

ІХ ЖИТОМИРСЬКИЙ АСТРОЕКОЛОГІЧНИЙ СЕМІНАР

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

«ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПОЗАЗЕМНИХ ПОСЕЛЕНЬ»



ПОЗАЗЕМНЕ ПОСЕЛЕННЯ

ЕКОЛОГІЧНА
БЕЗПЕКА



Житомир — 2026

Міністерство освіти і науки України
Житомирський державний університет імені Івана Франка

ЗБІРНИК ТЕЗ ДОПОВІДЕЙ

**ІХ Житомирський астроекологічний семінар
«Проблеми екологічної безпеки позаземних поселень»**

13 березня 2026 року, Житомир

Житомир 2026

УДК 504.75:629.78Т 90

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради
Житомирського державного університету імені Івана Франка
(протокол № 10 від 24 квітня 2026 року)

Рецензенти:

Олександр КРАТЮК – доктор біологічних наук, професор кафедри лісівництва, лісових культур та таксації лісу Поліського національного університету

Ірина ДАВИДОВА – кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри екології та природоохоронних технологій Державного університету «Житомирська політехніка»

Наталія БОРДЮГ – д.пед.н., професор, директор комунального закладу позашкільної освіти "Обласний еколого-натуралістичний центр" Житомирської обласної ради

Т 90 Проблеми екологічної безпеки позаземних поселень : матер. ІХ Житомирського астроекологічного семінару (13 березня 2026 р., м. Житомир) / за ред. І. В. Хом'яка. Житомир : Житомирський державний університет імені Івана Франка, 2026. 39 с.

У збірнику представлені актуальні наукові розвідки з питань екологічної безпеки під час побудови позаземних поселень.

Збірник включає наукові матеріали викладачів, аспірантів та дослідників з різних наукових установ України. Основна увага приділяється теоретичним та прикладним питанням астроекології, проблемам колонізації космосу, впливу людської діяльності на довкілля в умовах космічних експедицій та перспективам створення стабільних екосистем на інших планетах.

Матеріали друкуються в авторській редакції. За достовірність фактів, цитат, власних імен, посилань на літературні джерела та інші відомості, а також дотримання загальноприйнятих принципів академічної етики відповідають автори публікацій.

Матеріали подані в авторській редакції. Відповідальність за науковий та літературний зміст опублікованих матеріалів несуть їх автори. Думки редакторів можуть не збігатися з позицією авторів.

©Житомирський державний університет імені Івана Франка, 2026

**ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ ІХ ЖИТОМИРСЬКОГО
АСТРОЕКОЛОГІЧНОГО СЕМІНАРУ «ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ
БЕЗПЕКИ ПОЗАЗЕМНИХ ПОСЕЛЕНЬ»**

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ:

Голова оргкомітету:

Киричук Галина Євгеніївна – доктор біологічних наук, професор, ректор Житомирського державного університету імені Івана Франка

Співголови оргкомітету:

Гарбар Олександр Васильович – доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри екології та географії Житомирського державного університету імені Івана Франка

Хом'як Іван Владиславович – доктор біологічних наук, доцент, професор кафедри екології та географії Житомирського державного університету імені Івана Франка

Члени оргкомітету:

Андрійчук Тамара В'ячеславівна – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри екології та географії Житомирського державного університету імені Івана Франка

Василенко Ольга Миколаївна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та географії Житомирського державного університету імені Івана Франка

Власенко Руслана Петрівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та географії Житомирського державного університету імені Івана Франка

Гарбар Діана Анатоліївна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та географії Житомирського державного університету імені Івана Франка

Костюк Віталій Степанович – кандидат біологічних наук, старший викладач кафедри екології та географії Житомирського державного університету імені Івана Франка

Лаврик Олександр Дмитрович доктор географічних наук, професор кафедри екології та географії Житомирського державного університету імені Івана Франка

Онищук Ірина Петрівна – кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та географії Житомирського державного університету імені Івана Франка

Секретар оргкомітету

Демиденко Карина Олегівна – лаборант кафедри екології та географії Житомирського державного університету імені Івана Франка.

ЗМІСТ

| | |
|---|-----------|
| Екологічна безпека позаземних поселень | 6 |
| Khomiak I.V. SECURITY OF ISOLATED EXTRATERRESTRIAL SETTLEMENTS: AN ECOLOGICAL APPROACH | 6 |
| Теоретична астроекологія | 10 |
| Nenyuk D.O., Khomiak I.V. THE INFLUENCE OF COSMIC CYCLES ON THE SPATIAL LOCALIZATION OF UPPER PALEOLITHIC SITES OF THE SLOVECHANSKO-OVRUTSKYI RIDGE | 10 |
| Дмитерчук Е.С. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МІСЯЧНОГО РЕГОЛІТУ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР | 13 |
| Рекультивация та тератрансформація | 15 |
| Koval V.A., Khomiak I.V. ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF DRY MEADOWS OF UKRAINIAN POLISSIA | 15 |
| Losenko Ya., Khomiak I.V. NATURAL DYNAMICS OF THE ASSOCIATION OF PLANT GROUPINGS SCIRPETUM SYLVATICI RALSKY 1931 | 18 |
| Mosyichuk B.V., Khomiak I.V. SPONTANEOUS SPREAD OF ELYMUS REPENS ON SIMILAR LUNAR REGOLYTH | 21 |
| Naiman D.T., Khomiak I.V. ECOLOGICAL AND COENOTIC CHARACTERISTICS OF WET MEADOWS OF UKRAINIAN POLISSYA | 25 |
| Potapchuk A.M., Khomiak I.V. ANTHROPOGENIC DYNAMICS OF MESOPHYTIC MEADOW ECOSYSTEMS OF UKRAINIAN POLISSIA | 27 |
| Лабенський Ю.О., Хом'як І.В. ОСОБЛИВОСТІ ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ ДВОДОЛЬНИХ БУР'ЯНІВ НА ІМІАЦІЇ МІСЯЧНОГО РЕГОЛІТУ | 30 |
| Екологія відновлення | |
| Tsyripita Ya. BIOINDICATION METHODS FOR ASSESSING THE SAFETY OF WORKING CONDITIONS IN ECOLOGICAL RESTORATION AREAS | 33 |
| Демиденко К.О., Хом'як І.В. ДИНАМІКА УГРУПОВАНЬ ЦІАНОБАКТЕРІЙ НА МАГМАТИЧНИХ СУБСТРАТАХ ЯК МЕХАНІЗМ ПЕРВИННОЇ ТЕРАТРАНСФОРМАЦІЇ | 36 |

**SECURITY OF ISOLATED EXTRATERRESTRIAL SETTLEMENTS: AN
ECOLOGICAL APPROACH**

Khomiak I.V.

Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Ecology and Geography of the Ivan Franko Zhytomyr State University, Zhytomyr, Ukraine

To increase the volume of the text by approximately 30% while maintaining an academic tone and high level of detail, I have expanded the discussion on historical contexts, technological specificities (such as ISRU and the Sabatier process), and the physiological and psychological challenges of extraterrestrial habitation. This version provides a more profound analysis suitable for a comprehensive scientific publication.

The Evolution and Typology of Extraterrestrial Anthropogenic Systems: From Enthusiastic Vision to Ecosystem Autonomy

The trajectory of human extraterrestrial activity, spanning from early twentieth-century speculative fiction to the threshold of permanent lunar habitation, follows a distinct phasic progression. This development is not merely technological but is profoundly determined by shifts in the underlying technological substrate, global economic drivers, and prevailing socio-political paradigms. The initial phase, which could be termed the era of «theoretical romanticism,» was built upon the purely visionary concepts of isolated enthusiasts. Figures such as Tsiolkovsky, Oberth, and early science fiction writers provided the intellectual spark, yet their limited resources restricted their output to complex mathematical formulas, rudimentary conceptual modeling, and preliminary designs that often seemed technologically unachievable. A pivotal transformation in this paradigm occurred in 1926 with Robert Goddard's successful launch of the first liquid-fueled rocket in Auburn, Massachusetts. While this vehicle reached a meager altitude of 12.5 meters, it fundamentally proved that liquid propulsion – a key to orbital flight – was technically feasible, marking the definitive transition from abstract speculation to the realm of experimental ballistics. This experimental phase continued in parallel across multiple nations. By 1937, Goddard's improved L-series rockets demonstrated significant progress, achieving vertical altitudes of 2,5–3 km. Concurrently, in Germany, Wernher von Braun began experimenting with his A-2 (Agregat-2) series, reaching 2.2 km above the island of Borkum in 1934. In the USSR, Sergei Korolev and the GIRD group launched the GIRD-09 rocket in 1933, reaching 400 meters, with later models achieving 1.5 km.

The context of the Second World War radically catalyzed rocketry, transforming it from a niche scientific pursuit into a prioritized strategic industry, primarily driven by the Third Reich. Von Braun's subsequent A-4 (V-2) project, though designed as a weapon, became the first man-made artifact to cross the Karman Line (100 km), reaching an apogee of 188 km during vertical tests in 1944.

This event established the necessary aerospace engineering foundation for overcoming the stratospheric barrier and entering the space vacuum. Following the war, the capabilities demonstrated by the V-2 were coveted by Allied powers, initiating the «Space Race» within the broader context of the Cold War. Space exploration during this period was inherently political; early milestones – such as the 1957 launch of Sputnik 1 and Yuri Gagarin’s 1961 orbital flight – were valued primarily for their propaganda impact, demonstrating technological and ideological superiority to the opposing bloc. Scientific objectives often played a secondary role to national prestige. This phase, however, concluded with the collapse of the USSR and the formal end of the Cold War, leading to a decade of reduced funding and international cooperation, exemplified by the ISS program. The contemporary era is defined by a distinct commercialization and the introduction of reusable carrier systems, primarily driven by private entities such as SpaceX. This transition has led to a strategic pivot: while ambitious public-facing projects, such as the rapid colonization of Mars, were initially used as powerful tools for attracting public attention and investor capital, the primary vector of space programs has now shifted pragmatically and decisively toward lunar-centric development. This modern «Lunar Race» focuses on the Moon not as a final destination, but as a strategic hub for resource extraction and future deep-space exploration, utilizing the concept of In-Situ Resource Utilization (ISRU). Proponents and financiers are targeting specifically the Moon’s potential reserves of Helium-3 for fusion energy, titanium extraction from ilmenite, and rare metallic deposits (cobalt, nickel, platinum-group elements) brought by meteorites. Establishing production facilities on the lunar surface or in orbit would allow for manufacturing that is prohibitively expensive to conduct on Earth due to the cost of lifting heavy materials into orbit. The impending deployment of permanent infrastructure within the NASA-led Artemis framework is essential for validating these ISRU technologies and creating a sustainable off-Earth manufacturing base. From a comprehensive systems analysis perspective, extraterrestrial objects can be categorized based on their degree of thermodynamic and biological isolation and their integration with the surrounding environment.

