеленення (7 м²/особу), за різними оцінками, ця цифра варіює в широких межах. Найзначнішим дефектом



внутрішньої зеленої зони є її «плямистість», розірваність мережі зелених рослин. Ця нерівномірність характерна як цілим районам, так окремим територіям та житловим комплексам. В системах озеленення практично не використовувалися «малі» форми – швидкозростаючі низькорослі дерева, чагарники, деревоподібні ліани, так саме, як і сучасні форми інтегрованого озеленення.

При цьому в місті існує приблизно 660 зупинок громадського транспорту. Схема їх розміщення, отримана на основі бази даних OSM (OpenStreetMap Ukraine), в центральному районі міста представлена на рис. 1, який наочно демонструє можливості створення на їх основі «зеленої мережі», що заповнює міський простір зеленою рослинністю. Орієнтована площа додатково ЗІМ складе біля 0,2 га.

Рис. 1. Візуалізація зупинок міського транспорту Центрального району м. Одеса



Проект зелених зупинок не обмежується застосуванням нових технологій озеленення, («рослинні» стінки, дах тощо). ЗЗ мають віддзеркалювати ідеологію сталого розвитку, принципи зеленої економіки, стати важливим елементом «Розумного міста». Тому модель ЗЗ поєднує реалізовані рішення зеленого покриття зупинок та принципи «нульових відходів» та «смарт»-ідеології. Тому Модель ЗЗ включає наступні елементи:

- 1) Контейнери для роздільного збирання побутових відходів;
- 2) Смарт-системи, що передбачають:
 - доступ до інтернету, зарядки гаджетів,
 - зв'язок із екстреними службами міста,
 - інтерактивні дошки з тематичною інформацією: цілі сталого розвитку, міське планування, зелені насадження, міські новини екологічного напрямку, правила «climate-friendly»-поведінки громадян, правила поводження з відходами;
- 3) Живлення смарт-елементів та освітлення зупинки передбачене за рахунок сонячних панелей;
- 4) Створення комфортних умов знаходження громадян: наявність систем для зменшення температури повітря (наприклад, зрошення холодним паром), наявність фонтанчиків, розприскувачів, джерел питної води

Метод озеленення передбачає збір дощової води та відведення на зелені стінки/дах для самовиживання рослин та вибір рослин, адаптованих до:



- кліматичних умов міста;
- характеру забруднення міського повітря;
- ландшафтних вимог;
- відповідно вимогам дорожнього руху.

Висновки

Таким чином, розроблена модель зеленої зупинки для м. Одеса віддзеркалює ідеологію сталого розвитку, є прикладом міського планування в цілях протидії викликам змін клімату, пом'якшенню наслідків «теплових хвиль», зменшенню атмосферних забруднень. Інтеграція інноваційного елемента зеленої інфраструктури в архітектурні елементи міста спрямована на вдосконалення громадських послуг, покращення якості життя міського населення, надання місць відпочинку притулку в спекотну погоду.

Пілотні проекти таких зупинок у найбільших містах України будуть одночасно сприяти формуванню еколого орієнтованої свідомості містян, вихованню світогляду громадян сталого суспільства.

Список використаних джерел

1. Anderson, V., and Gough Wi. A. The article also develops the concept of using green bus stops, which includes elements of smart technologies to improve the comfort and environmental awareness of citizens.. (2022). "A Typology of Nature-Based Solutions for Sustainable Development: An Analysis of Form, Function, Nomenclature, and Associated Applications" *Land*, vol. 11, no. 7, p. 1072. <https://doi.org/10.3390/land11071072>
2. Bozhilova, Mariam & Zhiyanski, Miglena. (2021). Possible benefits from greening of public transport stops in Sofia, Bulgaria. *Silva Balcanica*. Vol. 22, p. 17–24. <https://doi.org/10.3897/silvabalcanica.22.e69245>.
3. Castellar, Joana & Popartan, Lucia & Pueyo-Ros, Josep & Atanasova, Natasa & Langergraber, Günter & Saumel, Ina & Corominas, Lluís & Comas, Joaquim & Acuña, Vicenç. (2021). Nature-based solutions in the urban context: terminology, classification and scoring for urban challenges and ecosystem services. *Science of the Total Environment*, Vol.779, p. 146237. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146237>
4. Cohen-Shacham, E., Walters, G., Janzen, C.; Maginnis, S. (2016). *Nature-Based Solutions to Address Global Societal Challenges*; IUCN: Gland, Switzerland, Vol. 13, p. 97. ISBN 978-2-8317-1812-5.
5. Gao, J., Yu, Z., Wang, L., Vejre, H. Suitability of regional development based on ecosystem service benefits and losses: A case study of the Yangtze River Delta urban agglomeration, China. *Ecological Indicators*. 2019. Vol. 107, p. 105579. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105579>.
6. OpenStreetMap Ukraine. Retrieved from: <https://openstreetmap.org.ua/>
7. Васютинська К.А.^а (2021). Оцінка показників екосистемних послуг міських зелених зон залежно від урбогенного навантаження регіонів України. *Екологічні науки*, Вип. 1(34), с. 36–43. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.7-34.7>.
8. Васютинська К.А.^б (2021). Оцінка урбогенного навантаження на територію і населення міст України обласного значення від викидів стаціонарних джерел забруднення повітря. *Екологічні науки*, Вип. 4(37), с. 102–108. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.4-37.15>



Розробка інтерактивної карти «Кліматичні зміни у Черемському природному заповіднику»

Іванців Я.В.¹, *Федонюк В.В.²

¹Волинське територіальне відділення Малої академії наук, Луцьк, Україна

²Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

ecolutsk@gmail.com

Development of an interactive map "Climate changes in the Cheremsk Nature Reserve"

Ivantsiv Ya.V.¹, *Fedonyuk V.V.²

¹Volyn Regional Branch of the Small Academy of Sciences, Lutsk, Ukraine

²Lutsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

ecolutsk@gmail.com

Abstract. Nature reserves and other protected areas are negatively affected by climate change. The work is devoted to the topical issues of the study of regional manifestations of climate change in the 21st century and their potential impact on the biodiversity of the Cheremsky Nature Reserve, the most valuable nature conservation object of the Volyn region, the biota of which is already affected by the consequences of the restructuring of weather and climate processes. The study analyzed the main aspects of the potential impact of modern climate changes on the biodiversity of the Cheremsky Nature Reserve, in particular - on rare species of flora and fauna. The study is based on the analysis of the dynamics of the main climatic indicators in the Cheremsk Nature Reserve during the period 2016-2020. An interactive map was developed to assess the impact of climate change, which is presented in the study.

Keywords: Cheremsky nature reserve, climate changes, interactive map, climate trends.

Вступ

Українські природні заповідники - найцінніші природоохоронні території нашої держави – в останні десятиріччя зазнають негативного впливу не лише антропогенної діяльності, але і змін клімату. Тому у проведеному дослідженні ми розглянули актуальні питання регіональних проявів кліматичних змін та їх потенційного впливу на біорізноманіття Черемського природного заповідника (далі – ПЗ), найціннішого природоохоронного об'єкту Волинської області, і розробили за результатами дослідження інтерактивний застосунок – карту.

Мета даної роботи - дослідження особливостей проявів кліматичних змін у Черемському природному заповіднику та розробка на основі отриманих результатів інтерактивного додатку – карти «Кліматичні зміни у Черемському ПЗ», який дозволить ефективніше проводити моніторинг таких змін в майбутньому. Завдання дослідження: на основі проведених статистичних і графічних досліджень виявити зміни в динаміці основних метеорологічних показників та метеорологічних явищ за даними архівної інформації метеостанції Маневичі (найближчої до території заповідника), виявити прояви регіональних змін клімату, узагальнити отримані результати у формі розробленого інтерактивного картографічного ресурсу.

Методи та матеріали

При роботі над темою було використано наступні методи дослідження: збір інформації, моделювання і прогнозування, графічні і картографічні методи, методи аналізу і синтезу, порівняння і аналогії, методи інформаційно-комунікаційних технологій.

Матеріалами дослідження слугували архів метеорологічної інформації Волинського обласного центру з гідрометеорології (станція Маневичі); Літописи природи Черемського ПЗ



(2016 – 2020 рр.); результати здійсненої авторами статистичної обробки, обчислень, графічної інтерпретації даних.

При проведенні дослідження ми спиралися на існуючі наукові оцінки загальних регіональних проявів змін клімату на Волині, які здійснили у своїх працях Мерленко І.М., Федонюк В.В., Мерленко Н.О. (Мерленко та ін., 2021), Мирка В.В., Федонюк В.В., Іванців В.В., Федонюк М.А. (Мирка та ін., 2022), Федонюк В.В., Мерленко І.М., Федонюк М.А., Линюк Р.В., Ковальчук Н.С. (Федонюк та ін., 2019). Стосовно території Черемського природного заповідника прояви таких змін було описано у роботах Федонюк В.В., Іванціва В.В., Федонюка М.А., Мерленка І.М., Жадько О.А., Вовка О.П. (Fedoniuk et al., 2023). Зміни в динаміці окремих метеорологічних явищ, таких, як грозова активність та хмарність неба, вивчали для Волинського регіону Федонюк В.В., Павлусь А.М., Гусар О.Н., Федонюк М.А. (Федонюк та ін., 2021), (Федонюк та ін., 2023). Так, при аналізі особливостей грозової активності в межах Волинської області у праці (Федонюк та ін., 2021) було виявлене суттєве збільшення числа гроз у ХХІ ст. в порівнянні з даними кліматичної норми. У дослідженні особливостей хмарності та змін в її динаміці у роботах Гусар О.Н., Федонюк В.В., Федонюка М.А. (Fedoniuk et al., 2022), (Федонюк та ін., 2023) описано тенденцію до скорочення показників загальної та нижньої хмарності неба у Волинському регіоні. Проте комплексної оцінки проявів змін клімату стосовно їх впливу на біоту регіону, в тому числі на її раритетну складову, не проводилося, що зумовило актуальність даного дослідження.

Результати та обговорення

В процесі дослідження визначено особливості ходу основних кліматичних показників на території Черемського ПЗ протягом 2016-2020 рр. у порівнянні з кліматичною нормою; виявлено зростання температурних показників (середніх, максимальних та мінімальних температур), динаміки окремих метеорологічних явищ (грози, тумани), прогресуюче зростання показників випаровування та зменшення значень коефіцієнту зволоження, що засвідчує загальне зростання посушливості клімату; оцінено можливий вплив цих змін на біоту заповідника, зокрема – на її раритетну складову; розроблено інтерактивний застосунок – електронну карту «Кліматичні зміни у Черемському ПЗ»: <http://surl.li/nnwps>), яка узагальнює всі отримані теоретичні і практичні результати дослідження та може використовуватися як елемент ведення Літопису природи у Черемському ПЗ.

Висновки

Отже, в результаті проведеного аналізу динаміки кліматичних показників на території Черемського ПЗ (за даними ст. Маневичі), було виявлено, що регіональні прояви змін клімату є чітко вираженими. Ці зміни, зокрема, виражаються наступним чином:

- Спостерігається зростання на 15 – 25 % у порівнянні з показниками кліматичної норми середніх річних, середніх місячних температур повітря, середніх мінімальних та максимальних температур. Абсолютні максимуми протягом періоду дослідження досягали значення абсолютного максимуму, зафіксованого протягом усього періоду спостережень, та перевищили його (у 2019 р.);

- Спостерігається зниження середніх річних та середніх місячних показників відносної вологості повітря на 5-10 % у порівнянні з показниками кліматичної норми;

- Відмічено незначне зростання середніх річних сум опадів при загальній високій мінливості даного показника;

- В умовах зростання середніх температур повітря та деякого зниження показників відносної вологості розраховані показники випаровуваності є суттєво більшими від значень кліматичної норми (на 20-25 %);

- Невелике зростання сум опадів не є достатнім, щоб компенсувати ріст температурних показників у регіоні;

- Відповідно, знижується значення коефіцієнта зволоження, у деякі роки це значення фіксувалося нижче 1, що є свідченням зростання посушливості клімату в регіоні.

Отримані результати свідчать про те, що у близькій перспективі гідрологічні та біологічні природні комплекси заповідники відчуватимуть на собі вплив даних змін мікроклімату, і



відповідно реагуватимуть на них. Зокрема, можливим є зниження рівня ґрунтових вод, зниження рівня озер Черемського та Редичі, скорочення площі перезволожених та заболочених ділянок в межах водно-болотних комплексів заповідника. При визначенні ділянок, що будуть найбільш чутливими до названих процесів, необхідно враховувати рельєф території, загальний похил та типи рослинних угруповань, що характерні для окремих фацій.

Список використаних джерел

1. Мерленко, І.М., Федонюк, В.В. & Мерленко, Н.О. (2021). Адаптація до сучасних кліматичних змін агрономічних технологій в Північно-Західному Поліссі. *Вплив кліматичних змін на просторовий розвиток територій Землі: наслідки та шляхи вирішення*: Збірник наукових праць IV Міжнародної науково-практичної конференції (Херсон, 10-11 червня 2021 року). Херсон: ДВНЗ «ХДАУ». 228 – 230.

2. Мирка, В.В., Федонюк, В.В., Іванців, В.В. & Федонюк, М.А. (2022). Порівняння динаміки мікрокліматичних показників на території Черемського природного заповідника у XX та XXI ст. *Екологічні науки* : науково-практичний журнал. К. : Видавничий дім «Гельветика». № 7(40). 120 – 125. URL: <http://ecoj.dea.kiev.ua/archives/2022/1/22.pdf>

3. Федонюк, В.В., Гусар, О.Н. & Федонюк М.А. (2023). Динаміка хмарності в межах Волинської області в період 2010-2021 рр. *Український журнал природничих наук*. Житомир: № 4. 86 – 95. URL: <https://journals.univ.zhitomir.ua/index.php/ujns/article/view/40>

4. Федонюк, В.В., Федонюк, М.А. & Павлусь, А.М. (2021). Дослідження грозової діяльності на Волині та в Україні за даними онлайн-ресурсу Blitzortung. *Український гідрометеорологічний журнал*. Одеса: № 28. 16 – 28. <https://doi.org/10.31481/uhmj.28.2021.02>

5. Федонюк, В. В., Мерленко, І.М., Федонюк, М.А., Линюк, Р.В. & Ковальчук, Н.С. (2019). Зміни агрокліматичних чинників в зоні Полісся в контексті глобального потепління (на прикладі Волинської області). *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. Рівне : № 2(86). 124 – 134.

6. 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 Environment*. Publisher: European Association of Geoscientists & Engineers. Source: Conference Proceedings, International Scientific Conference, 15-18 Nov. 2022. 1 – 5. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2022580125>

7. Fedoniuk, V., Zhadko, O., Vovk, O., Fedoniuk, M. & Ivantsiv, V. (2023). Monitoring of Climate Changes and the State of Natural Complexes of the Cheremsky 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. <https://doi.org/10.3997/2214-4609.2023520175>



Деградація ландшафтів Вовчанської ОТГ Харківської області під впливом бойових дій

Максименко Н. В., *Кочетига Д. В.

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна

kochetyha2021.9712890@student.karazin.ua

Landscape Degradation and Decrease in Bioproductivity: An Analysis of Ecological Changes in the Vovchansk Urban Territorial Community

Maksymenko N. *Kochetyha D.

V.N. Karazin Kharkiv National University, Kharkiv, Ukraine

kochetyha2021.9712890@student.karazin.ua

Abstract. This study focuses on analyzing the changes in the bioproductivity of the Vovchansk United Territorial Community between 2021 and 2024, using Sentinel-2 satellite imagery and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) [1]. The analysis was conducted in the QGIS environment, allowing for the assessment of vegetation density and overall landscape productivity. Results reveal a significant decline in bioproductivity, likely due to a reduction in forested areas and degradation of agricultural lands. The findings suggest that military activities and natural factors may have contributed to this environmental deterioration. The loss of forest cover, a crucial stabilizing factor for forest-steppe landscapes, leads to reduced soil moisture and increased erosion. The study highlights the urgent need for reforestation, sustainable agricultural practices, and long-term monitoring of land use changes to mitigate the negative effects.

Keywords: bioproductivity decline, NDVI, Sentinel-2, Vovchansk UTC, forest reduction.

Вступ

Бойові дії, що відбуваються на території Вовчанської об'єднаної територіальної громади Харківської області тривають з 24 лютого 2022 року по теперішній час. Особливо активними вони стали в останні півроку, коли російські окупанти повторно зайшли в Харківську область. У той же час, з моменту витіснення ворога за межі області 2 роки тому до травня 2024 року територія зазнавала постійних обстрілів. Саме тому дослідження впливу військових дій на екологічний стан ландшафтів Вовчанської ОТГ є дуже актуальним, у т.ч. для подальшої економічної оцінки збитків, завданих довкіллю та визначення шляхів відновлення. Метою роботи є визначення ступеня зниження біопродуктивності ландшафтів з 2021 по 2024 рік, як результат активних бойових дій в регіоні для оцінки екологічної та економічної шкоди довкіллю і розробки рекомендацій по відновленню території.

Методи та матеріали

Оскільки польових досліджень на даний момент провести не можливо, а фіксувати зміни необхідно повсякчас, в роботі використано результати дистанційного зондування земної поверхні. Дослідження базується на даних супутникових знімків Sentinel-2 за червень 2021 та червень 2024 років, використаних для аналізу NDVI у середовищі QGIS. Цей метод дозволяє детально оцінити щільність рослинного покриву та провести порівняльний аналіз двох часових періодів, виявляючи зміни в кількості фотосинтезуючої біомаси на різних типах ландшафтів.

Результати та обговорення

Вовчанська ОТГ є прикордонною територією, що межує з територією Білгородської області російської федерації. В географічному відношенні це лівобережжя р. Сіверський Дінець, що обмежене долиною його лівої притоки р. Вовча, де сформувались типові лісостепові ландшафти. Саме ця громада знаходиться під впливом військових дій з першого дня повномасштабного вторгнення ворога 24.02.2024 року по теперішній час (Рис.1) .

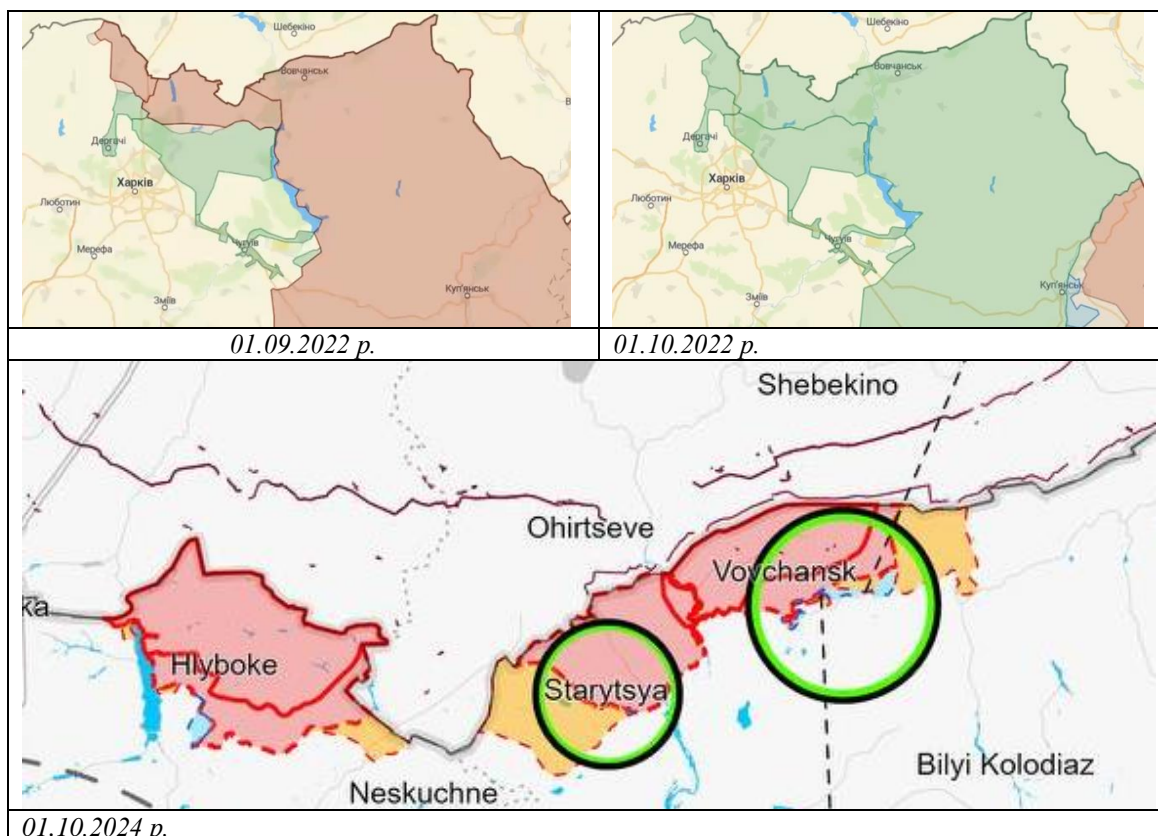


Рис. 1. Межі окупації території Вовчанської ОТГ в різні етапи війни

Характер впливу на ландшафти в різні періоди був різний:

- до 1 вересня 2022 року територія Вовчанської ОТГ була повністю окупована і зазнавала безпосереднього впливу присутності армії рф:

- протягом вересня 2022 року на цій території точились інтенсивні бої і на 1 жовтня 2022 року громада була звільнена:

- з жовтня 2022 року до травня 2024 року територія громади постійно обстрілювалась ворогом дистанційно;

- з травня 2024 року по теперішній час окрім постійних обстрілів, що продовжуються, у північну частину громади (від м. Вовчанськ до р. Сіверський Дінець) відбулось вторгнення ворога і вже протягом півроку там точаться запеклі бої. Вони супроводжуються як межанічним знищенням рослинності, порушення ґрунтового покриву в наслідок вибухів. Так і навмисним підпалюванням лісової, лучної та сільськогосподарської рослинності, тощо.

Ступінь змін рослинного покриву на території громади дозволяють відстежити матеріали супутникової зйомки. Для порівняння розглянемо дані до початку повномасштабного вторгнення за 2021 рік (Рис. 2) та сучасні наді дані на 2024 рік (Рис.3).

Рис. 2. відображає стан ландшафтів до початку військових дій. Показники NDVI свідчать про високий рівень густоти рослинності з лісовими масивами та продуктивними сільськогосподарськими угіддями.

На Рис. 3. можна відстежити значне зниження NDVI. Це свідчить про втрату лісових насаджень і знищення сільськогосподарської рослинності земель, що відбулось внаслідок військових дій.

Карти, створені на основі Нормалізованого диференційного вегетаційного індексу у програмному середовищі QGIS, вказують на загальне скорочення кількості фотосинтезуючої біомаси. Це свідчить про зниження рівня біологічної продуктивності як сільськогосподарських, так і природних ландшафтів. Ця ситуація може бути зумовлена низкою чинників, зокрема антропогенними впливами, пов'язаними з військовими діями.

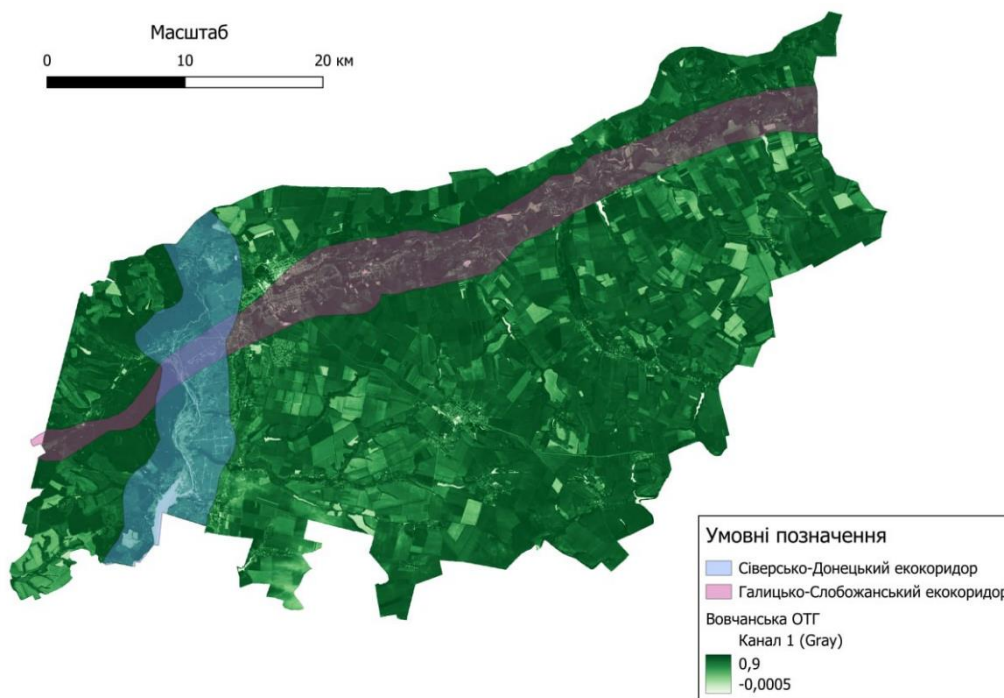


Рис. 2. Територія Вовчанської ОТГ 2021 р.

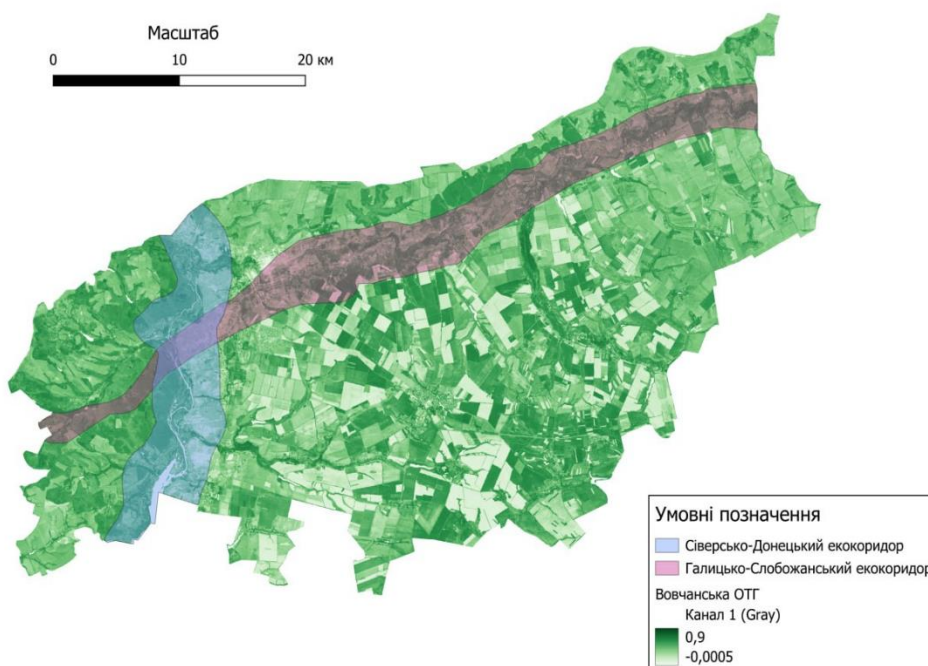


Рис. 3. Територія Вовчанської ОТГ 2024 р.

Лісові масиви зазвичай виконують роль природних регуляторів клімату, забезпечують стабільність ландшафту, контролюють ерозію ґрунтів та підтримують біорізноманіття. Втрата цих насаджень суттєво впливає на здатність території підтримувати природні процеси в екосистемах. У лісостепових умовах ліси відіграють вагомую роль, тому їх скорочення може призводити до дестабілізації водного режиму, зниження рівня вологості в ґрунтах та порушення гідрологічного балансу, що, в свою чергу, зменшує біопродуктивність території.

Дані, отримані з карт, показують, що деградація зачіпає не лише лісові масиви, але й сільськогосподарські угіддя, які є важливим компонентом економіки регіону. Зменшення NDVI



на цих ділянках може свідчити про погіршення стану рослинності або повну відсутність культурної рослинності на полях, та механічні впливи на ландшафти, що спричиняють втрату родючості ґрунтів або їх деградацію, у т.ч. через ерозійні процеси. Такі зміни мають негативний вплив на економіку Вовчанської ОТГ, скорочуючи можливості для сільського господарства та знижуючи продуктивність цих земель. Пошкоджені сільськогосподарські ділянки можуть потребувати значних зусиль з рекультивації та введення нових методів управління ландшафтами для запобігання подальшим втратам, що під час військових дій складно реалізувати.

Військові дії також могли мати значний вплив на погіршення стану лісових насаджень. Результатами артилерійських обстрілів, пожеж, спричинених вибухами, або знищенням інфраструктури є зниження лісистості та деградація угідь, що негативно впливає на навколишнє середовище. Наявність таких руйнувань може суттєво впливати на здатність екосистем до відновлення, оскільки інфраструктурні об'єкти, які підтримували захисні лісосмуги, могли бути знищені або пошкоджені.

Треба вчасно вжити заходи по відновленню біопродуктивності території ОТГ, щоб стабілізувати ситуації громади. З огляду на результати аналізу, необхідно терміново розробляти програми з відновлення лісових насаджень, поліпшення агротехнічних методів ведення сільського господарства, а також впроваджувати заходи збереження та рекультивації земель. Результати супутникового аналізу також вказують на потребу в моніторингу змін у довгостроковій перспективі, щоб відстежувати, як впроваджені заходи впливають на біопродуктивність ландшафтів та екологічну стійкість регіону.

Висновки

Аналіз супутникових знімків, проведений для території Вовчанської об'єднаної територіальної громади за червень 2021 року та червень 2024 року, демонструє суттєві зміни в екологічному стані регіону, зокрема зниження біопродуктивності ландшафтів.

Список використаних джерел

1. Copernicus Data Space Ecosystem. Copernicus. (n.d.). Retrieved from: <https://dataspace.copernicus.eu/explore-data/data-collections->

Вплив війни на стан навколишнього середовища та енергетику України

***Лазарюк Ю.В., Радченко Б.О.**

НЕК «Укренерго», м. Київ, Україна

lazariuk.yv@ua.energy

The impact of the war on the state of the environment and energy sector in Ukraine

Lazariuk Y., Radchenko B.

NPC «Ukrenergo», Kyiv, Ukraine

lazariuk.yv@ua.energy

Abstract. У цій доповіді розглядається взаємодія суспільства та природи в умовах війни в Україні, зокрема вплив військових дій на природне середовище та енергетичну інфраструктуру країни. Висвітлено основні екологічні проблеми, спричинені руйнуванням інфраструктури,



забрудненню водних ресурсів і використанням дизельних генераторів. Особливу увагу приділяється питанням енергоефективності, енергозбереженню та необхідності розвитку відновлюваних джерел енергії як основи для сталого відновлення країни після війни. На підставі аналізу розроблені та впроваджені заходи, які спрямовані на формування енергосвідомості населення країни.

Keywords: енергоефективність, енергозбереження, навчання, вплив, енергоспоживання.

Вступ

Російська агресія проти України спричинила масові руйнування інфраструктури та забруднення навколишнього середовища. Постійні обстріли, бомбардування і руйнування промислових та енергетичних об'єктів не лише позбавляють Україну доступу до природних ресурсів, а й створюють масштабні екологічні проблеми через викиди шкідливих речовин у повітря, воду та ґрунт. Війна несе загрозу довкіллю, залишаючи за собою довготривалі наслідки, з якими нашій країні доведеться стикатися у найближчі десятиліття.

Особливо важливою є проблема знищення енергетичної інфраструктури, що ускладнює відновлення країни після війни та збільшує залежність від екологічно шкідливих дизельних і бензинових генераторів.

Проблеми та перспективи

Екологічні наслідки війни в Україні

Війна завдає колосальної шкоди природі. Руйнування промислових об'єктів і дамб спричиняють викиди токсичних речовин у довкілля, а затоплення шахт на Донбасі та пошкодження систем водопостачання призводять до забруднення води важкими металами та хімічними сполуками. Це не тільки загрожує здоров'ю населення, але й робить частину земель непридатною для сільського господарства. Наприклад, річка Сіверський Донець, яка забезпечувала водою Донбас, зазнала серйозного забруднення через руйнування водопроводів і фільтраційних станцій (Поліщук, 2023).

Вплив використання дизельних генераторів на довкілля

Через масовані атаки росії на енергосистему України, енергетична галузь зазнала значних збитків. У зв'язку з руйнуванням енергооб'єктів, почалися перебої з постачанням електроенергії. Населення країни вимушене шукати альтернативу – використання дизельних і бензинових генераторів. Лише у 2022 році в Україну було ввезено близько 670 тисяч таких пристроїв (Україна імпортувала... (ua-energy.org)). Генератори працюють на викопному паливі, що призводить до викидів оксидів азоту, чадного газу та дрібнодисперсного пилу, які значно погіршують якість повітря. Це особливо небезпечно для людей з респіраторними захворюваннями та серцево-судинними хворобами. Забруднення повітря від генераторів сприяє розвитку хронічних захворювань та зниженню якості життя.

Руйнування водної та енергетичної інфраструктури

Руйнування гідротехнічних споруд, дамб і промислових об'єктів спричиняє масштабне забруднення водних ресурсів і загрожує життєзабезпеченню громад. Пошкодження трубопроводів, міські пожежі та вибухи промислових об'єктів збільшують викиди шкідливих речовин у воду, створюючи загрозу для здоров'я населення. Крім того, руйнування великих гідроелектростанцій та відновлюваних джерел енергії поглиблює енергетичну кризу та ускладнює відновлення енергетичної інфраструктури (Огляд року війни... (epi.org.ua)).

Перспективи сонячної та вітрової енергетики

Попри значні пошкодження, відновлення енергетичної інфраструктури України повинно бути спрямоване на перехід до екологічно чистих джерел енергії, таких як сонячна та вітрова енергетика. Україна має великий потенціал для розвитку відновлюваної енергетики, особливо в регіонах, де кліматичні умови сприяють використанню сонячної енергії. Вітрові електростанції також можуть стати важливим елементом енергетичної системи, забезпечуючи країну чистою енергією та зменшуючи залежність від викопного палива (Національний план з енергетики та клімату на період до 2030 року).



Важливість енергозбереження та енергоефективності в повсякденному житті

В умовах війни енергозбереження набуває дедалі більшого значення. Пошкодження енергетичних об'єктів змушує українців шукати способи скоротити споживання енергоресурсів і впроваджувати енергоощадні технології. Важливими аспектами є утеплення будівель, використання енергоефективних приладів, а також економне використання електроенергії у побуті. Це дозволяє не тільки знизити витрати, але й зменшити навантаження на енергетичну систему.

Заходи з енергозбереження та енергоефективності від НЕК «Укренерго»

На підставі проведеного аналізу, ми розробили та впровадили навчальні заходи, які спрямовані на формування енергетичної свідомості українців.

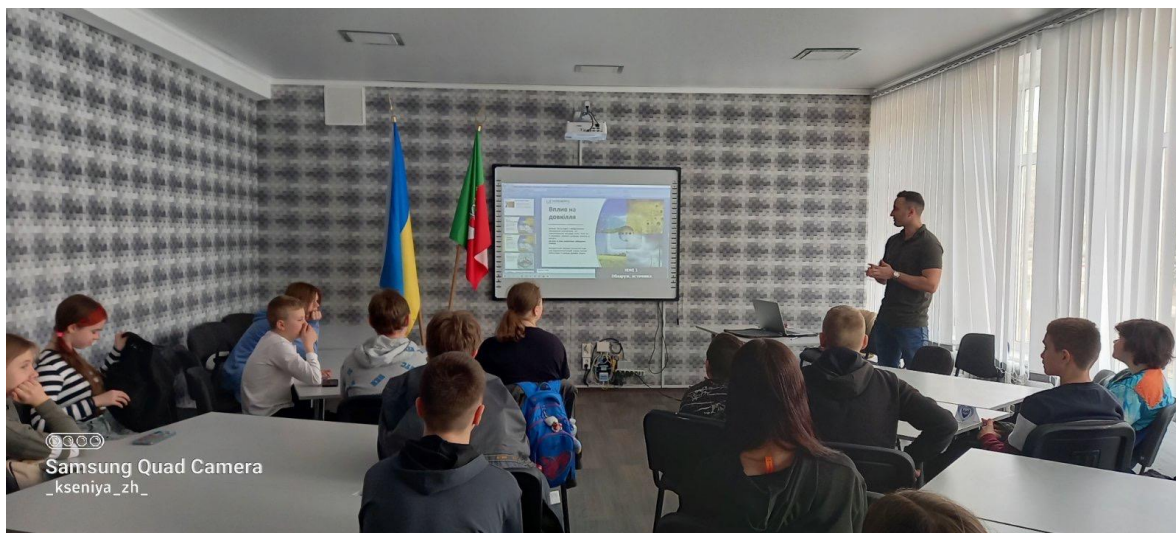
Зокрема, в рамках проекту з розвитку громад «Гарний сусід» було реалізовано серію вебінарів на тему енергоефективності, енергозбереження та «зеленого» переходу. До заходів залучалися міжнародні експерти, представники «зеленого бізнесу» та експерти з різних громад, які ділилися практичним досвідом і власними напрацюваннями.

Про ощадливе використання ресурсів важливо говорити змалечку. Тому, в межах проекту «Освітні заходи для молоді», нами було розроблено освітній цикл, який включає в себе вебінари, лекції, вікторини та інтерактивні ігри. Проводимо їх для дітей, починаючи з дитячого садочку та закінчуючи студентами ЗВО. Дотримуючись принципу рівних можливостей заняття проходять також в центрах реабілітації, спеціальних школах та центрах для дітей, позбавлених батьківського піклування.

Задля забезпечення зрозумілості та доступності навчального матеріалу для всіх учасників, ми використовуємо практичні приклади, які вони можуть впровадити в своє життя. Наприклад, під час гри «Джерела електроенергії», діти та молодь з інклюзивністю швидше запам'ятовували матеріал про об'єкти вироблення електроенергії та їх джерела. Інклюзивний підхід до проведення освітнього процесу, дозволяє кожному учаснику відчувати себе важливим та зрозуміти викладений матеріал. Окрім теорії, ми використовуємо й практичний підхід, проводячи декілька видів експериментів та вікторин на енергетичну тематику.

У результаті проведених заходів, нам вдалось навчити правилам енергоефективності та енергозбереження понад 500 учасників. Звичайно, ми не зупинимося на досягнутому та продовжуємо далі.





Висновок

Ми розуміємо, що війна в Україні завдала нищівного удару по екологічному стану країни та її енергетичній інфраструктурі. Проте в умовах кризи з'явилася можливість для переходу на нові, стійкі моделі розвитку. Руйнування великих енергетичних об'єктів підштовхнуло до необхідності активного впровадження відновлюваних джерел енергії та посилення заходів з енергозбереження.

НЕК «Укренерго» активно бере участь у цьому процесі, реалізуючи проекти, що спрямовані на підвищення енергетичної свідомості населення, зокрема через освітні програми та популяризацію енергоощадних технологій. Використовуючи інтерактивні методи навчання та залучаючи міжнародних експертів, компанія не лише допомагає відновлювати енергетичну інфраструктуру, а й виховує нове покоління, здатне приймати виклики енергетичного майбутнього. Сталий розвиток енергетики України неможливий без активної участі кожного громадянина, тому енергосвідомість стає важливою частиною стратегії відновлення та екологічної стабільності країни.



Список використаних джерел

1. Поліщук О. (2023) Тотальний воєнний екоцид: що Росія зробила з екологією Донбасу - Фонд «Демократичні ініціативи» ім. Ілька Кучеріва. Retrieved from: <https://dif.org.ua/article/totalniy-voenni-ekotsid-shcho-rosiya-zrobila-z-ekologiyu-donbasu>
2. Україна імпортувала у 2022 році майже 670 тис. генераторів. Українська Енергетика (06 csxyz 2023). Retrieved from: <https://ua-energy.org/uk/posts/ukraina-importovala-u-2022-rotsi-maizhe-670-tys-heneratoriv>
3. Огляд року війни для водних ресурсів України. Екологія Право Людина. Retrieved from: <https://epl.org.ua/announces/oglyad-roku-vijny-dlya-vodnyh-resursiv-ukrayiny/>
4. Національний план з енергетики та клімату на період до 2030 року. Міністерство економіки України, 2024.

Reforestation for Climate Resilience in War-Torn Regions

Pavliukh L., *Melnychenko V.