We can define Type I systems as those typical of current orbital stations: hermetically sealed environments with minimal internal autonomy. While these stations employ Sabatier reactors to regenerate a portion of their oxygen and water, the methane byproduct of this reaction is currently a waste product that must be removed. To increase Type I autonomy, a more scientifically robust approach would involve integrating bioreactors utilizing methanotrophic bacteria, such as *Methylococcus capsulatus*, to synthesize edible biomass. Alternatively, methane could undergo catalytic pyrolysis to produce valuable materials like carbon nanotubes, silicone, or polyvinyl chloride polymers. Type II systems, situated on planetary surfaces such as the Moon or Mars, utilize their local mineral base (regolith) as the primary resource for constructing larger internal volumes. These stations can develop quasi-closed cycles by leveraging regolith as a growing medium and the station’s size to provide buffers, thereby organizing autonomous food production and essential material synthesis. Type III systems represent the theoretical horizon of fully autonomous

planetary biospheres, achieved through comprehensive terraforming. However, within our Solar System, this remains a distant future prospect: Venus is too hot for terraforming, and Mars is too cold, lacks an atmosphere capable of blocking cosmic radiation, and has dangerously low gravity. Ultimately, transitioning to a permanent human presence on either the Moon or Mars requires replacing the traditional anthropocentric «factor control» model, which relies on adjusting simple indicators, with a sophisticated ecosystem approach based on ecological niches. An isolated extraterrestrial station must be conceptualized not merely as a habitat, but as a complex, self-sustaining consortium. In this ecosystem, humans must be integrated into a system of trophic (feeding) and topical (spatial) relationships with plants, fungi, and microbiota that are inextricably linked for survival.

The station's design must zoning internal space to create diverse niches for organisms grown for food, fuel, materials, and mental comfort, while simultaneously regulating against harmful species that may thrive in an enclosed environment. Social ecology must also be accounted for, ensuring that the station's stable social dynamics align with the Dunbar number to prevent psychological maladaptation. The most significant and persistent abiotic challenge remains gravity. Low gravity, on the Moon is $g \approx 1.62 \text{ m/s}^2$ (16.5% of Earth's), and on Mars $g \approx 3.71 \text{ m/s}^2$ (38% of Earth's), compromises human health over the long term and inhibits many vital processes in Earth-adapted organisms. Therefore, extraterrestrial systems must either function on limited, rotational shifts (approximately 2 years) or necessitate the construction of giant, rotating, centrifugal systems to provide artificial gravity, maintaining human physiological stability and off-Earth sustainability.

References

1. Cockell C. S., Green D. A., Caplin N. [et al.]. BioMoon: a concept for a mission to advance space life sciences and astrobiology on the Moon. *Discover Space*. 2024. Vol. 128, no. 1. Art. 5.
2. Duri L. G., Caporale A. G., Roup-hael Y. [et al.]. The potential for lunar and martian regolith simulants to sustain plant growth: a multidisciplinary overview. *Frontiers in Astronomy and Space Sciences*. 2022. Vol. 8. Art. 747821.
3. Khomiak I. V., Onyshchuk I. P., Vasylenko O. M. Theoretical basis of classification of terraforming methods. *Ecological Sciences*. 2024. No. 4 (55). P. 234–237.
4. Khomiak I., Onyschuk I., Khomiak O. Analysis of the relevance of astroecological research. *Екологічні науки*. 2024. № 2. С. 35–38.
5. Khomiak I., Vasylenko O. Using the rules of natural recovery of ecosystems for the process of revegetation and terraforming. *Ekologia i racjonalne zarządzanie przyrodą: edukacja, nauka i praktyka : materiały z międzynarodowej konferencji naukowo-praktycznej (Łomża – Żytomierz, 15.11.2023 r.)*. Łomża : MANS w Łomży, 2023. Cz. 1. S. 199–203.

6. Liu H., Yu C. Y., Manukovsky N. S. [et al.]. A conceptual configuration of the lunar base bioregenerative life support system including soil-like substrate for growing plants. *Advances in Space Research*. 2008. Vol. 42, no. 6. P. 1080–1088.
7. Nelson M., Hawes P. B., Augustine M. Life systems for a lunar base. *The Second Conference on Lunar Bases and Space Activities of the 21st Century : proc. conf. Houston : NASA Johnson Space Center, 1992. Vol. 2.*
8. Onyschuk I. P., Khomiak I. V. The use of the complex action of environmental factors in the process of space colonization. *Ecological Sciences*. 2022. No. 3 (42). P. 107–110.
9. Romano D., Di Giovanni A., Pucciariello C., Stefanini C. Turning earthworms into moonworms: Earthworms colonization of lunar regolith as a bioengineering approach supporting future crop growth in space. *Heliyon*. 2023. Vol. 9, no. 3. Art. e14344.
10. Іщук Р., Хом'як І. В. Вплив різних типів ландшафтних екосистем на психоемоційну сферу людини. *Сучасні проблеми екології та геотехнологій : зб. наук. пр. Житомир : Вид-во ЖДТУ, 2011. С. 223.*
11. Іщук Р., Хом'як І. В. Рівень психічної адаптованості людини в різних типах ландшафтних екосистем. *Біологічні дослідження – 2011 : матеріали II наук.-практ. конф. для молодих учених та студентів. Житомир : Вид-во ЖДУ, 2011. С. 19.*
12. Хом'як І. В. Відновлювана екологія та астроекологія: сталий розвиток. Соціоекологічні проблеми колонізації космосу та тераформації. *Матеріали VIII Житомирського астроекологічного семінару (14 березня 2025 р., м. Житомир). Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2025. С. 48–52.*
13. Хом'як І. В. Глобальні екологічні проблеми з точки зору астроекології. *Екологічні науки*. 2021. № 6 (39). С. 154–157.
14. Хом'як О., Хом'як І. Подвійна користь астроекології. Етичні та екологічні проблеми колонізації космічного простору : зб. тез доповідей наук.-практ. семінару студентів та аспірантів (16 березня 2024 р.). *Житомир : Вид-во ЖДУ ім. І. Франка, 2024. С. 11–21.*
15. Черняєва О. П., Золенко І. С., Лещенко Д. Є., Хом'як І. В. Відновлення природної рослинності на порушених екотопах – основа для тератрансформаційних моделей. *Українське Полісся: проблеми та тренди сучасного розвитку : матеріали II всеукр. наук.-практ. конф. Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2022. С. 56–59.*
16. Шамоніна М. І., Хом'як І. В. Тератрансформаційний потенціал представників роду осокові (*Carex*) в процесі рекультивациі. *Сучасні проблеми екології : тези XVIII всеукр. наук. on-line конф. здобувачів вищої освіти і молодих учених з міжнар. участю (06 жовтня 2022 року). Житомир : Житомирська політехніка, 2022. С. 101.*

УДК 903.21"632":551.583.7:523.31-327(477.42)

THE INFLUENCE OF COSMIC CYCLES ON THE SPATIAL LOCALIZATION OF UPPER PALEOLITHIC SITES OF THE SLOVECHANSKO-OVRUTSKYI RIDGE

Nenyuk D.O.

Student of the specialty "E2 Ecology" of the Ivan Franko Zhytomyr State University

Khomiak I.V.

Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Ecology and Geography of the Ivan Franko Zhytomyr State University, Zhytomyr, Ukraine

In the contemporary epoch, the precision of paleoclimatic forecasting has transcended academic curiosity to become a cornerstone of global ecological security. Despite the exponential trajectory of technological sovereignty, modern civilization remains fundamentally tethered to the stability of planetary ecosystems, exhibiting a vulnerability strikingly analogous to that of Upper Paleolithic *Homo sapiens*. Investigating the causal nexus between long-term orbital oscillations—specifically Milankovitch cycles—and the distribution of Pleistocene settlements does more than reconstruct anthropogenic history; it establishes a high-resolution diagnostic framework for assessing current civilizational resilience. By integrating paleo-data with the analysis of ancestral survival strategies, we can model human responses to environmental crises with greater predictive accuracy. Consequently, the retrospective study of ancient communal persistence serves as a critical instrument for the development of robust ecological protocols in an era of rapid climatic flux. The reconstruction of Late Pleistocene ecosystems across the Central and Eastern European periglacial zones is extensively represented in the current literature. International and regional scholarship has generated a robust corpus of data concerning the habitats of the Last Glacial Maximum (LGM), particularly during the Valdai (Weichselian) glaciation (~24,000–18,000 BCE). Research indicates the emergence of a specialized periglacial forest-steppe, a biome dominated by cold-adapted "mammoth fauna" (Markova et al., 2002). Advanced paleoenvironmental restorations have utilized isotopic signatures of oxygen and carbon extracted from megafauna dental enamel to achieve granular insights into historical thermal regimes and moisture availability (Szymanek, 2012).

In the Ukrainian context, scholars such as Matviishyna and Doroshkevych (2013, 2017) have meticulously analyzed the formative conditions of archaeological strata in Western and Central Ukraine, notably at the Doroshivtsi III site. These inquiries emphasize the socio-technological adaptations of Gravettian populations, detailing how shifting environments dictated innovations in subterranean dwelling

construction, resource economization, and the osseous processing of hard animal tissues (Wilczyński et al., 2024).

However, a significant analytical gap persists regarding the Slovechansko-Ovrutskyi Ridge, particularly the Zhelon, Klinets, and Kelembet localities. Historically, archaeological investigations in this region, most notably by D.Ya. Telegin, were primarily typological and lithic-centric. While these surveys confirmed the presence of specialized megafauna hunters within loess-like loams, they failed to delineate the direct causal relationship between astronomically-driven climatic cycles and localized settlement patterns. Previous research has not adequately addressed how global orbital forcing manifested within the specific geomorphology of the ridge. Specifically, the mechanisms of microclimatic selection remain obscure: the rationale for inhabiting promontory-oriented slopes, the influence of varying insolation on hydrological stability (particularly at the Bolonka River headwaters), and the precise ways in which astronomically-induced aridization triggered socio-economic transitions at this specific locus (Khomiak et al., 2022).

The primary objective of this study is to elucidate the impact of multi-scale climatic fluctuations on the developmental trajectory, functional logic, and spatial migration of Upper Paleolithic communities within the Slovechansko-Ovrutskyi Ridge. The object of inquiry is the Zhelon site (and its adjacent localities), analyzed as a human habitat under the pressure of unstable environmental parameters. The subject involves the evolutionary characteristics of the site's spatial localization under the influence of global orbital forcing. We seek to determine the correlation between thermal shifts and the specific utilization of the ridge's topography as a wind and thermal buffer. To achieve these goals, we employ a multi-proxy ecological reconstruction method. A critical component of this involves the analysis of a specific bio-marker recovered from the Bolonka River area: the proximal epiphysis of a *Rangifer tarandus* L. (reindeer) tibia. This specimen exhibits unequivocal evidence of anthropogenic processing, including a percussion impact below the fracture line and a medial incision, likely executed for the extraction of high-caloric bone marrow and fats. This find serves as a definitive biological proxy for the southward expansion of subarctic conditions and allows for the precise mapping of the faunal environment surrounding these Cro-Magnon populations. Furthermore, we utilize paleoclimatic databases to correlate the occupational phases of the Zhelon site with the specific phases of Milankovitch cycles—analyzing changes in orbital eccentricity and axial precession to quantify the duration and intensity of cooling events.