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

6844593@stud.nau.edu.ua

Abstract. Reforestation is a critical tool for mitigating the effects of climate change, especially in war-torn regions. However direct ecological influence this process is only part of wide paintings. War is not only destroying forest strips, but also perceived as a resource trade that increases the need for sustainable management forests Aspects of the war, in particular the destruction of forest belts and the death of trees, leaving "scorched earth" after military operations, have a serious impact on soil resources, leading to increased erosion processes and desertification. By altering the landscape , these actions reduce the biodiversity that is so necessary to stabilize ecosystems. Restoration forest arrays not only improves ecological condition, but also contributes stabilization soils, which in turn prevents further land degradation. Importantly take into account that war capable form new ones socio-economic realities Defeat lost resources can become flammable element for formation new communal initiatives aimed at restoration natural territory Using effective strategies creation new stable plantations adapted to changes climate, is necessary for improvement resiliency ecosystems. In Ukraine, for example, it is possible implement programs that attract local residents to reforestation, and not only that creates new working places, but also increases civil consciousness and responsibility for nature. The socio-economic impact of reforestation can be significant for local communities, as restored forests can provide resources and create new jobs, contributing to economic recovery in affected regions. Forest projects can become important part of the reforms that provide not only ecological, but also cultural aspects, in particular, recovery traditional knowledge about forestry economy Updating such knowledge can become the basis for sustainable development the territory that suffered military destruction.

Keywords: Reforestation, Adaptation, Climate Change, Soil Degradation, Demining of Territories

Introduction

Due to the peculiarities of military operations, military engineering fortifications are almost always placed in green belts and forests, which leads to the destruction of forests and forest belts, or they are specially destroyed for better visibility of the area, and in some cases, leaving "burnt earth" in the place of former forests and forest strip Here, the problems of restoring forests and forest strips in the territory of the introduction of military operations, creating adapted and resistant to climate change forests and forest strips, which will also allow to reduce the sensitivity of climate change, are considered.



The main part

Military actions always leave behind deep and irreparable wounds on the ground where the battles are fought. Unpredictable features of warfare necessitate the creation of military engineering fortifications at strategic positions, which leads to large-scale and often destructive changes in the natural environment. Placing fortifications in green areas and forests not only destroys huge areas of forests, but also has a destructive effect on the surrounding ecosystem. Clearing territories for fortifications has painful consequences for nature: entire forest strips are destroyed or burned, leaving behind a merciless wasteland, instead, local wood is actively used for the construction of engineering structures. This not only reduces biodiversity, but also increases the risk of soil erosion. The costs of ecological restoration after the war become significant; ecosystems lose their ability to return to their former state, and the negative effects of climate change only worsen the situation.

The destruction of fertile soil layers as a result of military operations becomes a serious obstacle to the restoration of forests. Military conflicts often destroy the upper layers of the soil, significantly reducing its ability to support vegetation and restore natural forests and forest strips. The main causes of these changes include active hostilities, the use of heavy machinery, and pollution that damages the natural properties of the soil through explosions. The ecological consequences of such actions become evident in the reduction of biodiversity, the delay in the recovery of ecosystems and the surge of soil erosion. Forest strips play an important role in maintaining the ecological balance, because they protect against erosion, preserve fauna and actively influence the climate.

However, there is another serious problem – demining of territories affected by hostilities. This problem is critical for further forest restoration, as hazardous residues can remain in these areas for a long time. Pollution with hazardous substances, such as heavy metals, fuel and lubricants, and organic residues, are potential sources of infectious diseases, while explosive residues can have a devastating effect on forest ecosystems, hindering not only the restoration of the natural environment, but also the health of local residents. Effective demining techniques, including mechanical, chemical and biological technologies, are vital to ensure the safe restoration of ecosystems.

The relationship between demining and reforestation is obvious: territories cleared of dangerous residues can become a breeding ground for new plants and animals, gradually restoring biodiversity. But neglecting this matter can lead to serious social and economic consequences, such as reduced productivity of ecosystems and additional costs for treatment of the effects of pollution. Modern technologies for cleaning from dangerous substances open new horizons for an effective response to this problem, which, in turn, can significantly improve the process of restoration of Ukrainian forests in the near future. But it is worth remembering that this will require time and funding.

In the context of restoring forests and forest belts, it is worth paying attention to innovative approaches that offer sustainable and climate-adapted solutions. One such approach is to create forests using native tree species that can withstand extreme climates. Such forests can become not only a natural barrier, but also a source of renewable resources that will support the local population and economy. The high-quality formation of adapted forests requires international cooperation, competent management of natural resources, as well as the involvement of scientists, ecologists and the military in the development of joint strategies. It is important to implement afforestation programs that will not only restore the flora, but also ensure a natural balance in the region, focusing on the needs of ecosystems and the feasibility of certain interventions. Additionally, such programs can include educational campaigns among local residents about the importance of biodiversity conservation and solutions that can be implemented in communities. The need for restoration is obvious, so it will be an important step towards sustainable development, introduction of new technologies and formation of experienced specialists.

The selection of resistant plant species is critical for adaptation to climate change, as extreme weather events such as droughts, high temperatures and strong winds become more frequent. These factors require agronomists and gardeners to carefully select plants that can withstand such conditions. For example, species showing high resistance to drought and extreme temperatures can help conserve water resources and reduce the need for irrigation. Genetic diversity also plays an important role, which improves plant resistance to pests and diseases through the use of seeds from different



populations of the same species. This provides greater adaptability to changing conditions. In particular, native plant species that are already adapted to specific climatic conditions are a significant advantage, as they are not only more resistant, but also contribute to the maintenance of the ecosystem in which they grow. Thus, a comprehensive approach to plant selection, with an emphasis on sustainability and consideration of local conditions, can significantly increase the adaptation and survival of vegetation in times of climate change.

Adaptation of forest ecosystems to climate change is a critically important area that requires a comprehensive approach, including the correct selection of tree species, the structure of forest stands, as well as the introduction of innovative technologies in forestry. First, selecting tree species that are resistant to drought, pests, and diseases ensures the resilience of forest ecosystems and reduces the risks associated with climate stresses such as rising temperatures and changing precipitation patterns. Studies show that mixed forests, which include a variety of tree species, show significantly higher resistance to extreme weather conditions and are aesthetically appealing in terms of biodiversity (Table 1). The structure of forest plantations, which provides an optimal combination of different species, can significantly reduce the vulnerability to pest attacks, since the presence of different plants creates a natural environment for the regulation of pest populations. By incorporating innovative technologies such as climate monitoring and new forest management techniques, we can improve the outcomes of forest ecosystem restoration and adaptation. For example, several forest restoration projects have been implemented in Ukraine, which have already demonstrated successful results in ensuring an aesthetic balance between nature and economic activity. Thus, the combination of scientific knowledge, technologies and responsible forest management will become the basis for effective adaptation of forest ecosystems to current climate changes.

Table 1. Types of plants and their advantages

Type of plants	Species resistant to climate change	Advantages
Conifers	Crimean pine, common pine, European spruce, Siberian larch	High drought resistance, frost resistance, resistance to pests and diseases
Leafy	Common oak, common hornbeam, warty birch, sharp-leaved maple, heart-leaved linden	High productivity, resistance to various growing conditions
Shrubs	Hazel, viburnum, hawthorn, sea buckthorn, barberry	Fixation of the soil, enrichment of the soil with nitrogen, attraction for pollinating insects

Conclusions

Reforestation in the context of war-torn regions is not only an ecological need, but also a symbol of the revival of hope and the defense of life. By restoring green spaces, we not only heal the wounds of nature, but also open new horizons for economic growth, preservation of cultural heritage and formation of a responsible attitude towards the environment. Local communities involved in restoration processes become active participants in the changes, which contributes to the strengthening of social ties and increased environmental awareness. Reforestation programs can become an important element in the formation of a strategy for adaptation to climate change, since each new tree planted on reclaimed land symbolizes the rebirth of not only nature, but also the integrity of society. Successful implementation of such projects will require effort, cooperation and investment; however, the results will certainly justify these efforts, contributing to the creation of a sustainable, ecologically balanced and socially responsible Ukraine in the future.



The Combined Impact of Military Operations and Abnormally High Temperatures on Forest Ecosystems

Pavliukh L., *Osadchuk D.

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

6920392@stud.nau.edu.ua

Abstract. This study delves into the intricate interplay between military operations and abnormally high temperatures on forest ecosystems. By examining the root causes of elevated temperatures and their subsequent effects on the course of hostilities, we aim to understand the distinct and combined impacts of these factors on forest ecosystems. Furthermore, we will conduct a thorough risk analysis and propose recommendations for preventing and restoring damaged ecosystems resulting from both individual and combined types of impact. Causes and Consequences of High Temperatures is are the abnormally high temperatures observed in the region can be attributed to several factors, including climate Change, which the global rise in average temperatures due to human activities, such as greenhouse gas emissions, has significantly contributed to heatwaves and extreme weather events. Geographic Location also very important in the sats of exploration about high temperature impact and military impact according to simple closeness of location of study to military warzone The region's proximity to arid or semi-arid climates can predispose it to heatwaves, and in combined impact with military actions, risks are get much higher The consequences of high temperatures on forest ecosystems are multifaceted and can include, first of all, increased fire risk. Dry conditions and high temperatures create ideal conditions for forest fires, which can devastate vast areas of vegetation. It also includes tree stress and mortality. Extreme heat can stress trees, leading to reduced growth, increased susceptibility to pests and diseases, and ultimately, mortality. Need to also be mentioned the altered ecosystem dynamics. High temperatures can disrupt the delicate balance of forest ecosystems, affecting biodiversity, nutrient cycling, and carbon sequestration.

Keywords: Military Operations, High Temperatures, Forest Ecosystems, Combined Impact, Environmental Safety

Introduction

With the beginning of the full-scale invasion of the Russian Federation on the territory of Ukraine, the impact of the war became felt in all spheres of our life and environment, and ecosystems were no exception. One way or another, each type of ecosystem has been affected by the consequences of military operations. Hundreds of ecosystems have been destroyed, hundreds have been irreversibly affected, and some cannot be restored. Terrestrial and aquatic ecosystems were affected, millions of dollars in damages were caused. But also to the military influence, due to the inevitable changes in the climate, were also added the effects of high temperatures caused by global warming, which in combination with the military influence create conditions much worse than if they would have influenced separately.

Results and Discussion

Military operations and their impact

Military actions are organized actions of units, formations, associations of all types of armed forces in the course of carrying out assigned combat tasks with the aim of destroying the enemy's manpower, military equipment, military structures and objects, mastering the territory he occupied, countering the offensive the enemy, repelling his blows and keeping the territory occupied by his troops. The main types of combat operations are defence and offensive. They are conducted in the form of battles, battles, operations, strikes at any time of the year and day on land, in the air (space) and at sea (Valiullina & Mingazova, 2019). Fires negatively affect different ecosystems in similar ways. They cause the death of a large number of plants and animals, pollute the atmosphere with compounds of sulphur, nitrogen, unburned hydrocarbons and heavy metals that accumulate in biomass.



In addition, there are significant emissions of carbon dioxide (CO₂). At the same time, the degree of damage and the time required to restore the ecosystem after a fire depend not only on its intensity, but also vary significantly for different natural environments. For example, the restoration of an old oak or pine forest after a mountain fire can take more than a hundred years, which corresponds to the age of the oldest trees that died. If the fire is low-lying, the grass and shrub layers will suffer the most, but the main tree layer will most likely survive or be partially damaged. In this case, the ecosystem will be able to recover within a few years or decades. For steppe ecosystems, recovery from fires is faster, but the time of year when the fire occurred is an important factor. If it is late fall or winter, that is, outside the growing season, the impact will be minimal, since the root systems of steppe plants are adapted to such conditions and will not be affected. However, fires during the growing season, especially in spring, can destroy plants and animals that do not have time to escape the fire. This is especially dangerous for rare steppe species listed in the Red Book of Ukraine or regional lists, because the loss of even one population threatens the survival of the entire species. For wetland ecosystems, fires appear to be less of a threat because of the presence of water, but during droughts even marshes can experience large-scale fires that destroy above-water vegetation. In the case of a prolonged decrease in the water level, peat fires are possible, which can burn for months, releasing significant amounts of carbon and toxins. In addition, munitions explosions and destruction of military equipment seriously damage natural ecosystems, contaminating soils, water bodies and aquifers with toxic substances. In particular, explosive residues, petroleum products and heavy metals from shell casings create long-term pollution, and rocket fuel from old missiles is particularly dangerous (Кучеренко, 2023).

Anomaly temperatures

2024 has become a year of major climate change for Europe. The summer broke temperature records – in some regions of Ukraine, particularly in the south, thermometers showed up to 43°C, and Kyiv remained under the scorching sun for a long time. These weather patterns have caused droughts and an increase in forest fires. Abnormal temperatures over 30°C were also observed in the waters of the Mediterranean Sea, which negatively affected the marine ecosystem and increased the risks of natural disasters in coastal regions.

The abnormally hot summer of 2024 was caused by a number of factors, most of which are related to climate change. The main reason was global warming, which led to an increase in the frequency and duration of heat waves.

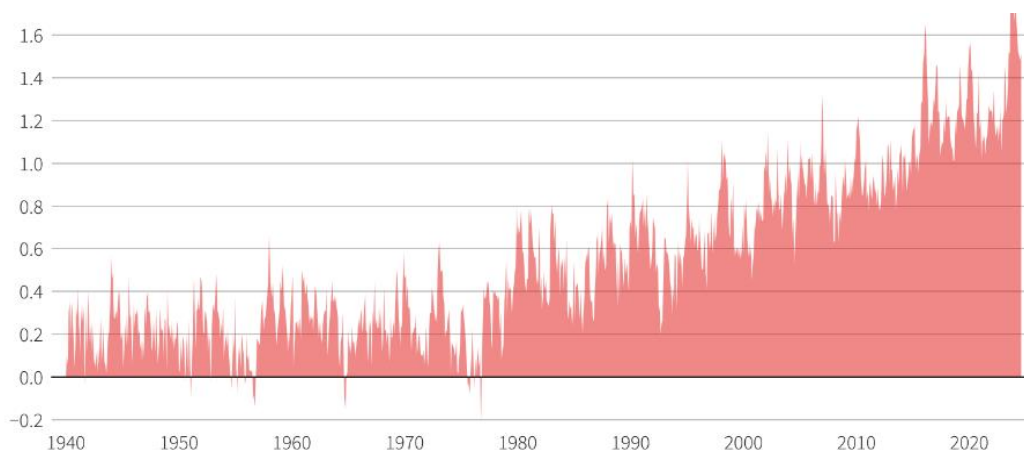


Figure 1. Average global temperatures are rising year-on-year. (Copernicus Climate Change Service/Reuters)

The main reasons for the increase in the average annual temperature every decade are, first of all, emissions of greenhouse gases. Human activities, particularly the burning of fossil fuels, lead to emissions of greenhouse gases such as carbon dioxide, methane and nitrous oxide. These gases create a greenhouse effect that traps heat in the atmosphere, causing temperatures to rise. Unsustainable land use also plays a major role, such as deforestation, draining swamps, and other land use changes that affect the carbon balance in the atmosphere. Forests absorb carbon dioxide, and their destruction leads



to its emissions. The summer of 2024 became the hottest in many countries of the world, including India, Europe, Africa and the Caribbean, where residents experienced unprecedented temperature extremes. Changes in atmospheric circulation caused by the influence of greenhouse gases, which retain heat on the Earth's surface, played a significant role in increasing temperatures. In some regions, the heat was prolonged due to persistent blocking anticyclones, which prevented the movement of air masses and created long periods of extreme heat. The negative consequences of abnormal heat include not only physical effects on people's health (heat strokes, heart problems, etc.), but also disruptions in agriculture and energy systems. In India, for example, high temperatures of almost 50°C have led to power outages due to excessive load on air conditioners and crop problems (Voiland, 2024).

The combined impact of war and abnormal heat on forest ecosystems

Russia's war in Ukraine significantly affects the climate situation. Over the past two years, military action has released 175 million tons of carbon dioxide, more than the annual emissions of countries such as the Netherlands. According to an updated report by the Greenhouse Gases of War Accounting Initiative, the total damage from Russian aggression is estimated at \$32 billion. The combined effects of warfare and abnormal heat on forest ecosystems are catastrophic, as both factors individually cause significant damage and together reinforce each other, creating serious threats to biodiversity, natural resource recovery and climate stability. Military actions affect the destruction of ecosystems by explosions. Munitions explosions, destruction of military equipment and fires caused by war destroy not only vegetation, but also soil cover. This impairs forest regeneration and increases the risk of erosion, changes the water balance and promotes the invasion of invasive species. This is especially dangerous for forest ecosystems, because such an impact not only destroys forests, but also prevents their future restoration. Soils and waters are also subject to pollution. Explosions, residues of heavy metals, oil products and explosives poison soils and water bodies, which complicates the natural processes of restoration of forest ecosystems and can destroy entire populations of flora and fauna. The impact of abnormal heat is characterized, first of all, by an increase in the frequency of forest fires. Abnormal heat caused by climate change is making forests extremely dry, increasing the risk of fires. These fires can start from any source, including military action, and spread extremely quickly. This causes a decrease in the resilience of forests, because due to excessive temperatures, trees and other plants are less able to recover after fires. Old-growth forests, especially conifers and oaks, can regenerate for centuries, if at all, under the conditions of frequent repeated fires, or soil pollution and degradation as a result of hostilities. The synergistic effect of hostilities and heat causes increased risk of fires due to hostilities and difficult recovery due to droughts and damaged soil. Fires caused by explosions or arson during combat flare up quickly in hot, dry conditions. This destroys thousands of hectares of forests and destabilizes local ecosystems. Difficult recovery due to droughts and damaged soil is characterized by the fact that after war fires and extreme temperatures, soils are severely damaged and degraded, making it difficult for new trees and plants to grow, especially in conditions of prolonged drought. Reforestation after hostilities is a complex and long-term process that begins with assessing the extent of damage and clearing the area of explosive objects and debris. After that, measures are taken to restore the soil, as it may be contaminated with chemicals or toxins. To revive the forest ecosystem, trees that are suitable for the local climate and soil conditions are planted in an attempt to restore natural biodiversity.

Conclusions and recommendations

2024 has become a year of major climate change for Europe. The summer broke temperature records – in some regions of Ukraine, particularly in the south, thermometers showed up to 43°C, and Kyiv remained under the scorching sun for a long time. These weather patterns have caused droughts and an increase in forest fires. Abnormal temperatures over 30°C were also observed in the waters of the Mediterranean Sea, which negatively affected the marine ecosystem and increased the risks of natural disasters in coastal regions. Russia's war in Ukraine significantly affects the climate situation. Over the past two years, military action has released 175 million tons of carbon dioxide, more than the annual emissions of countries such as the Netherlands. According to an updated report by the Greenhouse Gases of War Accounting Initiative, the total damage from Russian aggression is estimated at \$32 billion. The combined effects of warfare and abnormal heat on forest ecosystems are



catastrophic, as both factors individually cause significant damage and together reinforce each other, creating serious threats to biodiversity, natural resource recovery and climate stability. Military actions affect the destruction of ecosystems by explosions. This can only be prevented by minimizing and stopping hostilities in the areas at risk. It is also worth connecting satellite monitoring and the use of UAVs for quick detection and localization of fires and threats from the enemy in the event that hostilities are taking place there or nearby.

References

1. Valiullina, D. H., & Mingazova, N. M. (2019). Analysis of the impact of hostilities on the environment. *Revista Turismo Estudos e Práticas-RTEP/UERN*, (1), 1-7.
2. Кученко Б. Як війна впливає на природу. Екодія. (2 May, 2023). Retrieved from: <https://ecoaction.org.ua/iak-vijna-vplyvaie-na-pryrodu.html>
3. Voiland A. Breaking the Thermometer: Analyzing the Science Behind 2024's Heat Anomalies. NASA Earth Observatory, June 28, 2024. Retrieved from: <https://scitechdaily.com/breaking-the-thermometer-analyzing-the-science-behind-2024s-heat-anomalies/>

The Global Warming and Hostilities Growing Pressure on Aquatic Ecosystems

Pavliukh L., *Yarokhmedova I.

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

6882432@stud.nau.edu.ua

Abstract. This study examines the complex impact of global warming and military operations on aquatic ecosystems, particularly seas and oceans. Global warming causes a significant increase in water temperatures, which leads to changes in the circulation of ocean currents, loss of biodiversity, degradation of coral reefs and a decrease in fish stocks. At the same time, hostilities, especially in coastal zones or water areas, further aggravate these problems due to water pollution with explosives, oil products, heavy metals and other toxic substances. The combination of these two factors leads to catastrophic consequences for ecosystems: the deterioration of water quality, the death of flora and fauna, the disruption of the natural balance and the reduction of the ability of water systems to self-renew. The study also includes analytics on the synergistic effects of these factors and offers practical recommendations for reducing their negative effects and restoring affected ecosystems.

Keywords: global warming, high temperatures, water ecosystems, biodiversity, environmental safety, military actions.

Introduction

Global warming is one of the most critical environmental problems of our time, which is rapidly changing the nature of aquatic ecosystems. An increase in temperature affects the circulation of ocean currents, the level of salinity of waters, as well as the vital activity of flora and fauna, in particular marine species. However, the fact that in the conditions of military conflicts, in particular in sea and ocean water areas, these processes become even more dangerous, is of particular importance. For example, hostilities contribute to the growth of water pollution with heavy metals, oil and other toxic substances, which greatly complicates the natural restoration of marine ecosystems. The combined effect of both factors significantly increases the risks to biodiversity and ecosystem sustainability. The research is aimed at determining the scale of these threats and developing possible measures to neutralize them.



Results and Discussion

Global warming is one of the most serious threats to the world's aquatic ecosystems.

One of its primary manifestations is the increase in the temperature of oceans and seas. This change, which might seem insignificant at first glance, has far-reaching consequences for marine life. An increase in water temperature of just a few degrees can disrupt natural ecological cycles, contributing to the destruction of key ecosystems such as coral reefs, plankton communities, and the photosynthetic zones in the ocean. This trend is clearly seen in long-term monitoring data (Fig. 1) which shows a steady rise in ocean temperatures, particularly over the past two decades. This rise, in comparison to the 1971–2000 average, emphasizes the accelerating impact of climate change on marine environments.

Changes in water temperature also affect the circulation of ocean currents. Warmer water has a reduced ability to retain oxygen, leading to the formation of "dead zones"—areas in the ocean where oxygen levels are so low that life becomes unsustainable. This issue is particularly acute in coastal regions, where additional pollution from human activities is present. Dead zones have already been identified in several oceans, including the Gulf of Mexico and the Baltic Sea.

One of the most alarming consequences of global warming for marine ecosystems is the accelerated melting of glaciers and polar ice, which leads to rising sea levels. This increase in water levels has devastating effects on low-lying coastal ecosystems, including mangrove forests, river deltas, and estuaries, which are critical spawning grounds and water filtration zones for numerous fish species. If sea levels continue to rise, these ecosystems will be submerged or disappear, leading to the loss of entire biological communities.

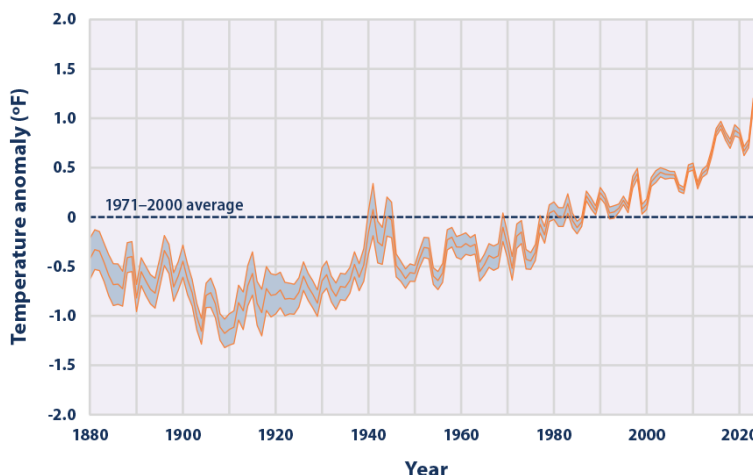


Fig. 1. Average Global Sea Surface Temperature, 1880–2023

Another serious effect of global warming is ocean acidification. The increase in atmospheric CO₂ leads to more of it dissolving in water, which in turn causes the acidification of the oceans. This drop in pH negatively affects all marine organisms that form calcium-based skeletons, such as corals, mollusks, and some species of plankton. Coral reefs, which provide shelter for a huge number of marine species, are particularly vulnerable to water acidification. If these processes continue, we may witness the disappearance of entire reef biomes by the middle of this century.

An increase in water temperature also contributes to the proliferation of harmful algal blooms. These algae often produce toxins that are harmful to marine animals and even humans. Additionally, they can locally reduce the oxygen levels in the water, worsening the living conditions for many fish species. Such phenomena have become more frequent in recent decades, spreading across larger regions of the world's oceans.

The impact of military operations on water bodies

Military conflicts in coastal regions or on water have additional effects on marine ecosystems through pollution, physical destruction and stressful conditions for living organisms. Naval battles, bombings and explosions accompanying military operations cause serious destruction of marine



habitats. Underwater explosions can disrupt the migration routes of whales and dolphins, as well as damage fish spawning grounds.

Pollution from military operations is a particularly serious problem. Water is polluted by heavy metals, fuel, lubricants, explosives and other chemical pollutants released as a result of fighting. One of the most dangerous aspects is oil or chemical spills due to attacks on oil storage facilities or oil tankers. Oil entering the sea creates a thick film on the surface of the water, blocking the access of oxygen and sunlight, which disrupts photosynthetic processes and leads to the mass destruction of marine species.

During military operations at sea, mines and torpedoes are often used, which remain in the water after the conflict, turning water areas into potentially dangerous zones. These munitions can explode years after a conflict, causing further pollution and damage to marine ecosystems. Also a major problem is the disposal of chemical weapons in seawater, which became common after World War II, and some disposal sites remain dangerous to this day.

Combined effects of global warming and military operations on aquatic ecosystems

The combined effects of global warming and military action on aquatic ecosystems pose unique risks to the marine environment, which in many cases are mutually reinforcing. Rising water temperatures due to global warming make ecosystems more vulnerable to pollution resulting from military operations. For example, an oil spill spreads faster in warmer temperatures and becomes more toxic as the oil reacts with warmer water.

In addition, in the event of an oil spill or other chemical pollution, warmer water promotes faster growth of harmful algae that take oxygen from the water and produce toxins that worsen the situation for marine life. This could lead to mass extinctions, especially in regions where marine species are already under stress from rising water temperatures.

Military action also complicates the recovery processes of aquatic ecosystems after natural disasters such as tsunamis or storms, which are becoming more frequent due to climate change. Pollution from military operations worsens water quality, complicating natural self-purification processes. For example, after a devastating storm in a war zone, recovery can be significantly delayed due to ecosystem damage from explosions and pollution.

The synergistic effect of global warming and military action is also exacerbated by changes in the migration routes of fish and marine mammals that try to avoid polluted areas or warmer waters. This disrupts food chains and reduces the ability of marine ecosystems to maintain stable biodiversity. Many species cannot adapt to the rate of change, resulting in the loss of entire populations.

Conclusions

The combined impact of global warming and military actions on aquatic ecosystems creates catastrophic consequences that greatly complicate not only the preservation, but also the restoration of these ecosystems. Major threats include rising water temperatures, ocean acidification, pollution by heavy metals and petroleum products, and the destruction of ecosystems due to physical damage from explosions and military equipment. Immediate measures must be taken to minimize these risks.

Recommendations:

1. International monitoring of water pollution. Implement global programs to track the impact of military action and climate change on aquatic ecosystems using satellites and drones.
2. Protected areas and restoration of ecosystems. Establish conservation zones in areas where there are valuable ecosystems, such as coral reefs and coastal zones, while restoring damaged areas.
3. Limitation of military operations. Create international agreements that limit military operations in ecologically sensitive water areas and provide for the cleaning of water areas from war remnants.
4. Implement bioremediation methods to purify water from toxins and restore fish resources.
5. Reducing the impact of climate change. Stimulate international cooperation to reduce greenhouse gas emissions, which helps cool the oceans and reduce risks to aquatic ecosystems.

References

1. Qureshi, W. A. (2017). Marine biodiversity conservation: The international legal framework and challenges. *Hous. J. Int'l L.*, 40, 845.



2. Tahmid, A., Khanam, S., Rashid, M. M., & Ibnat, F. (2023). Reviewing the Impact of Military Activities on Marine Biodiversity and Conservation: A Study of the Ukraine-Russia Conflict within the Framework of International Law. *Grassroots Journal of Natural Resources*, 6(3), 15-31.
3. Hulme, K. (2022). Using international environmental law to enhance biodiversity and nature conservation during armed conflict. *Journal of International Criminal Justice*, 20(5), 1155-1190.
4. Doney, S. C., Fabry, V. J., Feely, R. A., & Kleypas, J. A. (2009). Ocean acidification: the other CO₂ problem. *Annual review of marine science*, 1(1), 169-192.
5. Pörtner, Hans O., et al. "IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate." IPCC, 2019.



Workshop 6

EXPERIENCE AND TECHNOLOGIES OF RESTORING ECOSYSTEMS AFTER WARS AND MAN-MADE DISASTERS

Participants



Donetsk National Technical University, Lutsk, Ukraine



National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute," Kharkiv, Ukraine



Sumy State University, Sumy, Ukraine



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



National Aviation University, Kyiv, Ukraine



State Ecological Academy of Postgraduate Education and Management, Kyiv, Ukraine



Секція 6. ДОСВІД ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ЕКОСИСТЕМ ПІСЛЯ ВОЄН І ТЕХНОГЕННИХ КАТАСТРОФ

Organic Amendments for Soil Recovery

***Horbachova O., Pavliukh L.**

National Aviation University, Kyiv 03058, Ukraine

*olena.horbachovaa@gmail.com

Abstract. The ongoing war in Ukraine has caused significant soil degradation, posing a serious threat to agricultural productivity and ecosystem health. This study investigates the potential of organic waste as a resource for restoring degraded ecosystems. The research focuses on the application of compost and vermicompost to improve soil structure, enhance fertility, and reduce heavy metal contamination through phytoremediation. The results demonstrated that the addition of organic waste significantly improved soil structure and fertility. There was a notable increase in humus content, enhanced water retention capacity, and a reduction in heavy metal levels due to phytoremediation. Biological activity in the soil also increased, promoting the recovery of soil microbiota and overall soil health. Compost and vermicompost were found to be particularly effective, providing high levels of nutrients and beneficial microorganisms. In conclusion, the use of organic waste is a viable method for restoring degraded soils affected by war. This approach not only improves the physical and chemical properties of the soil but also supports biodiversity and ecological resilience. Further research and implementation of these methods can significantly aid in the recovery of agricultural lands and natural ecosystems in Ukraine.

Keywords: organic waste, degraded ecosystems, compost, biodiversity, war impact.

Introduction

Composting of organic waste of various composition and origin is an element of sustainable waste management and corresponds to the hierarchy of waste management adopted in Ukraine. Composting not only reduces the amount of waste that ends up in landfills, but also generates a valuable resource - compost, which is actually organic fertilizer. Composting of organic waste and subsequent use of the obtained compost is one of the most promising methods of increasing the fertility of soils partially degraded as a result of military actions and can become an element of the post-war reconstruction of de-occupied communities.

Eruptions from explosions, trenches, toxic substances from rockets and the movement of heavy machinery all affect the quality of the soil and the products we grow.

As a result of the war in Ukraine, more than five million hectares of agricultural land have been contaminated (As a result of the war..., 2023). According to preliminary estimates of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine, the Russian full-scale invasion caused damage to Ukrainian soil in the amount of more than 19 million hryvnias (<https://ecozagroza.gov.ua/>).

The destruction of the upper fertile layer of the soil, which was formed over centuries, occurs as a result of explosions of rockets, artillery shells of various types, high-explosive aerial bombs, drones, shells of various types of MLRS, "vacuum" bombs, etc. This is despite the fact that over the past 100 years, domestic soils have lost about 30% of humus. War accelerates this process. Soils lose their fertility due to changes in their physical, chemical, and physicochemical properties.

Therefore, the use of organic waste as fertilizer will be an important step in demineralization of the ecosystem.



Methods and Materials

Materials for research were composts of different composition (Table 1), which were formed by the method of direct composting in pits 1 meter deep for 12 months. The pits were covered with a black polyethylene film and moistened only on the first day of laying the main mass of compost, then the film was raised during the period of rains and snow, that is, the formation of compost took place under conditions of natural moistening only due to atmospheric precipitation.

Table 1. Composition of studied composts

Compost	Compost composition, wt. %				
	Green waste	Chicken droppings	Food waste	Cellulose	Coffee grounds
K1	45	0	30	25	0
K2	45	10	30	15	0
K3	45	0	30	15	10
K4	35	0	15	20	30
K5	30	0	50	20	0
K6	33	33	33	0	0

In the soil samples, which were selected in the spring of 2023, ready-made compost was applied in a specified amount and the soil was left untreated for 1 month. After that, samples of soil with compost were taken and the phytotoxicity of soils was determined by the method of growing test plants according to DSTU ISO 11269–2:2002, and a conclusion was made regarding the improvement of soil quality depending on the composition of compost. The universal TM Flora-Plus substrate, manufactured by Rich Land LLC, Ukraine, with a pH value of 5.5–6.5, was used as a control sample (KZ) of the soil. The pH value of the compost was determined by water extract, for which the electrometric method was used, as well as the manual Ph meter HI98129 HANNA device (error ± 0.05 pH) (Tykhomyrova et al., 2024).

Results and Discussion

Scientists distinguish four types of soil destruction. Mechanical – changing the structure of the soil cover. It occurs when the fertile layer is destroyed or mixed with other layers due to the digging of trenches. After such changes, the soil loses its fertile properties, retains moisture less well and becomes less suitable for growing crops. The movement of military equipment also leads to mechanical pollution - the soil is compacted and becomes more arid.

The second type is physical pollution – a change in soil properties. Military equipment causes vibrations, and explosions or fires, in addition to direct destruction, disturb the temperature regime that determines the moisture supply of plants.

The third – chemical – occurs as a result of fuel leaks, combustion products settling on the ground from the air, and toxin from explosives in shells. However, the explosion of ammunition is not only a chemical pollution, but also a mechanical one. The blast wave leads to soil erosion, which further exacerbates the issue of climate change and adaptation to it.

The fourth type is biological - the death of all living things in the soil, primarily microbiota, which is responsible for its health and fertility. It dies both from over-compaction of the soil, heat shocks, destruction of soil horizons, and from explosive toxic substances (Як російська..., Екодія).

Dangerous substances tend to get through the soil into water or plants grown on it, and from there into the bodies of people who will consume the finished products. Research by the Institute of Microbiology and Virology confirmed that toxic substances migrate from the soil to plants, and then to the table.

"During the determination of phytotoxicity (the ability of substances to exert a poisonous effect on plants - ed.) of soils using tests on wheat seedlings, some samples did not show changes (grown on treated soil by a consortium of microorganisms that are destructors of toxicants), in some - the length and weight of seedlings decreased (compared to soils not treated with microbial preparations), which indicates an acceleration of the processes of toxicant decay," explains the scientist.



"Fuel residues can settle, for example, on wheat. As a result, the manufactured products already contain toxic substances. Then the wheat grain can no longer be used for food," the scientist explains.

Instead, if the seeds of the plants to be grown are treated with an appropriate complex of developed biological preparations, it will help the plants to avoid phytotoxic stress and reduce the accumulation of toxic substances in them, including nitrates.

According to the research of the NGO "Ekodia", there are five levels of land damage. If the damage is low or moderate, remedial measures such as phytoremediation may be possible tools for restoration.

In cases of damage of a catastrophic level (75-100% of the area), the optimal way is removal from agricultural use (conservation), i.e. natural restoration.

Comprehensive solutions are needed, which include (Golubtsov et al., 2023):

- a comprehensive ecological and geochemical assessment of the soils of post-war landscapes for the purpose of a comprehensive study and determination of priorities for restoration;
- diagnosis of biological activity of soil samples from the sites of hostilities and determination of phytotoxicity (ability of substances to exert a poisonous effect on plants – ed.) in laboratory conditions;
- development of a scheme for the application of complex microbial biotechnologies depending on the condition of the soil, identified toxic substances and the availability of treatment;
- development of conservation plans for the most damaged lands, where other restoration measures are economically unprofitable, and it is better to restore them naturally.

It is necessary to use consortia of microorganisms that are able to decompose toxic substances and microbial preparations to create a high content of useful microbiota in soils. Phytoremediants (leguminous, cereal, cruciferous, and other plants) can be used to remove toxic substances. Currently, the Institute has developed a line of biological preparations that not only decompose toxic substances in the soil, but also increase the adaptability and stress resistance of phytoremediant plants. They add that "soil degradation in Ukraine took place even before the full-scale offensive, because almost 60% of the land is arable land. The war only deepens negative trends (Як російська..., Екодія).

In fig. 1 shows the values of the pH level of the obtained researched compost of different composition. Note the acidic environment of K4 compost, which contains 30% of coffee grounds. This is due to the acidic nature of both the coffee grounds itself and the water extract from it. Thus, for the Kharkiv region, it was determined that the pH of pure rainwater is 6.035 (6.0 according to a manual device), while the pH of the water extract of coffee grounds obtained in the field is 4.953 (5.1 according to a manual device). It is known that the process of ripening of compost at the first, mesophilic stage leads to acidification of the environment due to the formation of organic acids. However, in the following stages, on the contrary, there is an increase in the pH value to 8–9, which, with normal processes, leads to the formation of compost with an optimal pH of 6–6.5. According to the authors, during the formation of compost with a high content of an acidic component, atmospheric precipitation acting on the compost leads to the formation of an extract, in this case coffee. This extract is constantly formed and partially retained in the compost at various stages of its maturation, which is the reason for the results shown in Fig. 1 data (Tykhomyrova et al., 2024)

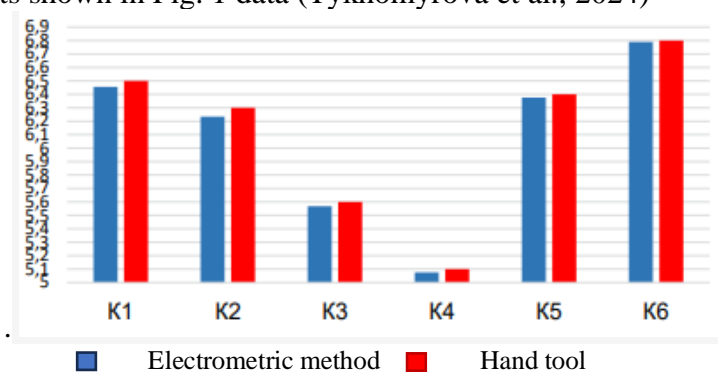


Figure 1. The value of the pH level obtained from the study of compost of different composition



One of the effective and natural ways of recovery is the use of organic waste as resources for soil reclamation and bioremediation. Organic wastes such as agricultural residues, food waste and forestry residues are rich in organic compounds that can become important nutrients for soil regeneration. Organic waste is an important source of energy for soil microorganisms, which play a key role in restoring ecosystems. The restoration of the biodiversity of microorganisms with the help of organic additives helps to increase the resistance of soils to stressful conditions, such as droughts and pollution.

Bioremediation is a natural process of cleaning soil and water resources from toxic substances with the help of living organisms. For example, composting with special bacteria and fungi can be used to clean up contaminated areas after mining or industrial activity. Using this waste to produce biogas through anaerobic digestion allows you to get clean energy and at the same time avoid methane emissions, which are usually generated in landfills. Biogas plants convert organic waste into energy, reducing the need for traditional fossil fuels and contributing to the fight against climate change.

The explosion of a projectile of any type is the entry of a number of toxic compounds into the soil. According to the specialists of the NGO "Ekodiya", during the detonation of rockets and artillery shells, carbon monoxide, carbon dioxide, water vapor, nitrous oxide, nitrogen dioxide, formaldehyde, cyanic acid vapors, nitrogen, as well as a large amount of toxic organics are formed. Soil scientists note a systematic 6-8 times excess of mercury, zinc and cadmium indicators. According to Anastasia Sploditel, an expert in the field of geochemistry of landscapes, a high content of copper, nickel, lead, phosphorus and barium is recorded at the sites of shelling (Як війна..., Екодія).

Toxic compounds can enter the soil along with precipitation. For example, sulfur is a component of a large part of ammunition. Mixing with precipitation, it turns into dangerous sulfuric acid in the soil. In the atmosphere, sulfur and nitrogen oxides cause acid rain, which changes soil pH and causes plant burns.

Another aspect is heavy metals. In war zones, heavy metals sometimes exceed background values by 30 times. Fragments of ammunition also pose a danger. Artillery shells of caliber 120 mm and 152 mm give, respectively, 1600-2350 and 2700-3500 fragments weighing from 1 g. Cast iron with steel impurities is the most common material for the production of ammunition shells and contains not only iron and carbon, but also sulfur, copper and other components. These substances enter the soil, migrate to groundwater and eventually enter the food chain, affecting both animals and humans (Golubtsov et al., 2023). For example, on satellite images of the Izyum district of the Kharkiv region, 480 bursts from 82 mm shells, 547 bursts from 120 mm shells, and 1025 bursts from 152 mm shells were found on a 1 km² area. About 90,000 tons of soil were uprooted by explosions on that part of the front. A 250-kilogram aerial bomb, when detonated, can leave behind a hole with a diameter of up to 8 meters and a depth of up to 4 meters, uprooting about 375 m³ of soil.

Environmentalists point out that huge sinkholes, digging trenches and trenches, construction of fortifications, movement of heavy equipment – all this leads to terrible changes in the landscape. As a result, there is a degradation of the vegetation cover, an increase in wind and water erosion. In Europe, there are still problems with soils after the First World War, because the rate of soil recovery is about 0.06 mm/year.

Experts state that in soils impregnated with fuel and lubricants, water permeability decreases, oxygen is displaced, and biochemical and microbiological processes are disrupted. As a result, the water and air regimes and the circulation of nutrients deteriorate, the root nutrition of plants is disturbed, their growth and development are inhibited, which causes death

One of the options for reviving the affected soils can be the creation of "red zones" in the territories where intense fighting took place. Such an initiative is offered by specialists from the Ukrainian Environmental Protection Group (UNCG). According to them, this will make it possible to fulfill the requirements of the legislation of Ukraine on land conservation and prevention of desertification, as well as the European strategy for the protection of biodiversity until 2030 (removal of 30% of all agricultural land from cultivation) (The war in Ukraine destroys the soil - how to save the dead land – more information <https://superagronom.com/blog/925-viy-na-v-ukrayini-znischuye-grunti--yak-vryatuvati-mertvi-zemli>).



Conclusions

Reclamation of degraded lands using waste allows to reduce the costs of chemical fertilizers and other resources. In addition, such practices can create new jobs in the agricultural and environmental sectors, stimulating the development of a green economy.

Organic waste has a huge potential to restore degraded ecosystems. Their rational use can help to improve the condition of soils, restore biodiversity, reduce the level of pollution and contribute to mitigating the effects of climate change.

The conducted studies showed the effectiveness of applying composts that do not contain manure or contain it in a small amount in the conditions of the need to improve the quality of soils in the de-occupied territories. Studies have shown that the application of compost, which does not contain enough manure, formed in conditions of limited resources, is quite effective for clay-sand and gray-podzolic soils, which are most affected by military operations. Composts with a predominant content of food waste are especially effective. Composting of food waste allows, with a competent information company, to significantly reduce the volume of solid household waste that is generated in de-occupied territories and requires restoration of the system of handling it.

References

1. As a result of the war in Ukraine, more than 5 million hectares of agricultural land have been contaminated. Official website of the Parliament of Ukraine. 02 March, 2023 Retrieved from: https://www.rada.gov.ua/news/news_kom/233737.html
2. Consequences of military actions and impact on the environment. Official resource of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. Retrieved from: <https://ecoagroza.gov.ua/>
3. Tykhomyrova T.S., Shestopalov O.V., Razno M.R., Kochetov M.S. (2024) Study the compost composition impact on its ability to improve soil quality. *Agricultural innovations*, vol. 25, pp. 72-78.
4. How the Russian war harms Ukrainian soil - the results of the study (n.d.). Retrieved from: <https://ecoaction.org.ua/grunty-doslidzhennia.html>
5. Golubtsov O., Sorokina L., Sploditel A., Chumachenko S. The impact of Russia's war against Ukraine on the state of Ukrainian soils. Analysis results. Kyiv: NGO "Ekodiya Center for Environmental Initiatives", 2023. - 32 p.
6. Як війна впливає на родючість ґрунтів та якість їжі? (б.д.) Retrieved from: <https://ecoaction.org.ua/vijna-vplyvaie-na-grunty.html>
7. Війна в Україні знищує ґрунти — як врятувати мертві землі? 08 грудня 2022. Retrieved from: <https://superagronom.com/blog/925-vijna-v-ukrayini-znischuye-grunty--yak-vryatuvati-mertvi-zemli>



Відновлення екосистеми ливарних відходів машинобудівних підприємств у повоєнний час

Повзун О.І.

Донецький національний технічний університет, Луцьк, Україна

povzun.aleksey@gmail.com

The restoration of the foundry waste ecosystem of machine-building enterprises in the post-war period

Povzun O.

Donetsk National Technical University, Lutsk, Ukraine

povzun.aleksey@gmail.com

Abstract. A method of restoring the ecosystem of foundry waste dumps by restoring spent molding mixtures of the Druzhkivskiy Machine-Building Plant in the production of aerated concrete is proposed. The characteristics of the ecosystem of foundry production are provided. The negative impact of used molding mixtures on the environment is described. The initial materials for the preparation of foam concrete mixtures were tested. Of the six investigated foaming agents, the most effective foaming agent - saponified wood resin - was adopted in further studies. The multiplicity of the foam was calculated according to the known method as the ratio of the foam volume to the volume of the foaming agent working solution from which it was formed. The criteria for evaluating the quality of porous material are the average density of foam concrete and its limit of compressive strength in the dry state. The average density (in kg/m³) of foam concrete as a ratio of the mass of the sample to its volume. For comparison, as a siliceous component were used traditional (quartz sand) and spent molding mixtures of foundry production. Compositions of foam concrete mixtures were selected based on the calculation of components per 1 kg of dry components (0.3 kg of cement + 0.7 kg of silica component; 0.4 kg of cement + 0.6 kg of silica component; 0.5 kg of cement + 0.5 kg of silica component). Foam concrete samples-cubes were subjected to thermal and moisture treatment according to the regime of 0.5+7+1 hours (temperature rise + isothermal exposure + cooling). The average density of foam concrete on sand is 1.0-1.2% higher than on used molding mixtures. Average density values are 900-970 kg/m³. According to the state standard of Ukraine, the studied foam concrete belongs to the D900 and D1000 brands of average density. The compressive strength of foam concrete on sand is, on average, 7% higher than on spent molding mixtures. The value of the compressive strength of foam concrete on molding mixtures is 4.8-5.3 MPa. According to the state standard of Ukraine, the studied foam concrete belongs to classes C3.5 and C5.

Keywords: ecological system, foundry waste, restoration

Вступ

Джерелами забруднення повітряного басейну є стаціонарні джерела викидів забруднюючих речовин – промислові та комунальні підприємства та пересувні джерела, переважно автотранспорт, а також неорганізовані викиди, які надходять в атмосферу у вигляді ненаправлених потоків газопилової суміші від джерел забруднення, неоснащених спеціальними спорудами для відведення газів газоходами, трубами та іншими спорудами (наприклад, під час зберігання промислових відходів у відвалах).

За метеорологічними умовами місто Дружківка Донецької області віднесене до територій з підвищеним потенціалом забруднення атмосферного повітря, з несприятливими умовами розсіювання промислових викидів (Генеральний план, 2017).

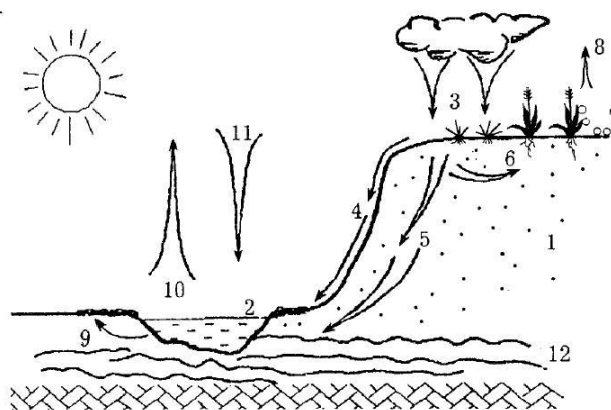


Рис. Схема руху в екосистемі відвалу ливарного виробництва:

- 1 – відвал; 2 – стічні води; 3 – опади; 4 – поверхневий стік; 5 – фільтрація води з вимиванням солей; 6 – поглинання частки вологи рослинами; 7 – конденсат на рослинах і ґрунті; 8 – випарування конденсату і вологи, що міститься у ґрунті і рослинах; 9 – засолення ґрунту; 10 – випарування води; 11 – абсорбція атмосферного повітря; 12 – ґрунтові води

Згідно даних статистичної звітності в останні роки загальні викиди забруднюючих речовин по місту становлять 3,4-3,8 тис. т за рік (Генеральний план, 2017) залежно від року, що обумовлюється економічною активністю підприємств.

За даними Дружківської Міської філії на її території знаходяться 3 місця зберігання відходів промислових підприємств: ПАТ «Дружківський машинобудівний завод», ПрАТ «Дружківський завод металевих виробів», ТОВ «Дружківський фарфоровий завод» (Звіт, 2020).

На полігоні та шламонакопичувачі ПАТ «Дружківський машинобудівний завод», що розташований на відстані близько 250 м від південно-східної межі міста (близько 2 км від існуючої забудови), накопичено відходи плавильного, гальванічного виробництв (шлаки відпрацьовані сумісні, відпрацьовані формувальні суміші, шлами гальванічні тощо) (Одноріг та ін., 2023). Через активні бойові дії в Донецькій області внаслідок російської агресії відновлення екосистем відвалів накопичених промислових відходів неможливо.

Метою роботи є відновлення екосистеми відвалів ливарних відходів шляхом відновлення відпрацьованих формувальних сумішей ливарних цехів у повоєнний час.

Характеристика екосистеми ливарних відвалів

Опис екосистеми ливарного виробництва може бути виконано на основі синергетичного підходу, який дозволяє значно розширити можливості дослідницького апарата. Екосистема ливарних відвалів є відкритою; має високий рівень складності і велику кількість елементів, зв'язки між якими носять не жорсткий, а імовірнісний характер. Тому в цій екосистемі відбуваються процеси самовідновлення і самоорганізації.

При всій ефективності цього підходу він не дозволяє одержати кількісне оцінювання процесів, що відбуваються в системі. А без такої оцінки неможливі розроблення методів раціонального природокористування і прогнозування станів природних техногенних об'єктів у динаміці.

Одним з елементів, що дозволяють досліджувати динамічні процеси в екосистемах, є волога. Рух водних потоків дає найбільш наочне уявлення про перенос енергії і речовини в природних системах.

Наприклад, в екосистемі відвалів ливарного виробництва (рис. 1) на «вході» волога представлена атмосферними опадами 3 і конденсатом, які трансформуються в поверхневі 4 та підземні 5 стоки. На «виході» ці потоки речовини і енергії реалізуються в утворенні водойми стічних вод 2. Аналогічно рух вологи можна розглядати далі по ландшафтним ланцюжкам «водойма – ґрунт – рослинність», «водойма – атмосфера», «водойма – прилеглий ставок – лиман – море» тощо. Практично у кожній ланці подібних ланцюжків природні межі працюють не тільки на «вхід» або «вихід», а одночасно на «вхід» і «вихід» (потоки 7–8, 5–9, 10–11 та ін.). Отже, тут спрацьовує подвійність функціонування природних меж.



Негативний вплив відпрацьованих формувальних сумішей на довкілля

Під час виробництва виливок у формувальну суміш потрапляють такі шкідливі речовини, як метан, етан, пропан, ізопентан, бензол, толуол, стирол, етилен, ацетилен, пропилен та інші вуглеводні, які відносяться до числа широко поширених фітотоксичних забруднювачів навколишнього середовища. У зеленій масі кукурудзи ароматичні вуглеводні виявлено впродовж 4-5 днів, у злакових травах – 2-3 днів, у коренеплодах моркви – 5-6 днів після поливання рослин стічними водами.

Велику загрозу для навколишнього середовища завдають не стільки об'єми ливарних відходів, скільки їх активність. Відвали ливарного виробництва, будучи (переважно) сумішшю пісків і глин, виконують роль літоелемента. І, як будь-який природний ґрунт, вони стають своєрідною мембраною, через яку «просуваються» процеси обміну речовин між літосферою, атмосферою та гідросферою. Одним з основних механізмів обміну речовин є фільтрація: атмосферні опади, проходячи крізь відвали, утворюють стічну водойму, вода з якої, в свою чергу, просочується крізь ґрунт. Осади вимивають з відвалів шкідливі хімічні речовини і сполуки, що містяться в них, які очищують самі відвали, але забруднюють інші елементи екосистеми.

Відомо, що п'ятирічні відвали містять ~ 6 % глинистої складової, двадцятирічні – 42 %, тридцятирічні – 15 %. Окрім того, зі збільшенням терміну перебування відвалів у природних умовах в них накопичуються домішки органічного походження і мулові частинки. Отже, «свіжі» ливарні відвали можна віднести до чистих піщаних ґрунтів, а «старі» – до забруднених. В цілому з часом відвали стають хімічно чистішими, але забруднюються механічно (домішками). Окрім того, відвали мають високу газо- і водопроникність.

До елементів ландшафту, що прилягають до ливарних відвалів, належать і водойми у їх підніжжя. Біотестування водойм показує, що токсична вода негативно впливає на живі організми (як тест-об'єкти риби *Roesselia reticulata* Peters гинуть у таких водах впродовж 15 хвилин). Отже, водойма, утворена внаслідок просочування опадів крізь відвали, є накопичувачем всіх шкідливих речовин, які вимиваються з відпрацьованих сумішей.

Через наявність сполучень заліза (переважно солей) вода має червоно-коричневе забарвлення. Засолення водойми, в свою чергу, призводить до засолення ґрунту, прилеглого до відвалів. Внаслідок цього площа непродуктивної землі збільшується. Процес засолення ґрунту обумовлено тим, що всі забруднюючі речовини поступово вимиваються з відвалів при фільтрації атмосферних опадів і змиванні поверхневим стоком (так і утворюються водойми).

В природі процес утворення солей з водних розчинів відбувається в декілька стадій, якщо у волі міститься декілька солей. У такому випадку солі випадають в осад згідно з розчинністю. Звичайно спочатку випадає вапно, потім гіпс і кам'яна сіль. Так, в результаті випаровування морської води виникають поклади кам'яної (NaCl) і калійної (KCl) солей. В лабораторних умовах цей процес моделюють шляхом комбінації хімічних реакцій з постійною їх зміною залежно від розчинності солей, які вступають у хімічну взаємодію. Із розчину, що максимально імітує природний (водний розчин гіпсу + хлорид калію + хлорид натрію + хлорид заліза + слабкий розчин соляної кислоти), спочатку виділяються сульфат калію, потім хлорид натрію у вигляді суцільної маси, а на останній стадії випадають в осад прозорі кристали калійної солі.

З метою наближення цього експерименту до умов екосистеми ливарних відвалів враховують особливості мінерального складу стічної водойми. Для цього в експериментальний розчин додають декілька крапель води, взятої саме зі стічної водойми. Доведено, що солі випадають за тою самою послідовністю, однак їх забарвлення набуває червонуваті відтінки, що свідчить про наявність іонів заліза. Окрім того, випаровування такого розчину супроводжується сильним запахом сірководню.

Моделювання екологічних процесів шляхом підбору хімічних реакцій дозволяє аналізувати не лише їх наслідки, а і динаміку їх розвитку. Це, в свою чергу, дає можливість прогнозувати протікання цих процесів за різними варіантами.

У ливарних цехах машинобудівних заводів у багатьох випадках екологічною небезпекою стають мінеральні матеріали, які використовують для виробництва формувальних сумішей



(пісок, азбест тощо). В основному це кварцові піски, які утворились внаслідок вивітрювання гірських порід або піски морських відкладень. Зерна піску мають округлу форму, набуту в результаті тертя, шліфування, стирання гострих граней. Зерна пісків однорідні і досить крупні (0,2-3,0 мм). Однак в процесі виробництва пісок піддається механічному і термічному руйнуванню в бігунах, формувальних машинах, під час заливання розплавленого металу, вибивання відливок з форм тощо (це підтверджує аналіз розмірів частинок формувальної суміші, взятої на різних стадіях виробничого циклу).

Таким чином, поєднання різних принципів і підходів у дослідженні такого природного техногенного утворення як відвали ливарного виробництва дозволить розв'язати низку завдань:

- перейти від якісного аналізу до кількісного оцінювання стану екосистеми;
- визначити кількість розчинених речовин, що вимиваються з відвалів накопичуються у стічній водоймі;
- дослідити міграцію речовин у відвалах і водоймі в інші елементи ландшафту;
- оцінити наслідки подальшої експлуатації відвалів як техногенного утворення;
- розробити методи відновлення і ефективного використання відвалів за природних умов.

Методи та матеріали

Для пінобетонної суміші як матеріали для досліджень прийнято цемент, пісок, відпрацьовані формувальні суміші ливарного цеху Дружківського машинобудівного заводу, вапно грудкове (негашене), піноутворювач – смола деревна омилена (СДО), вода.

Для оцінювання якості поризованого матеріалу визначали середню густину (в кг/м³) пінобетону як відношення маси зразка до його об'єму згідно з ДСТУ Б В.2.7-170:2008, а границю міцності на стиск (в МПа)– на гідравлічному пресі як відношення руйнівної сили до площі зразка куба (з урахуванням масштабного коефіцієнта та поправочного коефіцієнта на вологість зразка) за методикою, викладеною в ДСТУ Б В.2.7-214:2009.

Результати та обговорення

Аналіз експериментальних даних показує (табл. 1), що середня густина ніздрюватого бетону на основі кварцового піску коливається від 910 кг/м³ до 980 кг/м³, у той самий час як на відпрацьованих формувальних сумішах ливарного виробництва цей показник змінюється від 900 кг/м³ до 970 кг/м³, що на 1,0-1,2% є меншим від попереднього.

Таблиця 1. Витрати кремнеземистого компонента та фізико-механічні властивості пінобетону

Склад ніздрюватобетонної суміші	Кількість кремнеземистого компонента на 1 кг сухої суміші, кг		Кількість СДО, л	Кількість води, л	Середня густина ніздрюватого бетону, кг/м ³	Границя міцності ніздрюватого бетону на стиск, МПа
	кварцовий пісок	відпрацьована формувальна суміш				
1	2	3	4	5	6	7
1	0,70	-	0,08	0,330	980	4,9
2	0,70	-	0,09	0,320	960	4,6
3	0,70	-	0,10	0,310	950	4,5
4	0,60	-	0,08	0,335	975	5,6
5	0,60	-	0,09	0,325	955	5,3
6	0,60	-	0,10	0,310	940	5,1
7	0,50	-	0,08	0,340	940	6,5
8	0,50	-	0,09	0,330	920	5,6
9	0,50	-	0,10	0,320	910	5,4
10	-	0,70	0,08	0,355	970	4,8
11	-	0,70	0,09	0,355	955	4,5
12	-	0,70	0,10	0,345	945	4,3
13	-	0,60	0,08	0,360	965	5,2
14	-	0,60	0,09	0,359	945	5,1
15	-	0,60	0,10	0,345	930	5,0
16	-	0,50	0,08	0,365	935	5,7
17	-	0,50	0,09	0,355	910	5,4
18	-	0,50	0,10	0,340	900	5,3



Тим не менше, згідно з ДСТУ Б В.2.7-170:2008 пінобетон на ливарному відході відповідає маркам за середньою густиною D900 і D1000. Границя міцності на стиск ніздрюватого бетону на формувальних сумішах становить від 4,8 МПа до 5,3 МПа (таблиця), що відповідає класам за міцністю С3,5 і С5 (відповідно до ДСТУ Б В.2.7-214:2009).

Висновки

- показано ефективний спосіб відновлення екосистеми ливарних відвалів шляхом відновлення відпрацьованих формувальних сумішах у виробництві ніздрюватого бетону;
- фізико-механічні властивості ніздрюватого бетону зі смолою деревною омиленою довели доцільність використання цього піноутворювача;
- розробка відвалів накопичених відходів ливарних цехів машинобудівних підприємств сприятиме поліпшенню екологічної ситуації навколо них.

Список використаних джерел

1. Генеральний план м. Дружківка Донецької області. 2017.
<https://data.gov.ua/dataset/f733005e-7a56-42ea-a088-f734134d95a7/resource/64d2be94-8102-481e-87cd-0b49067ebe61/download/osnovni-polozhennia-generalnogo-planu-druzhkivka-2017.doc>
2. Одноріг З., Мальований М., Мороз О. (2024). *Оцінка впливу на навколишнє середовище*. Львів: Львівська політехніка, 2024. 200 с.
3. ЗВІТ про надання послуг з розробки технічної документації «Схема санітарного очищення м. Дружківка Донецької області». (2020).
https://druisp.gov.ua/images/documents/dodatku/vukonkom/020221/Схема_саночищення_Дружківк_а_10.12.2020_1.pdf

Restoration of Natural Plant Communities on Post-War Territories

Radomska M.

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

m.m.radomska@gmail.com

Abstract. The paper presents the overview of major types of effects war activities exert on plant communities. The general trends of succession processes at former battlefields were considered. Based on the literature review patterns of plant communities' changes initiated by military operation were established. The most important factors are the state of the soil cover at the site, the type of initial community and the presence of invasive species in the locality. Based on the landscape and climatic conditions of the battle areas in Ukraine the list of invasive species, which could be potential invaders of these damaged communities was established, including black locust, wild olive, Eastern daisy, Canadian horseweed, and spiny burr grass. The other adventive plants are shown to be at the edge of invasion due to favorable conditions at the area: unoccupied area, minimal competition with local species and generally favorable climate. The negative effects of monocultural plantation were considered and it was shown that there are some positive trade-offs between the delayed restoration of natural communities and limited ecosystem services, provided by invaded communities: soil stabilization and enrichment. It is also shown that there is a need to develop special plans of control over these communities and be ready to initiate their clearance to support the re-establish of typical plant associations after the stabilization of substrate.

Keywords: invasive species; succession; battlefields phytocenosis; biodiversity.



Introduction

Hostilities damage social systems, infrastructure and cause fatalities, making them one of the most damaging human activities. Reconstruction of material assets and improvement of demographic situation needs considerable time and investments, which are included into restoration plans for affected territories. However, such plans are quite often leave the issues of damaged environment behind their main scope. The general assumption is that natural ecosystems possess the self-restoration potential and will gradually re-establish themselves to initial condition. The potential of previously undisturbed communities is rather high, but plant associations of semi-natural origin, transformed by agricultural practices of any other forms of land use different from the natural status reduce their assimilation potential and thus the probability of full-scale restoration of ecosystems declines.

Damaged natural ecosystems are also vulnerable to invasive species, which can take advantage of limited resources not sufficient for typical plants of the area. The invading species could be also more adapted to the physical condition of damaged landscapes, including modified relief, water provision and level of insolation.

The aim of the given paper is to consider the case study of Eastern Ukraine in terms of its vulnerability to invasive species currently persisting in Ukraine. These data could be used for the prognosis of phytocenosis dynamics in the future and development of recommendations to avoid homogenization of newly established communities due to invasions. The study of the battlefields phytocenosis changes are not very common in scientific literature, however, there are some cases, which could be useful for the assessment of the state and prospects of plant communities in the areas, affected by war.

The disturbances, caused by military operations, are quite diverse (Machlis & Hanson, 2008) and include, but not limited to:

- mechanical pressure from heavy transport and installations;
- physical destruction due to explosions and other physical effects;
- chemical pollution of substrate with petroleum products and components of explosive materials;
- thermal damage and complete combustion from fires.

Even though the essence of these effects is different the restoration of plant cover follows the general sequence of succession, which depends primarily on the status of soils: if soil integrity is preserved the grasses will occupy the area as soon as the vegetative period starts. In case of the complete or partial destruction of soil layer, the pioneering plants will start the restoration of both soil cover and plant association. Nevertheless, the observations demonstrate that another factor of importance is the type of initial community and the presence of invasive species in the locality.

Methods and Materials

The research involved three steps. First of all, the analysis of available case studies with post-military plant communities' restoration was conducted. Secondly, the plants able to establish monocultural communities at the area under investigation were defined. Finally, the available data on the structure of plant communities at the areas, affected by war actions over the previous two years were studied. The results of the analysis were used to consider the possibility of directing the succession processes toward the formation of communities with initial biodiversity and of the same life forms.

Results and Discussions

The effects of tracking heavy vehicles on plant communities of three types - woodland, grassland, and shrubland were studied at Fort Carson, Colorado (Milchunas et al., 2000). The woodland communities changed their structure through the increased share of grasses and bushes, as well as first tier trees. Grassland communities demonstrated more intensive changes in diversity of species, but generally high resilience and ability to restore initial type of community on the whole. In all three communities invasive species were established to the extent, which depended on the level of community damage.

The impacts of war on plant communities could be also indirect, but still very profound. In particular, Gorongosa National Park, Mozambique, demonstrated dramatic increase in the area covered



by woodland and shrubland as a result of almost complete extinction of grazing and browsing mammals during the Civil War (Daskin et al., 2016).

The greatest hydrocarbon pollution of the environment took place in Kuwait during the Second Gulf War. It resulted in massive die-off of desert vegetation. But soon after the end of the impact, communities were able to recover with the rate with correlated with soil fertility level (Abdullah et al., 2019). Another important insight was that desert communities managed to recover in areas contaminated by hydrocarbons at a higher rate than noncontaminated sites in the study area. This might be connected to the stimulation effect of initial organic pollution on soil biota.

In some cases, the intensity of war impacts was so high, that communities were not able to recover. An example of that is the legacy of the WWII in Verdun, France, produced by heavy artillery fire, which is still devoid of vegetative growth (Hupy, 2006).

War generally involves relocation of long-distance of vehicles and people, which contributes to the expansion of habitats of plant species, some of which could be upgraded to invasive in new localities. At the same time, most of war damage leads to partial or complete clearance of areas, making them a suitable field for establishment of invasive species, which are normally present at the area, but previously not demonstrating aggressive pressure on local communities.

Considering the natural and geographical conditions of the area, involved in military operations in Ukraine, and species possessing ability to propagate efficiently at the areas with damaged ecosystems the following plants are expected to occupy vacant ecological niches at the area:

- Black locust, aka White acacia in Ukraine (*Robinia pseudoacacia*);
- Russian olive, aka Wild olive in Ukraine (*Eleagnus angustifolia* L.);
- Eastern daisy (*Stenactis annua*);
- Canadian horseweed, aka fleabane in Ukraine (*Conyza canadensis*);
- Spiny burr grass (*Cenchrus longispinus*).

The first two are tree of medium and low height correspondingly and the later three are grasses. This list includes only those species, which have already demonstrated invasive potential, but the possibility of stable species turning to invasive is obviously high in this area. The consequences of the invasions are quite diverse and cause multiple concerns. First of all, their establishment prevents restoration of typical and diverse communities. Even in cases where white acacia and wild olive form their communities they are very much dominated by these trees and lower tiers of vegetation are poorly developed. Some of them are able to produce allelopathic chemicals, which suppress the growth and development of other organisms.

The surveys in the areas along the battle line (Donetsk and Mykolaiv oblast) show that most of the resorting area is occupied by black locust and to a lesser extent with wild olive. The grass cover, where the regrowth has taken place, is also limited in diversity with quite often domination of fleabane or cocklebur (*Xanthium albinum*), which has entered these areas long before, but now has additional opportunities for propagation.

Among the possible outcomes of the substitution of biodiverse communities with monocultural plantations of invasive species is the reduced efficiency of ecosystem services provision. This was observed in a range of battlefield parks established as a cultural and natural monument, but eventually they failed to support stable ecosystems (Lookingbill et al., 2019). However, these plants are able to perform the functions of pioneering species and provide such services as soil stabilization, nitrogen fixation and accumulation of organic matter in damaged or almost destroyed soil.

Thus, depending on the intensity of landscape destruction the intrusion of these species can be considered a trade-off for the sake of substrate restoration and its preparation for re-establishment of typical plant communities. But it is necessary to develop a clear plan of control over these species to prevent their propagation to the unique and valuable ecosystem, especially if they have been damaged and become vulnerable to other forms of disturbances. The control actions include chemical and mechanical removal or promotion of their harvesting as firewood or material.

References



1. Abdullah, M. M., Assi, A. T., Abdullah, M. T., & Feagin, R. A. (2020). Arid ecosystem resilience to total petroleum hydrocarbons disturbance: A case-study from the State of Kuwait associated with the Second Gulf War. *Land Degradation & Development*, 31(2), 155-167.
2. Daskin, J. H., Stalmans, M., & Pringle, R. M. (2016). Ecological legacies of civil war: 35-year increase in savanna tree cover following wholesale large-mammal declines. *Journal of Ecology*, 104(1), 79-89.
3. Hupy, J. P. (2006). The long-term effects of explosive munitions on the WWI battlefield surface of Verdun, France. *Scottish Geographical Journal*, 122(3), 167-184.
4. Lookingbill, Todd R., Emily S. Minor, and Lisa A. Wainger. "The ecosystem service impacts from invasive plants in Antietam National Battlefield." *Collateral Values: The Natural Capital Created by Landscapes of War* (2019): 133-154.
5. Machlis, G. E., & Hanson, T. (2008). Warfare ecology. *BioScience*, 58(8), 729-736.
6. Milchunas, D. G., Schulz, K. A., & Shaw, R. B. (2000). Plant community structure in relation to long-term disturbance by mechanized military maneuvers in a semiarid region. *Environmental Management*, 25(5).

Використання у будівельній сфері відходів війни, що містять скло

Самойленко Н.М., Катенін В.Д., *Сакун А.О.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, Україна

Antonina.Sakun@kphi.edu.ua

Use of war waste containing glass in the construction sphere

Samoilenko N.M., Katenin V.D., *Sakun A.O.

National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute," Kharkiv, Ukraine

Antonina.Sakun@kphi.edu.ua

Abstract. War waste generated by destroying buildings, structures, and solar energy facilities contains glass. This includes solar photovoltaic panels damaged by weapons and large volumes of waste glass pharmaceutical ampoules. Glass is a resource well adapted for recycling, and its use as a secondary raw material conserves natural resources and reduces environmental pollution. Today, in Ukraine, it is almost impossible to set up the production of new solar panels from waste glass using globally accepted technologies. Recycling used or outdated pharmaceutical glass ampoules to produce new ampoule products is also a significant problem. In this regard, it is advisable to use this waste to produce in-demand products used in construction, which is relevant both now and during the period of the country's reconstruction.—An analysis of recent scientific research has shown the effectiveness of using glass scrap generated from solar photovoltaic panels in producing concrete and waste pharmaceutical glass ampoules in producing ceramic granite. The involvement of this waste in resource cycles helps conserve mineral resources and reduce environmental pollution, particularly carbon dioxide, in producing new products for construction needs. Using glass from waste solar photovoltaic panels in concrete production produces high-quality concrete for various purposes. Waste ampoule glass in 30%, added to the charge in the manufacture of angoba and glaze in producing ceramic granite, reduces the use of expensive natural raw materials and energy consumption in the fritting process.

Keywords: war waste, waste solar photovoltaic panels, waste glass pharmaceutical ampoules, environmental protection, construction.



Вступ

Відходи війни є різноманітними за своїм складом та не передбачувано утворюються у різних місцях, у відмінних обставинах та мають неоднаковий ступінь руйнацій будівель і споруд. Серед найважливіших завдань в управлінні такими відходами виділяються наступні: ретельне видалення відходів з місця утворення за умови недопущення повторного забруднення довкілля та максимально корисне використання їх ресурсного потенціалу.

Розбирання відходів руйнації, сортування та видалення є досить складними і відповідальними. Ракетними ударами руйнуються та пошкоджуються різні за характером споруди: промислової та непромислової сфери, житлові та адміністративні. До розбирання завалів залучаються комунальні служби, працівники підприємств та інших організацій, мешканці будинків та домогосподарств, волонтерські організації. Їх робота полягає у розбиранні та сортуванні відходів, до яких, в основному, належать будівельні. Практика показує, що відсортовуються такі матеріали як цегла, деревина, метал, які плануються для повторного використання. Велику проблему, що привертає увагу, є наявність у відходах скла, що може перероблятися у корисну продукцію. Звичайно основну частину у відходах складають пошкоджені склопакети, скло яких розбивається. Водночас скло також міститься у пошкоджених сонячних фотоелектричних панелях (СФЕП), які можуть бути у відходах руйнацій будь-яких за призначенням будівлях, що використовували сонячну генерацію, а також на промислових площадках сонячних електричних станцій. Також у відходах руйнацій медичних закладів може знаходитись велика кількість фармацевтичних скляних ампул (ФАС) з вмістом лікарського засобу. Відходи СФЕП містять компоненти, які шкідливо впливають на довкілля (Самойленко та ін., 2023), а ампули – залишки лікарського засобу, що чинить негативний вплив на компоненти навколишнього середовища (Samoilenko et al., 2019). Такі відходи не можуть змішуватись з листовим склом і при розбиранні завалів та сортуванні відходів їх доцільно окремо виділяти та у подальшому направляти на використання у виробництвах, де склобій може стати заміником природної сировини. Галуззю, що включає такі виробництва, є будівництво, яке необхідно розвивати як у теперішній час, так і у період відновлення країни. Зокрема, акцент може робитись на виробництві будівельних та оздоблювальних матеріалів.

Методи та матеріали.

В роботі використовувалися методи аналізу та порівняння наукових досліджень, присвячених темі використання відходів скла у будівельній галузі.

Результати та обговорення

Процес сортування відходів руйнації по своїй суті визначає можливість подальшого відновлення чи рециклінгу складових відходів, повнота яких безпосередньо впливає на обсяги сміттєзвалищ, а також погіршення стану довкілля через надходження шкідливих речовин у ґрунт та підземні води. Операції розбирання та сортування відходів не можуть мати абсолютно нормативний підхід, так як характеризуються своїми особливостями щодо власника відходів (промислова організація, домогосподарство та ін.), учасників виконання робіт, фінансування, людських ресурсів, поінформованості учасників процесу. У будь-якому випадку найважливішими питаннями у здійсненні таких робіт є правильне та повне сортування відходів, що запобігає потраплянню та розміщенню шкідливих відходів у довкілля та максимальне використання потенціалу ресурсоцінних відходів. З урахуванням даної цілі комунальні служби повинні забезпечувати місця розбору відходів контейнерами для збору особливо цінних відходів.

Вирішення проблеми управління відходами у теперішній час може бути розглянуто у двоякому вимірі: короткочасного періоду та у довгостроковій перспективі. Зважаючи на практичну неможливість створення необхідного обсягу об'єктів переробки відходів у короткочасний період, доцільно робити акцент на шляхах їх рециклінгу на працюючих виробництвах. Запровадження рециклінгу відходів скла у сферах будівельної галузі вимагає наявності ефективних та доступних технологій. Створення нових технологій потребує



додаткових наукових досліджень, спрямованих на розширення розробок, для досліджень яких необхідно фінансування. Крім того, наукова робота може мати тривалий період до отримання кінцевої розробки. Зважаючи на це, доцільним є аналіз вже існуючих та ефективних для запровадження наукових розробок, які пропонують вирішення проблеми управління відходами шляхом їх рециклінгу. Водночас у довгостроковій перспективі залишається потреба у проведенні наукових досліджень щодо рециклінгу відходів війни з урахуванням прогресивних вимог зеленої економіки та стійкого управління відходами.

Метою даного дослідження є аналіз технологій переробки скла у будівельній галузі та обґрунтування доцільності використання скла відходів сонячних фотоелектричних панелей у виробництві будівельних матеріалів та відходів ампульного медичного скла при виготовленні сучасного аналогу керамічної плитки – керамограніту.

Достеменно невідомо, скільки утворилось відходів руйнувань і які обсяги підлягали відновленню та рециклінгу, але накопичення таких відходів за деякими оцінками сягає сотень тисяч тон і більше. За попередніми даними обласних військових адміністрацій, станом на кінець 2023 року, загальна кількість зруйнованих або пошкоджених об'єктів житлового фонду становить близько 250 тис. будівель, а адміністративних – 630. Знищено або пошкоджено 8 % СЕС. Також за цей період знищено 299 та пошкоджено 985 закладів охорони здоров'я (лікарні, поліклініки, медсклади та ін.) (Звіт, 2024). Великі обсяги відходів сонячних фотоелектричних панелей утворились при ударах по об'єктах СЕС.

Зважаючи на надзвичайно значні обсяги руйнувань можливо припустити, що відходів СФЕП утворилась також велика кількість, до якої у теперішній час можуть додаватись відходи СФЕП, що утворились іншим шляхом, а саме: конструкції, що виведені з експлуатації у зв'язку із закінченням терміну використання та непридатні для застосування внаслідок різних пошкоджень; відходи, що утворились при будівництві. Такі обсяги відходів дають підстави розглядати їх як джерело вторинного ресурсу для промислового виробництва. Також утворилась велика кількість відходів ФАС, які можуть бути залучені у процес переробки разом з іншими аналогічними відходами, що утворюються у теперішній час у медичних закладах, аптеках, аптечних складах та ін.

У 2022 році у світі було вироблено 150 млн т скла, проте переробляється лише 21% світового виробництва (Gegase, 2024). Тому відходи скла стають все більшою проблемою, а переробка склобою з отриманням нової продукції, як правило, потребує складних технологічних підходів. Для великих обсягів спеціального, змішаного, битого та забрудненого скла, які наразі не можуть бути перероблені, терміново потрібні нові рішення. Традиційні технології переробки скла обмежені необхідністю розділення склобою на різні типи скла та надзвичайною чутливістю процесу переплавлення до будь-якого забруднення (Heriyanto et al., 2018).

Скло вважається одним з найбільш придатних для вторинної переробки матеріалів, які при рециклінгу не втрачають своїх властивостей та характеристик. Добре відомо, що переробка відходів скла заощаджує природні ресурси, зменшує забруднення довкілля та знижує витрати на виробництво. Для плавлення склобою потрібно менше енергії ніж для плавлення і реакції матеріалів шихти, що зменшує споживання палива та, відповідно, утворення забруднюючих речовин, серед яких є пил та діоксид вуглецю. Зменшення викидів парникових газів, можуть досягати 250-300 кг на т переробленого скла (DeBrincat et al., 2019) Крім того, бите або відпрацьоване скло (склобій) може частково замінити мінеральну сировину.

Склобій використовується для виготовлення багатьох виробів, зокрема, скловолкна, наповнювачів фарб та пластиків, флюсів у ливарному виробництві та ін. Водночас одним із найбільш перспективних та практичних напрямків є використання відходів скла у будівельній сфері. В першу чергу, це обумовлено тим, що скло містить приблизно 72% кремнезему, а пісок – 89–96% кремнезему, тому скловідходи можуть бути заміною піску у виробництві будматеріалів. Як зазначається (Oludaisi Adekomaya et al., 2021), у багатьох наукових роботах показано, що найкраще мінімізувати негативний вплив склобою на довкілля його включенням



до складу будівельних матеріалів, таких як цемент, будівельні розчини, бетони та блоки. Встановлено, що матеріали зі склобою можуть бути використані в будівельних конструкціях.

Бетон, що містить порошкоподібне скло, продемонстрував чудові властивості довговічності, а отримані результати показали, що склобій може бути потенційно використаний як крупний і дрібний заповнювач у виробництві бетону (Hussein Hamada et al., 2022). Також скло може слугувати заміною гравію та піску у будівництві дорожнього полотна (What to do..., 2022). Крім того, подрібнене до стану дрібного піску скло допустимо використовувати не тільки у виробництві бетонів, але й у поєднанні з пінопластом для створення легкого наповнювача для ізоляції та будівництва фундаменту. Описані дослідження щодо змішаних відходів скла з отриманням цінних будівельних матеріалів без переплавлення, – на первинну сировину для виробництва полімерних склокомпозитів (Heriyanto et al., 2018).

Доведено, що додаткові цементуючі матеріали є ефективною альтернативою для зменшення вуглецевого сліду бетону шляхом часткової заміни цементу в його рецептурі (Higuchi et al., 2021). Склопорошок має великий потенціал для покращення механічних характеристик бетону та його довговічності. Як зазначено (Heriyanto et al., 2018), подрібнений склопорошок можна використовувати як часткову заміну цементу в будівельних розчинах, а також як наповнювач для асфальту, бетонних тротуарів і тротуарних плит та ін. Однак, оскільки скляні відходи можуть бути використані для заміни лише 10–30% вихідних матеріалів у цих застосуваннях, вони можуть поглинати лише невеликі обсяги цих масових відходів.