The most granular results are derived from stratigraphic and sedimentological analysis. In the vicinity of the Bolonka River, we observe a dynamic succession of sediments characterized by layers containing pyrophyllite fragments. The riverbed currently rests upon pink Ovruch quartzite outcrops with pyrophyllite inclusions. The stratigraphic profile where the fossil was recovered indicates either significant horizontal migration of the paleochannel or its periodic desiccation over a 40,000-year interval. Detailed investigation of these geological rocks will clarify how archaeological layers were preserved during the

Valdai glaciation and, more importantly, how the specific relief of the Slovechansko-Ovrutskiy Ridge functioned as a geo-protective "refugium." This topographic barrier likely provided essential shelter from katabatic winds and optimized solar gain, creating a viable microclimatic niche amidst a harsh periglacial landscape. Ultimately, this research aims to transform our understanding of the ridge not merely as a location of lithic finds, but as a complex, astronomically-modulated habitat where prehistoric humans navigated the precarious balance of civilizational survival.

List of sources and literature used

Markova A. K. et al. Ecosystems of Eastern Europe at the time of maximum cooling of the Valdai glaciation (24-18 kyr BP). *Quaternary International*, 2002.

Szymanek M. Reconstruction of the South-Central European palaeoenvironment in the Late Pleistocene using oxygen and carbon isotope signal of mammalian teeth. *ScienceDirect*, 2012.

Wilczyński J. et al. Animal hard tissue working in East and Central Europe during the LGM. Springer, 2024.

Житла доісторичної Європи: соціальні адаптації в змінних середовищах. *Vita Antiqua*, 2020.

Матвіїшина, Ж. М., & Дорошкевич, С. П. (2013). Природне середовище місць проживання людини в палеоліті на території Центральної України. *Український географічний журнал*, (4), 26-31.

Матвіїшина, Ж. М., Кармазиненко, С. П., Дорошкевич, С. П., Мацібора, О. В., Кушнір, А. С., & Передерій, В. І. (2017). Палеогеографічні передумови та чинники змін умов проживання людини на території України у плейстоцені та голоцені. *Український географічний журнал*, (1), 19-29.

Мосійчук Б.В. Наукове обґрунтування створення заказника «Річка Болоунка». 2025.

Телегін Д.Я. Палеоліт і мезоліт України. – К.: Наукова думка, 1982.

Хом'як І.В., Козин М.С., Коцюба І.Ю., Василенко О.М., Власенко Р.П. Обґрунтування необхідності охорони витоків малих річок

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ МІСЯЧНОГО РЕГОЛІТУ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Дмитерчук Е.С.

студент 33бд-Екол

Житомирського державного університету імені Івана Франка,

м. Житомир, Україна

Активізація програм довготривалого перебування людини на Місяці зумовлює необхідність створення ефективних автономних систем життєзабезпечення. Сучасні космічні ініціативи спрямовані не лише на короточасні експедиції, а й на формування постійних дослідницьких баз. У таких умовах особливого значення набуває організація локального виробництва продуктів харчування. Доставка продовольства із Землі є економічно затратною та технічно обмеженою, тому використання місцевих ресурсів розглядається як ключовий принцип забезпечення екологічної безпеки позаземних поселень. Одним із найперспективніших ресурсів є місячний реголіт – поверхневий шар пухких уламкових порід.

Місячний реголіт утворився внаслідок багатомільярдного впливу метеоритного бомбардування та космічного вивітрювання. Його товщина коливається від кількох метрів на рівнинах до десятків метрів у районах стародавніх кратерів. За гранулометричним складом реголіт представлений пилоподібними та піщаними фракціями з гострокутною формою частинок. Хімічний склад включає оксиди кремнію, алюмінію, кальцію, магнію, заліза, титану та інші мінеральні сполуки. Таким чином, реголіт потенційно може бути джерелом макро- та мікроелементів, необхідних для росту рослин.

Водночас реголіт принципово відрізняється від земних ґрунтів. Він не містить органічної речовини, гумусу, природної мікробіоти та структурних агрегатів, які формуються в умовах біологічної діяльності. Відсутність колоїдної фракції знижує його здатність утримувати вологу й поживні речовини. Крім того, висока абразивність частинок може пошкоджувати кореневу систему рослин, а наявність певних форм металів здатна спричиняти токсичний вплив. Усе це зумовлює необхідність комплексної модифікації реголіту перед його використанням у сільськогосподарських цілях.

Експериментальні дослідження, проведені із застосуванням симулянтів місячного ґрунту, підтверджують можливість проростання та розвитку деяких рослин у штучно підготовленому субстраті. Зокрема, показано, що додавання органічних компонентів, компостованих відходів або біологічно активних речовин значно покращує фізико-хімічні властивості середовища. Перспективним напрямом є формування штучної мікробіоти, що включає азотфіксуючі бактерії, мікоризні гриби та інші мікроорганізми, здатні забезпечувати мінералізацію органічних решток і доступність поживних елементів.

Одним із варіантів використання реголіту є його інтеграція в гідропонні або аеропонні системи як механічної основи для закріплення коренів. У такому випадку живлення рослин здійснюється за рахунок контрольованих поживних розчинів, що дозволяє регулювати концентрацію макро- та мікроелементів. Подібні системи вже апробовані на орбітальних станціях і можуть бути адаптовані до умов місячної бази. Використання реголіту як складової замкненого біорегенеративного циклу дозволяє зменшити обсяги матеріалів, які потрібно доставляти із Землі.

Важливим аспектом є забезпечення екологічної безпеки такого підходу. Необхідно контролювати рівень потенційно небезпечних домішок, регулювати кислотність субстрату, запобігати накопиченню токсичних сполук. У замкнених системах особливої уваги потребує баланс між рослинами, мікроорганізмами та людиною. Відходи життєдіяльності можуть використовуватися після відповідної переробки як джерело органічних речовин, формуючи циркуляцію біогенних елементів. Таким чином створюється модель штучної екосистеми, здатної функціонувати в умовах обмежених ресурсів.

Крім агротехнічних переваг, використання реголіту має стратегічне значення для розвитку космічної інфраструктури. Формування місцевої ресурсної бази зменшує залежність від земних поставок, підвищує автономність поселення та знижує ризики, пов'язані з перебоями логістики. З екологічної точки зору це відповідає принципам сталого використання ресурсів навіть у позаземному середовищі.

Отже, місячний реголіт може розглядатися як перспективна мінеральна основа для створення штучного агросубстрату в умовах позаземних поселень. Проте його ефективне використання можливе лише за умови фізико-хімічної обробки, біологічної модифікації та інтеграції в замкнені системи життєзабезпечення. Подальші дослідження мають бути спрямовані на експериментальне вирощування різних культур у симулянтах реголіту, оптимізацію складу біологічних добавок і розроблення технологій довготривалого функціонування штучних екосистем у космічних умовах.

Список використаних джерел та літератури

1. Crawford I. A. Lunar resources: A review. *Progress in Physical Geography*. 2015.
2. Ferl R., Wheeler R. Plants in space. *Current Opinion in Plant Biology*. 2009.
3. Khomiak I.V. Prospects and risks of using lunar regolith to form isolated ecosystems *Ukrainian Journal of Natural Sciences*. 2025. № 14. С. 270-278.
4. Taylor L. A., Carrier W. D. Oxygen production on the Moon. *Resources of Near-Earth Space*. 1993.

Рекультивация та тератрансформация

ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF DRY MEADOWS OF UKRAINIAN POLISSIA

Koval V. A.

Student of the specialty "101 Ecology" of the Ivan Franko Zhytomyr State University

Khomiak I.V.

Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Ecology and Geography of the Ivan Franko Zhytomyr State University, Zhytomyr, Ukraine

Dry meadows represent a critical yet increasingly fragile anthropogenic edaphic complex within the landscape mosaic of Ukrainian Polissia. While often perceived as primordial components of the regional environment, their contemporary physiognomy is fundamentally a product of long-term co-evolution with human economic activities. Historically, these ecosystems were maintained through traditional pastoralism and systematic haymaking, which inhibited the natural successional transition toward shrubland or forest. However, a radical paradigm shift in land-use strategies—characterized by large-scale hydro-technical drainage, agricultural conversion, and subsequent land abandonment—has initiated a profound destabilization of these habitats. Currently, dry meadows serve vital ecosystem functions, including the maintenance of pedological fertility, regulation of hydrological regimes, and the preservation of stenotopic floral assemblages. Despite their significance, they remain among the most susceptible biomes to anthropogenic forcing, necessitating a rigorous scientific reassessment in the context of accelerating climate change and intensified economic pressure.

The scholarly discourse surrounding the anthropogenic transformation of Polissia's vegetation cover is extensive, with significant contributions from researchers such as Khomyak (2018), Danko (2023), Oytcius (2020), and Yatsyk (2018), alongside collective syntaxonomical studies by Dubyna et al. (2022). These inquiries have established a baseline for understanding floral dynamics, the proliferation of adventive species, and the general trajectory of vegetation under human influence. Nevertheless, the existing literature remains fragmented, often overlooking the nuanced interaction between regional geomorphological features and global climatic fluctuations. There is a notable lacuna in comprehensive research that synthesizes floristic, coenotic, and landscape-level approaches to evaluate the long-term consequences of post-agrarian successions. This study seeks to address these gaps by analyzing the vectors of anthropogenic impact, assessing the degradation of coenotic diversity, and outlining strategic imperatives for the restoration of xeric meadow ecosystems.

Geographically, these meadows are primarily localized within the Main and Small Polissia—specifically across the Zhytomyr, Rivne, and Volyn administrative regions, and partially extending into southern Chernihiv. They typically occupy elevated mesorelief positions between paludified depressions or riparian corridors. These "islands" of fertility are characterized by high mineral availability but are prone to rapid desiccation (Khomiak, 2018; Danko, 2023). The primary catalyst for their degradation was the extensive drainage reclamation of the late 20th century, which disrupted the established hydro-isohypses and initiated a replacement of characteristic hygrophilous and mesophilous meadow species with xerophytic or eurytopic taxa. Furthermore, the plowing of virgin meadowlands and their subsequent abandonment has led to the formation of secondary successional communities that bear little resemblance to the original phytocoenotic structures.