Таким чином, аналіз наукових публікацій показує перспективність переробки склобою у будівництві та потребує розширення технологій рециклінгу цього цінного вторинного ресурсу.

Новою розробкою щодо використання скла у виробництві будматеріалів є рециклінг скла сонячних фотоелектричних панелей, що пропонується застосувати при виготовленні бетону (Корогодська та ін., 2023). Доведена можливість використання скла сонячних фотоелектричних панелей для часткової заміни цементу та розроблення зразків бетонів на його основі. Встановлено, що відходи склобою з СФЕП можуть бути використані як заповнювач для отримання бетонів загальнобудівельного призначення. Розроблені бетони придатні для несучих елементів цегляної кладки та використовуватись для виготовлення мостових конструкцій, гідротехнічних споруд, спеціальних залізобетонних конструкцій, банківських сховищ, метро, дамб та інших конструкцій зі спеціальними вимогами.

На сьогодні ще одним напрямком рециклінгу відходів скла у будівельній галузі є використання склобою фармацевтичних ампул у виробництві керамічної плитки. Масово такі відходи в умовах війни утворюються у лікарнях, реабілітаційних медичних центрах, поліклініках, а протерміновані – в аптечних складах, аптеках, і навіть у центрах гуманітарної допомоги. Ці заклади здійснюють діяльність з управління відходами за нормативними вимогами (збір та передача відходів спеціалізованим суб'єктам господарювання). На жаль, величезні обсяги фармацевтичних відходів (значною частиною протерміновані ліки) потрапляють на сміттєзвалища як побутові відходи.

В Україні чітко визначені операції управління з фармацевтичними відходами, які включають їхній збір, сортування, транспортування, обробку та знищення. Скляні ампули спалюють у спеціальній печі при температурі 850-1000⁰С, що є енергетично затратним та не екологічним процесом.

Розроблені технологічні аспекти використання ФАС при виготовленні ангобу та глазурі у виробництві керамограніту (Samoilenko et al., 2019, Федоренко та ін., 2023). Проведено дослідження по розробці ангобних покриттів із використанням суміші відходів скляних фармацевтичних ампул для технології глазурованого керамограніту з вмістом 30 мас. % скловідходів. Ресайклінг таких відходів зменшує негативний вплив на довкілля та сприяє збереженню мінеральної сировини. Визначено раціональний шихтовий склад глянцевого ангобу, який містить 30 мас. % скловідходів, що дозволяє на 10 % знизити вміст кошовної ангобної фритти (Samoilenko et al., 2019).

Дослідження, проведенні щодо переробки відходів скляних фармацевтичних ампул, показують ефективність їх використання для виготовлення полив для вироблення



керамограніту (Федоренко та ін., 2023). Розроблено сировинні композиції з вмістом 15-30 мас. % даних відходів, що забезпечують високі експлуатаційні показники. Використання відходів даного виду сприяє економії високовартісної сировини, скороченню витрат енергоресурсів та зменшує викиди діоксиду вуглецю та інших шкідливих речовин при виготовленні керамограніту.

Висновки

При наявності у відходах руйнацій уражених СФЕП та фармацевтичних скляних ампул їх доцільно збирати та подалі використовувати склобій у якості замітника природних матеріалів при виготовленні продукції, на яку є значний попит. У теперішній час та у короткостроковій перспективі пропонується рециклінг скла даних відходів у виробничих процесах виготовлення матеріалів, які використовуються у будівництві, а саме отримання бетонів. Переробку відходів скляних фармацевтичних ампул, що масово утворюються у лікарняних та інших медичних закладах доцільно проводити при виготовленні ангобу та поливи для отримання керамограніту.

Запропонований напрямок використання даних видів відходів для виробництва нового продукту є енерго- та ресурсоефективним і відповідає діяльності щодо впровадження вимог ЄС у галузі управління відходами, положенням Закону України «Про управління відходами» від 20.06.2022 р. та спрямований на сталий повоєнний розвиток країни.

Список використаних джерел

1. Самойленко Н. М., Корогодська А. М., Катенін В. Д. Дослідження впливу відходів сонячних фотоелектричних панелей на ґрунт. *Екологічні науки*, 2023, (5)(50), 25-29.
2. N. Samoilenko, L. Shchukina, A. Baranova (2019). Development of engobe composition with the use of pharmaceutical glass waste for glazed ceramic granite. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, vol. 100, Issue 10, pp.6-12. 10.15587/1729-4061.2019.175922.
3. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії Росії проти України станом на початок 2024 року. Квітень 2024. Available: https://kse.ua/wp-content/uploads/2024/04/01.01.24_Damages_Report.pdf
4. DeBrincat G., Babic E. Rethinking the Life-cycle of Architectural Glass. <https://www.glassonweb.com/article/rethinking-life-cycle-architectural-glass>
5. Katy S. Gerace, John C. Mauro (2024). Characterization of soda–lime silicate glass bottles to support recycling efforts. *International Journal of Ceramic Engineering & Science*. vol. 6, Issue 3 e10217. <https://doi.org/10.1002/ces2.10217>
6. Heriyanto, Farshid Pahlevani, Veena Sahajwalla (2018). From waste glass to building materials – An innovative sustainable solution for waste glass. *Journal of Cleaner Production*. vol.191, pp. 192-206. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.04.214>
7. Oludaisi Adekomaya, Thokozani Majozi (2021). Mitigating environmental impact of waste glass materials: review of the existing reclamation options and future outlook. *Environmental Science and Pollution*. DOI: [10.1007/s11356-020-12263-0](https://doi.org/10.1007/s11356-020-12263-0)
8. Hussein Hamada, Alyaa Alattar , Bassam Tayeh , Fadzil Yahaya , Blessen Thomas (2022). Effect of recycled waste glass on the properties of high-performance concrete: A critical review glass materials: review of the existing reclamation options and future outlook. *Case Studies in Construction Materials*. vol.17. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01149>
9. What to do with glass that is not recyclable? Averda. Waste Management. Available: <https://www.averda.com/rsa/news/glass-not-recyclable>
10. Higuchi, A. M. D., dos Santos Marques, M. G., Ribas, L. F., & de Vasconcelos, R. P. (2021). Use of glass powder residue as an eco-efficient supplementary cementitious material. *Construction and Building Materials*, 304, 124640. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124640>
11. Корогодська А., Катенін В., Самойленко Н., Шабанова Г. (2023). Розробка складів бетонів з використанням відходів скла сонячних фотоелектричних панелей. *Вісник Хмельницького національного університету*, №6, с.189-193.



12. Федоренко О.Ю., Самойленко Н.М., Баранова А.О., Лісачук Г.В., Кривобок Р.В. (2023). Розробка складу матової поливи з використанням фармацевтичних скловідходів для виробництва керамограніту. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. No. 5. pp. 123-134. DOI: 10.32434/0321-4095-2023-150-5-123-134.

Перспективи використання модифікованого дигестату для біоремедіації ґрунтів, що постраждали внаслідок війни

*Сіпко І., Аблеєва І.

Сумський державний університет, Суми, Україна

i.sipko@ecolog.sumdu.edu.ua

Prospects of using modified digestate for bioremediation of war-damaged soils

*Sipko I., Ablieieva I.

Sumy State University, Sumy, Ukraine

i.sipko@ecolog.sumdu.edu.ua

Abstract. The places of combat clashes carry not only an immediate threat from the use of ammunition, but also a distant one - in the form of pollution by heavy metals, oil hydrocarbons and disruption of life cycles and circulation of substances in ecosystems. This leads to the deterioration of the quality of the soils until they lose their properties temporarily or on a permanent basis, and in the future - with the possible removal of lands suitable for agricultural use, including due to their danger. The reduction of cultivated areas will reduce the volume of production, which will significantly affect the well-being of low-income countries, and in the direct sense will lead to a food crisis. The use of biogas digestate to rehabilitate disturbed lands is becoming widespread, as the fermented biomass contains a significant amount of macro- and microelements, which are necessary for plant growth and increased productivity. Adding nutrients together with biofertilizer initiates the growth and development of local microorganisms, which accelerates self-regeneration processes without disturbing the composition of the native microflora, and also contributes to the improvement of plant growth and resistance due to the addition of the NPK complex. This work focuses on the study of the possibility of using biogas digestate in combination with biosurfactants for cleaning soils contaminated with heavy metals and oil products, followed by the return of their qualities, properties and restoration or increase of fertility as a technology for protecting the geosphere.

Keywords: bioremediation, biosurfactant, heavy metals, digestate, oil products.

Вступ

У зв'язку з теперішньою ситуацією в Україні вже сьогодні виникла проблема біоремедіації ґрунтів, забруднених важкими металами та нафтопродуктами, так як значна частина старої техніки зайшла та залишилася підбитою на території нашої країни. А це з високою вірогідністю призводить до тимчасового або постійного вилучення земель із сільськогосподарського використання, порушення кругообігу речовин і збільшення ризику захворюваності. Так виглядає локальність проблеми. У глобальному плані відчуження родючих земель означає скорочення посівних площ та зменшення врожаю, що зрештою стане відчутним для всього світу, зважаючи на частку української сільськогосподарської продукції на світовому ринку. Для вирішення цієї проблеми розглянуто існуючі та доступні технології, які можуть стати перспективними для повернення ґрунтам їх властивостей.



Продукти біогазової промисловості знаходять своє застосування не лише в енергетичній, але і в екологічній сферах. Зброджена біомаса, яку отримують після анаеробної ферментації, містить макро-, мікроелементи, поживні речовини, мікроорганізми. Склад дигестату залежить від походження сировини, яка піддається анаеробному зброджуванню. Найоптимальніше використовувати для цього відходи різних виробництв, оскільки це сумісно вирішує проблему їх розміщення, накопичення та зберігання. До них відносять: харчові, агропромислові, тваринні та промислові. Так як дигестат багатий на поживні речовини, його часто використовують у якості біодобрива.

Для покращення властивостей дигестату та пролонгації ефективності його дії вдаються до додавання природних агентів, які є стабільними та екологічно безпечними. Біосурфактанти являють собою поверхнево-активні речовини, що виробляються мікроорганізмами. Вони є нетоксичними та безпечними й досить поширеними для використання в промисловості, косметології, фармацевтиці. Усі біосурфактанти є амфіфілами, тобто вони складаються з двох частин – полярної (гідрофільної) частини та неполярної (гідрофобної) групи. Гідрофільна група складається з моно-, оліго- або полісахаридів, пептидів або білків, а гідрофобна частина зазвичай містить насичені, ненасичені та гідроксильовані жирні кислоти або жирні спирти (Pacwa-Plociniczak et al., 2011). Поверхнево-активні речовини з природних джерел, відомі як біоповерхнево-активні речовини, виявилися екологічно безпечною альтернативою їх синтетичним конкурентам завдяки їх високому біологічному розкладанню, багатофункціональності, низькій токсичності та екологічній сумісності (Sar et al., 2023). Їх використовують у тому числі для очищення екосистем від важких металів (Pacwa-Plociniczak et al., 2011) та нафтопродуктів (Karlapudi et al., 2018), але окремо. Так як розглядається комплексне забруднення земель, то вирішено дослідити дієвість та ефективність застосування біосурфактантів у якості біоремедіаторів для обох видів поллютантів.

Метою роботи є біоремедіація ґрунтів із можливістю відновлення їх безпечності, структури й родючості. Практичне значення полягає у вивченні можливості застосування модифікованого біогазового дигестату з додаванням поверхнево-активних речовин для відновлення ґрунтів, які постраждали внаслідок воєнних дій, за рахунок його корисних властивостей для інтенсифікації процесів стабілізації важких металів, деструкції нафтопродуктів, підвищення стійкості та зростання рослин. Новизна полягає в застосуванні покращеного біодобрива одразу до двох видів забрудників, щоб максимально трансформувати їх у нерухомі та безпечні форми.

Методи та матеріали

Для проведення дослідження було здійснено літературний огляд статей із наукових баз Web of Science та Scopus. За ключовими словами (digestate AND (“heavy metal” OR “petroleum hydrocarbon”)) знайдено 393 статей. Тоді як при пошуку за словами (digestate AND (“heavy metal” OR “petroleum hydrocarbon”) AND soil) знайдено тільки 66 статей. Це говорить про те, що останній варіант застосування для двох видів забруднень ще не є достатньо вивченим та вимагає більшої актуалізації, особливо у зв’язку з ситуацією сьогодення. Надалі за допомогою програми VOSviewer було змодельовано мережу частоти використання ключових слів (Рис. 1).

Результати та обговорення

Під час анаеробного зброджування отримують не лише біогаз, але і дигестат, що містить поживні речовини та мікроорганізми. Останні мають здатність до продукування біосурфактантів. Вони є менш токсичними та більш стабільними, але чутливими до зміни температури, рН та доступності поживних речовин (Ekstrand et al., 2020). Біоповерхнево-активні речовини мають високу поверхневу активність із високою толерантністю до різних факторів навколишнього середовища та можуть витримувати від середніх до екстремальних умов, таких як кислотність, температура, концентрація солі, іонна сила, біорозкладна природа, деемульгуюча-емульгуюча здатність, антимікробна активність (Karlapudi et al., 2018).



Модифікація дигестату біосурфактантами з однієї сторони сприяє збільшенню біодоступності забруднювачів для конкретних мікроорганізмів-деструкторів, із іншої – за рахунок внесення поживних речовин забезпечує ріст та розвиток нативної мікрофлори, що забезпечить тривалий процес очищення.

Висновки

Таким чином використання біогазового дигестату для біоремедіації забруднених внаслідок воєнних дій ґрунтів набуває актуальності, так як уже зараз виникає питання повернення земель до оптимального стану. Застосування біосурфактантів дозволяє створювати комплекси з важкими металами та видаляти їх із ґрунтів. У випадку з нафтовими забрудненнями, біоповітряно-активні речовини виступають у ролі емульгатора і сприяють їх переходу у водорозчинну форму. Біосурфактанти є нетоксичними, екологічно сумісними та безпечними, що робить їх привабливішими при виборі, ніж їх синтетичні сполуки. Дана концепція вимагає актуалізації, так як лише застосування природних речовин для очищення забруднених ділянок допомагає відновити нормальний кругообіг речовин і повернути їх до складу глобальної геосистеми.

Список використаних джерел

1. Ekstrand, E.-M., Svensson, B. H., Šafarič, L., and Bjorn, A. (2020). Viscosity dynamics and the production of extracellular polymeric substances and soluble microbial products during anaerobic digestion of pulp and paper mill wastewater sludges. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, vol. 43, 283-291. <https://doi.org/10.1007/s00449-019-02224-4>.
2. Karlapudi, A. P., Venkateswarulu, T. C., Tammineedi, J., Kanumuri, L., Ravuru, B. K., ramu Dirisala V., and Kodali V.P. (2018). Role of biosurfactants in bioremediation of oil pollution-a review. *Petroleum*, vol. 4(3), 241-249. <https://doi.org/10.1016/j.petlm.2018.03.007>.
3. Kumari, R., Singha, L. P., and Shukla, P. (2023). Biotechnological potential of microbial biosurfactants, their significance and diverse applications. *FEMS Microbes*, vol. 4, 1-18. <https://doi.org/10.1093/femsmc/xtad015>.
4. Mishra, S., Lin, Z., Pang, S., Zhang, Yu., Bhatt, P., and Chen, S. (2021). Biosurfactant is a powerful tool for the bioremediation of heavy metals from contaminated soils. *Journal of Hazardous Materials*, vol. 418, 126253. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.126253>.
5. Pacwa-Plociniczak, M., Plaza, G. A., Piotrowska-Seget, Z., and Cameotra, S. S. (2011). Environmental Applications of Biosurfactants: Recent Advances. *International Journal of Molecular Science*, vol. 12(1), 633-654. <https://doi.org/10.3390/ijms12010633>.
6. Sah, D., Rai, J. P. N., Ghosh, A., and Chakraborty, M. (2022). A review on biosurfactant producing bacteria for remediation of petroleum contaminated soils. *3 Biotech*, vol. 12, 218. <https://doi.org/10.1007/s13205-022-03277-1>.
7. Sar, P., Kundu, S., Ghosh, A., and Saha, B. (2023). Natural surfactant mediated bioremediation approaches for contaminated soil. *RSC Advances*, vol. 13(44), 30586-30605. <https://doi.org/10.1039/d3ra05062a>.



Забезпечення сталого розвитку урбоєкосистем у післявоєнний період

*Тихенко О., Коновалов А.

Національний авіаційний університет, Київ, Україна

okstih@ua.fm

Ensuring the sustainable development of urban ecosystems in the post-war period

*Tikhenko O., Konovalov A.

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

okstih@ua.fm

Abstract. The restoration of urban ecosystems that have suffered as a result of military operations is characterized by numerous challenges. After all, urban ecosystems are complex systems consisting of people, natural resources, infrastructure and social structures within urban areas. The post-war period is often accompanied by environmental problems such as air, water and soil pollution. Restoration of ecosystems, in particular green areas, parks and water resources, is an important element of sustainable development. The use of modern technologies, ecological materials and innovative solutions can contribute to the creation of a more sustainable infrastructure. To implement sustainable development projects, it is necessary to find sources of funding in the form of grants, investments, and develop active financial mechanisms to support sustainable initiatives. A scheme for ensuring the sustainable development of urboecosystems during the recovery period has been developed and presented. Each of the stages requires an integrated approach and the active participation of all stakeholders in order to achieve successful regeneration and improvement of the quality of life in cities.

Keywords: urban ecosystem, urbanized territory, sustainable development, military actions, post-war reconstruction.

Вступ

Відновлення урбоєкосистем, які постраждали внаслідок воєнних дій, характеризується численними викликами. Зокрема, це стосується екосистем, які зазнали значних змін внаслідок конфліктів, економічних криз та соціальних трансформацій. Забезпечення сталого розвитку в умовах відновлення є ключовим завданням для урядів, організацій та громад. Сталий розвиток урбоєкосистем охоплює не лише економічні та екологічні аспекти, але й соціальні, культурні та інституційні, що робить цю тему надзвичайно актуальною. Адже, урбоєкосистеми – це складні системи, які складаються з людей, природних ресурсів, інфраструктури та соціальних структур в межах міських територій. Вони є місцем проживання для більшої частини населення світу та відіграють важливу роль у формуванні економік, культур та соціальних зв'язків.

Результати та обговорення

Відновлення урбоєкосистем після воєнних дій є складним і багатограним процесом, що потребує комплексного підходу. Основними викликами для урбоєкосистем у післявоєнний період будуть відновлення інфраструктури, екологічні проблеми, соціальні аспекти та економічні виклики.

Внаслідок воєнних дій на урбанізованій території зазнає руйнувань інфраструктура, що веде до значних економічних втрат. Відновлення доріг, мостів, житлових комплексів та комунікацій є пріоритетом. Однак важливо, щоб процес відновлення був не лише швидким, але й сталим. Використання сучасних технологій, екологічних матеріалів та інноваційних рішень може сприяти створенню більш стійкої інфраструктури.



Післявоєнний період часто супроводжується екологічними проблемами, такими як забруднення повітря, води та ґрунту. Відновлення екосистем, зокрема зелених зон, парків і водних ресурсів, є важливим елементом сталого розвитку. Необхідно впроваджувати екологічні норми та стандарти, що забезпечать збереження природних ресурсів і біорізноманіття.

Соціальна стійкість є ключовою для сталого розвитку. В умовах післявоєнного відновлення особливу увагу слід приділити відновленню соціальних зв'язків, підтримці місцевих громад та інтеграції вразливих груп населення. Освіта, охорона здоров'я та доступ до соціальних послуг мають стати основними пріоритетами для створення соціально справедливих урбоекосистем.

Післявоєнні економіки часто стикаються з високими рівнями безробіття, інфляції та нестабільності. Для забезпечення сталого розвитку необхідно створювати нові робочі місця, підтримувати малий та середній бізнес, а також залучати інвестиції в інфраструктуру та інновації. Зелена економіка може стати важливим напрямком для відновлення, сприяючи не лише економічному зростанню, але й екологічній стійкості. На рис. 1 наведено схему забезпечення сталого розвитку урбоекосистем у період відновлення.



Рис. 1. Схема забезпечення сталого розвитку урбоекосистем у період відновлення

Розроблена схема (рис. 1) відображає основні етапи, які потрібно пройти для забезпечення сталого розвитку урбоекосистем у післявоєнний період. Кожен етап взаємопов'язаний і має важливе значення для комплексного підходу до відновлення міст. Перший етап полягає у оцінці ситуації та стану урбоекосистеми після завершення воєнних дій. Необхідно визначити основні



екологічні проблеми, стан інфраструктури, соціальні аспекти та стан економіки, а також зібрати дані про потреби та побажання громади.

Опираючись на реальну ситуацію необхідно визначити основні цілі сталого розвитку урбоєкосистеми та розробити стратегію. Встановлення цілей передбачає визначення короткострокових та довгострокових цілей сталого розвитку. На цьому етапі бажано сформулювати конкретні показники успіху (економічний ріст, рівень безробіття, якість життя). Розробка комплексної стратегії сталого розвитку повинна включати: відновлення інфраструктури з акцентом на екологічні рішення; створення соціальних програм для підтримки вразливих груп населення та розвиток економіки через підтримку малого та середнього бізнесу.

Реалізація наступного етапу забезпечення сталого розвитку урбоєкосистем у післявоєнний період повинна включати інтеграцію різних аспектів містобудування: просторове, екологічне, соціальне та економічне. На цьому етапі необхідно використовувати концепцію сталого містобудування для формування планів.

Особлива роль у забезпеченні сталого розвитку урбоєкосистем у післявоєнний період належить громадськості. Активне залучення громади через створення спеціальних платформ та проведення консультацій з місцевими жителями сприятиме її активній участі в процесі відновлення.

Впровадження інноваційних рішень, смарт-технологій, відновлювальних джерел енергії, використання екологічних матеріалів у будівництві є важливим інструментом для створення більш стійких, адаптивних і екологічно чистих урбоєкосистем. Міжсекторальне партнерство між державними, приватними та неурядовими секторами забезпечить обмін ресурсами та знаннями для спільної реалізації проєктів, що, в свою чергу, сприятиме комплексному і ефективному відновленню міст.

Постійний моніторинг та оцінка є важливими інструментами для забезпечення ефективності, прозорості та підзвітності у процесах відновлення урбоєкосистем, що, в свою чергу, сприяє їх сталому розвитку. Систему моніторингу потрібно впровадити для оцінки прогресу у досягненні встановлених цілей. На основі отриманих даних доцільно регулярно переглядати та коригувати стратегії, організувати інформаційні кампанії для підвищення обізнаності населення про важливість сталого розвитку та залучати громаду до екологічних ініціатив та програм. Важливим моментом у забезпеченні сталого розвитку урбоєкосистем у післявоєнний період є забезпечення фінансування. Для реалізації проєктів сталого розвитку необхідно шукати джерела фінансування у вигляді грантів, інвестицій і т.п. та розробити активні фінансові механізми для підтримки сталих ініціатив.

Висновки

Розроблений алгоритм є основою для забезпечення сталого розвитку урбоєкосистем у післявоєнний період. Кожен з етапів вимагає комплексного підходу та активної участі всіх зацікавлених сторін, щоб досягти успішного відновлення та покращення якості життя в містах.

Список використаних джерел

1. Pickett S.T.A., Cadenasso Mary, Mcgrath Brian, Marshall, Victoria. Resilience in ecology and urban design. 2013. 499 p. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-94-007-5341-9>
2. Naim Kapucu, Yue Ge, Emilie Rott, Hasan Isgandar. Urban resilience: Multidimensional perspectives, challenges and prospects for future research. *Urban Governance*. Vol. 4, Iss. 3. 2024. PP. 162–179. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ugj.2024.09.003>
3. Hailemariam Meaza, Tesfaalem Ghebreyohannes, Jan Nyssen, Zbelo Tesfamariam, Biadigligh Demissie, Jean Poesen, Misgina Gebrehiwot, Teklehaymanot G. Weldemichel, Seppe Deckers, Desta Gebremichael Gidey, Matthias Vanmaercke. Managing the environmental impacts of war: What can be learned from conflict-vulnerable communities? *Science of The Total Environment*. Vol. 927. 2024. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171974>



Застосування антискалантів для стабілізаційної обробки води в системах теплопостачання

*Федін В.М., Трус І.М., Твердохліб М.М.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського",
Київ, Україна

vadimfedin00@gmail.com

Application of Antiscalants for Stabilization Treatment of Water in Heat Supply Systems

*Fedin V.M., Trus I.M., Tverdokhlib, M.M.

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

vadimfedin00@gmail.com

Abstract. У роботі досліджується застосування антискалантів у сучасних системах теплопостачання. Основна увага приділена їхній ефективності у запобіганні утворенню накипу, що є основною проблемою, яка знижує ефективність обладнання та збільшує витрати на обслуговування. Дослідження розглядає різні типи накипу, такі як сульфатні та карбонатні відкладення та підкреслює роль антискалантів у їх зменшенні. В дослідженні показано, використання різних комерційних засобів проти накипу, включаючи поліфосфати, фосфонати та полікарбоксилати є ефективними при стабілізаційній обробці води. Результати літературного огляду свідчать про те, що засоби проти накипу, особливо органічні полімери, ефективно запобігають утворенню накипу навіть при низьких концентраціях, підвищуючи стабільність роботи систем теплопостачання. Варто відмітити, що антискаланти є економічно ефективним рішенням для зменшення відкладень накипу та покращення продуктивності обладнання. Проведено оцінку ефективності використання гіпану як стабілізатора накипоутворення для вод різної мінералізації. Цей реагент у концентрації 15-20 мг/дм³ забезпечує стабілізуючу дію на рівні 44,4–50,0 % та протинакипну дію на рівні 89,4-90,3 %. При обробці гіпану УФ протягом 20 хв стабілізуючий і протинакипний ефекти підвищуються та досягають 50,0-72,2% і 90,5-94,7%. Наголошується необхідність подальших досліджень для розробки екологічно чистих засобів проти накипу та вдосконалення методів оцінки їх ефективності.

Keywords: антискаланти, системи теплопостачання, накип, засоби проти накипу, стабілізаційна обробка води, накипоутворення

Вступ

У сучасних системах теплопостачання утворення накипу є однією з основних проблем, що призводить до зниження ефективності обладнання та підвищення витрат на обслуговування. Технічно відкладення погіршують теплообмін, частково або повністю засмічують труби та скорочують термін служби обладнання, а також у фінансовому плані призводять до втрати продуктивності та збільшення робочих витрат на профілактичне та лікувальне обслуговування (Chhim et al., 2020). Сульфатні накипи утворюються внаслідок поєднання двох різних типів води, в якій одна складається з іонів лужних металів, а інша містить сульфат-іони (Jafar Mazumder, 2020).

Утворення карбонатного накипу залежить від температури, концентрації Ca^{2+} , рН, концентрації бікарбонату та іонної сили розчину. Існують різні накипи CaCO_3 , такі як кальцит, арагоніт та ватерит, з яких кальцит є найбільш стабільною формою накипу CaCO_3 . Під час розкладання CaCO_3 існує рівновага між CO_2 та іонами у воді, що визначає відкладення накипу CaCO_3 , і це відкладення накипу може відбуватися через комбіновану форму іонів кальцію та бікарбонатів відповідно (Amiri et al., 2013; Wang & Chen, 2020).



Антискаланти є важливим інструментом для запобігання утворенню відкладень накипу, забезпечуючи стабільну роботу систем теплопостачання.

Засоби проти накипу можуть пригнічувати утворення накипу на «порогових» рівнях, як правило, при концентрації менше 20 мг/дм³. Явище порогового ефекту було виявлено наприкінці 1930-х років, коли було виявлено, що гексаметафосфат натрію у концентраціях менше 10 мг/дм³ затримує утворення CaCO₃ у перенасичених розчинах. Через помітно нижчу концентрацію (субстехіометрична) ніж необхідний для секвестрування або хелатування необхідного катіону металу, що утворює накип, був застосований термін «порогова обробка». Пороговий ефект можна розділити на інгібування нуклеації та сповільнення росту кристалів. Засоби проти накипу також можуть діяти як диспергатори, щоб запобігти осіданню часток накипу на поверхні обладнання. Усі ці механізми включають адсорбцію молекул антискалantu в процесі утворення накипу (Antoty et al., 2011).

Метою даного дослідження є оцінка ефективності різних типів антискалантив для стабілізаційної обробки води та їх вплив на системи теплопостачання.

Гіпотеза дослідження полягає в тому, що сучасні антискаланти зменшують утворення накипу, що дозволяє знизити витрати на енергоспоживання та обслуговування обладнання.

Методи та матеріали

Комерційно доступні засоби проти накипу можна класифікувати як поліфосфати, фосфонати та полікарбоксилати (Darton, 2000). Гексаметафосфат натрію, поліфосфат, донедавна був найпоширенішим засобом проти накипу. Його використання було значно зменшено через їх сприйнятливості до гідролізу, що робить їх неефективними (Lee, 2020). Відомо, що фосфонати є більш стабільними та ефективними порівняно з поліфосфатами, однак їх ціна вища, а їх склад часто є комерційною таємницею. Полікарбоксилати зазвичай виявляють потужні ефекти інгібування накипу, включаючи їх здатність впливати на накип кремнезему в результаті їх аніонної природи, що походить від їх карбоксильних функціональних груп (Amjad & Koutsoukos, 2014).

Аніонні полімери широко відомі як ефективні інгібітори накипу. Більшість з них є поліелектролітами на основі поліакрилату. Полімери акрилової або малеїнової кислот використовувалися як інгібітори для карбонату кальцію (Senthilmurugan et al., 2010) або сульфату кальцію (Tomson et al., 2023).

Застосування інгібіторів природного походження не завдає шкоди природі та продемонструвало чудову розчинність, що дозволяє їм бути придатними в запобіганні відкладенню накипу в перенасичених середовищах. Крім того, органічні полімерні інгібітори накипу є відносно дешевими. В даний час добре відомий широкий спектр хімічних речовин, природних, синтетичних та напівсинтетичних, які можна застосовувати як екологічно безпечні засоби проти накипу (Sorbie & Laing, 2004; Trus et al., 2022).

Результати та обговорення

Антискаланти ефективно запобігають утворенню накипу CaCO₃, CaSO₄, SrSO₄, BaSO₄ та CaF₂ у будь-якій воді та стічних водах на дуже низьких рівнях, наприклад, нижче 10 мг/дм³. В роботі (Hsieh & Malmali, 2024) проведено оцінку ефективності використання гіпану як стабілізатора накипоутворення для вод різної мінералізації, у тому числі високомінералізованих. Цей реагент у концентрації 15-20 мг/дм³ забезпечує стабілізуючу дію на рівні 44,4–50,0 % та протинакипну дію 89,4-90,3 %. При обробці гіпану УФ протягом 20 хв стабілізуючий і протинакипний ефекти підвищуються та досягають 50,0-72,2% і 90,5-94,7%. Однею з головних переваг антискалантив є їх відносно низька вартість.

Висновки

Отже, можна сказати, що застосування антискалантив є ефективним засобом для стабілізаційної обробки води в системах теплопостачання, що дозволяє значно знизити утворення накипу та підвищити ефективність роботи обладнання.

Подальші дослідження повинні бути спрямовані на розробку нових екологічно безпечних антискалантив та вдосконалення методів контролю їх ефективності.



Список використаних джерел

1. Chhim, N., Haddad, E., Neveux, T., Bouteleux, C., Teychené, S., & Biscans, B. (2020). Performance of green antiscalants and their mixtures in controlled calcium carbonate precipitation conditions reproducing industrial cooling circuits. *Water Research*, 186, 116334. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116334>
2. Jafar Mazumder, M. A. (2020). A review of green scale inhibitors: Process, types, mechanism and properties. *Coatings*, 10(10), 928. <https://doi.org/10.3390/coatings10100928>
2. Amiri, M., Moghadasi, J., & Jamialahmadi, M. (2013). Prediction of iron carbonate scale formation in Iranian oilfields at different mixing ratio of injection water with formation water. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 35(13), 1256-1265. <https://doi.org/10.1080/15567036.2010.514596>
3. Zhao, Y., Chen, Z., Yang, F., & Zhen, Y. (2020). Ionic liquid: A promising material for petroleum production and processing. *Current Organic Chemistry*, 24(15), 1763-1774. <https://doi.org/10.2174/1385272824999200716151819>
4. Wang, Q., & Chen, T. (2020). Antiscalants and their compatibility with corrosion inhibitors. *Corrosion Inhibitors in the Oil and Gas Industry*, 383-406.
5. Antony, A., Low, J. H., Gray, S., Childress, A. E., Le-Clech, P., & Leslie, G. (2011). Scale formation and control in high pressure membrane water treatment systems: A review. *Journal of membrane science*, 383(1-2), 1-16. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2011.08.054>
6. Darton, E. G. (2000). Membrane chemical research: centuries apart. *Desalination*, 132(1-3), 121-131. [https://doi.org/10.1016/S0011-9164\(00\)00141-7](https://doi.org/10.1016/S0011-9164(00)00141-7)
7. Lee, H. J., Halali, M. A., Baker, T., Sarathy, S., & de Lannoy, C. F. (2020). A comparative study of RO membrane scale inhibitors in wastewater reclamation: Antiscalants versus pH adjustment. *Separation and Purification Technology*, 240, 116549. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.116549>
8. Amjad, Z., & Koutsoukos, P. G. (2014). Evaluation of maleic acid based polymers as scale inhibitors and dispersants for industrial water applications. *Desalination*, 335(1), 55-63. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2013.12.012>
9. Senthilmurugan, B., Ghosh, B., Kundu, S. S., Haroun, M., & Kameshwari, B. (2010). Maleic acid-based scale inhibitors for calcium sulfate scale inhibition in high temperature application. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 75(1-2), 189-195. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2010.11.002>
10. Tomson, M. B., Fu, G., Watson, M. A., & Kan, A. T. (2003). Mechanisms of mineral scale inhibition. *SPE production & facilities*, 18(03), 192-199. <https://doi.org/10.2118/74656-MS>
11. Sorbie, K. S., & Laing, N. (2004). How scale inhibitors work: Mechanisms of selected barium sulphate scale inhibitors across a wide temperature range. In *SPE International Oilfield Scale Conference and Exhibition?* (pp. SPE-87470). SPE. <https://doi.org/10.2118/87470-MS>
12. Trus, I., Gomelya, M., Levytska, O., & Pylypenko, T. (2022). Development of scaling reagent for waters of different mineralization. *Ecological Engineering & Environmental Technology*, 23. <https://doi.org/10.12912/27197050/150201>
13. Hsieh, I. M., & Malmali, M. (2024). Scaling behavior in membrane distillation: Effect of Biopolymers and Antiscalants. *Water Research*, 255, 121456. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2024.121456>



Науковий підхід у створенні та впровадженні програмного забезпечення у сфері управління відходами як допоміжний прикладний інструмент у процесі імплементації нормативно-правових актів Європейського Союзу

Улицький О.А., *Філін В.В.

Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління, Київ, Україна

filini.vladimir@gmail.com

A scientific approach in the creation and implementation of software in the field of waste management as an auxiliary application tool in the process of implementing the regulatory legal acts of the European Union

Ulytsky O., *Filin V.

State Environmental Academy of Postgraduate Education and Management, Kyiv, Ukraine

filini.vladimir@gmail.com

Abstract. The article explores the necessity of developing software for waste management in Ukraine that meets European standards. The authors emphasize the importance of a comprehensive scientific approach that considers both technical and socio-economic aspects, as well as the implementation of EU regulations. It is determined that the developed software can serve as an effective tool for local government bodies, enterprises, and non-governmental organizations, promoting transparency and accountability in waste management. The use of modern technologies, such as IoT and Big Data, opens new opportunities for enhancing the efficiency of the system. The relevance of the topic is driven by increasing environmental challenges, the need for Ukraine's integration into the European community, and social responsibility. The research findings have practical significance for improving waste management, implementing European norms, and engaging the community in addressing environmental issues.

Keywords: waste, infrastructure, recycling, software, management, national strategy.

Вступ. Значні масштаби ресурсокористування та енергетично-сировинна спеціалізація національної економіки разом із застарілою технологічною базою визначали і надалі визначають високі показники утворення та накопичення відходів. Відмінність ситуації, що склалася з відходами в Україні, порівняно з іншими розвинутими країнами полягає у великих обсягах утворення відходів (близько 450 млн. тонн відходів щороку у довоєнний період) та у відсутності розвиненої інфраструктури поводження з ними. При цьому наявність такої інфраструктури є неодмінною ознакою всіх економік розвинутих країн.

Однією з причин низького рівня повторного використання та рециклінгу відходів є відсутність засобів швидкої комунікації між «утворювачами» відходів та їх «переробниками». Відповідний виробничий професійний досвід дослідника, а також вивчення відповідних нормативно-правових актів, у т.ч. Європейського союзу, сприяв формуванню дослідницької думки та пропозиції у створенні та подальшому впровадженні програмного забезпечення у сфері управління відходами, яке стане допоміжним прикладним інструментом (структурною складовою побудови інфраструктури поводження з відходами) на шляху реалізації як Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року, так і відповідних Директив Європейського парламенту та Ради.



Методи та матеріали

Управління відходами є однією з найважливіших екологічних проблем сучасності. Зростаюча кількість відходів та їх негативний вплив на навколишнє середовище вимагають термінових і ефективних рішень. Інтеграція України в європейське співтовариство підкреслює необхідність впровадження інноваційних методів управління відходами, які відповідатимуть європейським стандартам.

Розробка програмного забезпечення для управління відходами потребує комплексного наукового підходу, що охоплює технічні та соціально-економічні аспекти. Інтеграція міждисциплінарних підходів, що об'єднують технології, екологію та право, дозволяє створити інструменти, які можуть адаптуватися до змінних умов та вимог. Це забезпечує ефективність і довгострокову сталість рішень.

Вивчення та імплементація нормативно-правових актів ЄС в Україні є критично важливими для гармонізації національного законодавства з європейськими стандартами. Програмне забезпечення може слугувати платформою для моніторингу, звітності та аналізу даних, що значно спростить процес впровадження та контролю за виконанням цих норм.

Розроблене програмне забезпечення може стати не лише теоретичним, але й практичним інструментом для органів місцевого самоврядування, підприємств та громадських організацій. Це забезпечить прозорість, підзвітність та ефективність управління відходами, а також підвищить рівень обізнаності громадськості та залучення її до вирішення екологічних проблем.

Використання сучасних технологій, таких як Big Data та IoT, у процесі розробки програмного забезпечення є новаторським підходом, що може суттєво поліпшити існуючі практики. Ці технології дозволяють здійснювати глибокий аналіз даних, автоматизувати процеси та підвищити ефективність прийняття рішень (Рис. 1).

Тема охоплює кілька дисциплін, включаючи екологію, право, інформаційні технології та управлінські науки. Це робить її особливо важливою для розвитку науки і практики. Інтеграція цих підходів дозволяє розробити концептуальну модель програмного забезпечення, що враховує специфіку українського контексту та вимоги європейських норм.



Рис. 1. Загальна схема проєкту



Результати та обговорення

Метою дослідження є створення науково обґрунтованого підходу до розробки та впровадження програмного забезпечення для управління відходами. Завдання включають аналіз законодавства, визначення викликів, розробку концептуальної моделі, використання сучасних технологій, розробку методології, оцінку ефективності та формулювання рекомендацій для практичного використання. Дослідження пропонує інтеграцію міждисциплінарних підходів, розробку нової концептуальної моделі програмного забезпечення та створення оригінальної методології впровадження. Адаптація європейських норм до українських реалій є новим аспектом у національній екологічній політиці.

Висновки

Програмне забезпечення сприятиме ефективному управлінню відходами, підтримуючи імплементацію норм ЄС, аналіз даних та залучення громадськості. Це зменшить витрати на обробку та утилізацію, підвищить екологічну безпеку та сприятиме сталому розвитку (Рис. 2).



Рис. 2. Коротко про суть пропонуємого інструменту в призмі сталого розвитку.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про управління відходами» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2023, № 17, ст.75) (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text>);
2. Кабінет Міністрів України Розпорядження від 8 листопада 2017 р. № 820-р «Про схвалення Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року» (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text>);
3. Рамкова Директиви № 2008/98/ЄС ЄС «Про відходи та скасування деяких директив»;
4. Директива Ради № 1999/31/ЄС від 26 квітня 1999 р. «Про захоронення відходів»;
5. Директива № 2006/21/ЄС Європейського парламенту та Ради від 15 березня 2006 р. «Про управління відходами видобувних підприємств, та якою вносяться зміни до Директиви 2004/35/ЄС»;
6. Директива 94/62/ЄС Європейського парламенту та Ради від 20 грудня 1994 р. «Про упаковку та відходи упаковки»;
7. Директива 2012/19/ЄС Європейського парламенту та Ради від 4 липня 2012 р. «Про відходи електричного та електронного обладнання (ВЕЕО)»;
8. Директива 2006/66/ЄС Європейського парламенту та Ради від 6 вересня 2006 р. «Про батарейки і акумулятори та відпрацьовані батарейки і акумулятори».



Workshop 7

SOCIETY AND NATURE INTERACTIONS DURING WARS

Participants



Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences, Kórnik, Poland



Professional Association of Environmentalists of the World (PAEW),
Kyiv, Ukraine



National Technical University of Ukraine "Ihor Sikorsky Kyiv
Polytechnic Institute",



National Aviation University, Kyiv, Ukraine



Odesa I.I. Mechnikov National University, Odesa, Ukraine



National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkiv, Ukraine



Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine



Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine;



Luhansk Taras Shevchenko National University



Dolishniy Institute of Regional Research of National Academy of
Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine



Institute of Agroecology and Environmental Management of National
Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine



LLC «Eco-Optima», Lviv, Ukraine



LLC «YUVA-Energy», Kyiv, Ukraine



Секція 7. ВЗАЄМОДІЯ СУСПІЛЬСТВА І ПРИРОДИ В УМОВАХ ВІЙНИ

Зміна екологічної свідомості – наслідок воєнних дій в Україні

Блінкова О.

Луганський національний університет імені Тараса Шевченка, Полтава, Україна

Інститут дендрології Польської академії наук, Корнік, Польща

elena.blinkova@gmail.com

Change in Environmental Consciousness as a Consequence of Military Actions in Ukraine

Blinkova O.

Luhansk Taras Shevchenko National University, Poltava, Ukraine

Institute of Dendrology, Polish Academy of Sciences, Kórnik, Poland

elena.blinkova@gmail.com

Abstract. The paper presents an analysis of changes in the environmental consciousness of Ukrainians in the context of a full-scale war, started in 2022. Military actions caused significant environmental disruptions and transformation/destruction of natural terrestrial/aquatic ecosystems, which in turn contributed to a change in attitudes towards environmental problems. To generalize and interpret the results, the method of secondary data synthesis was used, which allowed combining various sources of information (research papers, reports, sociological surveys) to form a comprehensive picture of changes in environmental consciousness and activity in the field of natural resource restoration. Reorientations in environmental consciousness among different age and social groups are highlighted, and the factors that influenced these changes, including the level of education and socio-economic conditions, are presented. Special attention is paid to the role of environmental initiatives that emerged after the start of the war and the level of population involvement in natural resource restoration projects. The results indicate a significant increase in environmental awareness and willingness of Ukrainians to participate in restorative environmental projects. Assessment of these trends is important for the formation of future environmental policies and strategies for post-war reconstruction of Ukraine.

Keywords: environmental awareness, war, environmental violations, restoration of natural resources, social groups.

Вступ

Екологічна свідомість українського населення зазнала суттєвих змін у контексті повномасштабної війни з 2022 року. Воєнні дії не лише призвели до суттєвих екологічних порушень та руйнувань інфраструктури, природних екосистем і промислових об'єктів у багатьох регіонах України, але й виступили каталізатором змін у екологічній свідомості населення. Масштабні наслідки війни, такі як забруднення повітря, водних і ґрунтових ресурсів, знищення лісових масивів привернули широку суспільну увагу до питань екологічної безпеки (Assessing the environmental impacts of the war in Ukraine WWF Ukraine, 2023; Hryhorczuk et al., 2024; Kotarska and Lauren, 2022; OECD, 2022). Ця робота присвячена аналізу змін екологічної свідомості серед різних вікових та соціальних груп українського суспільства в умовах війни на основі синтезу вторинних даних до та після початку війни. Особлива увага



приділяється тому, як ці зміни вплинули на ставлення громадян до відновлення природних ресурсів і їхню активність у рамках екологічних ініціатив.

Методи та матеріали

У роботі застосовано комплексний підхід до аналізу існуючих офіційних даних/наукової літератури для виявлення змін екологічної свідомості населення України. Серед основних застосованих методичних прийомів відімічено: контент-аналіз національних/міжнародних звітів, документів, що містять інформацію про вплив війни на довкілля, соціальні настрої щодо екологічних проблем; екологічні ініціативи, які виникли у відповідь на екологічні порушення та аналіз наявних наукових публікацій з зазначеної проблеми. Для узагальнення та інтерпретації результатів застосовано метод синтезу вторинних даних для формування комплексного уявлення про зміни екологічної свідомості та активність у сфері відновлення природних ресурсів. Дослідження спирається на загальноприйняті наукові методи аналізу даних, що забезпечило надійність та валідність отриманих результатів та всебічне розуміння соціальних і екологічних наслідків війни.

Результати та обговорення.

Стан сучасного екологічного знання різних категорій суспільства України обумовлений наявною екологічною кризою, поглибленою воєнними діями, та пов'язаною з нею кризи екологічної свідомості (Hryhorczuk et al., 2024; Leal Filho et al., 2024). Для вирішення наявної екологічної кризи суспільство потребує не тільки значних воєнних, економічних та соціальних зусиль, а й зміни екологічної свідомості та системи екологічного знання (Сушко, 2019; Kotarska and Lauren, 2022).

Як відомо, екологічна свідомість є важливим світоглядним орієнтиром та однією із важливих складових сучасної масової свідомості держави (Акопян, 2011; Варго, 2006; Деркач, 2000). Екологічна свідомість може активно впливати на корекцію способу життя людей та форми їхнього природокористування в воєнний/післявоєнний час (Сушко, 2019). Отже, екологічна свідомість є складовою сучасного людського світогляду і має функцію мотивування/спонукання до екологічно безпечної діяльності (Акопян, 2011; Деркач, 2000; Кисельов та ін., 2003). В сучасних умовах науковці розрізняють чотири форми екологічної свідомості (Акопян, 2011; Львовичкіна, 2004). В основі першої – заперечення, коли інформація про характер і зміст екологічних зв'язків, їх значущість для сучасної людини, відкидається свідомістю як те, що не має відношення до суб'єкта або відповідної соціальної групи. Друга форма протилежна, тобто йдеться про свідомість, що гіперболізує екологічні проблеми, незалежно від того, чи мають вони пряме відношення до людини. Сутність третьої форми екологічної свідомості характеризується як «егоїстична» – це переважно адекватні дійсності концептуальні моделі відносин між людиною, природою і суспільством, що обмежені нормативно-правовими й етичними рамками, але з пріоритетом суб'єктивних інтересів. Четверта форма визначається як «науково обґрунтована свідомість», коли образи довкілля і взаємовідносини людини з ним орієнтовані на об'єктивні оцінки та перспективи, зокрема науковий аналіз, ґрунтовне розуміння та збалансоване ставлення людей до довкілля (Акопян, 2011). Звичайно, що в залежності від зовнішніх та внутрішніх чинників форма екологічної свідомості може змінюватися (Львовичкіна, 2004). Чи є зв'язок між зміною форми екологічної свідомості та погіршенням стану довкілля, спричинене саме воєнними діями – це дискусійне питання, на яке науковцям ще необхідно знайти відповідь.

Наразі, варто проаналзувати зміни ставлення різних груп суспільства до екологічних проблем в Україні за останні роки та порівняти їх з актуальними даними вже в умовах воєнного стану з 2022 р. по теперешній час. Екологічна свідомість українців зазнала суттєвих змін саме з 2018 р. порівняно з попередніми роками. Аналіз даних, представлених у звітах UNEP за 2018-2022 рр., показує поступове підвищення екологічної свідомості серед українців (Human impact assessment Ukraine, 2023). Серед основних причин зміни свідомості українців у зазначений період відмічено: а) інтеграція з Європейським Союзом та прийняття європейських екологічних стандартів (реформування енергетичного сектору, перехід на відновлювані джерела енергії, вдосконалення управління відходами тощо); б) активізація кліматичних рухів та молодіжних



ініціатив; в) підтримка міжнародних організацій тощо (Human impact assessment Ukraine, 2023). Основними найважливішими екологічними напрямками для громадян України в 2018-2022 рр. були збалансований розвиток, досягнення екологічної стабільності та зниження нерівностей за екологічні збитки між різними верствами населення. Процес зміни екологічної свідомості має кілька ключових аспектів, які можна розглядати через призму вікових груп, рівня освіти, гендеру та географічного положення (Brown et al., 2023; Human impact assessment Ukraine, 2023).

1. Зміни за віковими групами. Громадяни віком 18-34 роки демонстрували найвищий рівень екологічної свідомості, що зумовлено активною участю в глобальних кліматичних рухах, у різноманітних екологічних ініціативах і заходах, які сприяли підвищенню їхньої екологічної обізнаності, наприклад *Fridays for Future*. У старших вікових групах екологічна свідомість була менш вираженою, що пов'язано з дещо обмеженим доступом до екологічної інформації або зосередженням на інших соціально-економічних проблемах (рис. 1).

2. Вплив рівня освіти. Люди з вищою освітою демонстрували більший рівень усвідомлення екологічних проблем: підтримання проектів збалансованого розвитку та розвитку зеленої енергетики. У той же час, серед осіб із середньою або початковою освітою екологічні питання залишалися менш пріоритетними (рис. 2).

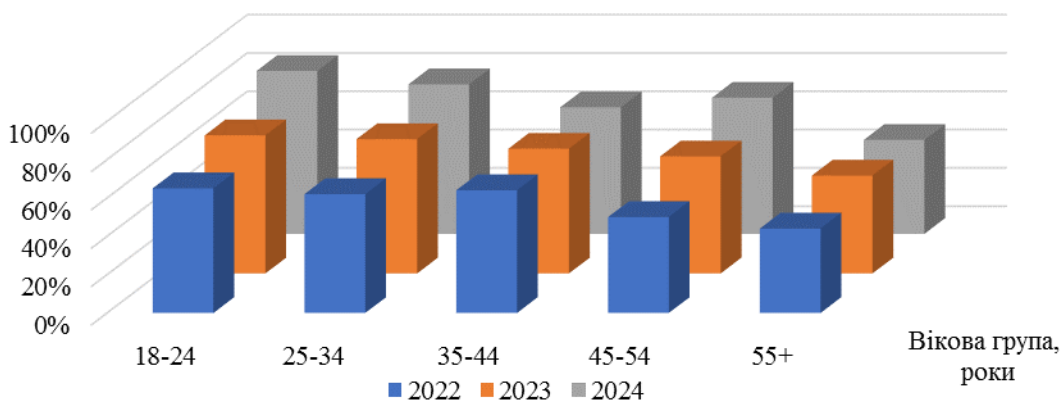


Рис. 1 Підтримка вирішення екологічних проблем/започаткування екологічних ініціатив в різних вікових групах населення, 2022-2024 рр.

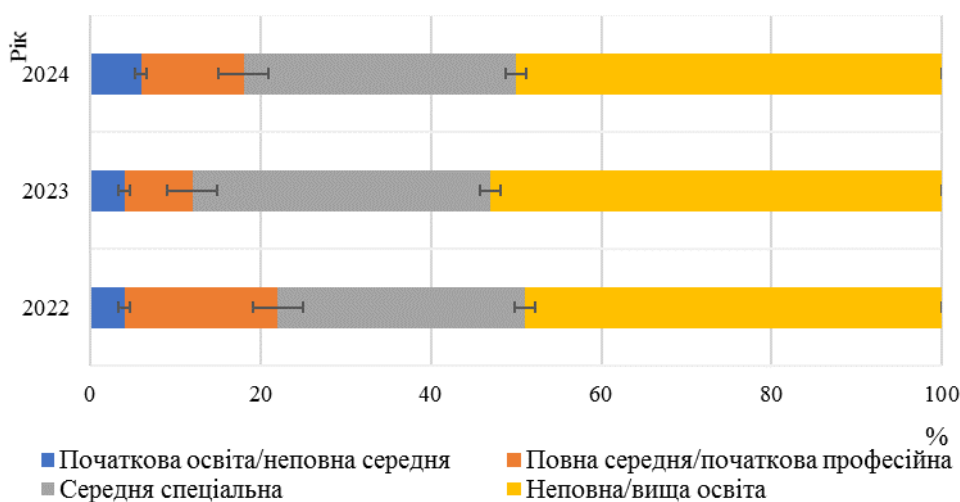


Рис. 2 Підтримка вирішення екологічних проблем/започаткування екологічних ініціатив в групах населення залежно від рівня освіти, 2022-2024 рр.



3. Гендерні відмінності. Жінки, особливо в міських районах, виявляли вищу екологічну свідомість порівняно з чоловіками. У сільських регіонах гендерні відмінності менш помітні через обмежений доступ до інформації та ресурсів.

4. Географічні відмінності. У західних регіонах України екологічна свідомість є вищою завдяки більш віковим традиціям збереження природи в культурі. У східних та південних регіонах рівень екологічної свідомості залишається нижчим через соціально-економічні проблеми та безпекові виклики.

Початок повномасштабної війни в Україні в 2022 р. спричинив численні екологічні наслідки, що, спричинило й зростання екологічної свідомості серед населення (Assessing the environmental impacts of the war in Ukraine WWF Ukraine, 2023; Hryhorczuk et al., 2024; The Environmental Impact of the Conflict in Ukraine, 2022). Загальновідомо, що воєнні дії мають руйнівний вплив на всі структурно-функціональні екосистеми наземних/водних екосистем, серед яких можна відмитити забруднення повітря, водних/грунтових ресурсів, руйнування промислових об'єктів, знищення лісових екосистем тощо (Assessing the environmental impacts of the war in Ukraine WWF Ukraine, 2023; OECD, 2022). Ця інформація спонукала українців більш уважно ставитися до проблем захисту довкілля, підвищила увагу суспільства до необхідності відновлення природних екосистем і запровадження екологічно збалансованих ініціатив. Згідно з офіційними даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, станом на серпень 2024 р. зафіксовано понад **2450 екологічних порушень**, пов'язаних із бойовими діями. Війна суттєво збільшила ризики для довкілля через вибухи на промислових об'єктах, витоки хімічних речовин та лісові пожежі (<https://mepr.gov.ua/topics/novyny/zbytku-dovkillyu-vid-vijny/>).

Зростання екологічної свідомості серед українців з 2022 р. можна пояснити кількома ключовими факторами: а) прямі наслідки війни для довкілля: через наявні візуальні факти забруднення природних ресурсів населення стало більш усвідомлювати важливість захисту довкілля та необхідність відновлення пошкоджених територій; б) зміна кліматичної свідомості: підвищення увагу до проблеми кліматичної стійкості та важливості відновлюваної енергетики; в) міжнародна підтримка та залучення до екологічних ініціатив: за підтримки міжнародних організацій Україна активно впроваджує екологічно орієнтовані програми для відновлення природних екосистем (OECD, 2022; The Environmental Impact of the Conflict in Ukraine, 2022).

Натомість, екологічна свідомість українців під час повномасштабної війни, попри її зростання, залишається перед серйозними викликами:

1) зв'язок з безпековими питаннями - воєнні дії в Україні поставили питання екологічної безпеки на перший план через ризики для здоров'я населення.

2) соціально-економічні виклики - в умовах війни екологічні питання відійшли для багатьох українців на другий план порівняно з базовими соціально-економічними потребами. Економічні наслідки війни (значні ресурси були спрямовані на оборону та підтримку гуманітарних потреб) також вплинули на можливості громадян інвестувати в екологічні проекти.

3) фінансові та організаційні виклики - відсутність належного фінансування є одним із ключових викликів для реалізації масштабних екологічних проектів. Водночас, міжнародні організації продовжують підтримувати проекти з відновлення природних ресурсів в Україні. Наприклад, програма **Green Recovery** (2024-2028 рр.) спрямована на фінансування екологічно збалансованого відновлення та інтеграцію відновлюваних джерел енергії в післявоєнну економіку.

4) недостатнє поширення екологічних знань серед старших вікових груп та у сільській місцевості - бар'єр для досягнення цілей збалансованого розвитку в воєнний та повоєнний періоди.

5) відсутність системного екологічного моніторингу - у період 2022-2024 рр. Україна зіткнулася з проблемою недостатнього моніторингу екологічних збитків (The Environmental Impact of the Conflict in Ukraine, 2022; Leal Filho et al., 2024 OECD, 2022).

Прогнозується, що зростання екологічної свідомості українців продовжиться після завершення воєнних дій (OECD, 2022). Це дозволить сприяти формуванню нових екологічних



стратегій, спрямованих на захист довкілля, інтеграцію зелених технологій тощо. Завдяки активній участі міжнародних партнерів, Україна має можливість стати прикладом для інших країн, які стикаються з екологічними викликами в умовах воєнних конфліктів. Ініціативи щодо відновлення лісів, покращення водопостачання та створення стійкої енергетичної інфраструктури будуть відігравати ключову роль у відновленні екосистем після війни (Brown et al., 2023; Hryhorczuk et al., 2024).

Висновки

Загалом, екологічна свідомість українців за останні роки змінюється. Період з 2018-2024 рр. обумовлений двома переломними етапами щодо зростання екологічної свідомості українців: інтеграцією з ЄС/розвитком екологічних ініціатив та початком повномасштабної війни. Гендер, віковий розподіл, наявність освіти та географічне положення відіграють важливу роль у формуванні екологічної обізнаності, з помітними регіональними та соціальними відмінностями. Екологічна свідомість українців під час війни тісно пов'язана з безпековими та соціально-економічними питаннями. Сучасна соціальна напруга в суспільстві, яка характеризується апатією, розчаруванням, втратою впевненості та інтересу до майбутнього, що викликано воєнними діями, ще більше актуалізує вивчення особливостей екологічної свідомості. Соціально-психологічне/світоглядно-методологічне осмислення екологічної свідомості, яке склалося на сучасному етапі в українському суспільстві заслуговує пильної уваги в майбутньому. Післявоєнне відновлення потребуватиме інтеграції екологічної безпеки з національною стратегією розвитку, що буде важливим кроком до збалансованого майбутнього України.

Список використаних джерел

1. Акопян, В. (2011). Феномен екологічної свідомості в царині сучасного наукового дискурсу, *Вища освіта України*, № 1, ст. 27–31.
2. Варго, О.М. (2006). Екологічна свідомість як умова становлення екологічного суспільства автореф. дис. канд. філософ. наук: 09.00.03, Харків, ст. 1–17.
3. Деркач, В.Л. (2000). Людина і природа: Міфи сучасної свідомості та проблема збереження довкілля, *Філософська думка*, № 3, ст.75–98.
4. Кисельов, М.М., Деркач, В.Л., Толстоухов, А.В. (2003). Концептуальні виміри екологічної свідомості, Київ, с. 70.
5. Львовичкіна, А.М. (2004). Основи екологічної психології. К.: МАУП, с. 64–80.
6. Сушко, С.Б. (2019). Екологічна свідомість як чинник формування та основа розвитку сучасної політики, *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова*, Вип. 26, ст.16–21.
7. Assessing the environmental impacts of the war in Ukraine WWF Ukraine, (2023).
8. Brown, O., Froggatt, F., Gozak, N. *et al.* (2023). The consequences of Russia's war on Ukraine for climate action, food supply and energy security. Research Paper, London: Royal Institute of International Affairs. Available: <https://doi.org/10.55317/9781784135836>.
9. Hryhorczuk, D., Levy, B.S., Prodanchuk, M. *et al.* (2024). The environmental health impacts of Russia's war on Ukraine. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 19, 1
10. Human impact assessment. Ukraine, (June 2023).
11. Kotarska, G., Lauren, Y. (2022). Green Insecurity: The Environmental Costs of War in Ukraine. Royal United Services Institute (RUSI). Available: <https://rusi.org/explore-our-research/publications/commentary/green-insecurity-environmental-costs-war-ukraine>.
12. Leal Filho, W., Eustachio, J.H.P.P., Fedoruk, M., Lisovska, T. (2024). War in Ukraine: an overview of environmental impacts and consequences for human health. *Front. Sustain. Resour. Manag.*, 3, p. 1423444. doi: 10.3389/fsrma.2024.1423444
13. The Environmental Impact of the Conflict in Ukraine. A Preliminary Review, UNEP. (2022). Nairobi, Kenya.
14. OECD, (2022). Environmental impacts of the war in Ukraine and prospects for a green reconstruction, *Policy Responses on the Impacts of the War in Ukraine*, OECD Publishing, Paris.



Харчування як складова ментального здоров'я під час війни

Волошин О.В., *Падун А.О.

Національний авіаційний університет, м.Київ, Україна

apadun@ukr.net

Nutrition as a Component of Mental Health During the War-Time

Voloshyn O., *Padun A.

National aviation university, Kyiv, Ukraine.

apadun@ukr.net

Abstract. The relationship between mental health and nutrition in the conditions of war is considered. War-induced stress and anxiety, which disrupt not only the psychological state, but also biochemical processes in the body, which can lead to disruption of metabolism, digestive and cardiovascular systems. It is important to pay particular attention to nutrition so that it is balanced, it is important to maintain health in stressful conditions, it includes regular meals, the use of seasonal vegetables and fruits, proteins and fats. It also emphasizes the importance of nutritional control in children who have experienced stressful events. A balanced diet is important for maintaining mental health, but the basis of qualified care is this.

Keywords: war-time, balanced nutrition, mental health, environmentally friendly products, ecological state of the environment.

Вступ

Харчування є важливим аспектом що впливає на стан кожної людини. Вживаючи їжу ми отримуємо енергію, тому надважливо щоб продукти які ми вживаємо були корисними та поживними. Важливим аспектом є екологічний фактор, адже екологічні чисті продукти матимуть більшу користь для організму. Відсутність нітратів і пестицидів у продуктах харчування, позитивно впливає на її якість. Воєнні дії, що проявляються вибухами, утворенням і виділенням токсичних речовин від польотів ракет і пошкодження важкої техніки, забруднюють середовище, знижують родючість і якість ґрунтів, і відповідно якість продуктів які ми вирощуємо для вживання. Дослідження Інституту мікробіології і вірусології, підтвердили що небезпечні речовини з ґрунту і водою поглинаються рослинами, які потім потрапляють на наш стіл. Здорове харчування впливає на фізичне і ментальне здоров'я, збагачуючи організм групами вітамінів, мікроелементів, білків, жирів і вуглеводів, які є необхідними для забезпечення нормального функціонування організму і підтримки нервової системи.

Проте, життя людини часто супроводжується перевтомою, стресом, емоційним перевантаженням, що відображається на психологічному стані кожного. В сучасних реаліях, в умовах воєнного стану, коли населення постійно знаходиться під впливом психологічного і емоційного впливу, рівень стресу і тривожності зростає, що першочергово відображається на ментальному здоров'ї населення. У стресі людина може знаходитись протягом тривалого терміну, що впливає на функціонування організму, зокрема: порушуються біохімічні процеси в організмі, порушується обмін гормонів, виникає постійний головний біль, загострюються хвороби серцево-судинної системи, нервові зриви, зниження імунітету, проблеми із травленням через голод або переїдання, поява шкідливих звичок. Постійне читання новин, страх смерті, загрози життю, втрати, переміщення, відсутність стабільності, нестача фінансових і продовольчих ресурсів, хвилювання за рідних – це все згубно впливає на людський організм: погіршується сон, з'являється відчуття підвищеної втоми після пробудження, зумовлює



зростання гормону греліну що може викликати постійне відчуття голоду, або рівень адреналіну – який буде зумовлювати відсутність апетиту. Таким чином, будуть виникати розлади травлення, які виснажуватимуть і без того, морально виснажений організм. Як вже зазначалось, забруднене навколишнє середовище погіршує якісь харчових продуктів, які безпосередньо впливають на здоров'я людей. Тривале перебування у такому стані може зумовити ожиріння або анорексію, обидва стани сигналізують про проблеми зі здоров'ям, з якими слід обов'язково звертатись за медичною допомогою.

Досить часто для опанування спокою люди схилиються до залежностей: паління цигарок, вживання алкогольних напоїв, надмірне поїдання солодощів. Під дією речовин людина може заспокоїтись, проте на короткий термін і з ризиком розвитку майбутніх хвороб.

Методи і матеріали

Було проведено аналіз і систематизацію інформації і наукових джерел щодо питання взаємозв'язку ментального здоров'я, збалансованого харчування і стану довкілля під час війни.

Результати та їх обговорення

Важливо розуміти, що ментальна складова і харчування взаємодіють між собою. А важливою складовою харчування є екологічний стан довкілля, у якому ці продукти вирощуються. Щоб харчування приносило користь, продукти мають бути вирощені у екологічно безпечному середовищі. Вживання продуктів, вирощених без хімічних добрив і пестицидів є не лише корисним для фізичного здоров'я та зменшення ризиків отруєння і розвитку хвороб, а й сприяють збереженню довкілля.

В періоди стресу, тривожності підсилюється необхідність дотримуватись збалансованого харчування, слід особливо слідкувати за регулярними прийомами їжі, дотримуватись збалансованого харчування, вживати більше сезонних овочів, фруктів, білків, жирів з екологічно чистих джерел. Корисною є практика вживання їх різного кольору, адже у них міститимуться фітонутрієнти які є важливими у профілактиці і лікуванні захворювань. При дотриманні правила «Здорової тарілки» надавати перевагу екологічним продуктам, вирощеним на невеликих органічних фермах. Згідно даного принципу, щоденний раціон має складатись із 50% сезонних овочів (що є клітковиною, а також містить вітаміни, мікроелементи), 25% - вуглеводів (круп, макаронні вироби і хліб з твердих сортів пшениці, 25% - білку який може бути тваринного і рослинного походження (риба, м'ясо, молочні продукти, яйця, бобові), варто додавати жири, які сприятимуть кращого засвоюванню жиророзчинних вітамінів, наприклад вітаміни А, Е, D і фолієвої кислоти – вони містяться у горіхах, насінні, рослинній олії, авокадо, червоній рибі. Продукти за потреби можна і необхідно корегувати, щоб отримувати достатню кількість мікроелементів, білків. Варто також підтримувати водний баланс, і вживати достатню кількість чистої води, норма ставить 4% від маси тіла людини. Під час війни, існує ризик забруднення води, тому потрібно вживати воду з перевірених джерел питного водопостачання, використовувати фільтри і інші засоби очищення.

У період воєнного стану, а також блекаутів, варто сформувати запаси продуктів, які можуть довго зберігатись, і за можливості бути корисними, наприклад рибні і м'ясні консерви, протеїнові і злакові батончики без цукру, горіхи і насіння, консервовані бобові, кукурудза, хлібці, сухофрукти, фруктові чипси, натуральні цукерки.

Чутливою категорією є діти. 36% дітей отримали травматичний досвід війни. Вони в рази важче переносять стресові ситуації, втрати, обстріли. Частіше страждають від тривожних розладів, посттравматичних розладів, депресії, з'являється небажання розмовляти, спілкуватися із іншими. Часто, щоб заспокоїти дітей, їм дають солодощі. Тому, варто контролювати кількість цукру і кондитерських виробів, які вживають діти, замінити їх на корисні солодощі з меншим вмістом цукру, фрукти. Намагатися, уникати ситуацій які могли б стати тригерними для дітей, і вчасно звертатись за допомогою до дитячого психолога. Адже, перенесений стрес нині, може вплинути на поведінку в майбутньому.

Отже, збалансоване харчування не може повністю заспокоїти і зменшити рівень стресу, проте забезпечить організм необхідними для підтримки ментального здоров'я речовинами. Проте, слід реально оцінювати власний стан і за потреби, звертатися за кваліфікованою



допомогою до спеціалістів, адже психічне здоров'я - рівноцінна складова здоров'я людини, так само, як і фізична.

Висновки

Таким чином, психічне здоров'я і фактори які на нього впливають, зокрема війна, зумовлює розвиток ряду хвороб серцево-судинних системи, процесів обміну речовин, травної системи, центральної нервової системи, ослаблення імунітету. Для підтримки організму, за можливості варто дотримуватись збалансованого харчування вживаючи екологічно безпечні продукти, це органічні сезонні овочі і фрукти, ягоди, білкова їжа, складні вуглеводи. Це сприятиме збереженню не лише здоров'я людей, а й довкілля. Екологічна складова харчування – невід'ємна частина для підтримки здоров'я населення всього світу.

Список використаних джерел

1. Про вплив війни на продукти харчування. Електронний ресурс. URL: <https://ecoaction.org.ua/vijna-vplyvaie-na-grunty.html>.
2. Environment & Health (2023). Nutrition and stress: the challenges of martial state. №3 pp.31-38. Available: <https://doi.org/10.32402/dovkil2023.03.031>
3. Брейдак О.А. (березень 2023). Вплив стресу на харчування дітей в умовах повномасштабного вторгнення в Україні. Збірка матеріалів науково-практичної конференції з міжнародною участю «Екологічні та гігієнічні проблеми сфери життєдіяльності людини». Київ, Україна. ст. 66.
4. Король, В. В., Рибак В.А. Роль харчування при стресових ситуаціях під час війни. Сучасні досягнення фармацевтичної науки в створенні та стандартизації лікарських засобів і дієтичних добавок, що містять компоненти природного походження: матеріали IV Міжнар. наук.- практи. інтернет-конф., (м. Харків, 8 квіт. 2022 р.). Харків: НФаУ, 2022. – С. 49-50. URL: <https://dspace.nuph.edu.ua/bitstream/123456789/28881/1/49-50.pdf>

Менеджмент природних ресурсів у контексті соціально-екологічної стабільності в умовах війни

***Голінько Ю. В., Артеменко Л. П.**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»,

Київ, Україна

dn12012003gyv@gmail.com

Management of natural resources in the context of socio-ecological stability in the conditions of war

***Holinko Yu., Artemenko L.**

National Technical University of Ukraine "Ihor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, Ukraine

dn12012003gyv@gmail.com

Abstract. This article addresses the management of natural resources in the context of socio-ecological stability during wartime, focusing on the significant environmental and social challenges posed by conflicts. Military actions often result in widespread ecosystem degradation, including resource depletion, pollution, and loss of biodiversity. The research investigates how wars disrupt natural ecosystems and create long-term consequences for both the environment and local populations



dependent on these resources. Additionally, it examines the role of international and local governance in facilitating or hindering effective resource management in these conflict zones. By analyzing case studies from conflict-affected regions, with a specific focus on Ukraine, the study provides insights into the strategies and frameworks that can be employed to ensure sustainable resource management under such conditions. The research employs a mixed-method approach, integrating qualitative case study analysis with quantitative environmental impact assessments and socio-economic data. Key sources include reports from international organizations, such as WWF and ICRC, alongside environmental monitoring data. The study proposes an integrated management approach that involves local communities, governmental bodies, and international organizations to mitigate the environmental impacts of war and support long-term socio-ecological resilience. The results emphasize the importance of adaptive and flexible resource management policies to ensure the restoration of ecosystems and the sustainable use of resources in post-conflict recovery. This research aims to contribute to policy recommendations that address both ecological and social dimensions of post-war recovery efforts.

Keywords: socio-ecological stability, natural resource management, environmental sustainability, war impact, conflict zones

Вступ

Управління природними ресурсами стає особливо складним під час війни, оскільки конфлікти часто призводять до деградації екосистем і порушення балансу між соціальною та екологічною системами. Це дослідження зосереджено на розумінні впливу війни на доступність природних ресурсів і стратегії, які можна реалізувати для підтримки соціально-екологічної стабільності. Гіпотеза стверджує, що ефективне управління природними ресурсами в зонах конфлікту може посилити як екологічне відновлення, так і соціальну стійкість. Дослідження має на меті заповнити прогалини в існуючій літературі, надаючи практичне розуміння того, як можна підтримувати соціально-екологічну стабільність під час війни, з особливим акцентом на регіонах, які постраждали від війни в Україні. Дослідження є новим у своїй інтеграції соціальних і екологічних стратегій управління в зонах конфлікту та має практичне значення для політиків і практиків, які працюють у регіонах, постраждалих від війни.

Методи та матеріали

У цьому дослідженні використовується змішаний метод, який поєднує якісний і кількісний аналіз даних. Якісний аспект включає тематичні дослідження із зон конфлікту, особливо зосереджені на війні в Україні, а також аналіз політики та міжнародних рамок для управління природними ресурсами під час конфлікту. Кількісні дані, такі як оцінка впливу на навколишнє середовище та соціально-економічна статистика, використовуються для оцінки масштабів шкоди природним екосистемам. Крім того, дані зі звітів міжнародних організацій, таких як Всесвітній фонд природи (Assessing the environmental impacts of the war in Ukraine, 2022) та ICRC (Remedying the environmental impacts of war, 2021), служать ключовими джерелами для розуміння більш широких наслідків управління ресурсами в районах, постраждалих від війни. Дослідження також використовує супутникові зображення та інструменти моніторингу навколишнього середовища для оцінки змін екосистеми з часом.

Результати та обговорення

Під час війни природні ресурси зазнають серйозних порушень, особливо через руйнування ландшафтів, забруднення водних джерел і повітря, втрату біорізноманіття (див. табл. 1). Зокрема, в Україні війна спричинила пошкодження природоохоронних територій, забруднення ґрунтів і вод токсичними речовинами та вибухонебезпечними матеріалами. Війна в Україні спричинила значні зміни в екосистемах країни, що стало наслідком не лише безпосередньої військової діяльності, але й тривалого впливу на природні ресурси. За даними Всесвітнього фонду природи (Assessing the environmental impacts of the war in Ukraine, 2022), пошкодження лісів, забруднення водних ресурсів та деградація ґрунтів є одними з найсерйозніших екологічних проблем, з якими зіткнулася Україна в умовах війни. Згідно з аналізом WWF,



більше 20% природних заповідників та національних парків постраждали внаслідок бойових дій або незаконної вирубки лісів, що призвело до втрат біорізноманіття та руйнування важливих екосистемних послуг.

Таблиця 1. Зміни в ключових природних ресурсах України після початку війни*

Ресурс	Зміни	Наслідки для екосистем
Вода	Забруднення річок, водосховищ, підземних вод	Зниження якості питної води, вплив на флору і фауну
Ґрунти	Забруднення важкими металами, хімічними речовинами	Зменшення родючості, вплив на сільське господарство
Ліси	Вирубка, пожежі, руйнування лісових насаджень	Втрата біорізноманіття, ерозія ґрунтів
Біорізноманіття	Вимирання видів, переміщення тварин	Порушення харчових ланцюгів, збільшення ризику інвазій

Примітка: Складено автором на основі *Assessing the environmental impacts of the war in Ukraine, 2022*.

Крім того, згідно з дослідженнями Zúñiga-Upegui et al. (2019), забруднення водних ресурсів хімічними речовинами та важкими металами є однією з головних загроз для здоров'я населення та збереження флори й фауни регіону. Присутність таких токсичних речовин в екосистемах не лише руйнує екологічні ланцюги, але й створює довготривалі ризики для сільськогосподарських земель, що є важливими для економіки країни. Результати екологічних моніторингів показують, що у річках, розташованих поблизу зон конфлікту, спостерігаються підвищені рівні важких металів, таких як свинець та ртуть, що негативно впливає на місцеве населення та водну фауну.

Окрім екологічних втрат, війна також має суттєві соціально-економічні наслідки, що проявляються через обмежений доступ до природних ресурсів. Місцеві громади, особливо ті, що залежать від сільського господарства, опинилися в умовах невизначеності щодо доступу до чистої води, родючих земель та енергетичних ресурсів. Як зазначено в звітах WWF та Міжнародного Червоного Хреста (*Remediating the environmental impacts of war, 2021*), деградація цих ресурсів значно послаблює економічну стійкість постраждалих громад та загострює гуманітарні кризи.

Внаслідок руйнування інфраструктури у багатьох регіонах зникли важливі системи водопостачання, що призвело до проблем з питною водою для мільйонів людей. Забруднення водних джерел хімічними речовинами, важкими металами та нафтою створює додаткові труднощі для відновлення інфраструктури та збереження здоров'я місцевого населення.

У сільськогосподарських районах, де війна знищила великі території орних земель, спостерігається значне зниження врожайності. Окрім того, поширення хімічних речовин та вибухових матеріалів у ґрунтах призвело до довготривалих наслідків для сільського господарства. Усі ці фактори знижують продуктивність і ставлять під загрозу продовольчу безпеку країни, що має серйозні наслідки для відновлення після війни.

Відновлення природних ресурсів в умовах післявоєнного періоду є складним завданням, що потребує інтегрованих та міждисциплінарних підходів. Зокрема, одним із ключових аспектів відновлення є залучення міжнародних організацій, які можуть надати допомогу у відновленні інфраструктури та екосистем.

Ефективне управління природними ресурсами потребує комплексної участі як урядових, так і місцевих громад. Державні органи мають забезпечувати створення законодавчих рамок для збереження ресурсів, а громади можуть відігравати ключову роль у впровадженні екологічних ініціатив. Згідно з аналізом політичної екології, у багатьох конфліктних регіонах успішність відновлення залежить від того, наскільки добре уряди можуть інтегрувати місцеві ініціативи з міжнародними програмами допомоги.



В умовах війни існуючі механізми управління природними ресурсами стикаються з суттєвими труднощами. Відсутність чіткої координації між державними установами, слабкі правові механізми контролю за використанням ресурсів та обмежена участь місцевих громад у прийнятті рішень погіршують ефективність екологічного управління.

Інноваційні технології відіграють важливу роль у процесі моніторингу та відновлення природних ресурсів. Використання дронів, супутникового моніторингу та геоінформаційних систем (ГІС) дозволяє отримати точні дані щодо стану екосистем і вчасно реагувати на виклики (Manfreda al., 2018). Наприклад, супутникові зображення можуть бути використані для оцінки пошкоджень лісових масивів та водних ресурсів, а дрони – для виявлення зон, найбільш постраждалих від забруднення або незаконної діяльності, такої як вирубка лісу.

Такі інструменти дозволяють ефективніше планувати відновлення пошкоджених територій, зокрема шляхом визначення пріоритетних зон для екологічного втручання. Геоінформаційні системи також допомагають структурувати дані, що є важливим для оцінки довготривалих наслідків війни на екосистеми та для розробки стратегій їх відновлення.

Одним із важливих елементів стратегії відновлення є впровадження сучасних технологій для моніторингу та відновлення природних ресурсів (див. табл. 2).

Таблиця 2. Технології для екологічного моніторингу та їх застосування в умовах конфліктів*

Технологія	Застосування	Переваги
Супутниковий моніторинг	Оцінка змін у ландшафтах та екосистемах	Швидкість отримання даних, масштабність
Дрони	Виявлення локальних пошкоджень	Висока точність, можливість огляду важкодоступних місць
Геоінформаційні системи (ГІС)	Картографування забруднених територій	Структурованість даних, можливість довгострокового аналізу

Примітка: Складено автором на основі *Remedying the environmental impacts of war, 2021*.

Важливо впроваджувати адаптивні стратегії управління, які дозволяють швидко реагувати на зміну умов. Війна створює динамічні умови, і природні ресурси потребують особливого підходу, що враховує як екологічні, так і соціальні фактори.

Для збереження і раціонального використання природних ресурсів необхідно вдосконалити правові механізми їх захисту, посилити контроль за дотриманням екологічних норм і законодавства, навіть у складних умовах військових дій.

Управління природними ресурсами в умовах конфлікту вимагає значної гнучкості, адаптивності та здатності швидко реагувати на змінні умови. Війна призводить до швидких і непередбачуваних змін, тому традиційні управлінські підходи часто виявляються неефективними. Одним із ключових компонентів успішного управління є адаптивний менеджмент, який дозволяє гнучко адаптувати стратегії залежно від поточних умов. Це підхід, що передбачає постійне вдосконалення управлінських рішень на основі отриманих нових даних та аналізу ситуації. Адаптивний менеджмент включає в себе наступні ключові елементи:

- моніторинг стану ресурсів – з використанням технологій, таких як супутниковий моніторинг і геоінформаційні системи (ГІС), для постійного спостереження за станом екосистем;
- гнучкість політик – необхідність адаптації законодавчих норм і регуляцій залежно від змін у навколишньому середовищі. Наприклад, законодавство має враховувати зміни в управлінні ресурсами у воєнний час, коли доступ до певних територій може бути обмежений;
- участь громад – адаптивні підходи повинні включати активну участь місцевих громад у прийнятті рішень. За даними політичної екології, залучення населення до процесів



управління ресурсами забезпечує стійкіший підхід до їх збереження, особливо в умовах обмежених державних ресурсів.