The cessation of traditional grazing (extensification) represents a secondary but equally potent factor in ecosystem transformation. In the absence of moderate zoogenic pressure, xeric meadows undergo rapid "shrubification" (autogenic succession), whereby open herbaceous spaces are colonized by ligneous species, leading to a loss of specialized heliophilous flora. This process is exacerbated by landscape fragmentation—the bisection of meadow massifs by infrastructure and urban expansion—which reduces the resilience of isolated populations and impairs gene flow. A definitive marker of these modern shifts is the aggressive expansion of invasive stenotopes, such as *Solidago canadensis* and *Ambrosia artemisiifolia*. These adventive taxa effectively outcompete native species in disturbed niches, leading to a homogenization of the floral composition (Oitsius, 2020). This simplification is further accelerated by pyrogenic factors; frequent anthropogenic fires degrade the soil organic layer and favor the dominance of a few fire-resistant, unpretentious species at the expense of rare and specialized biodiversity.

Effective conservation of Polissia's xeric meadows requires a holistic integration of legislative protection and active ecological management. While the Law of Ukraine "On Flora" provides a formal framework, practical enforcement often falters in the absence of designated protected status, leaving vast tracts vulnerable to uncontrolled plowing or drainage. Future strategies must prioritize the restoration of traditional management regimes—such as controlled mowing and rotational grazing—while simultaneously employing a landscape-level approach that accounts for the inter-biocoenotic links between meadows and surrounding forest-mire complexes (Yatsik, 2018). In conclusion, the anthropogenic transformation of dry meadows in Ukrainian Polissia is a multidimensional process manifesting in diminished taxonomic richness and reduced ecosystem stability. Identifying and preserving the few remaining low-impact "refugia" is not merely a scientific priority but a fundamental requirement for the restoration of regional biodiversity and the mitigation of anthropogenic environmental simplified landscapes.

List of sources and literature

1. Danko, H. V. Floristic structure of sand communities of Chernihiv Polissya. Природничий альманах (біологічні науки). 2023. Vol. 35, Iss. 2. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu2524-0838/2023-35-2>
2. Dubyna, D. V. et al. Anthropogenic Transformations of Vegetation in the Kuyalnik Estuary Valley (Ukraine, Odesa District). Diversity. 2022. 14(12):1115. DOI: <https://doi.org/10.3390/d14121115>
3. Khomiak, I. Dynamics of flora in the old-field ecosystem Ukrainian Polissya. ScienceRise: Biological Science. 2018. № 1(10): 8–13. DOI: <https://doi.org/10.15587/2519-8025.2018.121809>
4. Khomiak, I., Harbar, O., Kostyuk, V., Demchuk, N., & Vasylenko, O. (2024). Synphytoindication models of the anthropogenic transformation of ecosystems. *Natura Croatica: Periodicum Musei Historiae Naturalis Croatici*, 33(1), 65-77.
5. Oitsius, L. V., Volovyk, H. P., Doletskyi, S. P., Lysytsya, A. V. Distribution of adventive species *Solidago canadensis*, *Phalacrolooma annuum*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Heracleum sosnowskyi* in phytocenoses of Volyn' Polissya (Ukraine). *Biosystems Diversity*. 2020. 28(4): 343–349. DOI: <https://doi.org/10.15421/012043>
6. Oleksandr Harbar, Ivan Khomiak, Iryna Kotsiuba, Nataliia Demchuk and Iryna Onyshchuk. Anthropogenic and natural dynamics of landscape ecosystems of the Slovechansko-Ovruchsky ridge (Ukraine). *Soc. ekol. Zagreb*, Vol. 30 (2021.), No. 3. P. 347-367.
7. Yatsik, A. V., Gopchak, I. V., Basiuk, T. O. Assessment of anthropogenic impact on land within the small river basins of Western Polissya in Ukraine. *Land Reclamation and Water Management*. 2018. DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg20180108-131>
8. Закон України «Про рослинний світ» від 09.04.1999 р. № 591-XIV // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/591-14>
9. Хом'як І.В., Василенко О.М., Гарбар Д.А., Андрійчук Т.В., Костюк В.С., Власенко Р.П., Шпаковська Л.В., Демчук Н.С., Гарбар О.В., Онищук І.П., Коцюба І.Ю. Методологічні підходи до створення інтегрованого синфітоіндикаційного показника антропогенної трансформації. *Екологічні науки*. 2020, № 5 (32). Т. 1 . С. 136-141.
10. Хом'як І.В., Демчук Н.С., Василенко О.М. Фітоіндикація антропогенної трансформації екосистем на прикладі Українського Полісся. *Екологічні науки*. 2018. №3 (22). С. 113-118.
11. Хом'як, І. В., Костюк, В. С., Гарбар, О. В., Демчук, Н. С., Андрійчук, Т. В., Власенко, Р. П., Гарбар, Д. А., Онищук, І. П., Шпаковська, Л. В., Омельчук, М. О. (2021) Особливості розміщення оселищ із різним ступенем антропогенної трансформації. *Екологічні науки*. 2021, (7). pp. 67-71.

NATURAL DYNAMICS OF THE ASSOCIATION OF PLANT GROUPINGS SCIRPETUM SYLVATICI RALSKY 1931

Losenko Ya.

Student of the specialty "101 Ecology" of the Ivan Franko Zhytomyr State University

Khomiak I.V.

Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Ecology and Geography of the Ivan Franko Zhytomyr State University, Zhytomyr, Ukraine

Hygrophilous tall-herb macro-communities and riparian-marshland ecotones function as indispensable structural nodes in the maintenance of landscape-level ecological equilibrium and the preservation of specialized floral biodiversity. Within this complex vegetation mosaic, the *Scirpetum sylvatici* association serves as a quintessential representative of paludal-meadow systems and acts as a high-resolution bio-indicator for environmental oscillations. The investigation of the successional and fluctuating dynamics of these coenoses remains a fundamental priority due to their inherent susceptibility to extra-biotoxic forcing. These communities function as sensitive sensors for hydrological disturbances; even negligible shifts in the groundwater table or the duration of vernal inundation are rapidly translated into structural modifications within the phytocoenotic architecture. Consequently, the diagnostic analysis of such associations facilitates the detection of anthropogenic or climatic transformations at their nascent stages. The *Scirpetum sylvatici* Ralski 1931 association is particularly indicative in this regard, as it occupies strategic ecotones at the confluence of mire complexes, wet meadows, and alluvial floodplains. It provides a niche for a distinctive assembly of obligate hygrophytes, thereby defining the floristic integrity of the biotope. In the contemporary epoch, the scientific relevance of these studies is amplified by two converging vectors: the accelerating aridization of continental climates, which induces atypical hydrological stresses, and the pervasive abandonment of traditional agro-pastoral practices, such as haymaking, which triggers complex demutation processes and alters the physiognomy of floodplain landscapes.

A critical synthesis of previous geobotanical literature reveals that scholarly attention has primarily concentrated on the taxonomical classification and static description of the floristic composition of tall-herb communities. Studies concerning geobotanical zoning have meticulously mapped the spatial heterogeneity of plant cover, elucidating the patterns of its formation across disparate physiographic regions. In particular, research into the topological differentiation of vegetation has demonstrated the intricate mosaicity of hygrophilous phytocoenoses and their profound dependence on micro-topographic ecological gradients (Didukh, 2024). Furthermore, specific inquiries into the functional role of individual taxa, such as species of the genus *Epilobium*, highlight their association with saturated substrates and their

utility as early-warning indicators of moisture regime shifts (Fedoronchuk, 2021). Despite this rich methodological foundation—rooted in the classical and modern works of Didukh, Rozenblit, Fedoronchuk, Klimovich, and European scholars like Hájková and Hájek—there remains a critical knowledge gap regarding the autonomous dynamics of *Scirpetum sylvatici* in the absence of direct anthropogenic intervention. The existing data environment often fails to distinguish between transient inter-annual fluctuations driven by meteorological variability and long-term, directional successional trends. Furthermore, the mechanisms of internal self-regulation and the thresholds of ecological stability for this association remain insufficiently theorized, complicating the accurate prediction of its future trajectory under shifting climatic regimes.

The present study aims to integrate extant scientific datasets with original long-term observations to elucidate the natural dynamics of the *Scirpetum sylvatici* Ralski 1931 association. By shifting the focus from a static sociological object to a dynamic systems approach, we analyze how the phytocoenotic structure reorganizes in response to fluctuating hydrological inputs. The association typically flourishes in river floodplains and the peripheral zones of mire systems, characterized by the overwhelming dominance of the hydro-macrophyte *Scirpus sylvaticus*. This dominant species generates a substantial annual biomass, creating a stable micro-environment for a specific assembly of hygrophilous and meso-hygrophilous associates. The projective cover and vitality of these species directly correlate with the local hydro-isohypse levels. Inter-annual variability within the floristic core, which includes genera such as *Carex*, *Juncus*, and *Epilobium*, demonstrates the high ecological plasticity of the association. However, this plasticity is increasingly tested by the cessation of economic utilization. The accumulation of undecomposed organic litter (dead biomass) fundamentally alters the sub-canopy microclimate, often suppressing heliophilous specialists and leading to a reduction in alpha-diversity (Didukh, 2024). Conversely, the periodic emergence of vacant ecological niches allows for the introduction of pioneer species, reflecting a remarkable structural adaptability.

Analysis of the compositional changes within the *Scirpetum sylvatici* association suggests that they are predominantly fluctuating in nature rather than successional. Seasonal and inter-annual elevations in groundwater promote the vigorous expansion of hygrophytes, whereas prolonged dry periods facilitate a temporary increase in the proportion of mesophilic taxa. Such shifts are adaptive responses to cyclical environmental variability and do not necessarily signify an irreversible successional transition (Hájková, 2007). Comparison with Central European analogs confirms that while the ecological niches of this association are remarkably consistent across continental gradients, the specific pace of dynamic processes is dictated by local land-use history and macro-climatic trends. The trajectory of these meadows is governed by a tripartite interaction of factors: the hydrological regime, characterized by the amplitude of groundwater "pulsation"; internal biotic competition, where the vigorous growth of *Scirpus sylvaticus* may occasionally

outcompete its associates; and anthropogenic forcing, specifically the presence or absence of systematic haymaking.

In its natural state, the *Scirpetum sylvatici* association exhibits a robust capacity for self-regulation, although sustained departures from its moisture optimum can eventually initiate a transformation of the coenotic structure. Due to its inherent mosaic architecture, the association functions as a biological buffer, facilitating the coexistence of disparate ecological groups and ensuring landscape-level resilience. This ecotone function is critical for biodiversity preservation, as evidenced by the inclusion of such communities in the official protection lists of Ukraine (2020). Ultimately, the natural dynamics of *Scirpetum sylvatici* manifest as a perpetual recalibration of species dominance and spatial organization. Short-term inter-annual fluctuations must be distinguished from the long-term "thickening" of the dominant, which might limit diversity, or the regeneration of the floristic core following the restoration of moisture conditions. Understanding whether a detected change represents a temporary meteorological response or a permanent successional shift requires multi-decadal monitoring. Only through such longitudinal observation can we develop adaptive management strategies that preserve the nature conservation value of these hygrophilous tall-herb systems amidst an increasingly unpredictable global climate.