Міжнародна співпраця також відіграє важливу роль у підтримці стійкого управління природними ресурсами під час конфліктів. Міжнародні організації, такі як Всесвітній фонд природи (WWF), Міжнародний комітет Червоного Хреста (ICRC) та Програма ООН з навколишнього середовища (UNEP), вже відіграють важливу роль у наданні фінансової та технічної підтримки у відновленні екосистем в зонах конфліктів. Наприклад, у своєму дослідженні, ICRC звертає увагу на важливість розробки міжнародних рамкових договорів, що захищають природні ресурси під час збройних конфліктів, та закликає до суворішого виконання екологічних норм навіть під час війни.

Один із прикладів успішної міжнародної співпраці – це ініціативи Програми ООН з навколишнього середовища, яка займається питаннями відновлення екосистем після війн у таких країнах, як Афганістан, Ірак і Сирія. Застосування їх досвіду може бути корисним для України у післявоєнний період. UNEP активно співпрацює з місцевими урядами та міжнародними організаціями для створення стратегії сталого відновлення природних ресурсів. Вони наголошують на необхідності проведення екологічних оцінок після війни для планування довгострокових відновлювальних заходів, що мають враховувати як екологічні, так і соціально-економічні фактори.

Ще одним важливим аспектом є створення стабільних правових механізмів для захисту природних ресурсів навіть під час війни. Це може включати розробку нових законодавчих ініціатив та політик, що враховують специфічні виклики, з якими стикаються регіони, де відбуваються конфлікти. Наприклад, міжнародні договори, такі як Женевські конвенції, містять положення щодо захисту навколишнього середовища під час військових дій, проте їхня ефективність залежить від дотримання цих норм на національному рівні. Україні варто розробити законодавчі акти, які зможуть враховувати виклики, пов'язані з відновленням екосистем після війни.

Міжнародна співпраця може включати допомогу у впровадженні механізмів моніторингу та оцінки стану природних ресурсів за допомогою передових технологій. Наприклад, WWF розробляє інструменти для оцінки стану екосистем, зокрема використання дронів для моніторингу лісів та водних ресурсів, що може значно полегшити відновлення природних систем у постконфліктний період (Assessing the environmental impacts of the war in Ukraine, 2022). Одним з напрямків міжнародної співпраці може бути також надання технічної допомоги для створення інфраструктури екологічного моніторингу.

Таким чином, перспективи для управління природними ресурсами в умовах війни і післявоєнного відновлення потребують комплексного підходу, що поєднує адаптивні методи управління, міжнародну співпрацю та створення ефективних правових механізмів. Сталій розвиток в умовах післявоєнного відновлення залежить від інтеграції цих елементів у загальні стратегії управління, що забезпечує збереження екосистем та соціально-економічну стійкість у довгостроковій перспективі.

Висновки

Війна в Україні значно вплинула на природні ресурси, спричинивши їх деградацію та створивши значні управлінські виклики. Однак завдяки впровадженню інноваційних технологій, залученню міжнародних організацій та розвитку ефективних управлінських стратегій є можливість відновити екосистеми та забезпечити сталий розвиток постраждалих регіонів. Ці зусилля повинні бути спрямовані на відновлення не лише природних ресурсів, але й соціальної стійкості місцевих громад, що залежить від їх доступу до екологічно безпечних ресурсів. Подальші дослідження повинні зосередитися на розробці адаптивних управлінських підходів, які дозволять ефективно реагувати на екологічні виклики, що виникають у конфліктних регіонах, і забезпечать довготривалу стабільність як для екосистем, так і для людей.



Список використаних джерел

1. Assessing the environmental impacts of the war in Ukraine. WWF, 2022. Retrieved from WWF CEE URL: <https://wwfcee.org/our-offices/ukraine/assessing-the-environmental-impacts-of-the-war-in-ukraine>
2. Remediating the environmental impacts of war. International Review of the Red Cross, 2021. Retrieved from ICRC URL: <https://international-review.icrc.org/articles/remediating-the-environmental-impacts-of-war-924>
3. Post-conflict environmental assessments. UNEP, 2020. Retrieved from UNEP Post-Conflict URL: <https://www.unep.org/topics/disasters-and-conflicts/country-presence/cote-divoire/post-conflict-environmental-assessment>
4. Zúñiga-Upegui, P., Arnaiz-Schmitz, C., Herrero-Jáuregui, C., Smart, S. M., López-Santiago, C. A., & Schmitz, M. F. (2019). Exploring social-ecological systems in the transition from war to peace: A scenario-based approach to forecasting the post-conflict landscape in a Colombian region. *Science of the Total Environment*, 695, 133874.
5. Manfreda, S., McCabe, M. F., Miller, P. E., Lucas, R., Pajuelo Madrigal, V., Mallinis, G., ... & Toth, B. (2018). On the use of unmanned aerial systems for environmental monitoring. *Remote sensing*, 10(4), 641.

Interaction Between Society and Nature During War: Case Study of Biological Weapons

Pavliukh L., *Huz V.

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

6856368@stud.nau.edu.ua

Abstract. The use of biological weapons in military conflicts causes serious environmental and social consequences that can last for decades. Biological agents, such as bacteria, viruses, fungi or toxins, have the ability to spread rapidly through air, water and soil, causing massive infections and significant losses among humans, animals and plants. This leads to severe disruption of ecosystems, destruction of biodiversity, extinction of certain species and environmental degradation. In addition to the direct impact on public health, biological weapons can cause chain socio-economic problems, including the loss of agricultural land, water pollution and the spread of epidemics. Longer-term impacts include reduced agricultural productivity, the need to evacuate and relocate populations, and the costs of restoring contaminated areas, which can negatively impact the economies of affected regions. Effective biosecurity strategies, timely monitoring of the environment and the use of the latest technologies for clean-up are important elements of minimising damage. This study analyses the impact of biological weapons on various components of ecosystems, including soils, water resources and the atmosphere, and offers recommendations for strengthening international control over the prohibition of their use. In addition, it provides concrete measures to restore affected ecosystems and increase the resilience of society to biological threats, including international cooperation and information sharing to enable faster response to biological attacks.

Keywords: Biological Weapons, Ecosystems, Environmental Pollution, Biodiversity, Biosafety, Phytoremediation.

Introduction

Modern military conflicts are accompanied not only by traditional forms of aggression, but also by new threats, among which the use of biological weapons occupies a special place. These weapons can include pathogenic microorganisms that have the potential to cause massive damage to living



organisms, making them extremely dangerous for ecosystems and human health. There have been cases in history where the use of biological weapons has led to serious environmental disasters, destroying natural environments, disrupting food chains and affecting endangered species. The consequences of the use of biological weapons are felt not only at the natural level, but also in the socio-economic context.

Results and Discussion

Biosafety: definition and main components

The term ‘biosafety’ has various definitions, but the World Health Organization (WHO), ‘Biosafety Manual: Third Edition’ defines laboratory biosafety as the protection measures, both institutional and personal, to prevent the loss, theft, misuse, diversion or intentional spread of pathogens and toxins (Саймон та ін., 2015). The basis of biosafety is ecosystem monitoring, which ensures the timely detection of potential threats such as epidemics, invasive species and pollution. This process involves monitoring the quality of air, water and soil, as well as observing the state of wildlife and plant populations. Another important component is ensuring safety, which involves the development and implementation of regulations governing the use of chemicals such as pesticides and herbicides, as well as monitoring the safety of genetically modified organisms. Raising public awareness of the importance of biosafety and environmental issues is a critical aspect, as it fosters a responsible attitude towards the environment. Information campaigns, training programmes and seminars help to raise environmental awareness among the population. Scientific research in the fields of ecology, agronomy and medicine also plays a key role in the development of new biosafety technologies and methods, such as improved water and soil treatment technologies and the development of new approaches to pest control (Головацький, 2016; Саймон та ін., 2015).

Environmental impacts

Biological agents can have a negative impact on the flora and fauna of the regions where they have been used. Pathogens that infect plants can lead to the destruction of crops, which in turn leads to food shortages. The destruction of natural habitats and changes in environmental conditions can lead to the extinction of species that are important for maintaining an ecosystem. Biological weapons can include various pathogens, such as bacteria, viruses, fungi or toxins, which can infect and destroy living organisms (A Procecutors’s Guide, 2022). The detailed impact of biological weapons on ecosystem components is shown in Table 1.

Table 1. Detailed impacts of biological weapons on ecosystem components

Ecosystem component	Biological agent	Mechanism of impacts	Typical impacts	Potential long-term impacts
Soil resources	Bacteria (e.g. anthrax)	Penetration of pathogens into the soil	Pollution, loss of fertility	Decreased agricultural productivity, soil erosion
Water resources	Viruses and toxins	Spread through rivers and lakes	Water pollution, destruction of aquatic life	Disruption of aquatic ecosystems, threat to drinking water supply
Atmosphere	Aerosols with pathogens	Spread of diseases through the air	Inhalation of pathogens by humans and animals	Epidemics among the population, decline in the number of animal species
Flora and fauna	Plant viruses and fungi	Infection of plants and animals	Decrease in plant and animal populations	Destruction of food chains, extinction of certain species

For example, anthrax can kill farm animals, and certain viruses can infect plants, causing them to die. Soil contamination by pathogens can reduce land fertility and make it difficult to use agricultural land. Contamination of water resources by biological agents can spread infections through rivers and lakes, causing the death of aquatic organisms and threatening drinking water supplies (A Procecutors’s Guide, 2022; Саймон та ін., 2015).

Socio-economic impact of environmental pollution by biological agents



Environmental contamination by biological agents has serious consequences for public health, causing outbreaks of infectious diseases that can spread among humans and animals. The use of biological weapons leads to massive illnesses among the population. Infectious diseases caused by biological agents can spread at a rate that exceeds the capacity of the healthcare system. This requires urgent rehabilitation and treatment measures, which puts additional strain on the medical infrastructure. This forces people to migrate from the affected areas, which creates an additional socio-economic burden. The economic costs of response, medical care, rehabilitation of contaminated areas and restoration of economic activity are significant and can lead to a long-term economic crisis (A Procucutors's Guide, 2022; Саймон та ін., 2015).

The war in Iraq also demonstrated the serious environmental consequences associated with the use of biological agents. According to studies, traces of dangerous pathogens were found in some regions that could threaten both human health and natural ecosystems (Zilinskas, 1997). This led to disease outbreaks among the population and wildlife, disrupting natural cycles.

Methods of restoring ecosystems after biological attacks

Restoring ecosystems after biological attacks is a complex and multi-stage process that requires an integrated approach that takes into account both the short-term and long-term effects of biological agents. Following a biological attack, contamination of soil and water resources and loss of biodiversity can lead to ecosystem degradation, reduced agricultural productivity and loss of natural resources. To minimise the impact and ensure full ecosystem recovery, a variety of methods need to be applied. The main ones include phytoremediation, water purification, reintroduction of endangered species and the use of modern technologies for monitoring and controlling the environment (Саймон та ін., 2015; .

Phytoremediation is a method of using plants to clean contaminated soil and water resources from toxic substances, including biological agents. Plants can absorb, accumulate or decompose pollutants through their roots, leaves and other organs. After a biological attack, this method can be effective in reducing the concentration of pathogens in soil and water. The choice of plants is an important step in phytoremediation, as species with a high capacity to absorb and neutralise pathogens are chosen, such as mustard (*Brassica*), poplar (*Populus*), sunflower (*Helianthus*). These plants can be genetically modified or specially selected to increase their phytoremediation capacity (Garbisu & Alkorta, 2003).

The mechanism of action of such plants is to absorb pathogens from the soil through the root system and accumulate them in the tissues. Some species also secrete substances that have antibacterial or antiviral properties, helping to reduce the activity of pathogens in the soil. The advantages of phytoremediation include cost-effectiveness, environmental safety, and the ability to apply to large areas with minimal interference with natural processes. In addition to purification, plants used for phytoremediation also contribute to the restoration of soil structure, improve its aeration and fertility.

Cleaning up water resources after a biological attack is an important element of environmental restoration, as rivers, lakes, and groundwater can be contaminated with pathogens. Ensuring a safe water supply and restoring natural aquatic ecosystems requires the implementation of various treatment technologies. One method is biological filtration, which involves the use of natural or artificial biofilters such as algae, hydrophytes (e.g., reeds), and other aquatic plants. These organisms absorb pollutants and release substances that inhibit the growth of pathogenic microorganisms.

Conclusions

The use of biological weapons in armed conflicts has catastrophic consequences for ecosystems and society, harming not only human health but also the natural environment. Biological agents, which can spread rapidly through air, water and soil, cause mass infections, species extinction and environmental degradation. This leads to serious socio-economic consequences, such as the loss of agricultural land, water pollution and increased morbidity. Environmental crises caused by biological attacks can delay the recovery of affected regions for decades, threatening food safety and economic stability. It is crucial to develop and implement effective biosafety strategies that include international control over the use of biological weapons, environmental monitoring and active cooperation between countries. Restoration of affected ecosystems and enhancing society's preparedness for biological



threats should be a priority for the international community, as this will not only protect public health but also preserve natural resources for future generations.

References

1. A Prosecutor's guide to chemical and biological crimes. Crime, UN Interregional, 2022.
2. Головацький О.О., (2016). Біотероризм: особливості та тактика протидії.
3. Саймон У., Новосьолова Т., Вальтер Д., Дандо М. Запобігання біологічним загрозам: що Ви можете зробити. Посібник з питань біологічного захисту та як їх вирішувати. Бредфордський університет, 2015.
4. Zilinskas, R. A. (1997). Iraq's biological weapons: the past as future? *Jama*, 278(5), 418-424.
5. Garbisu, C., & Alkorta, I. (2003). Phytoextraction: A cost-effective plant-based technology to remediate contaminated soils. *Journal of Environmental Management*, 67(2), 89-104.

Негативні наслідки воєнних дій на екологічні послуги прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я

Дьяченко М., *Сафранов Т.

Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Одеса, Україна

safranov@ukr.net

Negative Effects of Military Operations on Ecological Services of the Coastal Zone of the North-Western Black Sea

Diachenko M., *Safranov T.

Odesa I.I. Mechnikov National University, Odesa, Ukraine

safranov@ukr.net

Abstract. The coastal zone of the Northwestern Black Sea region covers most of Odesa, Mykolaiv, and Kherson regions of Ukraine. Within this area, there are a large number of settlements, fuel and energy, industrial, transport, agricultural, recreational and other objects, which causes anthropogenic impact on various natural ecosystems. As a result of anthropogenic impacts on the air basin, natural waters, soil cover, geological environment and biota, the ecological situation within certain territories (water areas) deteriorates, their recreational value decreases and the use of ecosystem services of natural ecosystems (all the useful resources and benefits that can be obtained from natural ecosystems), becomes more difficult. Since February 2022, military operations and hostilities have been an additional factor of anthropogenic impact on the coastal zone and ecosystem services. The purpose of the study is to assess the impact of military operations on the state and possibilities of using ecosystem services of the coastal zone of the Northwest Black Sea region. The research methods are a critical analysis of existing approaches to the assessment of ecosystem services. In the course of the work, published data were used, as well as materials from the author's own work on the assessment of the useful properties of individual natural ecosystems. In relation to the natural systems of the coastal zone of the Northwestern Black Sea region, the ecosystem services of supply, regulation, maintenance, and cultural and social services are distinguished. The possibilities of using ecosystem services are limited by the impact of various forms of anthropogenic activity, and since February 2022 by the direct or indirect impact of military operations within the water area and adjacent parts of the coast.

Keywords: coastal zone, ecosystem services, anthropogenic impact, impact of military operations.



Вступ

За визначенням Європейської комісії, прибережна зона (ПЗ) – це смуга суші і моря, ширина якої коливається в залежності від характеру навколишнього середовища та завдань управління. З урахуванням того, що вплив Чорного моря на кліматичні умови поширюється вглиб суші на 140-280 км, то більшу частину Одеської, Миколаївської та Херсонської областей можна розглядати як прибережну зону Північно-Західного Причорномор'я (ПЗП). В межах цієї території розташована велика кількість населених пунктів, паливно-енергетичних, промислових, транспортних, агропромислових, рекреаційних та інших об'єктів, що зумовлює антропогенний вплив на прибережну зону ПЗП. Навіть території і об'єкти природно-завідного фонду підпадають якщо не пряму, то опосередковану техногенну дію. Внаслідок техногенного впливу на повітряний басейн, природні води, ґрунтовий покрив, геологічне середовище та біоту погіршується екологічна ситуація в межах окремих територій (акваторій), знижується їх рекреаційна цінність та ускладнюються можливості використання екосистемних послуг (ЕСП) різноманітних природних екосистем (ЕС) прибережної зони ПЗП. Відомо, що під *ЕСП* розуміють всі корисні ресурси та вигоди, які сучасне людство може отримати від природи, тобто матеріальні вигоди, що отримує людство від абіогенних і біогенних складових природних ЕС. Саме від ЕСП залежить задоволення потреб людства в середовищі існування й продуктах харчування, а також рівень та якість його життя. Можливості використання ЕСП прибережної зони ПЗМ обмежуються впливом різних форм антропогенної діяльності, а з лютого 2022 року прямим або непрямим впливом воєнних дій у межах акваторії та прилеглих частинах узбережжя (Safranov et al., 2024).

Метою роботи є оцінка впливу воєнних дій на стан і можливості використання ЕСП природних систем прибережної зони ПЗП.

Методи та матеріали

Методами дослідження є критичний аналіз існуючих підходів до оцінки екосистемних послуг. При виконанні роботи були використані опубліковані дані, а також матеріали власних доробок, присвячених дослідженню оцінки корисних властивостей окремих природних екосистем.

Результати та обговорення

Відносно до природних екосистем ПЗ Північно-Західного Причорномор'я виділені екосистемні послуги постачання, регулювання, підтримання та культурно-соціальні.

ЕСП постачання. Морське середовище забезпечує функціонування море-господарських комплексів, промислове рибальство, марикультуру, технічне водопостачання, таласотерапію тощо. Донні відклади є джерелом будівельних матеріалів, розсипних корисних копалин, лікувальних грязей, а також середовищем мешкання бентосу. Особливості водної товщі та донних відкладів зумовлюють просторово-часовий розподіл середовищ мешкання гідробіонтів, а також їх видове та генетичне розмаїття. Морське середовище є важливим районом рибальства і марикультури, що забезпечує населення продуктами харчування та є прибутковою статтею економіки.

Морське середовище забезпечує функціонування море-господарських комплексів. До повномасштабної війни з РФ, 75% зовнішнього товарообігу припадало на морські порти України, які за підсумками першого року війни скоротили вантажообіг порівняно з 2021 роком на 61,4% (експортна перевалка вантажів скоротилась на 59,5%, а імпортна – 74,2%). З 24 лютого 2022 року вони всі були заблоковані, але компанії стали шукати альтернативні шляхи для формування логістичних ланцюжок. Наприклад, українські морські порти з січня по вересень 2024 перевалили 74 млн т, що приблизно на рівні довоєнного часу, незважаючи на ракетні обстріли море-господарських комплексів.

Північно-західна частина Чорного моря (ПЗЧМ) є важливим районом рибальства. Розвиток процесів евтрофікації зумовили розвиток гіпоксії і навіть аноксії, що стало причиною не тільки рибних заморів, але і гибелі мідій та інших «фільтаторів» морської води. В 1990-х роках екологічна ситуація у межах ПЗЧМ декілька поліпшилася, а рибні замори і гибель двостулкових почали відбуватися рідше і на менших площах (Сафранов и др., 2022; Сафранов, 2023). На екологічні умови ПЗЧМ негативно впливає донний траловий промисел. Незважаючи



на заборону донного тралового промислу, його негативні наслідки спостерігаються в даний час на окремих ділянках ПЗЧМ.

Аквакультура відкриває широкі перспективи для розвитку рибогосподарського комплексу в ПЗЧМ. Його формуванню та розвитку тут сприяє: величезна площа мілководного шельфу, багата кормова база; дельтові системи Дунаю і Дністра; малі річки, озера, лимани, водосховища, ставки; велика кількість теплих сонячних днів у році, розвинене сільське господарство. Прибережні морські води мають сприятливі умови для вирощування моллюсків (мідій, устриць), промислове вирощування яких не потребує витрат на штучні корми. На даний момент в ПЗЧМ спостерігається невідповідність наявних в регіоні виробничих (рибопереробних і рибопереробних) можливостей від стану запасів основних промислових об'єктів, особливо в районах традиційного прибережного промислу. У зв'язку з цим доцільно будувати комплексні рибні господарства для збільшення поголів'я кефалі та камбали (Сафранов и др., 2022). Бойові дії в акваторії Чорного моря зумовили неможливість промислового рибальства і дуже обмежили можливості розвитку аквакультури.

Для ПЗЧМ характерні унікальні ресурси «філофорного поля Зернова» – скупчення червоних водоростей на глибинах 20-60 м, які на 80% складаються філофори ребристої (*Phyllophora crispa*). До біоценозу філофорного поля входить більше 30 видів одноклітинних та багатоклітинних водоростей, близько 100 видів безхребетних (губок, черв'яків, раків, моллюсків, моховаток тощо) і біля 40 видів риб, які мають червону пігментацію. До кінця ХХ-го століття через евтрофікацію, що супроводжується зниженням прозорості води, запаси філофори катастрофічно зменшились (сонячний світ на більшій частині площі її зростання перестало доходити до цих водоростей бентосу). Якщо на початку площа філофорного поля становила 11 тис. км², а її запасів вистачало, щоб впродовж близько 70 років (до початку 1990-х рр.) щорічно видобувати 15-20 тис. т філофори для вилучення йоду і отримання агар-агару, то в 1996 р. видобуток водоростей був вимушено припинений, а в 2008 р. створена найбільша за площею (402 500 га) морська охоронна акваторія в Чорному морі – ботанічний заказник загальнодержавного значення «Філофорне поле Зернова». З початком ХХІ-го століття в результаті зусиль європейських країн з очистки басейну річки Дунай почали спостерігатися процеси очищення води та спостерігатися процеси очищення води та відновлення біологічних угруповань. Однак близькість філофорного поля до зони активних бойових дій, а також негативні наслідки підризу дамби Каховської ГЕС негативно відбилися на екологічному стані цього ботанічного заказника.

Водно-болотні угіддя (ВБУ) узбережжя мають унікальні біологічні ресурси, а також лікувальні грязі, водні та енергетичні ресурси. Окремі ВБУ міжнародного значення входять до Смарагдової мережі (*Emerald Network*), що складається з територій з особливим природоохоронним статусом, призначених для довгострокового виживання видів та збереження їх місць проживання відповідно до Бернської конвенції. Процеси забруднення та деградації ВБУ пов'язані з сільськогосподарською та рекреаційно-туристичною діяльністю, впливом місцевого населення, а також з процесами евтрофікації водних об'єктів. На стан ВБУ прямий і непрямий вплив здійснюють воєнні і бойові дії. Тому раціональне використання ВБУ, їх збереження та відновлення їх екосистемних послуг в післявоєнний період, мають дуже важливе екологічне та соціально-економічне значення (Safranov et al., 2024).

Важливою складовою ЕСП, що забезпечують, природних систем ПЗЧМ є ресурси вуглеводневої сировини. Вважається, що українська частина Чорного моря містить біля 2,3 трлн м³ природного газу. До анексії Росією Кримської автономії в 2014 р., Україна досягла певних успіхів по збільшенню добутку газу на мілководному північно-західному шельфі. На балансі ПАО «Чорноморнафтогаз» на той час находилось 17 родовищ, з яких 11 газових, 4 газоконденсатних і 2 нафтових. Сумарні запаси цих родовищ становили: по природному газу – 58,56 млрд м³, по газовому конденсату – 1231 тис. т, по нафті – 2530 тис. т. В 2013 році добуток газу виріс до 1,65 млрд. м³, а у 2015 році добуток був повинен досягти 3 млрд м³ за рахунок завершення облаштування Одеського і Безіменного родовищ з ресурсними запасами до 35 млрд м³ природного газу. Після анексії Криму Росією Україна втратила можливість добутку



вуглеводнів на низці родовищ (Безіменному, Одеському, Архангельському, Штормовому, Шмідта), а також продовження пошуково-розвідувальних робіт на других перспективних ділянках. Вважається, що на українському шельфі Чорного моря розвідано до 30% загальних запасів вуглеводневої сировини, тобто лише 4% прогнозних запасів газоподібних та рідких вуглеводнів. Найбільш перспективними вважаються Одеське та Безіменне родовища у межах виключно економічної зони України. Лише розвідані запаси газу Одеського родовища складають 21 млрд м³. Експлуатація покладів газу почалось у 2012 році. Газ обсягом біля 1 млрд м³ по підводному трубопроводу надходив у Крим, але в березні 2014 року бурові вишки біли захоплені російськими військами. До переліку захоплених РФ увійшли також інші родовища та перспективні площі. У вересні 2023 році українські військові повернули бурові платформи. В умовах війни експлуатація цих покладів вуглеводневої сировини поки що не представляється можливим, але у післявоєнний період видобуток вуглеводневої сировини на родовищах ПЗЧМ стане одним із ключових складових відновлення держави.

ЕСП регулювання. Регулювання взаємодії різних трофічних рівнів, що допомагає підтримувати збалансовану екологічну піраміду. Атмосферний вплив виявляється у тому, що з повітряними масами до морського басейну потрапляють забруднюючі речовини, а також біогенні елементи, які провокують розвиток процесів евтрофікації. Вплив теплого морського басейну регулює кліматичні умови ПЗ; для теплого періоду року під час антициклонів характерна бризова циркуляція, коли забруднюючі речовини (ЗР) вночі повітряними потоками з суші виносяться в морський басейн, а вдень – з моря на сушу. Частина ЗР осідає у морському середовищі, але інша частина повертається на сушу, тому забруднення підвітряного басейну під час вибухів негативно впливає на якість атмосферного повітря на морем і над сушею. ВБУ узбережжя, виступають як регулятор акумулювання та зберігання прісної води, фільтрації вод, поглинання з атмосфери та накопичення вуглецю, повернення в атмосферу кисню, регулювання поверхневого стоку, стабілізації рівня ґрунтових вод, запобігання та стримування ерозійних процесів, підтримання збереження біологічної різноманітності, вони пом'якшують повені, захищають берегову лінію та підвищують опір населення до стихійних лих, а також відіграють важливу регулюючу роль у стабілізації кліматичних умов. Крім того, вони відіграють важливу роль у виробництві первинної продукції та фотосинтезі, а також є джерелом продовольства, сировини, генетичних ресурсів. Як зазначено вище, на стан ВБУ прямий і непрямий вплив здійснюють воєнні і бойові дії.

ЕСП підтримання необхідні для підтримки інших ЕСП: утворення ґрунтового покриву (багато підтримуючих послуг залежать від родючості та швидкості утворення ґрунтів); кругообіг біогенних елементів (багато біогенних елементів, необхідних для життя, циркулюють в ЕС, причому найбільш інтенсивні біогеохімічні цикли відбувається у пригирлових зонах); процеси фотосинтезу і продукування первинної продукції (відбувається конвертація сонячної енергії в продуцентами в фітомасу і виділяється кисень). Прибережна зона ПЗП є середовищем мешкання і джерелом харчування численних організмів. Особливо важлива роль ВБУ, що мають величезне значення як місце проживання навколоводних і водоплавних птах та характеризується біологічною різноманітністю. Воєнні і бойові дії порушили умови нормального функціонування біоти.

Культурно-соціальні ЕСП. Різноманітні екосистеми прибережної зони ПЗП мають наукову значущість і освітню цінність, оскільки є природними науково-освітніми лабораторіями, де можна здійснювати наукову та освітню діяльність. До узбережжя приурочені ВБУ міжнародного значення, які є складовою екологічних коридорів та є незамінними у формуванні екологічної мережі. Істотну шкоду воєнні і бойові дії нанесли територіям і об'єктам природно-заповідного фонду, зокрема біосферним резерватам, які були окуповані («Асканія-Нова», «Чорноморський біосферний заповідник»). Через пожежі на Кінбурнської косі під загрозою опинилися червонокнижні орхідеї, інші унікальні рослини та тварини. Горіли лісові масиви, степові зони, плавневі системи, низинні рослини. Меншою мірою воєнні дії вплинули на екологічну ситуацію на території Дунайського біосферного заповідника, але бойові дії на острові Зміїний, вимушена активізація судноплавства на окремих гирлах Дунаю, обстріли



прилеглих територій також негативно відбилися на екологічній ситуації у цьому біосферному резерваті. Комфортні біокліматичні умови, значна протяжність пляжної зони, наявність територій і об'єктів природно-заповідного фонду та інші фактори зумовлюють перспективність прибережної зони ПЗП та його узбережжя для різних форм рекреаційно-туристичної діяльності, однак воєнні дії і бойові дії максимально мінімізували ці можливості. Варто зауважити, що після підриву дамби Каховської ГЕС значна частина морських пляжів влітку 2023 року не була придатна для купання внаслідок санітарно-гігієнічних обмежень.

Висновки

В межах поліфункціональної території прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я розташована велика кількість населених пунктів і техногенних об'єктів, що зумовлює антропогенний вплив на природні складові довкілля і навіть на території і об'єкти природно-заповідного фонду.

Внаслідок техногенного впливу на повітряний басейн, природні води, ґрунтовий покрив, геологічне середовище та біоту погіршується екологічна ситуація в межах окремих територій (акваторій), знижується їх рекреаційна цінність та ускладнюються можливості використання екосистемних послуг природних систем прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я.

Додатковим істотним негативним фактором впливу на різноманітні природні екосистеми прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я є воєнні і бойові дії, що обмежують використання екосистемних послуг постачання, регулювання, підтримання та культурно-соціальні.

Відновлення природних екосистем прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я з метою використання послуг пов'язаних з ними є одним із ключових складових відновлення держави у післявоєнний період.

Список використаних джерел

1. Safranov, T.A., Chugai, A.V. and Stepova, O.V. (2024). Impact of military activities and hostilities on the ecosystem services of the North-Western Black Sea coastal zone, *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, vol. 33, pp. 81-87.
2. Safranov, T., Berlinsky, N., Slizhe, M., and Youssef El Hadri (2024). Ecosystem services of the North-Western Black sea wetlands, *Environmental Problems*, Vol. 9, No. 2, pp. 65-72.
3. Сафранов Т.А., Берлінський М.А., Юсеф ель Хадрі, Сліже М. (2022). Оцінка екосистемних послуг північно-західної частини Чорного моря: стан, проблеми та перспективи. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2022. Вип. 56. С. 255-263.
4. Сафранов Т.А. (2023). Корисні властивості природних систем прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я, *Український гідрометеорологічний журнал*. 2023. No.31, С. 55-68.



Стратегії відновлення екосистеми України у воєнний час

*Довгань К.А., Артеменко Л.П.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського",
Київ, Україна

karinadovgan@ukr.net

Strategies for Ecosystem Restoration in Ukraine During Wartime

*Dovhan K., Artemenko L.

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

karinadovgan@ukr.net

Abstract. The conservation of natural resources and ecosystem restoration focuses on analyzing the environmental challenges that have arisen in Ukraine as a result of Russian aggression, and developing strategies for ecosystem recovery. The research addresses the impact of war on natural resources, such as forests, water resources, and soils, highlighting major environmental issues including soil contamination, destruction of water sources, and loss of biodiversity. The research methods used include an analysis of previous environmental monitoring conducted by international organizations such as the United Nations Environment Programme (UNEP), as well as an analysis of environmental maps that illustrate the extent of the impact of hostilities on various regions of Ukraine. The main findings show that the war has caused widespread environmental contamination with toxic substances, the destruction of natural ecosystems, and disruption of water supplies in many regions of the country. Special attention is given to the need for green recovery, which entails sustainable management of natural resources, water source purification, land reclamation, and biodiversity conservation. The article offers recommendations for further implementation of environmental standards during the reconstruction of infrastructure, particularly by involving international organizations in funding and transferring environmental technologies to accelerate recovery and ensure sustainable development.

Keywords: environmental management, ecosystem restoration, war impact on nature, sustainable recovery, natural resource conservation

Вступ

Війна є одним із найруйнівніших явищ для довкілля, і її вплив на природні ресурси та екосистеми може мати тривалі наслідки. На прикладі війни в Україні можна побачити, як конфлікти спричиняють екологічні катастрофи, що не тільки руйнують інфраструктуру, але й отруюють ґрунти, забруднюють водні ресурси та призводять до втрати біорізноманіття. Бомбардування промислових об'єктів, знищення лісів і руйнування водних систем стають джерелами серйозних екологічних загроз. Ці події підкреслюють необхідність впровадження стратегій екологічного менеджменту під час і після війни, з метою збереження природних ресурсів і відновлення екосистем.

Метою даного дослідження є аналіз основних екологічних викликів, які постають перед Україною під час війни, а також розробка стратегій для відновлення природних ресурсів у постконфліктний період.

Гіпотеза дослідження полягає в тому, що впровадження комплексних екологічних заходів у процесах реконструкції та відновлення може сприяти не тільки відновленню довкілля, але й стати основою для сталого розвитку країни.

Новизна дослідження полягає у поєднанні стратегій екологічного менеджменту з процесами післявоєнного відновлення, зокрема через впровадження принципів зеленого відновлення.



Практичне значення роботи полягає в тому, що запропоновані рішення можуть бути використані як на національному рівні, так і для міжнародної співпраці у відновленні постраждалих регіонів, зокрема у контексті екологічної стійкості.

Методи та матеріали

У дослідженні використовувались як кількісні, так і якісні методи аналізу для вивчення впливу війни на природні ресурси та розробки стратегій екологічного відновлення. Основним методом був аналіз даних екологічних звітів міжнародних організацій, таких як Програма ООН з довкілля (UNEP) та Zoі Environment Network. Проводився порівняльний аналіз різних регіонів України для визначення рівня екологічної шкоди та її відмінностей між регіонами. Моделювання екологічних наслідків дозволило оцінити довготривалі наслідки для природних ресурсів, зокрема для ґрунтів і водних ресурсів. Також застосовано екологічну оцінку впливу бойових дій на середовище, що включала аналіз забруднення та руйнування екосистем.

Матеріалами для дослідження стали екологічні звіти, карти постраждалих територій, супутникові знімки та статистичні дані про забруднення.

Виклад основного матеріалу

Екологічний менеджмент у післявоєнний період включає розробку стратегій екологічного відновлення, визначення ризиків і впровадження заходів щодо захисту природного середовища та підвищення екологічної стійкості. Крім того, оскільки екологічна стійкість і сталий розвиток стають дедалі актуальнішими питаннями, дослідження цього питання можуть зробити важливий внесок у розуміння та розвиток стратегій екологічного менеджменту і продемонструвати необхідність захисту природних ресурсів і впровадження принципів сталого розвитку соціально-економічних систем (Абалмасова, 2023).

Розглянемо вплив війни на природні ресурси (це конкретні збитки для природних ресурсів (лісів, води, ґрунтів) та екологічні виклики під час війни (включають управлінські та стратегічні проблеми, пов'язані з їх збереженням та відновленням під час війни)

Вплив війни на природні ресурси

Війна спричиняє величезні екологічні втрати: знищення лісів, забруднення водних ресурсів і ґрунтів важкими металами та хімічними речовинами. Бомбардування та артилерійські обстріли спричиняють масштабні лісові пожежі та вибухи, що забруднюють довкілля токсичними речовинами (табл.1). Окрім цього, руйнування промислових об'єктів, таких як нафтобази, також призводить до викидів нафти та інших небезпечних матеріалів у навколишнє середовище (Овсяний, 2023).

Таблиця 1. Основні наслідки війни для природних ресурсів

Природний ресурс	Види впливу	Наслідки
Лісові масиви	Пожежі, руйнування лісів	Втрата біорізноманіття, ерозія ґрунтів
Водні ресурси	Забруднення важкими металами	Забруднення водних горизонтів, загибель водної фауни
Ґрунти	Забруднення хімікатами та боєприпасами	Зниження родючості, ризик для здоров'я населення
Біорізноманіття	Руйнування середовищ існування	Загибель видів, занесених до Червоної книги України

Джерело: складено автором на основі Який вплив..., 2023.

Програма ООН з довкілля (UNEP) разом з партнерськими організаціями провели попередній моніторинг екологічної ситуації в Україні та проаналізували вплив бойових дій на навколишнє середовище. Перші висновки фахівців є невтішними, війна буквально отруює українську територію та становить загрозу екосистемі (Карта свідчить..., 2022).

Карта, представлена швейцарською неурядовою організацією Zoі Environment Network (Рис. 1), демонструє екологічну шкоду, яку спричинила війна на території України. Ключові елементи карти включають:

- Червоні зони: вказують на регіони, які зазнали найсильнішого впливу бойових дій. До цих зон відносяться східна та південна частини України, зокрема області довкола Донецька,



Харкова, Запоріжжя та Одеси. Вибухи, пожежі, забруднення хімічними речовинами та пошкодження природних ресурсів у цих регіонах є значними.

- Іконки промислових об'єктів: позначають ключові промислові підприємства та інфраструктурні об'єкти, такі як електростанції, нафтобази та промислові комплекси, які були знищені або пошкоджені, що призводить до викидів токсичних речовин у ґрунт та водні системи. Це особливо небезпечно для навколишнього середовища.

- Зелені ділянки: на карті представлені також регіони з природними заповідниками та екосистемами, які під загрозою через близькість до бойових дій.

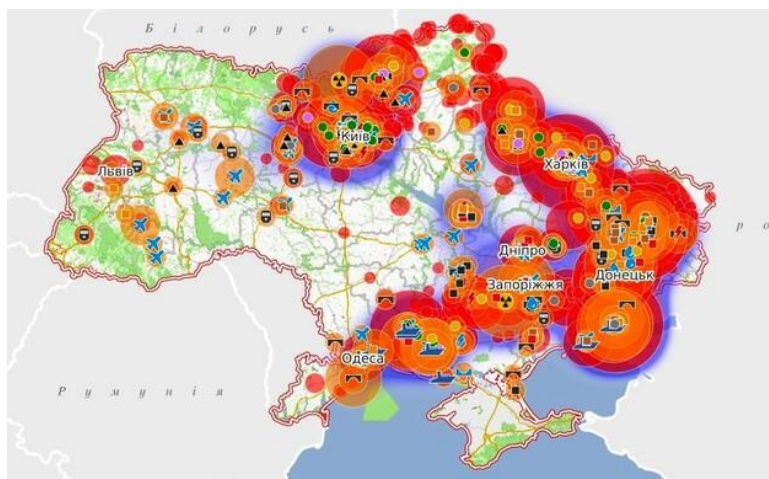


Рис.1. Карта шкоди довкіллю, завданої війною в Україні, розроблена швейцарською неурядовою організацією Zoë Environment Network

Дана карта ілюструє комплексну екологічну загрозу, яку несе війна. Основними проблемами є забруднення водойм, пошкодження екосистем, викиди токсичних речовин внаслідок вибухів, а також втрата біорізноманіття. Регіони в центрі і на заході України (Київська та Львівська області) також зазнали впливу бойових дій, проте рівень забруднення там менший у порівнянні зі східними та південними регіонами.

Екологічні виклики під час війни

Екологічні виклики під час війни в Україні стали серйозною проблемою, впливаючи на всі аспекти довкілля (табл.2). Однією з найбільших загроз є забруднення ґрунтів, що відбувається внаслідок використання боєприпасів, вибухів та залишків військової техніки. Важкі метали та токсичні речовини проникають у ґрунти, що робить їх небезпечними для сільського господарства та погіршує стан екосистеми. Це явище особливо критичне у східних і південних областях України, де інтенсивні бойові дії не дозволяють оперативно здійснювати моніторинг і впроваджувати програми рекультивациі земель.

Таблиця 2. Основні екологічні виклики під час війни*

Виклик	Опис проблеми	Можливі рішення
Забруднення ґрунтів	Токсичні речовини від боєприпасів	Рекультивациа земель
Забруднення водних ресурсів	Токсичні викиди та руйнування дамб	Очищення водних джерел, реконструкція
Втрата біорізноманіття	Загибель тварин і рослин	Відновлення природних заповідників

Примітка: складено автором на основі Овсяний К., 2023.

Ще одним серйозним викликом є руйнування водних ресурсів. Руйнування дамб, водозабірних систем та забруднення річок і водосховищ призводить до критичної загрози для водних екосистем і водопостачання. Зокрема, Каховське водосховище є прикладом екологічної катастрофи через руйнування під час війни. Витік хімічних речовин, нафти та інших токсичних матеріалів у води не лише порушує природний баланс екосистем, але й становить небезпеку для здоров'я населення, що споживає воду з цих джерел. Забруднені річки, такі як Дніпро і



Сіверський Донець, потребують серйозних заходів з очищення та відновлення екологічної рівноваги (Підрив Каховської ГЕС, 2023).

Третім ключовим викликом є втрата біорізноманіття. Під час бойових дій руйнуються природні місця існування багатьох видів тварин і рослин, що призводить до загибелі численних популяцій, включно з видами, які вже були під загрозою зникнення. Це особливо відчутно в регіонах, де війна знищила природоохоронні зони, що раніше служили середовищем існування для рідкісних і червонокнижних видів. Наприклад, у Чорному морі через постійні військові дії постраждала популяція дельфінів, знищено важливі екосистеми, які забезпечували їхнє виживання (Бушковська, 2024).

Кожен з цих екологічних викликів потребує не тільки негайного реагування, але й розробки довгострокових стратегій для відновлення природних ресурсів.

Стратегії відновлення екосистем після війни

Попри те, що війна ще триває, варто вже планувати відбудову країни. Очевидно, що різні регіони мають різні потреби у реконструкції. Проте на національному рівні основні принципи повоєнного життя мають бути спільними для всіх. Реконструкція потребуватиме кількох кроків і повинна включати коротко-, середньо- та довгострокове планування, де це можливо.

Першочерговим завданням є впровадження екологічних стандартів у всі етапи відновлювальних робіт. У процесі реконструкції інфраструктури важливо дотримуватися сучасних екологічних вимог, впроваджувати енергоефективні та екологічно чисті технології. Особливий акцент необхідно зробити на відновленні природних ландшафтів, що зазнали значних пошкоджень внаслідок бойових дій. Це стосується реабілітації земель, лісовідновлення, очищення річок та озер – заходів, які повинні бути в пріоритеті.

Ключову роль відіграє впровадження концепції зеленого відновлення, яка включає пом'якшення кліматичних змін, збереження водних ресурсів, біорізноманіття, а також забезпечення чистоти повітря, води та ґрунтів. Такий підхід сприяє сталому розвитку країни, створюючи нові робочі місця та поліпшуючи умови життя.

Забезпечення успішного екологічного відновлення вимагає тісної співпраці між владою та громадянським суспільством. Аналізуючи існуючі стратегії, можна побачити, що експертні рекомендації здатні значно підсилити поточні плани, підвищивши їхню ефективність у майбутньому. Один із яскравих прикладів – це руйнування Каховської ГЕС, коли Кабінет Міністрів прийняв рішення про її повне відновлення без проведення необхідної екологічної оцінки. Це викликало серйозне занепокоєння серед наукової спільноти, екологів і громадськості. Щоб запобігти таким ризиковим і поспішним крокам, екологічні організації об'єдналися в коаліцію, яка закликала уряд переглянути це рішення.

Відбудова України вимагає не тільки відновлення інфраструктури та природних ресурсів, але й забезпечення екологічно стійкого розвитку. Це завдання можливе тільки за умов тісної взаємодії між урядом, міжнародними організаціями та громадськістю. Співпраця всіх зацікавлених сторін є ключовою для подолання екологічних наслідків війни і впровадження стратегії зеленого відновлення (Заскальна, 2024).

Міжнародна підтримка, як і фінансова допомога, відіграє вирішальну роль у відновленні природних ресурсів після війни в Україні. Партнерство з міжнародними організаціями та країнами-донами забезпечує обмін досвідом, технологіями та фінансовими ресурсами, що значно прискорить відбудову і сприятиме довготривалій екологічній стійкості.

Екологічні питання залишаються надзвичайно важливими для післявоєнної відбудови України. Усунення екологічних наслідків війни є необхідним для сталого розвитку, захисту здоров'я населення та забезпечення стійкості постраждалих громад. Врахування екологічних аспектів у процесі прийняття рішень і впровадження стійких методів дозволить Україні рухатися в напрямку екологічно безпечного та стійкого майбутнього.

Результати та обговорення

Результати проведеного дослідження підтверджують значні екологічні втрати, спричинені війною в Україні. Зокрема, аналіз даних показав масштабне забруднення ґрунтів важкими металами та хімічними речовинами внаслідок бойових дій, що погіршує родючість земель та



становить загрозу для здоров'я населення. Масові лісові пожежі та вибухи військової техніки призвели до значної втрати біорізноманіття, особливо в східних і південних регіонах України. Найбільш постраждали ліси й водні ресурси, що загрожує загибеллю популяцій рідкісних видів тварин та рослин.

У результаті аналізу було виявлено, що впровадження комплексних заходів з екологічного менеджменту є критично важливим для відновлення екосистем після війни. Стратегія зеленого відновлення, що передбачає використання сучасних екологічних стандартів у процесах реконструкції, є ключовою для збереження та відновлення природних ресурсів. Особливу увагу слід приділити рекультивациі земель та очищенню водних джерел, оскільки ці проблеми мають довготривалі наслідки. Важливим аспектом є співпраця між урядом, міжнародними організаціями та громадськістю, яка дозволить забезпечити ефективну реалізацію екологічних заходів. Міжнародна підтримка та обмін технологіями можуть прискорити процес відновлення та сприяти сталому розвитку країни.

Висновки

У результаті дослідження встановлено, що війна в Україні спричинила значні екологічні втрати, що потребують негайних заходів з екологічного відновлення. Забруднення ґрунтів, руйнування водних ресурсів та знищення біорізноманіття є головними екологічними викликами, з якими зіткнулась країна.

Для ефективного відновлення екосистем після війни необхідно впроваджувати стратегії зеленого відновлення, які включають використання енергоефективних та екологічно чистих технологій, очищення забруднених територій та збереження біорізноманіття. Співпраця між урядом, міжнародними організаціями та громадськістю є ключовою для забезпечення сталого розвитку та екологічної безпеки України в майбутньому.

Список використаних джерел

1. Абалмасова В. (2023). Екологічний менеджмент в умовах повоєнної відбудови України Retrieved from: <https://peers.international/paper/ekologichniy-menedzhment-v-umovakh-povoennoi-vidbudovi-ukraini>.
2. Овсяний К. До і після. Наслідки повномасштабної війни для екології України. Погляд з супутника. Радіо Свобода. 2023. Retrieved from: <https://www.radiosvoboda.org/a/skhemy-ekolohiya-viyana/32284610.html>.
3. Який вплив війни на екологію. Автоекоприлад. 2023. Retrieved from: <https://eco.aep.kiev.ua/novini/vpliv-vijni-na-ekologiyu/>.
4. Карта свідчить, що війна з окупантами погіршила екологію України. Вівіком, 2022. Retrieved from: <https://api.visicom.ua/uk/posts/unepmap070722>.
5. Підрив Каховської ГЕС: наслідки руйнування греблі, евакуація, загрози. Радіо Свобода. 2023. Retrieved from: <https://www.radiosvoboda.org/a/pidryv-kakhovska-hes-evakuatsiya-zahroza-zaes/32446581.html>.
6. Бушковська Н. Росія спотворює природу. UAanimals. 2024. Retrieved from: <https://uanimals.org/media/interviu/rosiia-spotvoriuie-pyrodu/>.
7. Заскальна А. Еко відновлення. Стратегії для подолання екологічних наслідків війни. Рубрика. 2024. Retrieved from: <https://rubryka.com/blog/eko-vidnovlennya/>.



Екологічні наслідки війни в Україні: виклики, ризики та шляхи відновлення

Душкін С.

Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна

d.akass@ukr.net

Environmental Consequences of the War in Ukraine: Challenges, Risks and Recovery Pathways

Dushkin S.

National University of Civil Defense of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

d.akass@ukr.net

Повномасштабна війна, яку веде Росія проти України, має глибокий і багатоглибинний вплив на екосистеми, ландшафти та соціальні структури. Військові дії спричиняють значне руйнування природних ресурсів, забруднення повітря, води та ґрунтів, а також зміни ландшафтів, що негативно впливає на біорізноманіття та стійкість екосистем. Наприклад, внаслідок обстрілів і бомбардувань пошкоджуються ліси, водосховища та заповідні території, що призводить до екологічних катастроф локального й регіонального масштабу.

Російська військова агресія проти України спричинила справжній екоцид, що призвело до значних екологічних руйнувань. Дії Росії призвели до масового знищення тваринного та рослинного світу, отруєння атмосфери, родючих українських земель та водних ресурсів.

Екологічні злочини Росії проти України можна класифікувати таким чином: забруднення повітря через викиди в атмосферу внаслідок горіння шкідливих речовин і руйнування інфраструктури; забруднення поверхневих і підземних вод; забруднення ґрунтів залишками військової техніки, боєприпасів, хімічних речовин і сполук; пошкодження родючого шару сільськогосподарських угідь і замінування земель; знищення зелених насаджень і тваринного світу; а також масштабне руйнування екосистем.

В умовах активних бойових дій та зростаючих екологічних загроз потрібні нові точні методики оцінки екологічних ризиків для прогнозування динаміки екосистем в Україні. Антропогенні та природні фактори, такі як зміна клімату, індустріальне забруднення та військова активність, потребують комплексного аналізу. Використання моделей сценарного прогнозування дозволить краще розуміти потенційні наслідки для довкілля та розробляти ефективні стратегії зменшення негативних впливів.

Післявоєнний період в Україні може стати критичним для відновлення природних екосистем і забезпечення сталого розвитку. Залучення суспільства до процесу відновлення та охорони навколишнього середовища, через освітні та просвітницькі ініціативи, стане ключовим аспектом відновлення довкілля. Спрямовані міжнародної підтримки на екологічні проекти допоможе не тільки відновити зруйновані території, а й закласти основи для сталого використання природних ресурсів у майбутньому.

Особливо постраждали заповідні території та національні парки, багато з яких потрапили в зону активних бойових дій. Це викликає загрози для біорізноманіття через прямі пошкодження інфраструктури, забруднення ґрунтів і вод, а також збільшення випадків браконьєрства. Для збереження природних ресурсів і біорізноманіття України важливо розробити спеціальні заходи охорони та проводити моніторинг територій навіть під час війни. Також слід посилити міжнародне співробітництво для підтримки природоохоронних проектів.

Важливим аспектом під час війни є правовий захист довкілля. Міжнародне право, зокрема положення Женевських конвенцій та документи Міжнародного Комітету Червоного Хреста, передбачають захист довкілля в умовах військових конфліктів. Однак у реальних умовах війни



ці норми часто порушуються, що вимагає підвищеної уваги до фіксації екологічних злочинів і розробки механізмів притягнення до відповідальності за завдану шкоду.

Економічна оцінка шкоди для довкілля в Україні є складним і багаторівневим процесом, що включає не лише обрахунок безпосередніх руйнувань природних ресурсів, але й довгострокові наслідки для екосистем і економіки. Міжнародні правові механізми компенсації збитків повинні бути адаптовані до умов війни в Україні, щоб забезпечити справедливе відшкодування та фінансування відновлення зруйнованих територій.

Таким чином, війна в Україні не тільки руйнує природні середовища, але й створює нові екологічні та соціальні виклики, які потребують міждисциплінарних рішень для відновлення екологічного балансу. Важливим є комплексний підхід до відбудови країни, який враховуватиме не лише економічні та соціальні фактори, але й стале управління природними ресурсами.

Не варто говорити про точні терміни відновлення природних екосистем, оскільки це залежить від типу постраждалих екосистем і ступеня їх пошкодження. Крім того, природні процеси відновлення мають мінливий характер і не піддаються чітким прогнозам. У середньому для повернення до довоєнного стану може знадобитися кілька десятиліть, а в деяких випадках навіть понад сто років. Саме тому важливо забезпечити належне місце природним екосистемам серед пріоритетів у процесах планування та реалізації проектів післявоєнного відновлення.

Формування іміджу України у закордонних ЗМІ

Засік Ю.Р.

Київський національний університет ім. Т.Шевченка, Київ, Україна

zasikmiroslava@gmail.com

Formation of the Image of Ukraine in Foreign Media

Zasik Yu. R.

Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine

zasikmiroslava@gmail.com

Abstract. The article is devoted to the study of the importance of the role of mass media in shaping the image of a country in the international arena. It is noted that the image of a state consists of ideas, perceptions and stereotypes formed through various sources and interaction with its representatives. In particular, the mass media play a key role in this process, influencing the perception of the country by domestic and foreign audiences. The article emphasizes the relevance of studying the processes of transformation of Ukraine's image in the world, especially in the context of recent events. The author emphasizes that a positive image of the country is important for the development of all spheres, from the economy to culture. It is highlighted that Ukrainian and foreign researchers have already studied various aspects of Ukraine's image formation, exploring the factors that determine it. The author also analyzes the impact of the media on the image of Ukraine in Poland, Estonia, Lithuania, and Latvia over the past 10 years, highlighting key events that have influenced the perception of Ukraine in these countries.

Keywords: state image, mass media, image transformation, Ukraine, international arena.

Імідж держави – збірна сукупність ідеї, уявлень, вражень і стереотипів, які люди мають про певну країну. Імідж формується на основі інформації, яку люди отримують з різних джерел, включаючи засоби масової інформації, власний досвід та взаємодію з представниками цієї країни.



Одну з провідних ролей у цьому процесі відіграють саме мас-медіа. Для України питання іміджу є важливим виміром зовнішньої політики. Протягом незалежності образ країни на міжнародній арені зазнавав постійних змін. Повномасштабна війна Росії проти України похитнула увесь світ, а мужня боротьба українців кардинально змінила сприйняття України іншими країнами. Обговорення подій в Україні стало найгарячішою темою для світових медіа. Актуальність статті зумовлюють сучасні процеси трансформації образу України на міжнародній арені (Даниленко & Гмирянська, 2018).

У сучасному світі формування позитивного іміджу країни стає все важливішою складовою успішного розвитку держави в різних сферах – економіці, політиці, культурі та інших. Мас-медіа, як один із ключових інструментів комунікації, мають великий вплив на формування іміджу країни як на внутрішньому, так і на міжнародному рівнях. Сьогодні сприйняття певної країни так чи інакше сприяє реалізації зовнішньоекономічних і політичних проєктів, адже воно частково детермінує першочергове ставлення інших держав, альянсів та підтримку політичних рішень суспільства цих акторів. Образ країни сьогодні є потужним інструментом для залучення інвестицій, матеріальних надбань, туристичного потенціалу, зовнішньої співпраці, внутрішньої консолідації і загалом посилення власного впливу у світі (Дубас, 2023)

У зв'язку з цим, дослідження ролі мас-медіа у формуванні іміджу країни в міжнародному співтоваристві є надзвичайно важливим і актуальним завданням.

Імідж країн на міжнародній арені та роль ЗМІ у його формуванні є предметом дослідження багатьох українських та зарубіжних дослідників.

Питання позитивного іміджу держави та чинників його формування розглядалися у роботах зарубіжних вчених і дослідників, як-от В. Кісмерешкін, С. Анхольт, Д. Бурстін, А. Смірнова, Р. Джервіс, Д. Замятін, Ю. Кашлев, І. Кісельов, І. Панарін, Дж. Твігчелл, О. Холсті, Е. Галумов, А. Яковенко та ін.

Серед українських вчених і дослідників, які займалися зазначеними проблемами формування іміджу держави та, зокрема, проблемами формування іміджу України, слід відзначити таких, як В. Бебик, О. Ялова, Л. Губерський, О. Запорожець, О. Швець, Є. Макаренко, Т. Пашукова, І. Слісаренко, В. Терещук, Є. Тихомирова, С. Даниленко, О. Шевченко, та ін. У своїх працях автори досліджують специфіку формування іміджу такого об'єкта як держава, характеризують структуру та засоби формування іміджу держави, визначають фактори, які впливають на формування іміджу держави, аналізують сучасні та історичні іміджеві стратегії різних держав, досліджують національні образи держав у контексті міжнародних відносин.

Наукова література містить багато визначень поняття “імідж”, тому виокремлю деякі з них:

- Уявлення про людину, продукт чи інститут, який поділяє широка громадськість і який часто навмисно формується або змінюється засобами інформації, рекламою, пропагандою і т.п.
- Враження, яке справляє особа, компанія або інститут на одну або більше груп громадськості.
- Особливого роду образ-подоба, який створюється цілеспрямовано і за допомогою асоціацій наділяє об'єкт (явище, особистість, товар тощо) додатковими цінностями (соціальними, політичними, естетичними тощо), завдяки яким він сприймається більш емоційно (Семченко, 2013)

Основними чинниками, які формують образ України за кордоном, є природно-ресурсний потенціал, національна та культурна спадщина, географічні чинники, соціально-психологічні настрої у суспільстві, а також стабільність української економіки і тд. Значний вплив на формування іміджу держави на міжнародній арені відіграють засоби масової інформації.

Аналіз польських та балтійських ЗМІ дав змогу простежити динаміку зміни іміджу України протягом останніх 10 років. Можна дійти висновку, що вирішальними подіями, які вплинули на формування іміджу України в ЗМІ Польщі, Естонії, Литви та Латвії, були



Революція Гідності, початок збройної агресії РФ, підписання Угоди про Асоціацію з ЄС, президентські вибори 2019 року, і найбільше – повномасштабне вторгнення РФ 24.02.2022 р.

Було встановлено, що основними темами, про які писали польські та балтійські ЗМІ, стали внутрішньополітична ситуація в Україні, відносини з Росією, економічна нестабільність, соціальні проблеми, війна на Донбасі і згодом повномасштабне вторгнення Росії, демократичні процеси, заробітчани та біженці, а також рідше - питання культурної та історичної спадщини. (Trusewicz, 2022)

Протягом 2012-2014 років імідж України пов'язували з корупцією, кризою з правами людини, недовірою до влади та олігархатом. Після Революції Гідності образ України значно змінився – її почали пов'язувати з демократичними процесами, євроінтеграційними прагненнями та перспективою успішних реформ. Згодом інтерес до теми України поступово почав спадати, Україну зображували здебільшого в контексті збройного конфлікту на Сході, утвердився образ “постраждалої країни”, чимало уваги приділяли економічній нестабільності. Після початку пандемії коронавірусу про Україну стали також асоціювати з великою кількістю захворюваності та низькою часткою вакцинування, що створювало проблеми для сусідніх країн. Значну увагу темі України почали приділяти з кінця 2021 - в контексті можливого повномасштабного вторгнення Росії. Після 24 лютого 2022 року у Польщі та балтійських країнах врешті утвердився образ “країни, що воює”, захищає не лише своє майбутнє, а й усієї Європи. Природно, це спричинило величезний зліт у кількості публікацій про Україну. Змінився і тон публікацій - більшість з них стали характеризувати Україну позитивно (Ukraina päitas..., 2023). Таким чином, повномасштабне вторгнення РФ стало поворотним моментом для українського іміджу за кордоном. З одного боку, це відкрило так зване “вікно можливостей”, щоб в подальшому Україна могла заявити про себе як про привабливу країну - і економічно, і політично. Але необхідно надалі працювати над утвердженням позитивного іміджу України в медіа. Було виокремлено, що в подальшому Україні слід приділяти значну увагу утвердженню позитивного іміджу в очах самих українців, а також активно працювати над розбудовою інформаційної політики та боротьбою з російським впливом у медіа.

Список використаних джерел

1. Даниленко С.І., Гмирянська К.О. Медіа в системі інструментів зовнішньополітичного впливу. *Міжнародні відносини. Серія: Політичні науки*, №18-19, 2018. 3143
2. Дубас О.П. Імідж держави в інформаційно - комунікативному просторі: особливості формування. *Вісник СевНТУ. Серія: Політологія*. Вип. 112/2010. С.167-170.
3. Семченко О. А. Імідж України в інтерпретації закордонних ЗМІ. *Науковий часопис НПУ імені М. П. Драгоманова. Серія 22 : Політичні науки та методика викладання соціально-політичних дисциплін*. 2013. Вип. 10. С. 87-91.
4. Trusewicz, I. W jakich krajach pracują uchodźcy z Ukrainy. Gdzie najlepiej zarabiają? *Rzeczpospolita*. Warszawa, 2022.
5. Ukraina näitas võimsat pehmet jõudu. *Eesti Päevaleht*. Tallinn, 2022.



Міжнародний досвід впровадження ESG підходів в енергетичному секторі (на прикладі компанії «Astronergy»)

*Лопушанська М.^{1,2,3}, Циганок Л.³, Іванов Є.¹,
Башинська Ю.⁴, Доманський А.⁵

¹Львівський національний університет імені Івана Франка, м. Львів, Україна

²Товариство з обмеженою відповідальністю «Еко-Оптіма», м. Львів, Україна

³Асоціація професіоналів довкілля «РАЕВ», м. Київ, Україна

⁴ДУ «Інститут регіональних досліджень ім. М. Долишнього НАН України», м. Львів, Україна

⁵Товариство з обмеженою відповідальністю «ЮВА-Енерджі», м. Київ, Україна

mariialopushanska@gmail.com

International Experience in Implementing ESG Approaches in the Energy Sector (Case Study of Astronergy)

*Lopushanska M.^{1,2,3}, Tsyganok L.³, Ivanov Ye.¹,
Bashynska Yu.⁴, Domanskyu A.⁵

¹Ivan Franko National University of Lviv, Lviv, Ukraine; ²LLC «Eco-Optima», Lviv, Ukraine

³Professional Association of Environmentalists of the World (PAEW), Kyiv, Ukraine

⁴Dolishniy Institute of Regional Research of NAS of Ukraine, Lviv, Ukraine

⁵LLC «YUVA-Energy», Kyiv, Ukraine

mariialopushanska@gmail.com

Abstract. Every year, the business community is increasingly focusing on the development of companies in compliance with ESG principles. In particular, for companies doing business in the European Union, a combination of environmental, social and governance components are widely used in their corporate activities. In the modern, rapidly evolving corporate environment, ESG (Environmental, Social, and Governance) and CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive) are becoming very common. ESG is a framework for ethical corporate behaviour, and the CSRD is a regulatory directive that obliges compliance with these principles in the EU. The ESG reporting requirements for the CSRD for European companies will come into effect in the 2024 financial year, with reporting due in 2025. Ukrainian companies can be subject to EU regulations if they have a subsidiary in the EU and annual revenue in the EU exceeding EUR 150 million (calculated on the basis of the average revenue for the previous two years). Studying international experience is crucial for the early implementation of ESG principles and reporting. Considering the significant impact on energy infrastructure caused by the war, the restoration and post-war reconstruction of such infrastructure needs to be carried out in compliance with ESG. This paper examines the ESG principles and ESG report of the global solar panel manufacturer Astronergy.

Keywords: renewable energy, ESG, CSRD, report, solar energy.

Вступ

Все більше великих корпорацій і компаній обговорюють питання впровадження нефінансової звітності. Так, дотримання екологічних, соціальних та управлінських складових (ESG) є важливим для ведення бізнесу. В Україні Асоціацією професіоналів довкілля «РАЕВ» створено ESGLiga як об'єднання спеціалістів, що реально займаються практиками ESG та мають на меті напрацювання конкретних прикладних інструментів. Створена практика для практиків (Офіс сталих рішень, n.d.).

Методи та матеріали

Проаналізовано нормативно-правове регулювання Європейського Союзу та її вплив на корпоративну відповідальність в Україні.



Результати та обговорення

У сучасному корпоративному середовищі, що швидко розвивається, такі концепції як ESG (Environmental, Social, and Governance) і CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive) (European Union, 2022) стають поширенішими (Z2Data, n.d.). Розглянемо, чим відрізняються ці концепції. ESG і CSRD тісно пов'язані між собою, але відіграють різні ролі у корпоративному світі. ESG виникла як спосіб для компаній добровільно розглядати та звітувати про власні етичні практики і практики сталого розвитку. Це дало бізнесу основу для покращення впливу на довкілля, справедливого ставлення до працівників та забезпечення прозорого управління. З іншого боку, CSRD робить обов'язковими принципи ESG. Вона трансформує бажані цілі ESG у конкретні, юридично обов'язкові правила, які вимагають детальних і перевірених звітів про практику сталого розвитку компанії. У той час як ESG надає керівні принципи, CSRD забезпечує їхнє дотримання, гарантуючи, що компанії в Європейському Союзі дотримуються суворих стандартів звітності.

Таким чином, ESG є основою для етичної корпоративної поведінки, тоді як CSRD є регуляторною директивою, яка зобов'язує дотримуватися цих принципів в Європейському союзі і розділив компанії, які підпадають під дію CSRD на головні групи (Z2Data, n.d.):

- компанії, що зареєстровані на біржі: ця група охоплює більшість компаній, акції яких зареєстровані на регульованій ЄС біржі. Важливим винятком є «мікропідприємства», які не досягають порогу на основі певних критеріїв, визначених ЄС;
- великі компанії, що не зареєстровані на біржі: до цієї групи належать компанії, що працюють в ЄС і відповідають двом з трьох критеріїв протягом двох років поспіль (сукупні активи становлять понад 20 млн євро, чистий обіг понад 50 млн євро, чисельність працівників не менше 250 осіб у середньому протягом року);
- малі і середні підприємства: Європейська Комісія визначає групу як підприємства, акції яких котируються на регульованій ЄС біржі (за винятком мікропідприємств);
- іноземні компанії з дочірніми компаніями в ЄС: включає іноземні компанії, які мають дочірню компанію і річний дохід в ЄС, що перевищує 150 млн євро (розраховано на основі середнього доходу за попередні два роки).

Вимоги до звітності ESG для CSRD є складним і поетапним процесом, який відбуватиметься протягом наступних кількох років. Компанії, які вперше застосують нові правила у 2024 фінансовому році, повинні будуть подати звітність, у 2025 році (European Commission, n.d.).

Під час ESG звітності важливо враховувати подвійну суттєвість, зокрема як на компанію впливають питання сталості та як вона реагує на зовнішні екологічні, соціальні та економічні проблеми. В основі CSRD лежить концепція подвійної суттєвості, зокрема компанії мають враховувати два аспекти: суттєвість впливу і фінансову суттєвість (Офіс сталих рішень, n.d.).

Впровадження ESG-принципів у корпоративну політику важливе для енергетичних підприємств. Розглянемо головні принципи ESG на прикладі компанія «Astronergy». Компанія входить до складу групи SHINT є інтелектуальним виробничим підприємством, що спеціалізується на фотоелектричних елементах і модулях. Заснована в 2006 р., як одне з перших приватних підприємств Китаю і розпочала діяльність у галузі фотоелектричної енергетики. Вперше впровадила у виробництво фотоелектричних модулів n-типу TOPCon. Прагнучи бути конкурентоспроможним постачальником фотоелектричних модулів у світі, вона ставить собі за мету створити сталий розвиток з нульовим рівнем викидів вуглецю за допомогою сонячної енергії. У 2023 р. «Astronergy» створила незалежний відділ сталого розвитку, що керує трьома робочими групами з екологічних, соціальних питань та управління із створення конкурентних позицій, які є екологічнішими, ефективнішими, низьковуглецевими і стійкими та сформувати «зелені» економічні вигоди для суспільства.

Значну увагу компанія «Astronergy» приділяє ESG звітності. Звіти розміщені на офіційному сайті підприємства у вільному доступі для ознайомлення (Astronergy, n.d.). Розглянемо звіт з ESG за 2023 р. (Astronergy, 2023). На основі 17 Цілей сталого розвитку ООН



(United Nations, n.d.) компанія сформулювала стратегію сталого розвитку з акцентом на довкілля, суспільство та управління та виділила головні цілі компанії, які наведено у таблиці 1.

Таблиця 1. Головні цілі компанії згідно стратегії сталого розвитку (Astronergy, 2023)

	Компонент	Досягнуто у 2023 р.	Ціль у короткостроковій перспективі до 2028 р.	Ціль у середньостроковій перспективі до 2035 р.
Екологічні (Environmental)	Реагування на зміну клімату	інтенсивність викидів вуглецю на одиницю продукції зменшено на 5,71% у 2023 р.; завод Astronergy Yancheng Base Phase I досягнув нульових викидів вуглецю	30% скорочення викидів вуглецю на одиницю продукції; вісім заводів досягли нульових викидів вуглецю; 50% скорочення викидів вуглецю	до 2035 р. - вуглецева нейтральність; до 2050 р. - аналогічно у всьому ланцюгу виробництва
	Енергетичний менеджмент	відновлювана енергія на базі Цзюцюань становить 48%	50% електроенергії є відновлюваною	100% електроенергії є відновлюваною
	Водне управління	25,43% зменшення інтенсивності споживання води на одиницю продукції на	–	50% скорочення інтенсивності споживання води на одиницю продукції
	Управління відходами	відсутні відходи на полігонах та звалищах	0% відходів на полігонах	–
Соціальні (Social)	Охорона праці та прав людини	рівень мотивації працівників на рівні 83,78%; коефіцієнт плинності технічних фахівців на рівні 6,85%	понад 85% - показник рівня мотивації працівників; до 15% - коефіцієнт плинності технічних фахівців за рік	40% - пропорція жінок-працівниць; 30% - частка жінок у вищому керівництві і жінок серед технічних спеціалістів; 21% - частка жінок-менеджерів
	Стратегія управління талантами, навчання та розвиток	158 працівників отримали підтримку на кінець звітного періоду	–	1 000 працівників отримують підтримку для навчання та підвищення кваліфікації
	Внесок у громаду, благодійність та суспільний добробут	Реалізовано 17 проектних кейсів	–	100 екологічних електростанцій, що доповнюють одна одну отримують підтримку
Управлінські (Governance)	Корпоративне управління	100% винагороди членів правління, що пов'язані з показниками ESG	100% винагороди членів правління, що пов'язані з показниками ESG	–
	Ділова етика	Впроваджено систему комплаєнс-менеджменту для забезпечення дотримання вимог законодавства. Оцінка та програма контролю комплаєнс-ризиків. Розпочато сертифікацію системи управління протидії хабарництву за стандартом ISO 37001	Щорічне проведення аудит бізнес-етики на всіх виробничих підприємствах	–

Висновки

Впровадження ESG-підходів для підприємств енергетичного сектору є важливим і дозволить забезпечити дотримання принципів сталого розвитку і в період воєнного стану, і в період післявоєнної відбудови.



Список використаних джерел

1. Astronergy (2023). ESG report. URL: <https://www.astronergy.com/wp-content/uploads/2024/04/Astronergy-2023-ESG-Report-1.pdf>
2. Astronergy (n.d.). Home page. URL: <https://www.astronergy.com/>
3. Astronergy (n.d.). Sustainability. URL: <https://www.astronergy.com/sustainability/>
4. European Commission (n.d.). Corporate sustainability reporting. European Commission.
5. European Union (2022). Directive (EU) 2022/2464 of the European Parliament and of the Council of 14 December 2022 amending Regulation (EU) No 537/2014, Directive 2004/109/EC, Directive 2006/43/EC and Directive 2013/34/EU, as regards corporate sustainability reporting. Official Journal of the European Union. URL: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32022L2464>
6. United Nations (n.d.). Sustainable development goals. URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>
7. Z2Data (n.d.). ESG vs CSRD: What's the difference? Z2Data. URL: <https://www.z2data.com/insights/esg-vs-csrd-whats-the-difference>
8. Офіс сталих рішень (n.d.). Національна ESG Ліга. Офіс сталих рішень. URL: <https://ukraine-oss.com/nacjonalna-esg-liga/>

Напрями сталого розвитку на нанорівні

Мізюк С.

Національний авіаційний університет, Київ, Україна

svitlana.miziuk@npp.nau.edu.ua

Directions of Sustainable Development at the Nano-level

Mizyuk S.

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

svitlana.miziuk@npp.nau.edu.ua

Abstract. The ways of the transition of the human economy to sustainable development are determined by the need to form unified approaches to environmental protection both at the nano-level and at the mega- and meta-levels. The work defines and characterizes the ways of transition to sustainable development and the tools that can be used in this process. These tools and levers will become a reference point for sustainable development from the standpoint of human economy. A specialist or a person with a responsible civic position cannot be considered as such without ecological approaches to making life and management decisions. In addition, the stages of the transition of the economy to sustainable development are distinguished by the extent of the spread of these processes.

Keywords: sustainable development tools, nano-economy, sustainable transition.

Шляхи переходу економіки людини до сталого розвитку визначаються необхідністю сформулювати єдині підходи до охорони довкілля як на нанорівні, так і на мега- та мета- рівнях. Цій обставині сприяє можливість перейти від відсутності екологічності до сталого розвитку. Людина, як фахівець, зі свідомою системою прийняття управлінських рішень має перейти до практики прийняття цих рішень з певною часткою екологічності. Так, якщо приймається рішення щодо впровадження нової виробничої лінії, то має бути присутнє рішення щодо ошадливого ставлення до довкілля (чи забруднює ця техніка ljdrrskkz).



Перелік шляхів переходу економіки людини до сталого розвитку має такий вигляд:

- Визначення взаємовпливу між економікою людини і економікою підприємств, галузей та держав для окреслення їх впливу на сталий розвиток;
- Визначення мотивів для впровадження сталого розвитку як філософії буття;
- Окреслення нанофункцій менеджменту, які могли б вплинути на формування сталого розвитку на рівні підприємства та домогосподарства;
- Окреслення наночинників конкуренції в галузі, які могли б виокремити напрями поліпшення сталого розвитку в країні;
- Формування нанофакторів макроекономічного розвитку, які можуть вплинути на сталий розвиток;
- Визначення підходів до дифузії тих управлінських рішень, які б призвели до сталого розвитку і наноекономіку, і мегаекономіку.

До механізмів (способів) переходу наноекономіки до сталого розвитку можна віднести такі інструменти, які пристосовують економіку людини до сталого розвитку навколишнього середовища. На виході ми маємо отримати свідому економічну систему, яка базується на наноекономічних підходах у охороні довкілля. На вході мають бути витрачені такі ресурси, які б змогли призвести до позитивних значень ефективності (коли дохід більше за витрати). Отже, до механізмів переходу економіки людини до сталого розвитку віднесемо:

- 1) Використання економічних важелів впливу на сталий розвиток: ефект масштабу, показники ефективності впроваджених заходів та рентабельність екологічної діяльності;
- 2) Використання правових важелів впливу на сталий розвиток: формування норм і принципів людської поведінки у сфері забезпечення сталого розвитку;
- 3) Використання політичних важелів впливу на сталий розвиток: формування зелених блоків у партіях і громадських об'єднаннях і сталий підхід до окремих політиків як виразників думки частини електорату;
- 4) Використання соціальних важелів впливу на сталий розвиток: коли все, що відбувається у соціумі, повинно мати екологічні елементи. Адже людина, будь-якої соціальної приналежності, має розумітися на принципах сталого розвитку та екологічності життя в цілому.

Ці інструменти та важелі стануть орієнтиром для сталого розвитку з позицій економіки людини. Фахівець чи людина з відповідальною громадянською позицією не може розглядатися як така без екологічних підходів до прийняття життєвих та управлінських рішень.

Крім того, можемо виділити такі етапи переходу економіки людини до сталого розвитку:

1. Перехід окремої людини до сталого розвитку;
2. Перехід найближчого оточення людини (домогосподарства чи підприємства) до сталого розвитку;
3. Перехід всієї національної економіки до сталого розвитку.

Ці етапи переходу до сталого розвитку, визначаються певною послідовністю дій, коли спочатку окремі індивідууми повинні отримати підтримку щодо екологічності мислення та активних дій, це також має вплинути на формування екологічної філософії буття на рівні підприємств та домогосподарств, і з рештою – на рівні держави має бути сформована єдина екологічна політика щодо сталого розвитку як національна філософія.

Очікуваними результатами такого переходу економіки людини до сталого розвитку має бути підвищення продуктивності праці на рівні працівника (економіки людини), підприємства чи держави і паралельне зниження навантаження на навколишнє природне середовище. Такий вплив має бути поширений від високих технологій у наносередовищі.

Список використаних джерел

1. Arrow, K. J. (1987). Reflections on the Essays. In Arrow and the Foundations of the Theory of Economic Policy (pp. 727-734). London: Palgrave Macmillan UK.
2. Мартюшева О.О. Проекти концепції сталого розвитку України: можливість їх вдосконалення та застосування". Аналітична записка. Національний інститут стратегічних досліджень, 2024.



Crisis environmental management in education as the foundation of state environmental policy in wartime and post-wartime periods

Raichuk L.

Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS, Kyiv, Ukraine

* e-mail: edelvice@ukr.net

Abstract. The ongoing geopolitical conflicts, particularly Russian military aggression against Ukraine, have exacerbated environmental challenges, necessitating a reevaluation of environmental education and policy. This study aimed to develop an educational course on crisis environmental management for university students and professional development programs in Ukraine. A qualitative survey of professors from ten Ukrainian universities informed the course design, which integrates crisis management concepts, sustainable development principles, and practical skills. The curriculum addresses identified gaps in current environmental education, emphasizing hands-on learning, innovative teaching methods, and alignment with international standards. The course structure incorporates multifaceted components, including eco-environmental crisis analysis, risk assessment, crisis leadership, systems thinking, and decision-making models. It aims to cultivate critical thinking, systemic problem-solving, and leadership skills necessary for addressing complex environmental challenges. The proposed framework enhances students' ability to create effective action plans for various ecological events across different scales and timeframes. By focusing on interdisciplinary knowledge, practical applications, and trauma-informed teaching approaches, this course serves as a foundation for improving environmental education in Ukraine and shaping the country's environmental policy during wartime and post-war periods. The study underscores the importance of quality education and interdisciplinary collaboration in preparing professionals to respond effectively to environmental crises.

Keywords: complex environmental crisis, armed conflict, climate change, sustainable development, environmental management.

Introduction

Geopolitical conflicts, particularly exemplified by Russian military aggression, have profound and far-reaching impacts on environmental conditions that extend beyond the borders (Hamilton, 2019; IAEA, 2022a,b; Tsaryk & Kuzyk, 2022; Tuchkovenko & Stepanenko, 2023; Tahmid et al., 2023) of directly affected nations to regional and global scales. The ongoing war has exacerbated existing environmental problems in Ukraine and given rise to new challenges (Strilets, 2023, 2024; Solokha et al., 2023). In this context, ecologists are compelled to assume the role of crisis environmental managers, tasked with addressing a complex and global environmental crisis of indeterminate duration.

Ukraine's international environmental commitments and its trajectory towards green innovative revival amid conflict necessitate a reevaluation of the state's environmental policy. Pre-war environmental declarations and programs require substantial revision to align with current realities. This situation demands highly qualified professionals at all levels, capable of executing tasks ranging from on-ground activities to developing short-term and long-term state strategies. However, empirical evidence suggests a current deficiency in both professional and psychological preparedness among ecologists to fulfill the role of crisis environmental managers under conditions of limited time, resources, and heightened stress. The environmental component of education, particularly in Ukraine, lacks the efficacy required to adequately respond to these emerging challenges. To address this gap and accelerate progress towards sustainable development goals, it is imperative to formulate novel approaches to environmental education, specifically in the domains of environmental protection and environmental health. Education serves as the foundational step in effective long-term planning and implementation of measures at all levels. Therefore, the objective of this study was to develop an



educational course on crisis environmental management for university students and professional development programs. This course is designed to address the identified educational deficiencies and serve as a basis for the further development of long-term crisis environmental management strategies at various levels.

Methods and Materials

To identify the primary educational needs in the selected field of higher education, a qualitative study was conducted involving professors from ten Ukrainian universities with prominent ecological programs. These experts were selected based on the quality and productivity of their ecological departments. A structured survey was administered to gather insights on developing an educational course titled "Crisis Environmental Management." The survey comprised six open-ended questions addressing course content, current deficiencies in environmental education, methodological approaches, interactive teaching methods, recommended literature, and specific course needs. The survey yielded comprehensive responses from the participating professors.

The structure and content of the course were developed using published curricula from universities in Ukraine, the USA, and Western European countries, with a more detailed examination of the educational courses at Duquesne University, Pittsburgh, Pennsylvania, USA.

Results and Discussion

Key findings from the expert survey (professors) include:

– *Course content*: respondents emphasized the inclusion of crisis environmental management concepts, innovative methods, sustainable development principles, post-war recovery strategies, and alignment with EU standards.

– *Educational deficiencies*: major gaps identified in Ukrainian environmental education included limited engineering training, insufficient coverage of environmental impact assessment, and inadequate integration of business-government-science relationships.