List of sources and literature

1. 6430 Hygrophilous tall herb fringe communities of plains and of the montane to alpine levels [Електронний ресурс]. – JNCC, Великобританія. – Режим доступу: <https://sac.jncc.gov.uk/habitat/H6430/>
2. Hájková P., Hájek M. *Scirpetum sylvatici* Ralski 1931 // in: Chytrý M. (ed.), *Vegetace České republiky. 1. Travinná a keříčková vegetace*. – Praha: Academia. – P. 264–266.
3. Khomiak, I., Harbar, O., Kostiuk, V., Demchuk, N., & Vasylenko, O. (2024). Synphytoindication models of the anthropogenic transformation of ecosystems. *Natura Croatica: Periodicum Musei Historiae Naturalis Croatici*, 33(1), 65-77.
4. Morabito G., Musarella C. M., Spampinato G. Diversity and ecological assessment of grassland habitat types in Europe // *Applied Ecology and Environmental Research*. – 2024. – Режим доступу: <https://www.grafiati.com/en/literature-selections/tall-herb-community/>
5. Nicoară G. R. Potential habitat prediction for current rare plants in wetlands and tall-herb communities // *Agronomy Journal*. – 2025. – Режим доступу: https://agronomyjournal.usamv.ro/pdf/2025/issue_1/Art105.pdf
6. Oleksandr Harbar, Ivan Khomiak, Iryna Kotsiuba, Nataliia Demchuk and Iryna Onyshchuk. Anthropogenic and natural dynamics of landscape ecosystems of the Slovechansko-Ovruchsky ridge (Ukraine). *Soc. ekol. Zagreb*, Vol. 30 (2021.), No. 3. P. 347-367.

7. Дідух Я.П., Розенблінт Ю.В., Логвиненко І.П. Топологічна диференціація рослинності Люблінсько-Волинського геоботанічного округу // Український ботанічний журнал. – 2024. – Т. 81, № 5. – С. 335–354. – DOI:10.15407/ukrbotj81.05.335
8. Перелік природних рослинних угруповань, які вилучені із Зеленої книги України: наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 17.12.2020 № 368. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0131-21>
9. Федорончук М.М., Клімович Н.Б. Види роду *Epilobium* (Onagraceae) у рослинних угрупованнях України // Український ботанічний журнал. – 2021. – Т. 78, № 1. – С. 3–22. – DOI:10.15407/ukrbotj78.01.003
10. Хом'як І.В., Василенко О.М., Гарбар Д.А., Андрійчук Т.В., Костюк В.С., Власенко Р.П., Шпаковська Л.В., Демчук Н.С., Гарбар О.В., Онищук І.П., Коцюба І.Ю. Методологічні підходи до створення інтегрованого синфітоіндикаційного показника антропогенної трансформації. Екологічні науки. 2020, № 5 (32). Т. 1 . С. 136-141.
11. Хом'як І.В., Демчук Н.С., Василенко О.М. Фітоіндикація антропогенної трансформації екосистем на прикладі Українського Полісся. Екологічні науки. 2018. №3 (22). С. 113-118.
12. Хом'як, І. В., Костюк, В. С., Гарбар, О. В., Демчук, Н. С., Андрійчук, Т. В., Власенко, Р. П., Гарбар, Д. А., Онищук, І. П., Шпаковська, Л. В., Омельчук, М. О. (2021) Особливості розміщення оселищ із різним ступенем антропогенної трансформації. Екологічні науки. 2021, (7). pp. 67-71.

SPONTANEOUS SPREAD OF ELYMUS REPENS ON SIMILAR LUNAR REGOLYTH

Mosiychuk B.V.

Student of the specialty "101 Ecology" of the Ivan Franko Zhytomyr State University

Khomiak I.V.

Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Ecology and Geography of the Ivan Franko Zhytomyr State University, Zhytomyr, Ukraine

Nowadays, when the number of space explorations is increasing, the question of the life of people and other living beings of the Earth on other planets (especially on the Moon) is increasingly being studied, the task of ensuring our livelihoods there is very important. Studies have already shown that we can grow some crops (such as garlic, onions and others) on imitation of lunar regolith. But there is no information about how ecologically plastic and vegetatively active species can spontaneously spread. The relevance of

the research is to identify the ability of resistant plants to colonize extreme substrates, in order to use this model in the future to predict the chances of forming such colonies on extraterrestrial substrates.

Description of aspects of the problem that are not sufficiently studied: although research on the topic of growing various plants has increased, there are many unexplored moments. Today, the following research tasks are relevant:

- The behavior of ecologically plastic and vegetatively active plants, such as *Elymus repens* and similar species, has hardly been studied.
- The long-term viability of such plant communities on such regolith imitations, as well as the possibility of performing repeated cultivation cycles on the same regolith.
- The behavior of such species under the condition of adding additional fertilizers to the composition of lunar regolith imitations
- The behavior of such species under changes in various climatic conditions, such as the amount of moisture, light temperature and under the condition of competition with other species.
- The quality of the species' spread and the growth rate of this species compared to other substrates.

The aim of the study is to experimentally compare the germination and initial growth of *Elymus repens* on a control substrate (sand) and on an imitation of lunar regolith in order to assess the possibility of its spontaneous spread in regolith-like conditions.

To achieve this goal, the following tasks are planned:

1. To set up an experiment on growing *Elymus repens* on a control substrate (sand) and imitation of lunar regolith.
2. To investigate the germination rates of *Elymus repens* seeds in control and experimental conditions.
3. To compare the initial growth rates of plants on different substrates.
4. To assess the influence of a regolith-like substrate on the condition and development of plants.

The study was carried out using experimental, comparative and statistical methods. The main method is a laboratory vegetation experiment aimed at assessing the germination and initial growth of *Elymus repens* on different types of substrates.

First, we had to create a lunar regolith simulator (we took the ETL-1 model as a model), and take sand, which served as our control substrate. Next, we had to put these substrates in small trays (a total of 11 for each substrate) and then plant *Elymus repens* in them, and then within one month from the moment of planting, monitor how this species germinates on each substrate. In parallel with this, we had to measure it and record these indicators for further assessment of the growth rate, and of course maintain all the necessary conditions so that the chances of germination of this species were higher.

Let's move on to the results: out of 11 trays with a lunar regolith simulator, only 4 sprouted, which is only 36.36%, while on the control substrate, sprouted on 5 trays – and this is 45.45%. But at the same time, the total length of all individual individuals is higher on the experimental substrate, namely 56.3 centimeters, while on the sand - 33.8. It follows that the average growth of one individual is also higher on the experiment - 5.12 centimeters, while on the control - 3.07, which demonstrates a higher growth rate on the lunar regolith.

Conclusions

Elymus repens can germinate on models of lunar soil, and show quite good results.

The spread on the simulator turned out to be slightly worse than the control, but at the same time other indicators, such as growth rate, average height of the individual prevail on the experimental substrate.

And most importantly, we found out that theoretically this species can be used as a model for predicting the formation of artificial plant communities in extraterrestrial conditions.

Prospects for future research. This research has prospects, and they are very good, because there is much to explore. As noted above in the section “Description of aspects of the problem that are insufficiently studied”, you can try to compare the simulated lunar substrate with others that exist on Earth, place them in different conditions to understand what effect temperature, humidity, and the amount of light have on each of the substrates. Try to plant several species in one area to study their competition.

List of sources and literature

1. Barcenilla M., Kundel S., Hall J. et al. Telomere dynamics and oxidative stress in *Arabidopsis thaliana* grown in lunar regolith simulant // *Plant Stress*. – 2024. – Vol. 13. – P. 100234.
2. Buckner A., Lang S., Loureiro R. Physiological and transcriptional responses of *Arabidopsis thaliana* to simulated lunar and Martian regolith substrates // *arXiv*. – 2025. – arXiv:2505.13583.
3. Lang S., Buckner A., Jones S. et al. Inkspot: A stress-resilient, anthocyanin rich, dwarf tomato variant for off-world cultivation // *arXiv*. – 2025. – arXiv:2505.16890.
4. Qin C., Zhang Z., Ferl R. J. Phosphorus-solubilizing bacteria improve the growth of *Nicotiana benthamiana* on lunar regolith simulant by dissociating insoluble inorganic phosphorus // *Communications Biology*. – 2023. – Vol. 6. – Article number: 1154.
5. Thorsen A., Petollari S., Debrezion S., Thabit-Yousef S., Eeds A. Growth of four different crop species in supplemented loamy lunar regolith // *Journal of Student Research*. – 2023. – Vol. 12, No. 3.
6. van Grootel G., De Vos R., Van de Walle M. et al. Raman spectroscopy as a tool for assessing plant growth in space and on lunar regolith simulants // *npj Microgravity*. – 2025. – Vol. 11. – Article number: 18.

7. Velisdeh Z. J., Mills D. K. Can plants grow on the Moon and Mars: seed germination enhancement using magnesium oxide coated halloysite nanotubes (MgO HNTs) // *arXiv*. – 2025. – arXiv:2512.16084.
8. Wamelink G. W. W., Frissel J. Y., Krijnen W. H. J. et al. Can plants grow on Mars and the Moon: a growth experiment on Mars and Moon soil simulants // *PLOS ONE*. – 2014. – Vol. 9, No. 8. – e103138.
9. Khomiak I., Onyschuk I., Khomiak O. Analysis of the relevance of astroecological research. *Екологічні науки*. 2024. № 2. с. 35-38.
10. Khomiak Ivan, Vasylenko Olha Using the rules of natural recovery of ecosystems for the process of revegetation and terraforming. *Ekologia i racjonalne zarządzanie przyrodą: edukacja, nauka i praktyka [Zasób elektroniczny]: materiały z międzynarodowej konferencji naukowo-praktycznej, (Łomża – Żytomierz, 15.11.2023 r. / Pod redakcją naukową Zoia Sharlovych, Janisz Lisowski, Ruslana Romaniuk. Część 1. Wydawnictwo: MANS w Łomży, 2023. S. 199-203*
11. Черняєва О.П., Золенко І.С., Лещенко Д.С., Хом'як І.В., Відновлення природної рослинності на порушених ектопах – основа для тератрансформаційних моделей // *Матеріали ІІ всеукраїнської науково-практичної конференції «Українське Полісся: проблеми та тренди сучасного розвитку»*. Ніжин: НДУ ім. Гоголя, 2022. С. 56-59
12. Хом'як І.В., Шамоніна М.І. Тератрансформаційний потенціал представників роду осокові (*Carex*). // *Тези Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених “Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції”* – Житомир : ЖДТУ, 2021. С. 12.
13. Черняєва О.П., Хом'як І.В. Тератрансформаційний потенціал *Elymus repens* (L.) GOULD. // *Тези Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених “Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції”* – Житомир : ЖДТУ, 2021. С. 18.
14. Бондар С.С., Хом'як І.В. Тератрансформаційні стратегії освоєння незаселених субстратів. // *Тези Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених “Сталий розвиток країни в рамках Європейської інтеграції”* – Житомир : ЖДТУ, 2021. С. 16.
15. Хом'як І.В., Глобальні екологічні проблеми з точки зору астроекології. *Екологічні науки*. 2021, № 6 (39). С 154-157.