– *Methodological approaches*: a strong consensus emerged on the need to increase practical components in the curriculum, with recommendations to replace traditional seminars with hands-on learning experiences.

– *Interactive teaching methods*: suggested techniques included innovative approaches such as coaching, tutoring, case studies, facilitation tools for online learning, and STEM education methodologies.

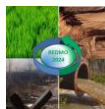
– *Literature recommendations*: emphasis was placed on recent, primarily international sources addressing crisis environmental management and global experiences in post-conflict environmental recovery.

– *Specific course needs*: respondents identified the need for video lectures, methodological developments on specific topics, and knowledge assessment tools.

These findings provide a foundation for developing a comprehensive and practical educational course in crisis environmental management, addressing current environmental challenges in Ukraine while aligning with international standards and practices.

The proposed course on crisis environmental management integrates multifaceted components to address complex environmental challenges. It commences with a comprehensive analysis of eco-environmental crises, encompassing concepts such as environmental catastrophe, crime, and ecocide, while drawing from real-world examples including wartime consequences and climate change (Chandel et al., 2023; Appiah-Otoo & Chen, 2023). The curriculum distinguishes crisis environmental management from traditional environmental and disaster management paradigms, emphasizing its unique attributes in high-stress scenarios.

A significant focus is placed on environmental risk assessment and communication, incorporating global practices and tools adaptable to various contexts. The course addresses the critical aspect of crisis leadership, exploring adaptive models and team management structures suited for rapidly evolving situations. It also delves into crisis communication strategies, acknowledging the challenges posed by misinformation and the importance of effective stakeholder engagement (Sellnow & Seeger, 2021).



Systems thinking is introduced as a fundamental approach to understanding the intricate interactions within ecological, social, and economic systems. This includes network analysis and complex adaptive systems modeling, emphasizing resilience strategies and polycentric governance (Pahl-Wostl & Knieper, 2023). The curriculum further incorporates ecotoxicology and epidemiology to provide a holistic view of environmental disturbances, their complex behaviors, and potential long-term consequences.

The course culminates in an exploration of decision-making models within the context of environmental crises, integrating rational choice theory and evidence-based approaches. Throughout, practical components such as simulations, role-playing exercises, and analytical projects are employed to reinforce theoretical concepts and develop applicable skills.

This comprehensive approach aims to cultivate critical thinking and systemic problem-solving abilities among students, preparing them to address complex environmental challenges effectively. The curriculum's design encourages a shift from anthropocentric perspectives, fostering a more inclusive ecological viewpoint. By combining theoretical knowledge with practical applications, the course seeks to equip future environmental managers with the tools necessary to navigate and mitigate environmental crises in an increasingly complex global landscape.

The developed course enhances students' practical skills in applying interdisciplinary knowledge to address complex environmental crises. It also enables specialists to create effective action frameworks (Fig. 1) for various complex ecological events across different levels and timeframes.

The course aims to prepare specialists in environmental science and environmental health, to effectively function as crisis managers during complex, multifactorial environmental crises (Figure 2). Its primary objectives include: enhancing threat prioritization and crisis management goal-setting capabilities; improving identification of critical environmental elements; mitigating educational disparities among diverse student groups; fostering systemic and ecological thinking; cultivating information literacy and critical thinking skills; developing leadership and communication competencies crucial for successful management; nurturing creative decision-making abilities.

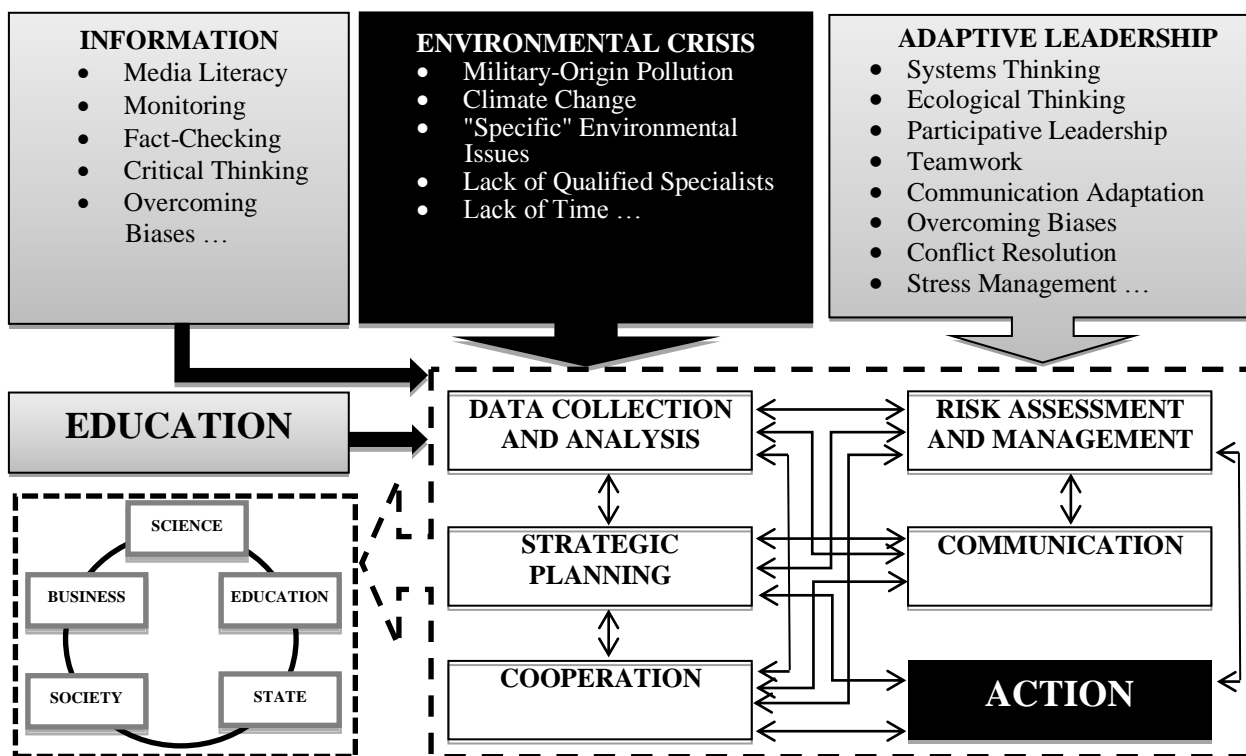


Fig. 1. Decision-making framework for complex environmental crises

These objectives collectively support the overarching goal of equipping students with the comprehensive skill set required to navigate and manage intricate environmental crises effectively.

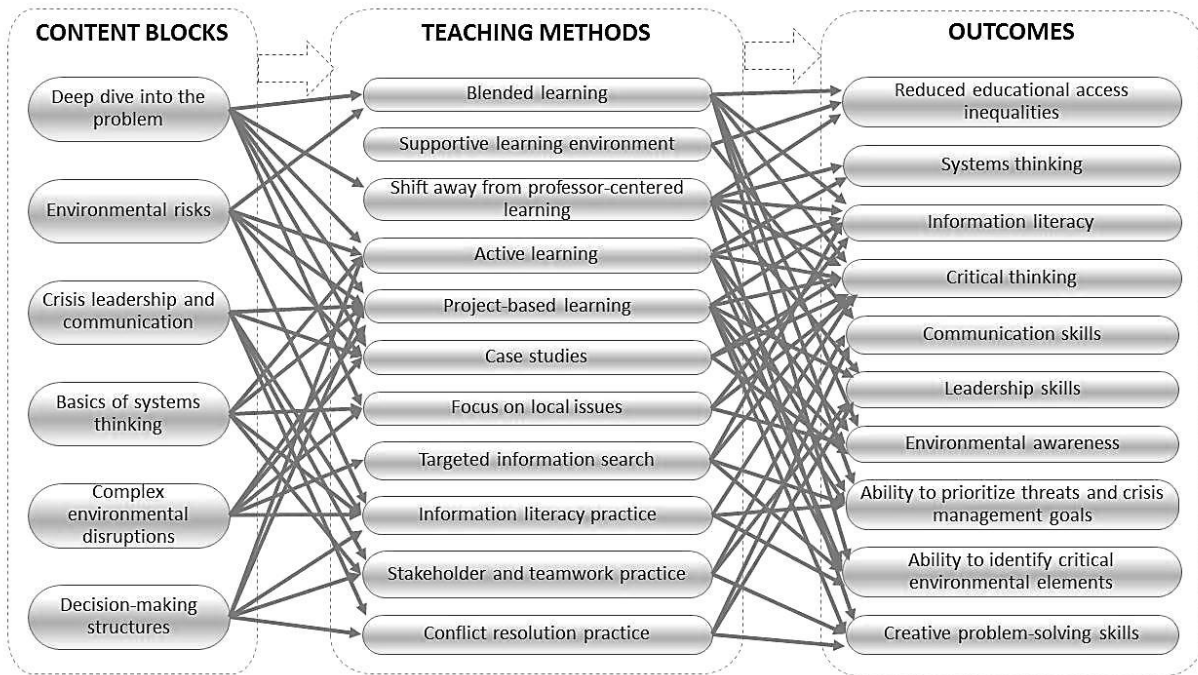


Fig. 2. Innovative approaches to teaching the crisis environmental management in environmental education in Ukraine

The achievement of the set goals is ensured through the application of: blended learning, focus on local issues, project-based learning, departure from professor-centered teaching, encouragement of student creativity, increase in the proportion of practical creative work by students, active learning, information literacy practice, conflict resolution practice, working with various stakeholders and teamwork practice, targeted information search by students through stimulating student reflection on their own experiences, application of case studies, supportive learning environment with trauma-informed teaching.

Conclusions

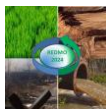
Environmental challenges are escalating due to climate change and the impacts of Russian military aggression against Ukraine, leading to a food and energy crisis and significant environmental consequences beyond Ukraine's borders. Training skilled specialists to address these crises and developing innovative environmental policies is essential. Currently, Ukrainian environmental education focuses on narrowly specialized training, lacking the multidisciplinary and systemic ecological thinking necessary for addressing complex issues.

To manage the ongoing crisis effectively, it is crucial to equip students from diverse disciplines with skills in crisis environmental management, risk management, and leadership. The existing programs often fail to provide the necessary theoretical knowledge and practical skills for comprehensive crisis management, emphasizing the need for ecologists to expand their skill sets.

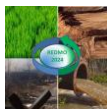
This educational course can serve as a foundation not only for enhancing environmental education in Ukraine but also for shaping the country's environmental policy during wartime and post-war periods. By focusing on quality education, interdisciplinary collaboration, and incorporating risk assessment into curricula, we can better prepare professionals to respond effectively to environmental crises.

References

1. Appiah-Otoo, I., & Chen, X. (2023). Russian-Ukrainian war degrades the total environment. *Letters in Spatial and Resource Sciences*, 16, 32. <https://doi.org/10.1007/s12076-023-00354-8>
2. Chandel, A., Bhanot, N., & Verma, R. (2023). A Bibliometric Investigation of Ecocide Research: Tracing Trends and Shaping the Future. *E3S Web of Conferences*, 453, 01044. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345301044>



3. Hamilton, R. (2019). Coal mines, land mines and nuclear bombs: The environmental cost of the war in Eastern Ukraine. *FPRI: Foreign Policy Research Institute*. <https://policycommons.net/artifacts/1341707/coal-mines-land-mines-and-nuclear-bombs/1953827/>
4. IAEA. (2022a). *Nuclear Safety, Security and Safeguards in Ukraine: Summary Report by the Director General, 24 February – 28 April 2022*. Vienna: IAEA. <https://www.iaea.org/sites/default/files/22/04/ukraine-report.pdf>
5. IAEA. (2022b). *Nuclear Safety, Security and Safeguards in Ukraine: 2nd Summary Report by the Director General, 28 April – 5 September 2022*. Vienna: IAEA. https://www.iaea.org/sites/default/files/22/09/ukraine-2ndsummaryreport_sept2022.pdf
6. Pahl-Wostl, C., & Knieper, C. (2023). Pathways towards improved water governance: The role of polycentric governance systems and vertical and horizontal coordination. *Environmental Science & Policy, 144*, 151-161. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2023.03.011>
7. Solokha, M., Pereira, P., Symochko, L., Vynokurova, N., Demyanyuk, O., Sementsova, K., Inacio, M., & Barcelo, D. (2023). Russian-Ukrainian war impacts on the environment: Evidence from the field on soil properties and remote sensing. *Science of the Total Environment, 902*, 166122.
8. Strilets, R. (2023). Виступ Міністра Руслана Стрільця у рамках панельної дискусії «Наслідки війни: шкода, завдана довкіллю в Україні, пріоритетні виклики та плани відновлення» на EU Green Week у Брюсселі. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. <https://mepr.gov.ua/mediatsentr/teksty-vystupiv/vystup-ministra-ruslana-striltsya-u-ramkah-panelnoyi-dyskusiyi-naslidky-vijny-shkoda-zavdana-dovkillju-v-ukrayini-priorytetni-vyklyky-ta-plany-vidnovlennya-na-eu-green-week-u-bryusseli/> (in Ukrainian).
9. Strilets, R. (2024). Виступ Міністра Руслана Стрільця на полях Конференції ОБСЄ з питань зміни клімату у Відні. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. <https://mepr.gov.ua/mediatsentr/teksty-vystupiv/vystup-ministra-ruslana-striltsya-na-polyah-konferentsiyi-obsye-z-pytan-zminy-klimatu-u-vidni/> (in Ukrainian).
10. Tahmid, A., Khanam, S., Rashid, Md. M., & Ibnat, A. (2023). Reviewing the Impact of Military Activities on Marine Biodiversity and Conservation: A Study of the Ukraine-Russia Conflict within the Framework of International Law. *Grassroots Journal of Natural Resources, 6*(3), 15-31. <https://doi.org/10.33002/nr2581.6853.060302>
11. Tsaryk, L., & Kuzyk, I. (2022). Russian-Ukrainian War: Environmental Aspect. *Scientific Notes Ternopil National Volodymyr Hnatyuk Pedagogical University. Series: Constructive Geography and Geoecology, 53*(2), 100-106. <http://dspace.tnpu.edu.ua/handle/123456789/27214>
12. Tuchkovenko, Y. S., & Stepanenko, S. (2023). The impact of destruction of the Kakhovka dam on the environmental status of the Odesa area of the Black Sea. *Problems of Water Supply Sewerage and Hydraulic, 44*, 71–80. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2023.44.71-80>



Медитативні практики як інструмент для відновлення психічного здоров'я після травматичних подій через взаємодію з природою.

*Шапенко Н., Прожога І.

Національний авіаційний університет, Київ, Україна

Mala.d@ukr.net

Meditative practices as a tool for recovery of mental health after traumatic events through interaction with nature.

*Shapenko N., Prozhoga I.

National Aviation University, Kyiv, Ukraine

Mala.d@ukr.net

Abstract. Meditative practices integrated with interaction with nature are becoming an increasingly popular tool for restoring mental health after traumatic events. Such practices help to reduce stress, anxiety, and depression, which are often the result of post-traumatic stress disorder (PTSD) and similar conditions. Contact with nature reduces cortisol levels in the blood, stabilizes the heart rate, and helps to relieve emotional stress. Meditative practices such as conscious breathing, visualization, and concentration on body sensations, combined with the natural environment, enhance the effect of calming and inner healing. This practice helps people to realize and accept their own emotions, which contributes to greater resilience to stressful situations. Meditation in the natural environment has significant therapeutic potential, especially for people seeking to restore inner balance and harmony after mental trauma, and can be an effective element of rehabilitation programs for victims.

Keywords: meditative practices, interaction with nature, traumatic events, meditation, relaxation.

Вступ

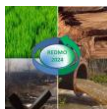
У сучасному світі, де рівень стресу та частота травматичних подій зростають, пошук ефективних способів відновлення психічного здоров'я набуває особливого значення. Медитативні практики, які поєднують усвідомлену увагу, дихальні техніки та тілесну релаксацію, стають популярним методом боротьби з наслідками стресу, тривожності та депресії. Водночас дослідники все частіше звертаються до вивчення ролі природного середовища в процесах психологічного відновлення, підкреслюючи, що контакт із природою має потужний заспокійливий та стабілізуючий ефект.

Метою цього дослідження є вивчення впливу медитативних практик у природному середовищі на відновлення психічного здоров'я людей, які пережили травматичні події. Гіпотеза полягає в тому, що поєднання медитації з перебуванням на природі може значно посилити терапевтичний ефект, сприяючи зниженню симптомів ПТСР, тривожності та емоційного вигорання.

Новизна роботи полягає у підході, який інтегрує медитацію і природне середовище як єдиний інструмент психотерапевтичного впливу. Це дослідження має практичне значення, оскільки пропонує доступний та ефективний метод для підтримки психічного здоров'я, який може стати частиною реабілітаційних програм і застосовуватися у психологічній практиці.

Виклад основного матеріалу

Медитація, спрямована на релаксацію та глибоке усвідомлення теперішнього моменту, здатна знизити рівень стресу, зменшити симптоми тривожності й депресії, а також поліпшити загальне психоемоційне благополуччя. Зокрема, практики усвідомленості, дихальні техніки, візуалізація та методи розслаблення дозволяють людині, що зазнала психологічної травми, поступово прийняти та пережити свої емоції, поліпшуючи їх здатність справлятися зі стресовими ситуаціями.



Згідно з визначенням, яке дає Кабат-Зін, медитація – це практика безоцінного усвідомлення теперішнього моменту (Kabat-Zinn J., 1996). Таким чином, одним із результатів впливу медитації можна вважати так зване «усвідомлення у теперішньому».

Сучасні наукові дослідження переконливо демонструють, що медитація є складним нейрокогнітивним процесом, який спричиняє зміни в біоелектричній активності центральної та вегетативної нервової системи. Це, у свою чергу, впливає на психіку, проявляючись у вигляді специфічних переживань, властивих медитативному досвіду. Сукупність таких змін дозволяє розглядати медитативні стани як «стани зміненої свідомості», що відрізняються від звичайного стану неспання або сну. Медитативні методи засновані на управлінні функціями психіки за допомогою концентрації уваги (пасивна медитація) або волі (активна медитація). Серед сучасних технік медитації виділяють: медитацію дзен коанов та дзен безмовного споглядання, медитацію фантазійну і медитацію реалістичну, медитацію усвідомленості (медитація-самопостереження і медитація-присутність), медитацію на звуках навколишнього світу, медитацію внутрішньої зупинки, медитацію-зосередження, дихання як енергомедитативну практику, гіпервентиляційне дихання, динамічну медитацію (Васильченко О., Зубенко М., 2021).

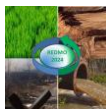
Суть медитації в тому, що вона, як правило, зупиняє наші думки та уповільнює чи перериває процес вербальної категоризації. Стан медитації – це насамперед стан поглибленої зосередженості психіки і розуму, що викликається і відбувається у певній послідовності психофізіологічних актів, які складаються у єдиний, цілісний і безперервний процес (Мельникова А. С., 2023). Медитація є глибинним процесом, який дозволяє людині досягти стану внутрішньої тиші та зосередженості, що виникає завдяки послідовним психофізіологічним актам. Основою будь-якої медитативної практики є здатність відмовитися від зовнішніх і внутрішніх відволікань, увійшовши в особливий стан розслабленості та відстороненості від буденних думок. Цей стан, доступний при належній концентрації, є універсальним компонентом релігійних, філософських і терапевтичних практик. Уміння відмовитися від зайвого стає передумовою досягнення трансцендентного стану, у якому можливе глибоке переживання єдності та цілісності свідомості. Зокрема, під час взаємодії з природою медитативна практика набуває додаткової сили: природне середовище сприяє зниженню рівня стресу, підвищує рівень усвідомленості та допомагає глибше зануритися в процес самооздоровлення. Споглядання природних ландшафтів, звуки природи і навіть контакт із землею, травою чи водою стимулюють позитивні зміни у нервовій системі, підвищують відчуття спокою й емоційної рівноваги. У результаті людина, що пережила травматичні події, може не лише позбутися тривожних думок і емоційного напруження, а й досягти гармонії та внутрішнього балансу. Такий підхід інтегрує фізіологічний вплив природи та психотерапевтичну ефективність медитації, стаючи дієвим методом відновлення психічного здоров'я.

Медитативні практики відіграють важливу роль у процесі роботи з психологічною травмою, пропонуючи ефективні інструменти для відновлення психоемоційного стану.

1. Медитація сприяє зниженню рівня стресу та тривожності, що є особливо важливим для людей, які пережили травматичний досвід. Регулярні медитативні практики допомагають зменшити вироблення кортизолу, гормону стресу, що дозволяє зняти напругу та заспокоїти розум.

2. Медитація сприяє розвитку усвідомленості, що дозволяє людям краще розуміти свої емоції та думки. Це важливо для осіб, які пережили травму, оскільки усвідомлення власного внутрішнього стану допомагає їм легше справлятися з емоційними реакціями, що виникають унаслідок травматичного досвіду.

3. Медитативні практики допомагають відновити емоційний баланс, знижуючи прояви депресії, страху та агресії. Це особливо корисно для людей, які відчувають емоційну нестабільність після пережитої травми.



4. Медитація допомагає досягти глибокого стану релаксації, що може зменшити фізичні симптоми стресу, такі як м'язове напруження та головний біль. Це створює сприятливі умови для психоемоційного відновлення.

5. Медитація сприяє розвитку співчуття до себе та інших, що важливо для осіб, які пережили травму. Це допомагає створити позитивний внутрішній діалог та поліпшити ставлення до власного досвіду.

6. Медитативні практики можуть допомогти в процесі інтеграції травматичного досвіду, дозволяючи особі спостерігати за своїми думками та переживаннями без емоційного заперечення або уникання. Це може бути важливим кроком у лікуванні та відновленні.

Медитативні практики бувають різного спрямування, але найбільш ефективними вони є тоді, коли відбуваються на природі. Медитація при взаємодії з природою стає дієвим інструментом для роботи з психологічною травмою, допомагаючи відновити психоемоційний стан після важких переживань. Природне середовище створює сприятливі умови для глибокого розслаблення: звуки лісу, шум води чи шелест листя допомагають зосередитися на теперішньому моменті, відволікаючи від нав'язливих думок і негативних спогадів.

Особливо цінними є практики майндфулнесу на природі, які навчають усвідомленості, даючи змогу краще розуміти й приймати свої емоції та думки. Це допомагає травмованим особам опанувати емоційні реакції та зменшити рівень внутрішнього конфлікту. Медитація на природі також сприяє розвитку співчуття до себе, що важливо для зцілення від травматичних подій. Таким чином, поєднання медитації та природного середовища не лише допомагає відновити емоційний баланс, але й сприяє загальному зміцненню психічного здоров'я, підвищуючи стійкість до стресу та поліпшуючи якість життя.

Висновок

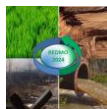
Медитативні практики на природі демонструють потужний потенціал як ефективний інструмент для відновлення психічного здоров'я після травматичних подій. Вони допомагають не лише зменшити симптоми стресу, тривожності та депресії, а й сприяють глибокому внутрішньому перетворенню. Завдяки розвитку усвідомленості та співчуття, медитація дозволяє людині прийняти свій досвід без заперечення або уникання, створюючи умови для інтеграції травматичних переживань.

Медитація, поєднана з природним середовищем, має унікальний вплив на психічне та емоційне здоров'я. Природа створює середовище, яке стимулює внутрішнє заспокоєння та глибше відчуття єдності, що є важливим у процесі зцілення після стресу або травматичних подій. Зв'язок з природою під час медитації посилює здатність людини розслабитися і входити в стан усвідомленості, оскільки природне середовище діє як своєрідний "заземлювач" для розуму. Звуки природи, такі як спів птахів або шум води та інші, знижують рівень кортизолу, стабілізують серцевий ритм і сприяють зниженню рівня тривожності.

Медитація на природі також сприяє відчуттю "єдності" з навколишнім світом, яке допомагає розвивати співчуття до себе й інших. Це відчуття глибокого зв'язку з природою зміцнює емоційну стійкість і спонукає людину приймати свій досвід, навіть якщо він був болісним. Поєднання медитації з природою робить цей процес не тільки ефективнішим, але й глибшим, що дозволяє не просто знизити стрес, а й відновлювати внутрішню гармонію.

Список використаної літератури

1. Kabat-Zinn J. (1996) Mindfulness Meditation: What It Is, What It Isn't, And It's Role In Health Care and Medicine. *Comparative and Psychological Study on Meditation*. Delft. P. 161–169.
2. Васильченко О., Зубенко М. (2021) Медитативні практики як техніки роботи із стресовими станами особистості. *Вчені записки Університету «КРОК»*. №3(63). С. 189–194.
3. Мельникова А.С. (2023) Вплив медитаційних технік на фізіологічні та психологічні особливості особистості. *Молодий вчений*. Київ. С. 102-104.



CONTENT

Plenary session **2**

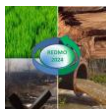
PREFACE

Ukraine: environmental and ethical challenges of today **4**

Dudar T.V., Saienko T.V.

Секція 1. ПРАКТИКА СУЧАСНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ **Section 1. PRACTICES OF MODERN ENVIRONMENTAL MONITORING**

Андрєєва Н. Ю. Дистанційний біоіндикаторний моніторинг водних запасів Andriieieva N. Remote bio-indicator monitoring of water resources	8
Булгаков С.М., Красовська І.Г. Моніторинг екологічного стану Харківської області за методами індексів на основі даних ДЗЗ Bulhakov S., Krasovska I. Monitoring of the ecological state of the Kharkiv region using index methods based on remote sensing data	12
Volynska T. Air quality analysis using remote sensing data Волинська Т. О. Аналіз якості повітря за дистанційними даними	16
Даншина С. Ю., Подорожко К. Д. Метод просторового аналізу деформації русла річок за комбінованими даними Danshyna S., Podorozhko K. Method of spatial analysis of riverbeds deformation using combined data	20
Когут Ю. С. Сучасні практики та інновації в екологічному моніторингу Kohut Yu. Modern Practices and Innovations in Environmental Monitoring	25
Крета Д.Л., Рогожин О.Г. Експрес-моніторинг відновлення природних екосистем у ложі осушеного Каховського водосховища засобами ГІС-аналізу Kreta D.L., Rogozhin O.H. Express monitoring of natural ecosystems restoration in the drained Kakhovsky Reservoir by means of GIS analysis	27
Маркіна Л., Жданова А., Дідковський Є. Пожежна безпека в лісах Markina L., Zhdanova A., Didkovskii Ye. Fire Safety in Forests	32
Микицей М. Т. Використання досвіду розбудови національної системи моніторингу вод для цілей екологічної діагностики забруднення ґрунтового покриву в межах «гарячих точок» водозборів Mykytsei M.T. Using the experience of developing a national water monitoring system for the purposes of	36

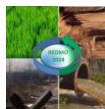


environmental diagnostics of soil pollution within «hot spots» of watersheds	
Панченко О.Г. Проблеми сучасної системи екологічного моніторингу в Україні Panchenko O.H. Problems of the Modern System of Environmental Monitoring in Ukraine	41
Pavliukh L., Ratushniuk L. Leveraging Remote Sensing and GIS for Monitoring Land-Use Dynamics and Environmental Management	45
Сидоренко В. Л., Бикова О. В., Демків А. М. Основні принципи побудови системи екологічного моніторингу Чорнобильської зони відчуження Sydorenko V. L., Bykova O. V., Demkiv A. M. Basic Principles of the Structure of Environmental Monitoring's System of the Chernobyl Exclusion Zone	48
Чайка А.Г., Гільов В.В., Полторацька В.М. Екологічний контроль якості на нафтопереробному підприємстві Chaika A.G., Hilov V.V., Poltoratska V.M. Environmental quality control at an oil refinery	53

Секція 2. ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ТА ПРОГНОЗ ДИНАМІКИ ЕКОСИСТЕМ

Section 2. ENVIRONMENTAL RISKS ASSESSMENT AND FORECASTING OF ECOSYSTEM DYNAMICS

Lubskiy M., Khyzhniak A., Orlenko T., Golubov S. Modelling of the Biophysical Condition of the Steppe Zone in Ukraine Using Google Earth Engine	57
Литвинов В.В., Саєнко Т.В. Екологічний аудит сільських територій та підприємств Lytvynov V.V., Saienko T.V. Environmental Audit of Rural Areas and Enterprise	62
Pron O. Methods of Analysis of Environmental Problems as a Tools for Identification, Assessment and Management of Environmental Risks	64
Qudratov A.M., Marapov B., Andriyko L.S. Problems of Rainwater Harvesting and Irrigation of Green Areas in Uzbekistan Republic	67
Сорочинська О.Л. Оцінка екологічних ризиків та прогноз динаміки стану екосистем внаслідок військових дій в Україні Sorochynska O. Assessment of ecological risks and forecast of dynamics of the state of ecosystems as a result of military operations in Ukraine	70
Stankevich S.A., Kozlova A.A. Remote condition mapping and post-hostilities damage assessment of forest shelterbelts	74



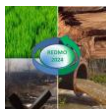
<p>Старжинський П. Жукова О. Наслідки впливу військових дій на стан водотоку р. Дніпро Starzhynskiy P. Zhukova O. Consequences of the Impact of Military Operations on the State of the Dnipro River Watercourse</p>	78
<p>Черняк Л., Манецкі Т., Міхєєв О., Дмитруха Т. Оцінка екологічного ризику в зоні впливу аеропорту Cherniak L., Maniecki T., Mikhyeyev O., Dmytrukha T. Environmental Risk Assessment for Areas Affected by the Airport</p>	81
<p>Чорногор Л., Некос А., Тітенко А. Екоцид, зумовлений руйнуванням дамби Каховського водосховища Chernogor L., Nekos A., Titenko G. Ecocide Caused by the Destruction of the Kakhovka Reservoir Dam</p>	83

Секція 3. ЗБЕРЕЖЕННЯ ЗАПОВІДНИХ ТЕРИТОРІЙ ТА СМАРАГДОВОЇ МЕРЕЖІ ПІД ЧАС ВОЄННИХ ДІЙ
Section 3. PRESERVATION OF PROTECTED AREAS AND THE EMERALD NETWORK DURING MILITARY ACTIONS

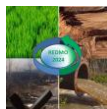
<p>Баточенко В.М., Паньковська Г.П., Гордієнко В.М., Харачко Т.І. Збереження лучно-степових схилів на території Національного природного парку «Північне Поділля»: проблематика та шляхи вирішення Batochenko V.M., Pankovska Y.P., Hordienko V.M., Kharachko T.I. Conservation of meadow-steppe slopes in the territory of the National Nature Park «Pivnichne Podillia»: challenges and solutions</p>	89
<p>Rozhko Vitalii, Iakymenko Ganna Ukrenergo's Corporate Initiative to Preserve Bats for Post-War Ecosystem Restoration</p>	93
<p>Смоляр Н. О., Левицька А. С. Концепція розвитку ландшафтної заказника місцевого значення «Балка Широка» (Кременчуцький район, Полтавська область, Україна) Smoliar N. O., Levytska A. S. Concept of the development of the local landscape reserve «Balka Shyroka» (Kremenchuk district, Poltava region, Ukraine)</p>	97

Секція 4. ЕКОНОМІЧНИЙ ТА ПРАВОВИЙ ВИМІР ЕКОЛОГІЧНОЇ ШКОДИ ВІД ВОЄННИХ ДІЙ
Section 4. ECONOMIC AND LEGAL DIMENSION OF ENVIRONMENTAL DAMAGE FROM MILITARY ACTIONS

<p>Гольдберг Н.О., Темченко Я.О. Фіксація правопорушень проти довкілля на території України під час російсько-української війни Holdberh N., Temchenko Y. The Documentation of Environmental Offenses at the Territory of Ukraine During the Russo-Ukrainian War</p>	102
--	------------



<p>Зейналов О.Р., Макеєва О.М. Динаміка євроінтеграційної політики в сфері екології та наслідки повномасштабного вторгнення Zeinalov O., Makeieva O. Dynamics of European Integration Policy in the Sphere of Environment and the Consequences of a Full-Scale Invasion</p>	105
<p>Кияниця Є. В., Тапол К. С. Економічні наслідки та правове регулювання екологічної шкоди від воєнних дій Kiyanytsa E. V., Tapol K. S. Economic Consequences and Legal Regulation of Environmental Damage from Military Actions</p>	109
<p>Маркіна Л., Ляшенко А., Зудіков А. Відновлювальні джерела енергії: Роль сонячної, вітрової та геотермальної енергії у зменшенні викидів парникових газів Markina L., Lyashenko A., Zudikov A. Renewable energy sources: The role of solar, wind and geothermal energy in reducing greenhouse gas emissions</p>	115
<p>Носова Н. І. Вплив змін клімату та воєнних дій на екосистеми, подолання їх наслідків, виявлення елементів стійкості та нівелювання пливу на агросектор України у контексті забезпечення продовольчої безпеки Nosova N. The Impact Of Climate Change And Military Actions On Ecosystems, Overcoming Their Consequences, Identifying The Elements Of Resilience And Leveling The Flood On The Agricultural Sector Of Ukraine In The Context Of Ensuring Food Security</p>	120
<p>Патока І.В. Екосистемні засади оцінювання збитків довкіллю внаслідок військових дій Patoka I. Ecosystem principles of assessing damage to the environment as a result of military operations</p>	124
<p>Смик І. Є., Архипова Л. М. Основні принципи екологічної безпеки в туристичній галузі під час війни Smik I., Arkhipova L. Fundamental Principles of Environmental Safety in the Tourism Industry During War</p>	127
<p>Шапенко Л., Летків Р. Правова політика протидії злочинам проти довкілля в умовах російсько-української війни Shapenko L., Letkiv R. Legal Policy of Combating Crimes Against the Environment in the Conditions of the Russian-Ukrainian War</p>	134
<p>Yaroshenko D. Economic and Legal Dimension of Environmental Damage from Military Actions</p>	138



Секція 5. ЕКОСИСТЕМИ ПІД ПОЄДНАНИМ ТИСКОМ ЗМІНИ КЛІМАТУ ТА ВОЄННИХ ДІЙ

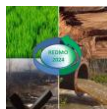
Section 5. ECOSYSTEMS UNDER COMBINED PRESSURE OF CLIMATE CHANGE AND MILITARY ACTIONS

Васютинська К.А., Барбашев С.В., Смик С.Ю. Застосування природоорієнтованих рішень для підвищення рівня екологічної безпеки та сталості міст (на прикладі м. Одеса) Vasiutynska K., Barbashev S., Smyk S. Using nature-based solutions to improve the level of environmental safety and sustainable development of cities (on the example of Odesa)	141
Іванців Я.В., Федонюк В.В. Розробка інтерактивної карти «Кліматичні зміни у Черемському природному заповіднику» Ivantsiv Ya.V., Fedonyuk V.V. Development of an interactive map "Climate changes in the Cheremsk Nature Reserve"	146
Максименко Н. В., Кочетиґа Д. В. Деградація ландшафтів Вовчанської ОТГ Харківської області під впливом бойових дій Maksymenko N., Kochetyha D. Landscape Degradation and Decrease in Bioproductivity: An Analysis of Ecological Changes in the Vovchansk Urban Territorial Community	149
Лазарюк Ю.В., Радченко Б.О. Вплив війни на стан навколишнього середовища та енергетику України Lazariuk Y., Radchenko B. The impact of the war on the state of the environment and energy sector in Ukraine	152
Pavliukh L., Melnychenko V. Reforestation for Climate Resilience in War-Torn Regions	156
Pavliukh L., Osadchuk D. The Combined Impact of Military Operations and Abnormally High Temperatures on Forest Ecosystems	159
Pavliukh L., Yarokhmedova I. The Global Warming and Hostilities Growing Pressure on Aquatic Ecosystems	162

Розділ 6. ДОСВІД ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ЕКОСИСТЕМ ПІСЛЯ ВОЄН І ТЕХНОГЕННИХ КАТАСТРОФ

Section 6. EXPERIENCE AND TECHNOLOGIES OF RESTORING ECOSYSTEMS AFTER WARS AND MAN-MADE DISASTERS

Horbachova O., Pavliukh L. Organic Amendments for Soil Recovery	167
Повзун О.І. Відновлення екосистеми ливарних відходів машинобудівних підприємств у повоєнний час Povzun O. The restoration of the foundry waste ecosystem of machine-building enterprises in the post-war period	172

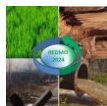


Radomska M. Restoration of Natural Plant Communities on Post-War Territories	176
Самойленко Н.М., Катенін В.Д., Сакун А.О. Використання у будівельній сфері відходів війни, що містять скло Samoilenko N.M., Katenin V.D., Sakun A.O. Use of war waste containing glass in the construction sphere	179
Сіпко І., Аблєєва І. Перспективи використання модифікованого дигестату для біоремедіації ґрунтів, що постраждали внаслідок війни Sipko I., Ablieieva I. Prospects of using modified digestate for bioremediation of war-damaged soils	184
Тихенко О., Коновалов А. Забезпечення сталого розвитку урбоєкосистем у післявоєнний період Tikhenko O., Konovalov A. Ensuring the sustainable development of urban ecosystems in the post-war period	188
Федін В.М., Трус І.М., Твердохліб М.М. Застосування антискалантів для стабілізаційної обробки води в системах теплопостачання Fedin V.M., Trus I.M., Tverdokhlib, M.M. Application of Antiscalants for Stabilization Treatment of Water in Heat Supply Systems	191
Улицький О.А., Філін В.В. Науковий підхід у створенні та впровадженні програмного забезпечення у сфері управління відходами як допоміжний прикладний інструмент у процесі імплементації нормативно-правових актів Європейського Союзу Ulytsky O., Filin V. A scientific approach in the creation and implementation of software in the field of waste management as an auxiliary application tool in the process of implementing the regulatory legal acts of the European Union	194

Секція 7. ВЗАЄМОДІЯ СУСПІЛЬСТВА І ПРИРОДИ В УМОВАХ ВІЙНИ

Section 7. SOCIETY AND NATURE INTERACTIONS DURING WARS

Блінкова О. Зміна екологічної свідомості – наслідок воєнних дій в Україні Blinkova O. Change in Environmental Consciousness as a Consequence of Military Actions in Ukraine	198
Волошин О.В., Падун А.О. Харчування як складова ментального здоров'я під час війни Voloshyn O., Padun A. Nutrition as a component of mental health during the war-time	202
Голінько Ю. В., Артеменко Л. П. Менеджмент природних ресурсів у контексті соціально-екологічної стабільності в умовах війни Holinko Yu., Artemenko L. Management of natural resources in the context of socio-ecological stability in the conditions of war	204
Pavliukh L., Huz V. Interaction Between Society and Nature During War: Case Study of Biological Weapons	209



<p>Дьяченко М., Сафранов Т. Негативні наслідки воєнних дій на екологічні послуги прибережної зони Північно-Західного Причорномор'я Diachenko M., Safranov T. Negative Effects of Military Operations on Ecological Services of the Coastal Zone of the North-Western Black Sea</p>	212
<p>Довгань К.А., Артеменко Л.П. Стратегії відновлення екосистеми України у воєнний час Dovhan K., Artemenko L. Strategies for Ecosystem Restoration in Ukraine During Wartime</p>	217
<p>Душкін С. Екологічні наслідки війни в Україні: виклики, ризики та шляхи відновлення Dushkin S. Environmental Consequences of the War in Ukraine: Challenges, Risks and Recovery Pathways</p>	222
<p>Засік Ю.Р. Формування іміджу України у закордонних ЗМІ Zasik Yu. R. Formation of the Image of Ukraine in Foreign Media</p>	223
<p>Лопушанська М., Циганок Л., Іванов Є., Башинська Ю., Доманський А. Міжнародний досвід впровадження ESG підходів в енергетичному секторі (на прикладі компанії «Astronergy») Lopushanska M., Tsyganok L., Ivanov Ye., Bashynska Yu., Domanskyu A. International Experience in Implementing ESG Approaches in the Energy Sector (Case Study of Astronergy)</p>	226
<p>Мізюк С. Напрями сталого розвитку на нанорівні Mizyuk S. Directions of Sustainable Development at the Nano-level</p>	229
<p>Raichuk L. Crisis environmental management in education as the foundation of state environmental policy in wartime and post-wartime periods</p>	231
<p>Шапенко Н., Прожога І. Медитативні практики як інструмент для відновлення психічного здоров'я після травматичних подій через взаємодію з природою Shapenko N., Prozhoga I. Meditative practices as a tool for recovery of mental health after traumatic events through interaction with nature</p>	233