ECOLOGICAL AND COENOTIC CHARACTERISTICS OF WET MEADOWS OF UKRAINIAN POLISSYA

Student of the specialty "101 Ecology" of the Ivan Franko Zhytomyr State University

Khomiak I.V.

Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Ecology and Geography of the Ivan Franko Zhytomyr State University, Zhytomyr, Ukraine

Wet meadows of Ukrainian Polissya are an important structural element of the natural and semi-natural landscapes of the region. They are formed in conditions of excessive or sufficient moisture, with close groundwater levels and periodic flooding of river floodplains. Such ecosystems perform a number of ecological functions: they support regional biodiversity, regulate the water balance of territories, contribute to the accumulation of organic matter and stabilize the soil cover.

In the second half of the twentieth century, significant areas of wet meadows of Polissya underwent drainage melioration. The change in the hydrological regime caused a transformation of the floristic composition and structure of plant communities. In modern conditions, additional factors of influence are the cessation of traditional haymaking, a decrease in livestock grazing, fragmentation of territories and the spread of adventitious species. All this necessitates a comprehensive ecological and coenotic analysis of the wet meadows of the region.

Meadow vegetation of Polissya has been studied in the works of domestic botanists and phytosociologists. In particular, the works of D. Dubina et al. (2022) highlight the issue of anthropogenic transformation of vegetation, I. Khomyak (2018) analyzed the dynamics of flora in conditions of land use change. At the same time, wet meadows as a separate object of ecological and coenotic research remain insufficiently systematized.

The purpose of the study is to establish the ecological and coenotic features of wet meadows of Ukrainian Polissya and determine the current trends in their transformation.

The material was collected on the basis of standard geobotanical descriptions using the Brown-Blanquet scale to assess the projective cover of species. Ecological and phytocenotic analysis, methods of comparison and generalization, as well as elements of the synphytoindication approach to assess moisture conditions were applied.

Wet meadows of Ukrainian Polissya are represented mainly by groups of the classes *Molinio-Arrhenatheretea* and *Phragmito-Magnocaricetea*. Their floristic composition is dominated by mesohygrophytes and hygrophytes, in particular *Carex acuta*, *Carex nigra*, *Juncus effusus*, *Molinia caerulea*, *Deschampsia cespitosa*, *Filipendula ulmaria*. Sedge and grass species that form a dense herbaceous stand play a significant role.

The coenotic structure of wet meadows is characterized by mosaicism, which is due to microrelief and different degrees of moisture. In depressions, sedge-mixed herbaceous groups with a dominance of hygrophytes are formed, while on elevated elements of the microrelief the proportion of mesophytic species

increases. The vertical structure of the herbaceous stand is usually two- or three-tiered, with a clear separation of dominants.

As a result of the drainage of territories, there is a decrease in the proportion of hygrophytes and gradual xerophytization of the vegetation cover. The cessation of haymaking contributes to the accumulation of litter, a decrease in species diversity and the development of shrub vegetation (*Salix* spp., *Betula pubescens*). Thus, succession processes lead to a change in meadow phytocenoses towards shrub-forest communities.

A separate problem is the spread of adventitious species, in particular *Solidago canadensis* and *Ambrosia artemisiifolia*, which displace native species and simplify the structure of communities. This reduces the stability of ecosystems and changes their functional characteristics.

Wet meadows of Ukrainian Polissya are characterized by significant floristic and coenotic diversity, which is determined by the hydrological regime and soil moisture conditions. Modern transformation processes are associated with land reclamation, changes in traditional nature use and invasive species. Preservation of these ecosystems requires the restoration of regulated haymaking, control of the hydrological regime, and the implementation of long-term monitoring.

List of sources and literature

1. Khomiak I. Dynamics of flora in the old-field ecosystem Ukrainian Polissya. *ScienceRise: Biological Science*. 2018. №1(10). С. 8–13. DOI: <https://doi.org/10.15587/2519-8025.2018.121809>
2. Khomiak, I. Dynamics of flora in the old-field ecosystem Ukrainian Polissya. *ScienceRise: Biological Science*. 2018. № 1(10): 8–13. DOI: <https://doi.org/10.15587/2519-8025.2018.121809>
3. Khomiak, I., Harbar, O., Kostyuk, V., Demchuk, N., & Vasylenko, O. (2024). Synphytoindication models of the anthropogenic transformation of ecosystems. *Natura Croatica: Periodicum Musei Historiae Naturalis Croatici*, 33(1), 65-77.
4. Oitsius L. V. et al. Distribution of adventive species in phytocenoses of Volyn' Polissya (Ukraine). *Biosystems Diversity*. 2020. 28(4):343–349. DOI: <https://doi.org/10.15421/012043>
5. Дубина Д. В. та ін. Anthropogenic Transformations of Vegetation in the Kuyalnik Estuary Valley (Ukraine, Odesa District). *Diversity*. 2022. Vol. 14(12):1115. DOI: <https://www.mdpi.com/1424-2818/14/12/1115>
6. Закон України «Про рослинний світ» від 09.04.1999 №591-XIV. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/591-14>
7. Хом'як І.В., Василенко О.М., Гарбар Д.А., Андрійчук Т.В., Костюк В.С., Власенко Р.П., Шпаковська Л.В., Демчук Н.С., Гарбар О.В., Онищук І.П., Коцюба І.Ю. Методологічні підходи

до створення інтегрованого синфітоіндикаційного показника антропогенної трансформації. Екологічні науки. 2020, № 5 (32). Т. 1 . С. 136-141.

8. Хом'як І.В., Демчук Н.С., Василенко О.М. Фітоіндикація антропогенної трансформації екосистем на прикладі Українського Полісся. Екологічні науки. 2018. №3 (22). С. 113-118.

9. Хом'як, І. В., Костюк, В. С., Гарбар, О. В., Демчук, Н. С., Андрійчук, Т. В., Власенко, Р. П., Гарбар, Д. А., Онищук, І. П., Шпаковська, Л. В., Омельчук, М. О. (2021) Особливості розміщення оселищ із різним ступенем антропогенної трансформації. Екологічні науки. 2021, (7). pp. 67-71.

ANTHROPOGENIC DYNAMICS OF MESOPHYTIC MEADOW ECOSYSTEMS OF UKRAINIAN POLISSIA

Potapchuk A.M.

Student of the specialty "101 Ecology" of the Ivan Franko Zhytomyr State University

Khomiak I.V.

Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Ecology and Geography of the Ivan Franko Zhytomyr State University, Zhytomyr, Ukraine

Mesophytic meadows of Ukrainian Polissia are an important component of the natural ecosystems of the region, which are distinguished by a high level of biodiversity and play a significant role in maintaining ecological balance. They are formed under conditions of moderate moisture, on fertile soils, and are traditionally used by humans as hayfields and pastures. However, over the past centuries, and especially in the 20th–21st centuries, these ecosystems have undergone significant changes due to various forms of anthropogenic impact. Research into the anthropogenic dynamics of mesophytic meadows of Polissia is relevant for assessing the current state of natural complexes and developing measures for their protection and restoration.

General characteristics of mesophytic meadows of Polissia. Mesophytic meadows of Ukrainian Polissia are distributed mainly in river valleys, on terraces, watersheds and poorly drained plains. They are characterized by a mixed grass-cereal community dominated by species such as meadow fescue (*Poa pratensis*), timothy grass (*Phleum pratense*), red fescue (*Festuca rubra*), meadow clover (*Trifolium pratense*), and others. Meadows perform important ecosystem functions: regulating water regime, preventing soil erosion, supporting pollinators, and preserving the plant gene pool.

Main factors of anthropogenic impact. The anthropogenic dynamics of mesophytic meadows of Polissia is determined by a complex of interrelated factors, among which agricultural use, land reclamation, urbanization, recreational pressure, and land-use changes are the leading ones.

Traditional haymaking and moderate grazing of livestock have historically contributed to the maintenance of species diversity of meadow ecosystems. However, the intensification of agriculture has led to excessive grazing, frequent haymaking, and the application of mineral fertilizers, which causes the impoverishment of the floristic composition, the displacement of rare and sensitive species, as well as the dominance of a few competitive plants.

Land reclamation and transformation of the hydrological regime. One of the most powerful factors of the anthropogenic transformation of mesophytic meadows of Polissia has been land reclamation, in particular the drainage of swampy, and excessively humid areas. The massive construction of drainage canals in the second half of the 20th century changed the natural hydrological regime, which led to a decrease in the groundwater level and the gradual degradation of meadow communities. As a result, mesophytic meadows are replaced by drier phytocenoses or their transformation into secondary shrub and forest formations.

The expansion of settlements, the construction of roads, the creation of industrial zones, and recreational areas also negatively affect the state of mesophytic meadows. Trampling of vegetation, soil and air pollution, and unauthorized landfills cause fragmentation of ecosystems and a decrease in their stability. Meadows located near large cities and tourist routes are especially vulnerable.

As a result of the reduction or complete cessation of traditional use of meadows (haymaking, grazing), successional changes occur, which are manifested in the overgrowth of areas with shrubs and woody vegetation. Such secondary succession changes the structure of ecosystems, reduces the area of open meadows, and leads to the loss of specific meadow species of flora and fauna.

The anthropogenic dynamics of mesophytic meadows of Ukrainian Polissia has a number of negative ecological consequences: a decrease in biodiversity, soil degradation, disruption of natural biogeochemical cycles, a decrease in ecosystem services. At the same time, these processes are partially reversible provided that scientifically substantiated management and protection measures are implemented.

To preserve mesophytic meadows of Polissia, a combination of environmental and rational economic approaches is necessary. Important measures are the restoration of traditional forms of extensive land use, regulation of grazing and haymaking, restriction of land reclamation works, creation of nature conservation areas, and environmental monitoring. Raising the environmental awareness of the population also plays a significant role.

The anthropogenic dynamics of the ecosystems of mesophytic meadows of Ukrainian Polissia is a complex and multifaceted process, reflecting the interaction of natural and socio-economic factors. The current state of these ecosystems indicates the need for an integrated approach to their preservation and

rational use. Preservation of mesophytic meadows is an important task not only for the Polissia region, but also for the entire ecological security of Ukraine.

List of sources and literature

1. Андрієнко Т. Л. Рослинність Українського Полісся: структура, динаміка, охорона. Київ : Фітосоціоцентр, 2006. 312 с.
2. Білявський Г. О., Давидова І. В. Лучні екосистеми України та їх трансформація під впливом антропогенних чинників // Екологія та ноосферологія. 2012. Т. 23, № 3–4. С. 45–52.
3. Геоботанічне районування Української РСР / за ред. А. І. Барбарича. Київ : Наукова думка, 1977. 304 с.
4. Дідух Я. П. Екологічні аспекти збереження біорізноманіття лучної рослинності України. Київ : Наукова думка, 2011. 278 с.
5. Злобін Ю. А. Популяційна екологія рослин. Суми : Університетська книга, 2009. 263 с.
6. Мельник В. І. Флора і рослинність Полісся України. Київ : Фітосоціоцентр, 2000. 345 с.
7. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні. Київ : Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, 2020. 350 с.
8. Природа Українського Полісся / за ред. Л. Г. Руденка. Київ : Академперіодика, 2013. 232 с.
9. Розенберг А. Г. Антропогенні зміни екосистем: теорія і практика. Київ : Либідь, 2008. 280 с.
10. Чопик В. І., Федорончук М. М. Флора України: систематика, екологія, географія. Київ : Фітосоціоцентр, 2015. 712 с.
11. Khomiak, I., Harbar, O., Kostiuk, V., Demchuk, N., & Vasylenko, O. (2024). Synphytoindication models of the anthropogenic transformation of ecosystems. *Natura Croatica: Periodicum Musei Historiae Naturalis Croatici*, 33(1), 65-77.
12. Oleksandr Harbar, Ivan Khomiak, Iryna Kotsiuba, Nataliia Demchuk and Iryna Onyshchuk. Anthropogenic and natural dynamics of landscape ecosystems of the Slovechansko-Ovruchsky ridge (Ukraine). *Soc. ekol. Zagreb*, Vol. 30 (2021.), No. 3. P. 347-367.
13. Хом'як, І. В., Костюк, В. С., Гарбар, О. В., Демчук, Н. С., Андрійчук, Т. В., Власенко, Р. П., Гарбар, Д. А., Онищук, І. П., Шпаковська, Л. В., Омельчук, М. О. (2021) Особливості розміщення оселищ із різним ступенем антропогенної трансформації. *Екологічні науки*. 2021, (7). pp. 67-71.

14. Хом'як І.В., Василенко О.М., Гарбар Д.А., Андрійчук Т.В., Костюк В.С., Власенко Р.П., Шпаковська Л.В., Демчук Н.С., Гарбар О.В., Онищук І.П., Коцюба І.Ю. Методологічні підходи до створення інтегрованого синфітоіндикаційного показника антропогенної трансформації. Екологічні науки. 2020, № 5 (32). Т. 1 . С. 136-141.

15. Хом'як І.В., Демчук Н.С., Василенко О.М. Фітоіндикація антропогенної трансформації екосистем на прикладі Українського Полісся. Екологічні науки. 2018. №3 (22). С. 113-118.

ОСОБЛИВОСТІ ПРОРОСТАННЯ НАСІННЯ ДВОДОЛЬНИХ БУР'ЯНІВ НА ІМІТАЦІЇ МІСЯЧНОГО РЕГОЛІТУ

Лабенський Ю.О.

Студент спеціальності 101 Екологія Житомирського державного університету імені Івана Франка
Хом'як І.В.

Доктор біологічних наук, професор кафедри екології та географії Житомирський державний університет імені Івана Франка м. Житомир, Україна

На сьогодні космічні дослідження все більше поєднуються з астроекологічними дослідженнями. Астроекологія в свою чергу поєднує в собі екологію, біологію та космічні науки. Одним із ключових завдань астроекологічних досліджень є пошук можливостей біологічного освоєння та рекультивативі інертних субстратів позаземного походження, зокрема місячного реголіту (Khomiak, Onyschuk, Khomiak, 2024). Рослини є ключовим елементом в формуванні потенційних систем життєзабезпечення та тератрансформаційних моделей (Khomiak, 2021). Тому дослідження здатності насіння бур'янових видів до проростання в умовах, максимально наближених до місячного середовища є досить актуальним.

В останні роки все більше і більше наукових праць присвячується вивченню питання використання рослин для природного відновлення та формуванню стабільних екосистем в процесах рекультивативі та тератрансформації. (Khomiak, Vasylenko, 2023). Проводились дослідження ролі комплексу абіотичних факторів (світло, температура, вологість та інші), у процесі колонізації та їх вплив на рослинні організми (Onyschuk, Khomiak, 2022). Є ще окремі роботи, які вивчали питання тератрансформаційному потенціалу різних таксонів, в особливості злакових та осокових видів, а також їх здатність відновлюватись на порушених ектопах (Chernyayeva et al., 2022). Паралельно з цим питання проростання дводольних бур'янів, в тому числі і лободи білої на імітації місячного реголіту залишаються малодослідженими.

Недостатньо вивченими питаннями є особливості проростання дводольних бур'янів в екстремальних умовах, де повністю або майже відсутня органічна речовина, дуже обмежені поживні речовини. Також відсутні експериментальні дані щодо придатності дводольних бур'янів до ролі піонерних видів у початкових фазах астроекологічної рекультивациі.

Метою даного дослідження з'ясування особливостей проростання насіння дводольних бур'янів на імітації місячного реголіту. Для досягнення даної мети було поставлено наступні завдання:

- Закласти лабораторний експеримент з пророщування насіння дводольного бур'яну лободи білої на контрольному субстраті та імітації місячного реголіту;
- Здійснити спостереження за станом насіння та появою сходів упродовж експериментального періоду
- Оцінити результати експерименту та здатність насіння лободи білої до проростання в контрольних умовах і на імітації місячного реголіту.

Дослідження проводилось з використанням експериментального методу. Об'єктом дослідження було насіння лободи білої (*Chenopodium album* L.). Було закладено по 20 лоточків з контрольним субстратом (пісок) та імітації місячного реголіту ETL-1. Далі здійснили посів по 3-4 насіння в кожному лоточку, які садили в різні частини. Також посів здійснювався за однакових умов температури та зволоження. Після цього відбувалось спостереження за появою сходів та фіксували показники проростання.

В ході експерименту не було зафіксовано проростання лободи білої ані не на піску (контрольний субстрат), ані на імітації місячного реголіту, що говорить нам про наявність чинників, які обмежили або унеможливили проростання насіння.

Можливими причинами може бути структура субстрату, вологоємність та доступність поживних елементів, які є критичними для початкових етапів онтогенезу рослин (Onyschuk, Khomiak, 2022), або ж перебування насіння у стані глибокого спокою для виходу з якого необхідні специфічні умови проростання.

На основі отриманих результатів в ході експерименту, можна сказати, що дводольні бур'яни, в особливості *Chenopodium album* мають обмеження в здатності проростання на початкових етапах астроекологічної рекультивациі. Ключовими факторами стали фізіологічний стан насіння та комплекс абіотичних факторів середовища. Можу порекомендувати спрямувати подальші дослідження на вдосконалення методики експерименту та пошук дводольних видів з вищим адаптаційним потенціалом до інертних субстратів.

Список використаних джерел.

1. Khomiak I. Global environmental problems from the point of view of astroecology // Екологічні науки. – 2021. – № 6 (39). – С. 154–157.
2. Khomiak I., Onyschuk I., Khomiak O. Analysis of the relevance of astroecological research // Екологічні науки. – 2024. – № 2. – С. 35–38.
3. Khomiak I., Vasylenko O. Using the rules of natural recovery of ecosystems for the process of revegetation and terraforming // Ekologia i racjonalne zarządzanie przyrodą: edukacja, nauka i praktyka : materiały międzynarodowej konferencji naukowo-praktycznej (Łomża – Żytomierz, 15.11.2023) / pod red. Z. Sharlovych, J. Lisowski, R. Romaniuk. – Łomża : MANS, 2023. – Część 1. – S. 199–203.
4. Onyschuk I. P., Khomiak I. V. The use of the complex action of environmental factors in the process of space colonization // Ecological sciences. – 2022. – № 3 (42). – P. 107–110.
5. Черняєва О. П., Золенко І. С., Лещенко Д. Є., Хом'як І. В. Відновлення природної рослинності на порушених екотопах – основа для тератрансформаційних моделей // Українське Полісся: проблеми та тренди сучасного розвитку : матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2022. – С. 56–59.

**BIOINDICATION METHODS FOR ASSESSING THE SAFETY OF WORKING CONDITIONS
IN ECOLOGICAL RESTORATION AREAS**

Tsyripita Ya.

Student of the specialty "101 Ecology" of the Ivan Franko Zhytomyr State University

In the study of the safety of working conditions in ecological restoration zones, the analysis of biological indicators of the state of the environment is of key importance, since they reflect the integral impact of the environment on the human body even under stable meteorological and microclimatic parameters. Field observations in closed rooms show that at a temperature of 18.3–20.3 °C and a relative humidity of 53–56%, the biological component of the environment changes much more dynamically than physical characteristics, forming an early signal of potential risk. Quantitative measurements of total microbial air pollution record a decrease in contamination from 1818 CFU/m³ to 455 CFU/m³ after the integration of the biological factor, as well as a further increase in the indicator to 1667 CFU/m³ on the 10th day, which confirms the wave nature of biological processes. In the context of occupational safety, this means that biological indicators are suitable for dynamic monitoring of the state of the environment and related changes in the well-being and performance of personnel, which affect the quality of work performance in the conditions of ecosystem restoration (Bordyug, 2023).

The theoretical principles of bioindication in the study of occupational safety should be considered through comparison with instrumental measurements that reflect the state of the environment locally and at a specific point in time, while bioindication records the integral effect of influences through the reaction of living organisms. This approach allows assessing the consequences of the action of dust, acid impurities, heavy metals and other pollutants in spatially heterogeneous conditions of ecological restoration. For occupational safety practice, bioindicators perform the function of spatial differentiation of danger, ensuring reasonable zoning of working areas. At the same time, the method requires taking into account the limits of applicability associated with seasonality, microclimate and resistance of organisms, which determines the criteria for selecting bioindicators and indices for interpreting results in the categories of occupational safety (Mykhailenko, 2021).

The context of ecological restoration zones as an environment of increased danger for workers should be disclosed through a combination of technogenic load and limited access to territories, which complicates classical control and increases the risk during sampling. In the conditions of post-war impact, agricultural soils require special attention, where the control of toxicants has not only environmental, but also occupational safety significance due to inhalation contact with dust and aerosols. Methodologically indicative is the approach to the control of lead, cadmium and zinc taking into account the risks of mining,

when the assessment of contamination is carried out indirectly through biological data carriers. The use of toxicant accumulation coefficients in flower pollen collected by bees outside hazardous areas demonstrates the ability of bioindication to simultaneously maintain informativeness and reduce personnel exposure, which is fundamentally important for assessing the safety of working conditions in ecological restoration zones (Razanov, 2025).

The selection of groups of bioindicators in the study of the safety of working conditions should be formed as a system of mutually complementary "sensors" of the environment, where each group reflects different mechanisms and time scales of the biological response to pollution. For labor protection, the greatest value is given to indicators that allow localizing areas of increased danger, ensure the reproducibility of measurements and spatial comparability of results. In this context, entomoindication is distinguished by its applied effectiveness, since the reaction of insects manifests itself at the population and morphological levels and reflects the accumulation of pollutants and the action of stress factors. In the mosaic structure of restoration zones, the use of clear metrics, such as the number and size of nest formations and morphometric indicators of individuals, creates a basis for spatial assessment of the biological response, which is correlated with the conditions of work and the risk profile for personnel (Kratko, 2025).

Table 1. Selection of groups of bioindicators for assessing the safety of working conditions in ecological restoration areas

| Bioindicator group | Environmental signal | Example of indicators | Criteria in the field | Relationship with occupational safety |
|----------------------|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|---|
| Phytoindication | Chronic stress and pollution | Coverage, asymmetry, growth | Medium sensitivity, simple selection | Zoning of dust and contact risks |
| Lichenindication | Air quality | Species composition, gradients | High sensitivity, easy selection | Assessment of respiratory load |
| Entomoindication | Anthropogenic pressure | Morphometry, nests | High sensitivity, standard metrics | Detection of "hot spots", correction of PPE |
| Microbial indicators | Biocontamination | Microbial number, biofilms | Very high sensitivity, protocols | Sanitary measures, ventilation |

The design of field and industrial research in ecological restoration zones should be designed so that observation points reflect the real conditions of work and at the same time ensure spatial comparability of data. Representativeness is achieved through a network of locations along the impact gradient, connecting work routes and control areas within one landscape unit. In the lichen-indication scheme, this allows you to move from a descriptive assessment to a spatial profile of air quality based on species differences in

epiphytic lichens. The key methodological conditions are the standardization of substrates and exposures, seasonal synchronization and repeatability of records, which ensure the correct interpretation of spatial differences as a consequence of anthropogenic load, rather than random variation (Lytvynenko, 2023). The interpretation of bioindication data in the occupational risk assessment system consists in the transition from fixing a biological signal to indicators that support management decisions. Within the framework of a risk-based approach, these data are used to classify working conditions and select proportionate engineering, organizational, and individual protection measures. The integration of bioindicators into the model for managing working environment factors makes it possible to justify the type and mode of use of PPE, regulations for staying in hazardous areas, and the time organization of work, turning bioindication into a tool for early warning and reducing occupational risk (Zhurbenko, 2025).

Список використаних джерел

1. Бордюг Н. С. Мікробіологічний стан повітря в навчальних кабінетах закладу освіти: науково-практичний журнал / Н. С. Бордюг // *Екологічні науки: науково-практичний журнал*. – 2023. – Вип. 3(48). – С. 122–125. URL: <https://lib.iitta.gov.ua/id/eprint/739825/1/19.pdf>
 2. Михайленко Ю. О. Ліхеноіндикація як перспективний напрям досліджень екологічної ситуації в Україні/ Ю. О. Михайленко // *Науковий часопис Українського державного університету імені Михайла Драгоманова*. – 2021. – С. 94–97. – URL: <https://enpuir.udu.edu.ua/bitstreams/2b9c16f8-5a22-49a9-9661-eb6cd7722436/download>
 3. Разанов С. Ф. Біоіндикація порушених унаслідок воєнних дій ґрунтів у період високого ризику проведення контролю за техногенним навантаженням на сільськогосподарські угіддя / С. Ф. Разанов // *Наукові горизонти бджільництва та екології*. – 2025. – № 1(4). – С. 81–87. – URL: https://www.journalbeekeeping.com.ua/index.php/1_4/article/view/245
 4. Кратко О. В. Комахи як біоіндикатори забруднення наземних екосистем / О. В. Кратко, Л. М. Головатюк, О. Б. Бондар // *Ukrainian Journal of Natural Sciences*. – 2025. – № 11. – С. 43–49. – URL: <https://eprints.zu.edu.ua/43332/1/7.pdf>
 5. Литвиненко Ю. І. Ліхеноіндикаційна оцінка якості атмосферного повітря м. Путивль / Ю. І. Литвиненко // *Слобожанський науковий вісник. Серія Природничі науки*, – 2023. – Вип. 1. – С. 31–35. – URL: <https://journals.spu.sumy.ua/index.php/natural/article/download/23/20/41>
- Журбенко В. М. Підвищення безпеки виконання робіт високої точності з урахуванням комплексної оцінки світлового середовища : дис. ... канд. (або доктора) філософії : 263 Цивільна безпека / В. М. Журбенко. – Дніпро : УДУНТ, Навч.-наук. ін-т «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», 2025. – 229 с. – Режим доступу : https://ust.edu.ua/wp-content/uploads/2025/04/diss_zhurbenko_263_compressed.pdf

ДИНАМІКА УГРУПОВАНЬ ЦІАНОБАКТЕРІЙ НА МАГМАТИЧНИХ СУБСТРАТАХ ЯК МЕХАНІЗМ ПЕРВИННОЇ ТЕРАТРАНСФОРМАЦІЇ

Демиденко К.О.

Студентка спеціальності «Екологія» Житомирського державного університету імені Івана

Франка

Хом'як І.В.

Доктор біологічних наук, професор кафедри екології та географії Житомирського державного університету імені Івана Франка м. Житомир, Україна

У сучасному світі прогнозування екосистемних трансформацій набуває критичного значення. Незважаючи на технологічний прогрес, ми залишаємося залежними від фундаментальних біологічних процесів так само, як і перші живі організми, що опанували суходіл. Коли ми розглядаємо екологію відновлення, то зазвичай фокусуємося на великих об'єктах – лісах чи луках, проте справжня ревіталізація «мертвого» субстрату починається на мікрорівні. Вивчення того, як угруповання ціанобактерій колонізують магматичні породи, не просто пояснює механізми сукцесії, а й дозволяє по-новому подивитися на стратегії виживання життя в екстремальних умовах. Ретроспективний аналіз того, як ці мікроскопічні «інженери» трансформують камінь, є ключовим інструментом для розробки сучасних стратегій рекультивациі промислових пусток Житомирщини.

Проблема реконструкції первинних екосистем та вивчення стратегій продуцентів широко висвітлюється в науковій літературі. Вітчизняні та закордонні дослідники виконали значну роботу зі збору даних про літофільні угруповання. Зокрема, праці І. Ю. Костікова (2006) детально описують різноманіття водоростей скельних відслонень, а закордонні вчені (Büdel, 2016) успішно реконструювали роль «біологічних ґрунтових кірок» у стабілізації деградованих поверхонь. У свою чергу, наукова школа професора І. В. Хом'яка (2012) пропонує розглядати ці процеси крізь призму тератрансформації – активного перетворення екологічного простору організмами-експлерентами. Проте, незважаючи на глибокий аналіз палеоекосистем та загальний опис альгофлори, питання прямого впливу динаміки ціанобактерій на стан магматичних субстратів у межах нашого регіону часто залишається лише на рівні інвентаризації видів.

У моєму дослідженні я прагнула вийти за межі простого опису і зосередитися на тому, як саме змінюється «обличчя» стоянки життя на камені під впливом часу та клімату. Магматичні породи нашого краю – граніти та кварцити – є ідеальним полігоном для вивчення еволюції середовища існування. Вивчаючи характеристику цієї еволюції, ми бачимо, як глобальні кліматичні коливання та локальна аридизація змушують мікроорганізми змінювати свою структуру.

Для розуміння механізмів цієї трансформації ми застосували метод екологічної реконструкції. Насамперед мова йде про аналіз біоплівки у специфічних локаціях, наприклад,

поблизу витоків малих річок Житомирщини (Хом'як та ін., 2022). Тут ціанобактерії виступають прямими біологічними маркерами стійкості екосистеми. Найбільш конкретні результати дає аналіз стадій колонізації. На першому етапі ми спостерігаємо появу видів роду *Gloeocapsa*. Під мікроскопом вони виглядають як клітини в потужних «скафандрах» – слизових чохлах, що захищають їх від палючого сонця та дефіциту вологи. Це піонери, чия завдання – зачепитися за голий камінь.

Разом із тим, критично важливим є момент появи азотфіксуючих видів, таких як *Nostoc commune*. На мою думку, це переломна фаза в екології відновлення. Здатність засвоювати азот прямо з атмосфери перетворює ці угруповання на автономні станції життєзабезпечення. Вони не просто існують, вони змінюють хімію субстрату. Ми спостерігаємо динамічну зміну: органічні кислоти, що виділяються мікроорганізмами, викликають біологічну корозію граніту, створюючи в мікротріщинах шари праґрунту.

Зріз таких «мікро-археологічних» шарів під ціанобактеріальними матами демонструє, як рельєф кряжу слугував захистом для життя. Ми бачимо, як у розщелинах між кварцитними блоками накопичується перша органіка. В подальшому важливо більш докладно дослідити цю стратиграфію відкладень, адже це дозволить з'ясувати, як формуються умови для наступних ланок – мохів та лишайників. Таким чином, маленька біоплівка на житомирському граніті стає моделлю великої реставрації природи, доводячи, що стратегія виживання закладається на самому початку суцесійного шляху.

Список використаних джерел та літератури:

1. Костіков І. Ю., Джаган В. В. Водорості в системі органічного світу. К. : Фітосоціоцентр, 2006.
2. Медвідь О. В., Коцюба І. Ю., Хом'як І. В. Вплив зворотних вод жежелівського гранітного кар'єру на формування рослинних угруповань. Український журнал природничих наук. № 2 (2022). С 57-68
3. Хом'як І. В. Стратегії продуцентів у процесах рекультивації ландшафтів. Житомир : Вид-во ЖДУ, 2012.
4. Хом'як І.В. та ін. Обґрунтування необхідності охорони витоків малих річок на прикладі Словечансько-Овруцького кряжу. Екологічні науки, 2022. № 1 (40).
5. Хом'як, І. В., Онищук, І. П., Медвідь, О. В., Пацева, І. Г., Хом'як, О. І. Вплив скиду зворотних вод Шамраївського родовища гранітів на фіторізноманіття долини річки Роставиця. Український журнал природничих наук. 2024. №9. С. 331-343.
6. Царенко П. М. Різноманітність водоростей України. Альгологія, 2005.

7. Büdel B., et al. Biological Soil Crusts: An Organizing Principle in Drylands. Ecological Studies. 2016.
8. Garcia-Pichel F. Cyanobacteria. Ecology of Cyanobacteria II. Springer, 2012.

Наукове видання

«Проблеми екологічної безпеки позаземних поселень»
Матеріали ІХ Житомирського астроекологічного семінару

(13 березня 2026 р., м. Житомир)

Редакційно-видавнича підготовка

Кафедра екології та географії Житомирського державного університету
імені Івана Франка

Надруковано з оригінал-макета укладачів

Підписано до друку 27.04.26. Формат 60x90/16. Папір офсетний.

Гарнітура Times. Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 4. Обл. вид. арк. ____ . Наклад 100. Зам. 171.

Видавець і виготовлювач

Видавництво Житомирського державного університету імені Івана Франка
м. Житомир, вул. Велика Бердичівська, 40

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: серія ЖТ №10 від 26.05.24 р.